REVISTA ARGENTINA DE CIRUGÍA

96º Congreso Argentino de Cirugía
69° Congreso Argentino de Cirugía Torácica
50° Congreso Argentino de Coloproctología
34° Jornadas Nacionales de Instrumentadores Quirúrgicos
32° Congreso de la Sección Argentina del ICS
26° Jornadas Nacionales de Médicos Residentes de Cirugía General
13° Jornadas de Cirugía Plástica y Reparadora
11° Jornadas de Cirugía del Trauma
11° Encuentro del Capítulo Argentino del ACS
03° Jornada De Cirugía Mamaria
01° Encuentro del Capítulo Argentino de la SSAT

Publicación de la Asociación Argentina de Cirugía

SUPLEMENTO 1 - VOLUMEN 118
RELATOS 2026
BUENOS AIRES
ISSN 2525-1716

Relato Oficial
Año 2026| Suplemento

96º Congreso Argentino de Cirugía

Educación en cirugía del siglo XXI

Eduardo J. Cassone[1]
Roberto M. Badra[2]
Martín Palavecino[3]
Agustín Dietrich[4]

1 MAAC.
Profesor Asociado de Cirugía, Coordinador del Instituto de Cirugía Experimental, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de Cuyo.
Médico de Planta, Cirugía de Hígado, Páncreas y Vias Biliares, Servicio de Cirugía General. Hospital Central de Mendoza.
ORCID: 0009-0007-2094-2619. ejcassone@gmail.com

2 MAAC, MAFC
Profesor Asociado en Cirugía, Cátedra de Cirugía I (UHC NII), Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de Córdoba.
Médico de Planta del Sector Hígado, Páncreas y Vías Biliares, Sanatorio Allende de Córdoba.
ORCID: 0000-0002-1588-4860. robertoba28@gmail.com

3 MBA, MAAC, FACS, MAMSE.
Médico de Planta del Sector de Cirugía de Hígado, Páncreas y Vías Biliares. Servicio de Cirugia General. Hospital Italiano de Buenos Aires.
Profesor Adjunto. Universidad del Hospital Italiano de Buenos Aires.
Docente Autorizado. Universidad de Buenos Aires.
ORCID: 0000-0002-5152-0159
martin.palavecino@hospitalitaliano.org.ar

4 MSCI, MAAC.
Médico de Planta del Sector de Cirugia Torácica y Transplante Pulmonar. Servicio de Cirugia General. Hospital Italiano de Buenos Aires.
Profesor Asociado. Universidad del Hospital Italiano de Buenos Aires.
ORCID: 0000-0001-5933-3684
agustin.dietrich@hospitalitaliano.org.ar

Prólogo

La cirugía ha sido, desde sus orígenes, una disciplina de conocimiento, decisión, destreza y carácter. En ella convergen la ciencia y la técnica con el juicio clínico, la ética y la responsabilidad humana de intervenir sobre el cuerpo en escenarios de incertidumbre, tomando decisiones críticas con precisión y compromiso profundo con el bienestar del paciente. Durante siglos, ese saber se transmitió de maestro a discípulo dentro del quirófano. Sin embargo, en el siglo XXI, formar cirujanos ya no puede entenderse únicamente como la transmisión progresiva de un oficio: la educación quirúrgica atraviesa una transformación histórica que obliga a repensar no solo cómo operamos, sino también cómo enseñamos, evaluamos, investigamos, lideramos y construimos el futuro de la disciplina.

Esta obra nace de esa convicción y se ofrece como una contribución académica, institucional y profesional a una discusión impostergable. Los capítulos que la componen recorren un itinerario deliberado. Comienzan por la historia de las residencias quirúrgicas, que muestra cómo el modelo halstediano –el "ver uno, hacer uno, enseñar uno" fue durante un siglo la columna del entrenamiento y por qué hoy resulta insuficiente. Avanzan hacia el paradigma que organiza la educación contemporánea: el aprendizaje basado en competencias, con sus actividades profesionales confiables (EPAs) y sus decisiones explícitas, así como la evaluación entendida como eje vertebrador que desplaza la pregunta de cuántos años o casos acumuló un residente hacia la de si puede confiársele un procedimiento sin supervisión directa.

Sobre esa base, la obra despliega el abanico de tecnologías que están redefiniendo la formación: la simulación como pilar estructural que traslada la curva de aprendizaje fuera del paciente; la realidad virtual; la inteligencia artificial como complemento del juicio clínico y nunca como su sustituto; las tecnologías de la información y la telemedicina como columna de un currículo trazable; y la cirugía robótica como cambio paradigmático que reordena la relación entre el residente, el paciente y la máquina. Pero la obra cuida también lo que ninguna tecnología reemplaza: las habilidades no técnicas –comunicación, liderazgo, conciencia situacional, toma de decisiones–, la seguridad del paciente como dimensión inseparable del aprendizaje y la investigación como componente estructural de una formación que aspira a generar conocimiento y no solo a consumirlo. A todo ello se suma una mirada comparada e internacional, con testimonios de cirujanos formados en Estados Unidos, Francia, Italia y Japón, que sitúa la educación quirúrgica argentina en diálogo con otros sistemas del mundo.

Hay un hilo conductor que recorre estos capítulos y que conviene hacer explícito: la cirugía mínimamente invasiva, primero, y la robótica y la inteligencia artificial después, reprodujeron una y otra vez la misma encrucijada educativa que en su momento planteó la laparoscopia. Cada salto tecnológico volvió insuficiente el modelo de aprendizaje exclusivamente intraoperatorio, exigió trasladar parte de la curva de aprendizaje a entornos simulados y reabrió la pregunta ética de quién asume el riesgo del aprendizaje. Comprender esa continuidad –y no leer cada innovación como un fenómeno aislado– es una de las claves que esta obra busca transmitir: las herramientas cambian, pero los principios pedagógicos que las vuelven seguras y eficaces son notablemente estables.

De ese recorrido emerge una idea que atraviesa cada página: la competencia quirúrgica es multidimensional. La excelencia no depende exclusivamente de la destreza manual. El cirujano contemporáneo debe integrar conocimiento biomédico, razonamiento clínico, habilidades técnicas, comunicación, liderazgo, profesionalismo, trabajo en equipo, gestión del error, resiliencia y capacidad de decisión en escenarios complejos. El quirófano moderno, por lo tanto, debe entenderse no solo como un espacio asistencial y tecnológico, sino como un entorno educativo de alta sofisticación, que se extiende a centros de simulación, laboratorios de habilidades, plataformas digitales, ateneos de morbimortalidad, programas de mentoría y redes académicas internacionales.

La consolidación de la figura del cirujano-educador es, en este sentido, uno de los cambios más relevantes de nuestra época. Quien enseña, guía y forma a otros multiplica su influencia a través de generaciones de especialistas y de los millones de pacientes que ellos atenderán. Esa potencia formativa conlleva, sin embargo, una responsabilidad ética ineludible: así como la excelencia puede transmitirse y expandirse, también pueden perpetuarse errores, sesgos y modelos obsoletos. Por ello la educación quirúrgica debe sustentarse en investigación rigurosa, reflexión crítica y evidencia sólida. Ya no basta con reproducir la forma en que fuimos formados; es imprescindible comprender cómo se adquiere la experticia, cómo se desarrolla la autonomía progresiva, cómo se evalúa el desempeño, cómo se acompaña al residente con dificultades y cómo se protegen al mismo tiempo el aprendizaje del futuro cirujano y la seguridad del paciente.

Esa profesionalización del educador también modifica la pregunta evaluativa. Durante mucho tiempo, evaluar a un residente significó certificar que había permanecido el tiempo previsto y acumulado un cierto número de procedimientos. Hoy la pregunta es otra y mucho más exigente: ¿puede confiarse a este residente un procedimiento determinado sin supervisión directa? Las actividades profesionales confiables, los hitos de progresión y las escalas de confianza traducen esa pregunta en decisiones concretas, observables y trazables. No se trata de burocratizar la formación, sino de hacerla más justa y transparente, de modo que la autonomía se otorgue sobre la base de evidencia de desempeño y no del mero transcurso del calendario.

La tradición conserva, frente a todo esto, un valor irrenunciable. La figura del maestro, el aprendizaje por observación, el ejemplo cotidiano y el sentido de pertenencia a una comunidad quirúrgica siguen siendo pilares esenciales. El legado del *compagnonnage* –el acompañamiento estructurado por maestros y equipos expertos, que los informes recientes de la Académie Nationale de Chirurgie reivindican como núcleo cultural de la cirugía– no se abandona: se enriquece. La tecnología no reemplaza al maestro, pero obliga a redefinirlo. El maestro quirúrgico del siglo XXI no es únicamente quien enseña una técnica, sino quien ayuda a comprender una indicación, anticipar una complicación, decidir con prudencia, comunicar con claridad, liderar un equipo, reflexionar sobre el error y sostener una ética profesional en escenarios cada vez más complejos.

Este Relato asume, por lo tanto, una premisa fundamental: la educación quirúrgica es una responsabilidad colectiva. No pertenece solo a las universidades, ni únicamente a los servicios de cirugía, ni exclusivamente a las sociedades científicas. Involucra a facultades de medicina, hospitales universitarios, instituciones asistenciales, academias, asociaciones profesionales, programas de residencia, centros de simulación, equipos interdisciplinarios, pacientes, docentes, residentes y cirujanos en ejercicio. Formar un cirujano es una tarea institucional, longitudinal y profundamente ética.

Los cuatro relatores que asumimos esta responsabilidad compartimos la convicción de que la cirugía argentina y latinoamericana deben participar activamente en esta conversación global. La educación quirúrgica del siglo XXI no puede importarse de manera acrítica ni reducirse a una suma de modas pedagógicas. Debe dialogar con la evidencia internacional, pero también con nuestra realidad asistencial, universitaria, hospitalaria, social y cultural. Nuestros programas deben ser exigentes, modernos y evaluables, pero también viables, contextualizados y sensibles a las necesidades de nuestros pacientes y de nuestros sistemas de salud. Hay aquí, además, una cuestión de justicia: si los avances en formación solo benefician a quienes ya tienen acceso a los mejores centros, el sistema se vuelve un mecanismo de reproducción de la desigualdad en lugar de un instrumento para superarla.

Este Relato no pretende clausurar debates, sino abrirlos con rigor. No busca sustituir la tradición quirúrgica, sino proyectarla hacia el futuro. No propone abandonar el aprendizaje junto al maestro, sino enriquecerlo con métodos contemporáneos. No concibe la innovación como una ruptura con la historia, sino como una forma responsable de honrar lo mejor de ella. La cirugía se encuentra ante una oportunidad extraordinaria: formar mejores cirujanos para brindar una atención más segura, humana, eficiente e innovadora. Ese objetivo exige revisar qué enseñamos, cómo enseñamos, dónde enseñamos, quiénes enseñan, cómo se evalúa lo aprendido y cómo se acompaña la transición desde el estudiante inicial hasta el cirujano autónomo.

Conviene advertir, además, que esta obra no aspira a ofrecer recetas cerradas ni a imponer un modelo único. Cada programa de residencia tiene su historia, sus recursos y su cultura institucional, y la implementación de estos principios deberá necesariamente adaptarse a esa diversidad. Lo que sí proponemos es un conjunto de orientaciones, marcos y experiencias –muchas de ellas probadas en nuestro propio medio– que permitan a cada institución avanzar a su ritmo, pero en una dirección compartida. La transformación de la educación quirúrgica no se decreta: se construye, de manera gradual y sostenida, con el compromiso de quienes enseñan y de quienes aprenden.

La cirugía académica continúa siendo una de las vocaciones más exigentes y gratificantes de la medicina. Su grandeza no reside únicamente en la destreza técnica ni en el reconocimiento profesional, sino en la posibilidad de transformar vidas, generar conocimiento, formar personas y construir futuro. Formar cirujanos es transmitir técnica y ciencia, pero también humanidad, responsabilidad, cultura profesional y compromiso ético con el paciente. En esa misión se juega no solo el porvenir de la cirugía, sino también la confianza que la sociedad deposita en quienes tienen el privilegio y la obligación de operar.

Que estas páginas sirvan, entonces, como una invitación a pensar críticamente la cirugía del presente y del futuro, reafirmando una idea esencial: la calidad de la cirugía de mañana dependerá, en gran medida, de la calidad con que formemos hoy a quienes deberán ejercerla.

Agradecimientos

Dr. Eduardo J. Cassone

Quiero comenzar por donde todo empezó: por mis Padres, Eduardo y Florencia. Les debo el ejemplo diario de superación y sacrificio que terminó siendo la guía de mi vida y de mi carrera. Gracias por su generosidad, que nunca pidió nada a cambio.

A Verónica, mi mujer, amiga y compañera, sostén de todo lo que soy en lo personal y en lo profesional. Nada de esto habría sido posible sin su presencia constante ni sin los muchos sacrificios que hizo, casi siempre en silencio. Gracias, de verdad.

A mis hijos, Eduardo, Sofía, Luz y Teresa, que sin saberlo fueron mi mayor fuente de inspiración. A ellos les pido perdón por las ausencias: cada hora que no estuve, estaba intentando ser alguien del que pudieran sentirse orgullosos.

A mis hermanos, Martín y Federico, gracias por estar siempre de manera incondicional.

A mis Maestros, Profesores y Docentes de la Facultad de Medicina de la U. N. Cuyo, y a los Cirujanos del Hospital Central que intervinieron en mi formación. En ese hospital aprendí el oficio y allí sigo trabajando hoy; le debo buena parte de quien soy como médico.

A John Fung y Juan Madariaga, de la Universidad de Pittsburgh, y a Charles Yeo, de la Universidad de Pensilvania, por su generosidad y por abrirme la puerta a una formación que amplió para siempre mi mirada sobre la cirugía.

A los directivos de la Clínica de Cuyo, y muy especialmente a la Familia López, por confiarme un espacio donde desarrollar mi actividad asistencial durante todos estos años.

A la Asociación Argentina de Cirugía, por el honor de confiarme este trabajo y por haber sido, durante años, el ámbito donde fui forjando mis convicciones sobre la educación quirúrgica. A los Cirujanos Maestros, a mis Colegas y Amigos de esta Asociación –que afortunadamente son tantos que me es imposible nombrarlos a todos–; con ellos compartí comisiones, jornadas y eventos, y de cada uno me llevé un ejemplo que me empujó a seguir superándome.

A mis coautores del Relato AAC 2026 "Educación en cirugía del siglo XXI", los doctores Roberto Badra, Martín Palavecino y Agustín Dietrich: este marco es, en buena medida, fruto de lo que pensamos, discutimos y escribimos juntos. Gracias por el rigor y la generosidad intelectual de cada página compartida.

A mis pacientes, que me confiaron su salud en sus momentos más vulnerables: ellos fueron, en definitiva, mis primeros y más exigentes maestros.

Y, finalmente, a los Alumnos de la Facultad de Medicina y a los Residentes de Cirugía, que me motivan, año tras año, a seguir mejorando. En el fondo, este relato es para ellos: porque enseñar fue siempre la mejor manera de seguir aprendiendo.

Dr. Roberto Badra

A mis padres, Roberto y Marta, mi más sincero agradecimiento por los sacrificios realizados, por el apoyo incondicional y por haber acompañado, con generosidad y amor, cada una de las etapas de mi vida. Con ustedes mantengo una deuda de gratitud imposible de saldar, que intento honrar dedicándoles este Relato Oficial.

A mi esposa, Constanza, por su cariño, paciencia y comprensión; por haberme acompañado desde el inicio hasta el final de este largo proyecto, sosteniendo con amor y serenidad los tiempos, las ausencias y las exigencias que implicó su realización.

A mis hijos, Facundo y Tomás, las personas más importantes de mi vida, por haber comprendido mis ausencias en estos últimos años y por haberme acompañado siempre con cariño, alegría y generosidad.

A mi maestro, el Prof. Dr. Máximo Cornet, por su ejemplo, dedicación, esfuerzo, apoyo y consejos, que han sido fundamentales en mi formación quirúrgica, académica y humana, y también en la construcción de este Relato Oficial.

A mis otros maestros, Prof. Dr. Alejandro Oría, Prof. Christian Meyer, Prof. Dr. Serge Rohr, Dr. Dominique Elias, Prof. Dr. Diane Goéré, Prof. Dr. Alain Sauvanet y Prof. Dr. Jacques Belghiti, por haber contribuido de manera decisiva a mi formación profesional y a mi mirada sobre la cirugía.

A los Profesores Luis Gramática, Francisco Florez Nicolini, Paul Lada y Rolando Montenegro, por su formación, enseñanzas y amistad.

A la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Nacional de Córdoba, mi casa desde estudiante de Medicina, por haber sido el ámbito fundacional de mi vocación docente, quirúrgica y universitaria.

Al Servicio de Cirugía Prof. Dr. Pablo L. Mirizzi del Hospital Nacional de Clínicas y a mis amigos y colegas de dicho hospital, por tantos años de trabajo, aprendizaje, docencia y pertenencia institucional.

Al Sanatorio Allende, a su Directorio, a sus profesionales, y a los colegas y amigos y a los residentes del Servicio de Cirugía General, por el apoyo incondicional a mi práctica profesional, por brindarme recursos de vanguardia y por permitirme desarrollar este Relato Oficial en un ámbito de crecimiento, innovación y compromiso asistencial.

Al Hospital Hautepierre de Estrasburgo, Francia, de la Universidad Louis Pasteur; al Institut Gustave Roussy y al Hospital Beaujon de París, Francia, instituciones que marcaron profundamente mi formación quirúrgica internacional.

A mis amigos Oscar Mazza y Pablo Sonsini Astudillo, referentes de la Comisión Directiva de la Asociación Argentina de Cirugía, por su confianza, apoyo y acompañamiento en este proyecto.

A todos mis amigos y colegas de la Asociación de Cirugía de Córdoba, por su afecto, estímulo y apoyo permanente.

A mis amigos correlatores, con quienes fue un verdadero placer compartir este camino de construcción y aprendizaje, orientado a sentar las bases de la educación quirúrgica en el siglo XXI.

Finalmente, a todas las personas que, de una u otra forma, hicieron posible que este Relato Oficial pudiera desarrollarse.

A todos, gracias de corazón.

Dr. Agustín Dietrich

En este Relato sobre educación quiero aprovechar estas páginas para agradecer y recordar a las personas e instituciones que, de una manera u otra, hicieron posible que hoy esté escribiendo estas palabras.

A la Escuela Primaria N.° 11 de mi pueblo, Hinojo, partido de Olavarría. No podría imaginar un mejor lugar para comenzar el camino de la educación. Aprendí entre otras cosas, que la verdadera riqueza de una institución no depende únicamente de sus recursos o instalaciones, sino, sobre todo, de la calidad humana y profesional de las personas que la integran. Recuerdo con gran cariño a Liliana Rizzonelli, Sandra Elías, Mirta Recofsky, Susana Bustamante, Analía Fortunato y tantas otras maestras que no voy a olvidar fácilmente.

A la Escuela Media N.° 8 de Olavarría. Aunque era una escuela orientada a Economía y Administración de Empresas, encontré allí, en Carlos Lettier, el estímulo necesario para despertar mi interés por las ciencias naturales y por el estudio del cuerpo humano.

A María Estela Ordóñez, que me enseñó mucho más que química dentro de su laboratorio.

A la Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires. Siempre sentí como un privilegio haber estudiado en la misma institución donde se formaron tantos médicos que marcaron la historia de la medicina argentina. También al Hospital de Clínicas, que nos recibió en las primeras experiencias junto a los pacientes, durante las prácticas de Semiología y Medicina Interna. Allí conocí de cerca el valor de la docencia ejercida con vocación, muchas veces sostenida más por el compromiso que por cualquier otra recompensa. También allí tuve mi primer contacto con el mundo quirúrgico y, particularmente, con la cirugía torácica. Todavía recuerdo las recorridas con el Dr. Hugo Esteva y el entusiasmo que transmitía en cada encuentro.

Al Hospital Italiano de Buenos Aires, institución en la que transcurrió toda mi vida quirúrgica, desde el ingreso en la residencia hasta mi actividad actual como médico de planta del Servicio de Cirugía General. La residencia fue, sin dudas, una de las etapas más intensas y enriquecedoras de mi vida. Agradezco a todos los cirujanos que participaron de mi formación y, en particular, a Eduardo de Santibañes, Guillermo Ojea Quintana y Demetrio Cavadas. En ellos encontré, desde muy temprano, un ejemplo de pasión por la cirugía, dedicación a los pacientes y búsqueda permanente de la excelencia.

A mis compañeros de residencia, muchos de los cuales hoy son amigos y hermanos de la vida. Gracias por compartir conocimientos, experiencias, dificultades y otros tantos momentos que hicieron más llevadero el camino.

Durante mi formación como especialista en Cirugía Torácica, agradezco a Matías Nicolás y a Enrique Beveraggi por su generosidad para transmitir conocimientos en esta etapa inicial de la especialización. A David Smith, mentor y guía fundamental en mi desarrollo profesional. Gracias a la transferencia de su saber directo e indirecto, tengo hoy el privilegio de ejercer la especialidad en un lugar de excelencia como es el Hospital Italiano.

A mis profesores de la especialización en docencia universitaria, en especial a Gisela Schwartzman, que me dieron el respaldo teórico para poder desempeñarme como docente en la actualidad.

A mis padres, Omar y Dora. Gracias por el esfuerzo, el apoyo y la confianza incondicional de toda una vida. A ellos les debo haber permanecido siempre en este camino.

Por último, a Leon. Gracias por la paciencia, la música y el amor.

Dr. Martín Palavecino

Innumerables son las personas e instituciones que hicieron que yo haya sido honrado con el Relato del 96.º Congreso Argentino de Cirugía sobre Educación en cirugía del siglo XXI. Con riesgo de omitir, acá va mi más sincero agradecimiento hacia ellas.

Al Colegio del Salvador, allá en Jujuy, que me inculcó valores e hizo más profundos los que ya traía de mi familia. Que me dio amigos que duran al día de hoy. Que me dio las bases para poder después seguir estudiando en la universidad.

A la Universidad de Buenos Aires, que desinteresadamente me formó para ser Médico y posteriormente Especialista en Cirugía General.

Al Hospital Italiano de Buenos Aires, que sembró la semilla de la cirugía académica, sin abandonar la docencia y la investigación como baluartes de un cirujano completo. Allí tuve la suerte de encontrar maestros de la cirugía que dejaron, cada uno fiel a su estilo, una impronta que llevo con orgullo.

A la Residencia de Cirugía General del Hospital Italiano, que me regaló amigos de toda la vida y que, hasta el día de hoy, me mantiene en movimiento al inspirarme a contribuir a su desarrollo continuo.

A Eduardo de Santibañes, quien supo promover mi pasión por la cirugía hepato-bilio-pancreática y me abrió las puertas para conocer el mundo quirúrgico más allá del Hospital Italiano. A Juan Pekolj, que siempre, generosamente, me guió en mi carrera académica, que hizo posible que ocupara un lugar en nuestra querida Asociación de Cirugía. A Oscar Mazza, amigo y compadre, por contagiar la pasión por el páncreas y hacerme parte de su hermosa familia, papá de mi ahi-

jada Joaquina. A Guillermo Arbués, por confiar en mí para compartir el desarrollo del Servicio de Cirugía del Hospital Italiano de San Justo.

A mis compañeros de San Justo, por suplir mis ausencias, especialmente a Jeremías Goransky. A mis colegas y amigos del Sector de Cirugía HPB Rodrigo Sánchez Clariá y Martín de Santibañes.

A Griselda Aires y su equipo, a Analía Belmonte y Fernanda Moscatelli, por hacerme el trabajo más fácil en el día a día.

Al M. D. Anderson Cancer Center y mis mentores allí, Jean-Nicolas Vauthey y Eddie Abdalla, por fomentar la pasión por la investigación clínica.

A la Universidad de Washington por la posibilidad de aprender y enseñar. Un agradecimiento particular para Carlos y Kelly Pellegrini, por siempre dar un consejo atinado, oportuno, basados en la generosidad y en la sabiduría de la experiencia.

A mis compañeros de relato Eduardo Cassone, Roberto Badra y Agustín Dietrich.

Y por último, a mis padres Lalo, Kuky y Marcelo, por darme la vida y las posibilidades de llegar hasta acá. A mis hermanos Juan y Josefina, a mi abuela Porota y mi Tía Nena, Karina y Fanky, por estar o haber estado.

Guía temática de los capítulos

Introducción a la guía

Los trece capítulos que componen esta obra trazan un arco deliberado: parten de los cimientos históricos y conceptuales de la formación quirúrgica, avanzan hacia los marcos que hoy ordenan la enseñanza y la evaluación por competencias, despliegan luego el abanico de tecnologías que están redefiniendo cómo se aprende a operar, y desembocan en los desafíos de implementación, equidad y ética que esas transformaciones plantean, para cerrar con una mirada comparada de los sistemas formativos de otros países y una propuesta concreta de marco curricular por competencias para las residencias argentinas. No es una colección de temas yuxtapuestos, sino un recorrido con una tesis de fondo: la educación quirúrgica del siglo XXI será mejor en la medida en que logre integrar la innovación tecnológica con los valores humanos, científicos y éticos que dan sentido al acto de formar cirujanos.

Cada capítulo puede leerse de manera independiente –tiene su propio desarrollo, su evidencia y sus conclusiones–, pero todos comparten cinco principios rectores y una misma preocupación de fondo: la distancia entre lo que el sistema formativo es y lo que podría llegar a ser. Esa tensión –entre la aspiración y la realidad, entre los centros de excelencia y los de recursos limitados, entre la tecnología disponible y la efectivamente integrada–recorre cada página y articula el conjunto. La guía que sigue ofrece una síntesis de cada capítulo para que el lector pueda orientarse, elegir su recorrido y reconocer de antemano los hilos que conectan unos temas con otros.

Capítulo 1: Historia de las residencias quirúrgicas

Martín Palavecino, Agustín Dietrich

Este capítulo muestra que la residencia quirúrgica moderna –atribuida a Halsted en el Johns Hopkins de fines del siglo XIX– no nació en el vacío, sino como punto de llegada de un proceso multisecular en el que la cirugía pasó de oficio manual marginado a especialidad científica con formación estructurada. La primera parte recorre ese largo trayecto previo: la transmisión empírica de la Antigüedad, la separación medieval entre médicos universitarios y cirujanos-barberos, la revalorización del oficio en el Renacimiento con Vesalio y Paré, los cimientos científicos aportados por John Hunter, las escuelas clínicas europeas del siglo XIX y el papel habilitante de la anestesia y la antisepsia, hasta agotar el modelo de aprendizaje individual (*apprenticeship*) que la residencia vendría a reemplazar. La segunda parte analiza la consolidación del modelo halstediano durante el siglo XX, sus crisis y reformas desde los años noventa –regulación horaria, seguridad del paciente tras *To Err is Human*, educación basada en competencias y simulación– y su expansión en el siglo XXI bajo el paradigma de la evaluación verificable y la supervisión progresiva. Cierra con un recorrido específico por la evolución de las residencias de Cirugía General en la Argentina, desde los esquemas hospitalarios informales hasta los programas estructurados contemporáneos, dejando planteados los desafíos persistentes de heterogeneidad, recursos y estandarización que articulan con el resto de la obra.

Capítulo 2: Aprendizaje basado en competencias en la formación de residentes de Cirugía

Roberto Badra, Eduardo J. Cassone

Este capítulo presenta el aprendizaje basado en competencias (CBME) como el paradigma central de la educación quirúrgica contemporánea: un giro que desplaza el eje desde el tiempo de permanencia y el volumen de casos hacia el desempeño observable, evaluable y confiable. Recorre los fundamentos teóricos y la evolución histórica del modelo –de Flexner a CanMEDS, de los hitos del ACGME a las EPAs—, detalla la arquitectura curricular por dominios y niveles de progresión, y desarrolla en profundidad las 18 Actividades Profesionales Confiables que el American Board of Surgery implementó en 2023 junto con sus escalas de confianza. El Blue Ribbon Committee II (2025) funciona como columna vertebral de referencia, aportando sus 31 prioridades sobre bienestar y *burnout* del residente, desarrollo docente, investigación, financiamiento del GME y formación flexible de tiempo variable. El capítulo cierra con una hoja de ruta concreta y realista para las residencias argentinas, que no propone desmontar el sistema vigente sino hacerlo más explícito, trazable y justo, ordenado en torno a una convicción final: el objetivo ya no es formar residentes que hayan pasado por la residencia, sino cirujanos que hayan demostrado de modo confiable estar preparados para ejercer con competencia, juicio y humanidad.

Capítulo 3: Inteligencia artificial en la educación quirúrgica
Eduardo J. Cassone, Roberto Badra

Este capítulo recorre la inteligencia artificial desde sus fundamentos conceptuales –historia, *machine learning, deep learning*, interpretabilidad y el problema de la "caja negra"– hasta sus aplicaciones concretas en la formación del cirujano: simulación inteligente con tutores virtuales, análisis automatizado de video operatorio, modelos de lenguaje conversacionales, realidad aumentada y telementoría como vía de democratización del entrenamiento. Su irrupción coincide con tres tensiones de la educación quirúrgica actual: la menor exposición clínica del residente, la demanda de evaluación objetiva y verificable, y el imperativo ético de no hacer recaer la curva de aprendizaje sobre el paciente. A partir de la evidencia reciente, propone un marco de interacción humano-IA por zonas de confianza, un perfil de siete competencias nucleares del cirujano frente a la máquina y una integración curricular diferenciada para grado y posgrado. La tesis que atraviesa todo el texto: la IA debe entenderse como complemento del juicio clínico y nunca como su sustituto, en una formación que aspira a ser tecnológicamente avanzada y, a la vez, humanamente irrenunciable.

Capítulo 4: Simulación en la formación de cirujanos
Martín Palavecino, Agustín Dietrich

Este capítulo recorre cómo la simulación dejó de ser un recurso complementario para volverse un pilar estructural de la formación del cirujano contemporáneo, empujada por la convergencia de tres fuerzas: la menor exposición clínica del residente, el imperativo ético de no aprender sobre el paciente y la evidencia robusta sobre la transferencia de habilidades del entorno simulado al quirófano real. Mapea las modalidades disponibles según sustrato y fidelidad –entrenadores de caja y el programa FLS, modelos biológicos y cadavéricos, realidad virtual, aumentada y mixta, impresión 3D, *video-based coaching*, simulación robótica y endoscópica–, cada una con sus fortalezas pedagógicas y su grado de validez documentada. Dedica una sección de peso al desafío específico de la cirugía abierta, hoy el eslabón más rezagado: ante la caída sostenida de la exposición a procedimientos abiertos, propone una combinación de modelos sintéticos, porcinos y cadavéricos junto con cursos estructurados como ASSET y los cadáveres frescos perfundidos que por primera vez reproducen el sangrado activo. Desarrolla luego los marcos de validez y los instrumentos de evaluación (OSATS, GOALS, FLS/FES/FUSE, EPAs, Milestones y *crowdsourcing*), la evidencia de transferencia al quirófano y los principios del diseño curricular –*Proficiency-Based Progression, bootcamps*, práctica espaciada, habilidades no técnicas y entrenamiento en equipo–, sin eludir los problemas de costos, las controversias abiertas (transferencia real, *skill decay*, uso para certificación, resistencia cultural) ni las estrategias de bajo costo que vuelven viable la simulación en contextos de recursos limitados. Cierra con la experiencia del Hospital Italiano de Buenos Aires como caso paradigmático argentino –del modelo porcino de los años sesenta al programa actual de tiempo protegido y progresión espiralada– y un conjunto de recomendaciones concretas para los programas del país, bajo una idea rectora: la simulación no reemplaza el quirófano, lo prepara y le da un marco de seguridad, y el desafío local es pasar de una incorporación heterogénea y dependiente de voluntades individuales a una integración sistemática, sostenible y verificable.

Capítulo 5: Realidad virtual en la educación quirúrgica
Roberto Badra, Eduardo J. Cassone

Este capítulo presenta la realidad virtual no como un accesorio del entrenamiento tradicional, sino como pilar de un nuevo paradigma formativo. Recorre los fundamentos pedagógicos que la sostienen –práctica deliberada, *mastery learning*, carga cognitiva, inmersión y presencia–, distingue sus modalidades (no inmersiva, seminmersiva y completamente inmersiva con retroalimentación háptica) y mapea sus aplicaciones: anatomía tridimensional interactiva, simulación de procedimientos completos, planificación quirúrgica personalizada por paciente, entrenamiento de crisis intraoperatorias y telementoría. La evidencia de nivel I ––desde el estudio seminal de Seymour hasta la revisión Cochrane–respalda que el preentrenamiento en RV mejora el desempeño técnico, acorta la curva de aprendizaje y desplaza la fase más riesgosa fuera del paciente real. El capítulo articula todo esto con la educación basada en competencias y las EPAs, propone un marco de implementación escalonado por nivel de recursos y aterriza en una agenda concreta para la Argentina y Latinoamérica: red nacional de simulación, telementoría y currículo común que cierre las brechas de equidad formativa.

Capítulo 6: Evaluación en la educación del cirujano
Roberto Badra, Martín Palavecino

Este capítulo sitúa la evaluación como el eje vertebrador de la formación quirúrgica contemporánea y analiza su transformación más profunda: el paso de un modelo basado en el tiempo de exposición y el volumen de casos hacia sistemas centrados en competencias verificables y orientados a resultados en pacientes. Apoyándose en tres marcos teóricos sucesivos –la crisis del paradigma tiempo-volumen, la pirámide de Miller (sabe, sabe cómo, muestra cómo, hace) y las EPAs como expresión operativa de la educación por compe-

tencias–, desarrolla el cambio de pregunta evaluativa, desde "¿Qué calificación merece este residente?" hasta "¿Confiaría este caso a este residente sin estar presente?", con sus decisiones de confianza *ad hoc* y sumativas. Recorre luego el arsenal de instrumentos por dominio: evaluación del conocimiento (ABSITE, ABS-QE, SCORE), de habilidades técnicas (OSATS, GOALS, GEARS, video con IA, simulación háptica), de competencias no técnicas (NOTSS) y en el lugar de trabajo (mini-CEX, DOPS, evaluación 360°, portafolio). Aborda el contexto de la fuerza de trabajo y los sesgos de género y diversidad en la evaluación, las tecnologías emergentes y sus riesgos de sesgo algorítmico, el bienestar del residente como variable moduladora del desempeño, la evaluación en la selección al posgrado, en la investigación y del propio desempeño docente. El Blue Ribbon Committee II y su proceso Delphi organizan las prioridades y plazos de reforma, y el capítulo culmina con la transición a la práctica independiente –ese "salto cuántico" que propone convertir en responsabilidad compartida y mentorizada– y un conjunto de líneas de acción concretas para adaptar estos principios a la realidad latinoamericana.

Capítulo 7: Seguridad del paciente y educación quirúrgica en residencias de Cirugía General
Agustín Dietrich, Roberto Badra, Martín Palavecino

Este capítulo sitúa la seguridad del paciente como una dimensión inseparable de la formación quirúrgica y reconstruye el giro conceptual que, desde *To Err Is Human* (1999), desplazó la mirada del error desde la culpa individual hacia las fallas del sistema. Recorre los marcos fundamentales –el queso suizo de Reason y su distinción entre fallas activas y latentes, las Organizaciones de Alta Confiabilidad, los factores humanos, la *Just Culture* y la seguridad psicológica– y los conecta con herramientas operativas como la *Surgical Safety Checklist* de la OMS, el NSQIP, el análisis de causa raíz y el *Crisis Resource Management*. Un eje central es la epidemiología del error según etapa formativa: los residentes iniciales concentran errores técnicos, los intermedios entran en una "zona de vulnerabilidad cognitiva" de juicio y decisión, y los avanzados enfrentan fallas de liderazgo, coordinación y la transición vulnerable hacia la práctica independiente, cada etapa con su estrategia preventiva. Analiza con matices el papel de los hospitales universitarios –donde la supervisión estructurada y los ateneos de morbimortalidad operan como mecanismos protectores pese a la mayor complejidad–y articula todo con las recomendaciones del Blue Ribbon Committee II y el impacto demostrado de la simulación sobre la reducción de eventos adversos. Cierra aterrizando en la realidad argentina y latinoamericana, con datos locales elocuentes sobre *burnout* (Relato 2024) y la experiencia concreta del Hospital Italiano de Buenos Aires, bajo una convicción de fondo: el aprendizaje y la seguridad del paciente no son objetivos en tensión, sino expresiones del mismo problema sistémico.

Capítulo 8: Impacto de las TIC y la Telemedicina en la formación de residentes de Cirugía General
Eduardo J. Cassone, Roberto Badra

Este capítulo plantea que las tecnologías digitales dejaron de ser un accesorio para volverse columna estructural de la residencia quirúrgica: su verdadero valor no es enseñar a distancia, sino hacer posible un currículo trazable, evaluable y seguro para el paciente. Recorre *e-learning*, simulación, v*ideo-based coaching*, telementoría, *learning analytics* e inteligencia artificial generativa, ubicando cada herramienta según la competencia que resuelve y los riesgos que introduce. Su tesis: la transición digital solo mejora la formación cuando se integra con sentido pedagógico, se mide con métricas verificables y se sostiene con políticas institucionales, con especial atención a la brecha de infraestructura y los marcos legales de la Argentina y Latinoamérica.

Capítulo 9: Desarrollo de las habilidades no técnicas en la educación quirúrgica del siglo XXI
*Roberto Badra, Martín Palavecino, Eduardo J. Casso*ne

Este capítulo sostiene que el desempeño quirúrgico de excelencia ya no se reduce a la destreza operatoria: una porción sustancial de los eventos adversos no nace de un mal gesto técnico sino de fallas humanas –comunicación deficiente, jerarquías mal gestionadas, pérdida de conciencia situacional, decisiones tardías–. Sobre esa premisa reconstruye el campo de las habilidades no técnicas, desde sus raíces en los factores humanos de la aviación hasta el modelo NOTSS y sus cuatro dominios: conciencia situacional, toma de decisiones, comunicación y liderazgo, y autocontrol. Mira el quirófano como un sistema social complejo donde la cultura, el sentido de pertenencia (*belonging*) y la seguridad psicológica determinan tanto el aprendizaje como la seguridad del paciente, y aborda con franqueza el reverso de esa cultura: el maltrato, el *burnout* y el desgaste del residente. Articula liderazgo y trabajo en equipo, el error desde una mirada sistémica, la simulación con *debriefing*, la evaluación de lo conductual mediante EPAs, y el *mentoring, sponsorship* y diversidad como estrategias que son a la vez éticas y de seguridad. Con el Blue Ribbon Committee II como marco de referencia, propone una integración curricular longitudinal y deja una convicción central: no alcanza con formar mejores operadores, sino profesionales capaces de liderar con serenidad, aprender del error y sostener seguridad bajo presión.

Capítulo 10: Investigación en las residencias de Cirugía
Agustín Dietrich, Martín Palavecino

Este capítulo presenta la investigación clínica como un componente ya estructural –y no accesorio– de la formación quirúrgica contemporánea, anclada en la consolidación de la Medicina Basada en la Evidencia y su extensión a la Cirugía Basada en la Evidencia, con el marco IDEAL como herramienta para evaluar innovaciones quirúrgicas según su madurez metodológica. Argumenta por qué el cirujano debe publicar, mapea las barreras estructurales (falta de tiempo, escasa formación metodológica, déficit de mentores, cultura que prioriza lo asistencial) y los facilitadores (tiempo protegido, programas estructurados, mentoría sostenida, apoyo institucional), y desarrolla seis modelos de integración de la investigación: longitudinal integrado, rotación dedicada, basado en competencias, trayectoria académica, proyectos institucionales y mejora de la calidad. Aborda luego la evaluación de la actividad científica –desde los indicadores bibliométricos clásicos y sus límites hasta las guías metodológicas (CONSORT, STROBE, PRISMA), las *altmetrics* y los modelos integrales que suman calidad e impacto clínico–, dedica una sección sólida a los aspectos éticos y normativos (comités de ética, autoría ICMJE, integridad académica, prerregistro, conflictos de interés) y al papel emergente de la IA generativa en la investigación. Plantea la transición de una "investigación obligatoria" hacia una "investigación motivada" mediante ludificación ("gamificación"), aprendizaje basado en proyectos, mentoría estructurada y herramientas digitales, y cierra con el contexto argentino y una experiencia institucional concreta del Hospital Italiano –el Proyecto Jefatura de Residentes Académico y las Olimpíadas Académicas– que ilustra cómo integrar formación metodológica progresiva, mentoría continua y producción colaborativa dentro de una residencia.

Capítulo 11: Robótica y residencia de Cirugía General
Agustín Dietrich, Martín Palavecino

Este capítulo presenta la cirugía robótica no como una mera evolución técnica de la laparoscopia, sino como un cambio paradigmático que redefine simultáneamente la adquisición de habilidades, los modelos de supervisión, las estrategias de evaluación y la propia relación entre residente, paciente y tecnología. Toma la transición a la laparoscopia de los años noventa como antecedente histórico –misma crisis educativa, misma necesidad de trasladar el aprendizaje fuera del paciente– y analiza las características fundacionales que distinguen a la plataforma robótica: la reducción del *feedback* háptico, la mediación digital de la interfaz, la visión tridimensional y la telemanipulación. Sobre esa base desarrolla los nuevos modelos de adquisición de competencias (simulación virtual, *dry* y *wet labs, dual-console, bootcamps*), los principios de práctica deliberada y *proficiency-based progression*, y las herramientas de evaluación objetiva (GEARS, OSATS adaptado, *motion tracking*, evaluación asistida por IA). Aborda la integración curricular progresiva por año de residencia, el c*redentialing* y la tensión central entre eficiencia operatoria y autonomía real del residente –el problema del *console time*–, junto con la transformación del mentor en *coach* quirúrgico y el auge del *video-based coaching*. Dedica una sección extensa a los dilemas éticos: la seguridad del paciente durante la curva de aprendizaje, la justicia distributiva y la inequidad de acceso en la Argentina y Latinoamérica, la dependencia tecnológica y la necesidad de "resiliencia técnica", y la responsabilidad profesional frente a sistemas asistidos por IA. Cierra proyectando el horizonte del *digital surgeon*, donde el verdadero desafío no es incorporar tecnología sino lograr su integración pedagógica y ética dentro de programas centrados en el paciente, la equidad y el desarrollo integral del futuro cirujano.

Capítulo 12: Perspectivas internacionales en la formación del cirujano
Matías E. Czerwonko (Estados Unidos), Stéphane Zalinski (Francia), Matteo Serenari (Italia), Yoji Kishi (Japón)

Este capítulo abre la formación del cirujano a una mirada comparada e internacional, construida a partir de cuatro testimonios de primera mano: cirujanos formados y en ejercicio en Estados Unidos, Francia, Italia y Japón describen, cada uno desde dentro de su propio sistema, el recorrido que va de la escuela de medicina a la práctica autónoma y la subespecialización. Se conservan deliberadamente las voces de cada autor –su orden de razones, sus énfasis, su grado de optimismo o reserva–, porque en ellas reside buena parte del valor del texto. Del conjunto emergen tensiones compartidas que también atraviesan a la cirugía argentina: la competitividad creciente de los procesos de selección, el impacto de la regulación horaria y de las nuevas expectativas sobre la calidad de vida, la preocupación por la caída de la exposición operatoria y el peso cada vez mayor de la investigación y la certificación. El sistema estadounidense impresiona por sus filtros sucesivos y su estandarización; el francés narra, en primera persona, veinte años de transformación entre la mejora del bienestar del residente y el debilitamiento de la mentoría operatoria; el italiano muestra la fuerza –y los límites–del concurso nacional único y de las redes formativas acreditadas; el japonés articula trayectoria, certificación y el lugar insustituible de los mentores y

la amistad profesional. Las consideraciones finales no proponen un modelo para imitar, sino un repertorio de respuestas frente a problemas comunes, leído con una pregunta de fondo: qué puede aprender la Argentina de cada una de estas experiencias.

Capítulo 13: Marco curricular por competencias para la residencia de Cirugía General
Eduardo José Cassone, Roberto Badra

Este capítulo final traduce las convicciones de toda la obra en una propuesta concreta: un marco curricular por competencias para la residencia de Cirugía General en la Argentina, pensado para ser adoptado y adaptado por los programas del país. Parte del giro de paradigma –del tiempo de permanencia y el volumen de casos al desempeño demostrado y fiable–y lo ordena en una arquitectura completa: un perfil del egresado, niveles de supervisión progresiva (de la observación a la autonomía capaz de supervisar a otros, homologados a las escalas de confianza del American Board of Surgery), dieciocho Actividades Profesionales Confiables organizadas en núcleo y ampliación, y seis áreas de competencia que abarcan desde el diagnóstico clínico-quirúrgico y el acto operatorio hasta la gestión, la actividad científico-académica y las competencias digitales y de profesionalismo. Sobre esa base despliega matrices de progresión por año de residencia (R1–R4), un mapa nacional de rotaciones de referencia, un sistema de enseñanza con sus roles docentes y su cultura de *feedback* y seguridad psicológica, un sistema de evaluación en el lugar de trabajo (DOPS, PBA, CBD, Mini-CEX, evaluación 360° y OSATS/GOALS/GEARS) y una Revisión de Progresión de Competencias adaptada del ARCP/ISCP. El documento integra explícitamente el Marco de Referencia del Ministerio de Salud y los hallazgos de cada capítulo del Relato, y no propone desmontar el sistema vigente sino hacerlo explícito, trazable y justo, ofreciendo a la Asociación Argentina de Cirugía una hoja de ruta realista para profesionalizar la formación con estándares comunes, sin perder de vista la equidad entre programas de distinta complejidad.

Cómo leer esta obra

Esta obra puede leerse de manera lineal o por capítulos seleccionados según el interés del lector. Sin embargo, tres rutas de lectura resultan especialmente recomendables según el perfil de quien la aborde.

La primera ruta, para responsables de programas de residencia, combina los capítulos 1, 2, 6, 10, 12 y 13: ofrece el marco histórico, conceptual e instrumental –y una propuesta curricular concreta, leída a la luz de la experiencia internacional–para rediseñar un programa formativo con criterios contemporáneos.

La segunda ruta, para educadores interesados en tecnología, combina los capítulos 3, 4, 5, 8 y 11: proporciona una visión integrada de las herramientas disponibles, su evidencia de respaldo y los marcos para evaluar su impacto, evitando tanto el entusiasmo acrítico como el escepticismo paralizante que suele rodear la discusión sobre innovación tecnológica en educación.

La tercera ruta, para residentes y jefes de residentes, combina los capítulos 7, 9 y 10: ofrece una perspectiva del proceso formativo desde adentro: cómo aprender activamente, cómo desarrollar las competencias que el sistema raramente enseña de manera explícita y cómo sostener la seguridad y el bienestar en un entorno que exige cada vez más y ofrece, a veces, menos tiempo y supervisión para lograrlo.

Una nota sobre el momento histórico

Este Relato se escribe en un momento de aceleración sin precedentes. La inteligencia artificial generativa, los simuladores de alta fidelidad, el aprendizaje analítico en tiempo real y la telecirugía remota ya no son proyectos de investigación: son tecnologías disponibles que algunas instituciones están comenzando a incorporar. Al mismo tiempo, muchas residencias argentinas siguen operando con los mismos recursos, la misma carga horaria y los mismos criterios de evaluación que tenían hace veinte años.

Esta asimetría no es solo un problema técnico. Es una cuestión de justicia que el Prólogo nombra con precisión: la educación quirúrgica es una responsabilidad colectiva, y esa responsabilidad no puede ejercerse de manera desigual según la fortuna institucional de cada programa. Si los avances en educación quirúrgica solo benefician a quienes ya tienen acceso a los mejores centros, el sistema de formación se convierte en un mecanismo de reproducción de la desigualdad, no de superación de esta.

La respuesta no es esperar a que la tecnología se vuelva más accesible o la conectividad más universal. Es construir desde ahora una política formativa que establezca estándares mínimos para todos, que cree redes de colaboración entre centros de diferente complejidad y que evalúe su propio impacto con rigor. Esa política requiere la participación de todos los actores que el Prólogo enumera: ministerios de salud, facultades de medicina, hospitales, asociaciones científicas, residentes y, fundamentalmente, los pacientes, cuya seguridad justifica toda la inversión en formación.

La propuesta de este Relato es que la Asociación Argentina de Cirugía debe continuar el camino de profesionalizar la formación en cirugía, con inclusión y

consenso, hacia una formación de excelencia. Añadimos que esa profesionalización hoy exige incorporar las herramientas del siglo XXI sin abandonar los valores que hacen de la cirugía una disciplina al servicio de los pacientes y de la sociedad.

El Prólogo de este Relato recuerda que formar cirujanos es transmitir técnica y ciencia, pero también humanidad, responsabilidad, cultura profesional y compromiso ético. Integramos ambas afirmaciones en una sola convicción: la educación quirúrgica de calidad es la estructura sobre la que se forja la seguridad de los pacientes que los cirujanos de hoy y de mañana tendrán el privilegio y la obligación de atender.

Ese es el compromiso que articula cada página de esta obra.

Los Relatores

1. Historia de las residencias quirúrgicas

Martín Palavecino,Agustín Dietrich

Vita brevis, ars longa, occasio praeceps, experimentum periculosum, iudicium difficile.
La vida es breve, el arte es largo, la ocasión fugaz, la experiencia engañosa, el juicio difícil.
Hipócrates, Aforismos I1

RESUMEN

La residencia quirúrgica contemporánea, atribuida al modelo desarrollado por William Halsted en el Johns Hopkins Hospital a fines del siglo XIX, no surgió en el vacío sino como punto de llegada de un proceso multisecular durante el cual la cirugía pasó de ser un oficio manual ejercido al margen de la medicina académica, a constituirse en una especialidad con formación estructurada. Este capítulo recorre dicha evolución en dos partes. La primera describe la formación quirúrgica antes de las residencias médicas –desde la transmisión empírica de la Antigüedad hasta el modelo de *apprenticeship* hospitalario del siglo XIX, pasando por la separación medieval entre médicos y cirujanos, la revalorización del oficio durante el Renacimiento y los aportes de John Hunter y de las escuelas clínicas europeas–. La segunda analiza la consolidación del modelo halstediano en el siglo XX, sus crisis y reformas a partir de la década de 1990, con la limitación de horas laborales y la irrupción de la educación basada en competencias, así como la expansión de las residencias en el siglo XXI bajo el paradigma de evaluación verificable y supervisión progresiva. Se incluye finalmente una revisión específica de la evolución de las residencias de cirugía general en la Argentina, desde los esquemas hospitalarios informales hasta el modelo contemporáneo de formación estructurada.

Palabras clave: *historia de la cirugía, residencia quirúrgica, modelo halstediano,* apprenticeship,*educación basada en competencias.*

Antecedentes históricos: la formación quirúrgica antes de las residencias

Introducción

La aparición de la residencia quirúrgica como sistema formal de formación, atribuida al modelo desarrollado por William Stewart Halsted en el Johns Hopkins Hospital a fines del siglo XIX, no surgió en el vacío. Fue el punto de llegada de un proceso multisecular durante el cual la cirugía pasó de ser un oficio manual ejercido al margen de la medicina académica a constituirse en una disciplina científica con base universitaria y hospitalaria. Comprender ese trayecto previo permite dimensionar la magnitud del cambio que introdujo la residencia: no fue solamente una nueva organización del entrenamiento, sino la culminación de una larga transformación cultural, institucional y científica de la práctica quirúrgica[1,2].

Esta primera parte describe, en grandes trazos, cómo se formaban los cirujanos antes de que existiera la residencia: desde la transmisión empírica de la Antigüedad hasta los aprendizajes formalizados de los colegios europeos del siglo XIX, pasando por el largo período medieval en el que la cirugía quedó separada institucionalmente de la medicina. El recorrido se cierra en el umbral del modelo halstediano, articulando con la Parte II del capítulo, que retoma el relato desde Halsted y lo extiende hasta la actualidad.

La Antigüedad: cirugía como oficio empírico

En las civilizaciones antiguas, la cirugía se ejerció como una práctica fundamentalmente empírica, transmitida de maestro a discípulo en el marco de la familia, el templo o el gremio. El Papiro de Edwin Smith, datado hacia el siglo XVII a.C. pero presumiblemente copia de textos más antiguos, describe maniobras quirúrgicas y reducciones de fracturas con una sistematicidad notable para la época, sin que existiera detrás un sistema formal de enseñanza médica[2]. En la tradición hipocrática, la cirugía aparece subordinada a la medicina interna y reservada a procedimientos relativamente limitados, en buena medida porque la falta de anestesia y de control de la infección imponía una barrera técnica infranqueable [1,2].

Durante el Imperio Romano, autores como Galeno consolidaron un cuerpo de conocimiento anatómico y quirúrgico que dominaría el pensamiento médico durante más de un milenio, pero la formación de los cirujanos siguió siendo un asunto de transmisión personal, sin instituciones específicamente dedicadas a su enseñanza[2] (Fig. 1).

La Edad Media: la separación entre médicos y cirujanos

A partir de la consolidación de las universidades europeas en los siglos XII y XIII, la medicina se in-

■ FIGURA 1

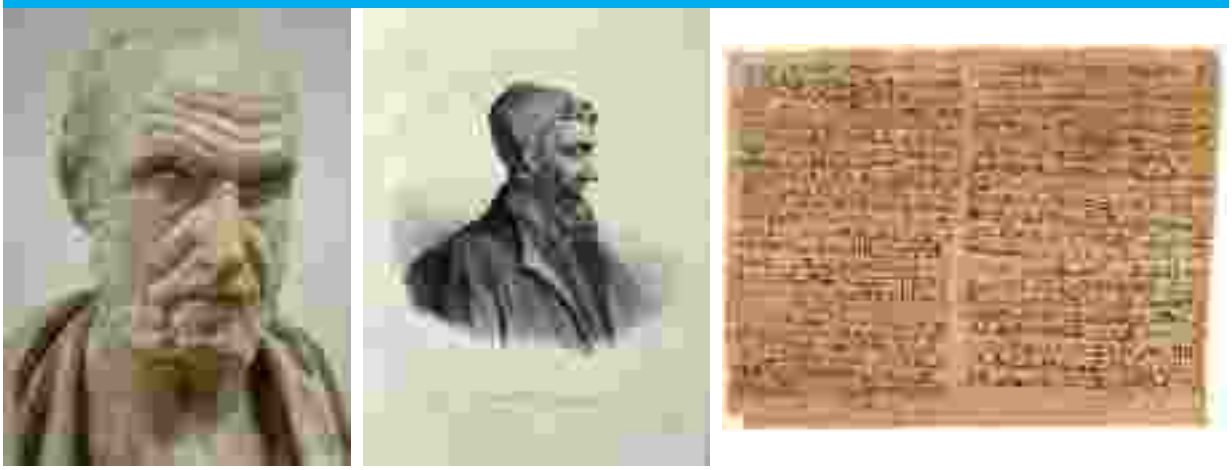


Figura 1. De izquierda a derecha: busto de Hipócrates (s. V a.C.), retrato de Galeno (s. II d.C.) y fragmento del Papiro de Edwin Smith (ca. 1600 a.C.), el documento quirúrgico más antiguo conocido

corporó al currículo universitario como una disciplina basada en la lectura de los autores clásicos. La cirugía, en cambio, quedó fuera de las facultades de medicina y fue relegada a un oficio manual ejercido por barberos, sangradores y cirujanos itinerantes que aprendían su trabajo en el marco de aprendizajes gremiales prolongados, sin formación teórica formal[1,3].

Esta separación se institucionalizó. El Concilio de Tours de 1163 prohibió a los clérigos –principales depositarios del saber médico– realizar procedimientos cruentos, consolidando la división social entre el "médico-físico" universitario y el "cirujano-barbero" artesano. Durante varios siglos esta jerarquía marcó la formación quirúrgica: los cirujanos aprendían en talleres, no en hospitales ni universidades, y su prestigio social y académico era netamente inferior al de los médicos[1,3].

Existieron excepciones. En Bolonia, Salerno y Montpellier surgieron figuras como Guy de Chauliac, cuya *Chirurgia Magna* (1363) circuló como texto de referencia durante doscientos años, y que reclamaba para la cirugía un estatuto académico equivalente al de la medicina interna[2]. Sin embargo, estas excepciones no modificaron el patrón general: hasta entrado el siglo XVIII, la inmensa mayoría de los cirujanos europeos se formaron por aprendizaje gremial, sin pasar por la universidad.

El Renacimiento: anatomía, técnica y revalorización del oficio

El Renacimiento marcó un punto de inflexión. La publicación en 1543 de *De Humani Corporis Fabrica*, de Andrés Vesalio, refundó el conocimiento anatómico sobre la base de la disección sistemática y desafió a las autoridades clásicas heredadas[4]. Pocos años después, en 1545, el cirujano militar francés Ambroise Paré publicó *La méthode de traicter les playes faictes par hacquebutes et aultres bastons à feu*, donde proponía abandonar la cauterización con aceite hirviendo en favor de ligaduras vasculares y curaciones más conservadoras, sobre la base de su propia experiencia en el campo de batalla[1,2].

Paré encarnó el ideal del cirujano práctico que, sin formación universitaria formal –no hablaba latín– llegó a ser cirujano de cuatro reyes de Francia y a transformar la disciplina desde adentro. Su carrera ejemplifica una transición incipiente: la cirugía empezaba a producir conocimiento propio y publicado, aunque su formación seguía siendo, esencialmente gremial[2] (Fig. 2).

El siglo XVIII: John Hunter y los cimientos de la cirugía científica

El siglo XVIII fue decisivo para la transformación intelectual de la cirugía. En Londres, John Hunter (1728-1793) introdujo un enfoque sistemáticamente experimental: combinó la disección anatómica, la fisiología comparada y la observación clínica para fundar lo que más tarde se reconocería como cirugía científica. Hunter formó a una generación entera de cirujanos en su propio museo a través de demostraciones anatómicas privadas, sentando las bases pedagógicas que más tarde adoptarían los hospitales-escuela del siglo XIX[5].

Paralelamente, en este período se consolidaron las instituciones que profesionalizarían el oficio. En 1745 el Parlamento británico separó la Company of Surgeons del gremio de los barberos, y en 1800 se fundó el Royal College of Surgeons of England, que comenzó a regular el acceso a la profesión mediante exámenes formales[3]. Cambios análogos ocurrieron en Francia con la creación de la *Académie Royale de Chirurgie* en 1731, que elevó la cirugía al rango universitario y la equiparó institucionalmente con la medicina[1,2] (Fig. 3).

■ FIGURA 2



Izq.: Ambroise Paré (1510–1590), cirujano militar francés. Der.: Andrés Vesalio (1514–1564), retrato del frontispicio de De Humani Corporis Fabrica (1543)

■ FIGURA 3



John Hunter (1728–1793), retrato por John Jackson (según Sir Joshua Reynolds). Fundador de la cirugía científica

El siglo XIX: las escuelas clínicas y el aprendizaje hospitalario

Hacia comienzos del siglo XIX, el modelo de formación dominante en Europa pasó a ser el aprendizaje hospitalario, organizado en torno a los grandes hospitales urbanos de París, Edimburgo, Viena y Berlín. La "escuela clínica" parisina, asociada a figuras como Bichat, Dupuytren y Velpeau, introdujo la enseñanza junto al lecho del paciente, el examen físico sistemático y la correlación entre los signos clínicos y los hallazgos de la autopsia[2,6].

En este modelo, el aspirante a cirujano combinaba la asistencia a clases teóricas en una universidad o escuela de medicina con un aprendizaje prolongado al lado de un cirujano consagrado, en el marco del hospital. La progresión era informal y altamente dependiente de las relaciones personales: el "interno" o el "ayudante" adquiría experiencia observando, asistiendo y, gradualmente, operando, sin un programa estructurado, sin evaluaciones objetivas y sin un final claramente definido[1,7].

Este modelo europeo fue exportado a América. Muchos de los cirujanos estadounidenses más influyentes del siglo XIX –incluido el propio Halsted– completaron su formación viajando a Viena, Berlín, Leipzig o París, donde tomaron contacto con los principios de la cirugía científica europea[7,8].

Anestesia y antisepsia: la habilitación técnica de la cirugía moderna

Dos avances del siglo XIX transformaron la práctica quirúrgica y, con ella, los requerimientos de la formación. El primero fue la introducción de la anestesia general. El 16 de octubre de 1846, William Morton realizó en el Massachusetts General Hospital la primera demostración pública exitosa de anestesia con éter, en una intervención conducida por John Collins Warren. La crónica del procedimiento, publicada por Henry J. Bigelow en el *Boston Medical and Surgical Journal*, marcó el inicio de la era de la cirugía indolora[6,9] (Fig. 4).

El segundo fue la introducción de la antisepsia. En 1867, Joseph Lister publicó en *The Lancet* una serie de artículos en los que describía el uso de ácido carbólico (fenol) para prevenir la infección de heridas quirúrgicas, aplicando las ideas de Pasteur sobre la teoría germinal de la enfermedad. La adopción progresiva de los principios de Lister, y luego de la asepsia propiamente dicha, redujo de manera radical la mortalidad posoperatoria y permitió expandir el repertorio quirúrgico[10,6] (Fig. 5).

Estos dos avances cambiaron el tipo de cirujano que el sistema necesitaba formar. Operaciones más

■ FIGURA 4



Primera demostración pública de anestesia con éter, Massachusetts General Hospital, 16 de octubre de 1846 (arriba). William T. G. Morton (1819-1868), su ejecutor (abajo)

■ FIGURA 5



Joseph Lister (1827-1912), iniciador de la era de la antisepsia quirúrgica con la publicación en *The Lancet* (1867) del uso de ácido carbólico para prevenir la infección de heridas

prolongadas, más complejas y con menor mortalidad inmediata exigieron mayor preparación técnica, conocimiento fisiológico y comprensión del cuidado perioperatorio, terreno para el cual el aprendizaje informal resultaba cada vez más insuficiente[6,7].

*El modelo de aprendizaje (*apprenticeship*): características y limitaciones*

Hacia la segunda mitad del siglo XIX, el sistema dominante de formación quirúrgica en el mundo anglosajón seguía siendo el aprendizaje individual: un joven médico, tras completar la formación médica básica, se vinculaba durante varios años a un cirujano experimentado, generalmente en un hospital, en calidad de *house surgeon* o ayudante personal. Aprendía observando, asistiendo y, con el tiempo, realizando procedimientos bajo supervisión variable[1,7].

Este modelo tenía virtudes evidentes –contacto directo con el maestro, exposición clínica intensa, transmisión de una tradición técnica– pero también serias limitaciones. La duración del aprendizaje era heterogénea, no existían contenidos curriculares definidos, la evaluación era subjetiva, la responsabilidad sobre el paciente se transfería de manera errática y el aprendizaje quedaba fuertemente condicionado por la disponibilidad y la voluntad del maestro. La calidad de la formación variaba enormemente entre instituciones y entre individuos[1,7,8].

Adicionalmente, el aprendiz no tenía dedicación exclusiva ni vivienda hospitalaria estable, lo que limitaba la continuidad del cuidado del paciente y la posibilidad de adquirir progresivamente responsabilidades de mayor complejidad. Tampoco existía un sistema explícito de articulación entre la asistencia, la enseñanza y la investigación científica, dimensiones que recién comenzarían a integrarse en las últimas décadas del siglo XIX[7,8].

La transición hacia la residencia

A fines del siglo XIX, varios factores convergieron para hacer obsoleto el modelo de aprendizaje tradicional. Por un lado, la creciente complejidad técnica de la cirugía moderna, habilitada por la anestesia y la antisepsia, exigía una formación más prolongada y sistemática. Por otro, las escuelas alemanas habían demostrado que era posible organizar la enseñanza clínica y quirúrgica de manera estructurada, con jerarquías escalonadas de ayudantes y una articulación explícita con la investigación universitaria[2,7].

Estos elementos influyeron decisivamente en William Stewart Halsted, quien tras una larga estancia formativa en Viena, Würzburg, Leipzig y Berlín, asumió en 1889 la jefatura de Cirugía del recién inaugurado

Johns Hopkins Hospital. Allí diseñó un sistema que combinaba lo mejor del modelo alemán –jerarquía progresiva, dedicación exclusiva, integración con la universidad– con un período prolongado de formación bajo supervisión directa, cuyos rasgos centrales describiría más tarde en su artículo programático de 1904, "The training of the surgeon"[7,8,11] (Fig. 6).

Con ese paso, la formación quirúrgica dejó de ser un aprendizaje individual e informal para convertirse en un programa institucional, sistemático y escalonado: nacía la residencia quirúrgica moderna, cuya evolución posterior es el objeto de la Parte II de este capítulo.

Historia de las residencias quirúrgicas

El modelo halstediano y su evolución durante el siglo XX

A comienzos del siglo XX, la educación médica atravesó una reforma estructural impulsada por la necesidad de profesionalizar la práctica médica y elevar sus estándares científicos. Según describe Ludmerer en *Time to Heal*, este período se caracterizó por la consolidación de un sistema en el cual la formación médica se desarrollaba en estrecha relación con hospitales universitarios, promoviendo un entorno académico donde la asistencia, la docencia y la investigación coexistían de manera integrada[12]. En el ámbito quirúrgico, el modelo halstediano se consolidó rápidamente como el estándar de formación durante gran parte del siglo XX, permitiendo integrar la práctica asistencial con la actividad académica y formar a los residentes no solo como ejecutores técnicos, sino también como futuros líderes en cirugía[7].

Aunque este enfoque resultó eficaz para la enseñanza de habilidades técnicas, también mostró limitaciones claras. Carecía de una estructura curricular formal, dependía en gran medida del aprendizaje por experiencia y exigía jornadas extensas, lo que lo convertía en un modelo altamente demandante. Además, no contemplaba de manera suficiente dimensiones clave del desarrollo profesional del residente, como el liderazgo, las habilidades no técnicas y la ética[11]. Asimismo, en la mayoría de los países, estos programas –con semanas laborales que superaban las 80 horas– permanecieron integrados casi exclusivamente por varones hasta después de 1980.

A partir de la segunda mitad del siglo XX, este equilibrio comenzó a modificarse de manera significativa. Ludmerer describe cómo la creciente presión asistencial, el aumento de los costos en salud y la irrupción de modelos de medicina gestionada generaron tensiones entre la función educativa y la productividad clínica[12]. En este nuevo contexto, los residentes pasaron a desempeñar un papel cada vez más relevante en la provisión de servicios, lo que redujo progresivamente el tiempo dedicado a la formación estructurada y a la actividad académica.

Estas transformaciones mostraron las fallas del enfoque tradicional, sobre todo en la calidad del aprendizaje y la seguridad del paciente. El exceso de trabajo y las largas jornadas se consideraron riesgos para el desempeño del residente y los resultados clínicos, lo que impulsó reformas para regular las condiciones laborales y mejorar la formación[13].

Crisis y reformas del modelo tradicional

A partir de la década de 1990, el modelo tradicional de enseñanza en las residencias quirúrgicas comenzó a ser objeto de cuestionamientos sustantivos, impulsados principalmente por la evidencia creciente sobre la magnitud de los errores médicos y su impacto en la seguridad del paciente. El informe del Institute of Medicine, *To Err is Human*, estimó que decenas de miles de muertes anuales en Estados Unidos estaban asociadas a errores prevenibles en la atención sanitaria, situando a la seguridad del paciente como una prioridad central de los sistemas de salud[14]. Este hallazgo generó un cambio de paradigma, trasladando el foco desde la

■ **FIGURA 6**



William Stewart Halsted (1852–1922), creador del modelo de residencia quirúrgica en el Johns Hopkins Hospital (izq.). Halsted operando en el nuevo anfiteatro quirúrgico, 1904 (centro). Portada de "The Training of the Surgeon", su discurso inaugural pronunciado en Yale University, 27 de junio de 1904 (der.)

responsabilidad individual hacia las fallas sistémicas y los procesos organizacionales (Fig. 7).

En el ámbito quirúrgico, estos cuestionamientos se vieron reforzados por estudios que analizaron la naturaleza y frecuencia de los errores en la práctica clínica. Gawande y cols. demostraron que los eventos adversos quirúrgicos se originaban con frecuencia en una combinación de factores humanos y sistémicos, incluyendo fatiga, sobrecarga laboral, fallas en la comunicación y deficiencias en la supervisión[13]. Estos hallazgos pusieron en evidencia las limitaciones del modelo halstediano clásico, particularmente en relación con las extensas jornadas laborales y el aprendizaje basado exclusivamente en la experiencia clínica.

En este contexto, la estructura tradicional de las residencias –caracterizada por una elevada carga asistencial, aprendizaje no estructurado y dependencia de la exposición clínica– comenzó a ser reconsiderada. La fatiga del residente fue identificada como un factor crítico, asociándose con deterioro cognitivo, disminución del rendimiento y mayor probabilidad de errores, lo que impactaba tanto en la seguridad del paciente como en la calidad del aprendizaje.

La respuesta a esta crisis se materializó en una serie de medidas regulatorias concretas. En los Estados Unidos, el Accreditation Council for Graduate Medical Education (ACGME) implementó, a partir del 1 de julio de 2003, el primer reglamento nacional de carga horaria para residentes: un límite de 80 horas semanales promediadas sobre cuatro semanas, descanso mínimo de diez horas entre jornadas, un día libre cada siete y guardias presenciales no mayores de 24 horas[15]. En Europa, la Directiva de Tiempo de Trabajo de 1993, originalmente excluyente para los médicos en formación, fue extendida a este grupo por la versión revisada 2003/88/EC: desde agosto de 2004 los residentes europeos quedaron limitados a 58 horas semanales, techo reducido a 56 horas en 2007 y a 48 horas a partir de agosto de 2009[16]. En diciembre de 2008, un segundo informe del Institute of Medicine, Resident Duty Hours: Enhancing Sleep, Supervision, and Safety, recomendó endurecer aún más estos límites, incorporar períodos protegidos de sueño durante guardias prolongadas y reforzar la supervisión directa, fundamentando estas medidas en la evidencia acumulada sobre fatiga, deterioro cognitivo y errores asociados[17].

Paralelamente al ajuste de las jornadas, las residencias incorporaron nuevas estrategias educativas. La formación basada en competencias, formalizada por el ACGME en su *Outcome Project* a partir de 1999[18], desplazó progresivamente la lógica de exposición pasiva a casos por una evaluación estructurada del desempeño en seis dominios definidos (Fig. 8). En cirugía, esto se acompañó de la incorporación sistemática de la simulación quirúrgica: programas como el *Fundamentals of Laparoscopic Surgery* (FLS), validados desde 2004 como

■ **FIGURA 7**



Portada de *To Err Is Human: Building a Safer Health System* (Institute of Medicine, 1999), informe que situó la seguridad del paciente como prioridad central de los sistemas de salud y desencadenó la revisión del modelo tradicional de residencia

herramienta tanto formativa como evaluativa[19], permitieron desplazar parte del aprendizaje técnico fuera del quirófano. La evidencia acumulada confirma que la simulación con tecnología produce efectos consistentes sobre el conocimiento, las habilidades técnicas y los desenlaces clínicos[20].

El conjunto de estas reformas –regulación horaria, supervisión más estrecha, evaluación por competencias y simulación quirúrgica– desplazó al modelo halstediano clásico de su posición hegemónica en menos de dos décadas. La residencia dejó de definirse por la cantidad de horas acumuladas en el quirófano para estructurarse en torno a desempeños observables. Esta transformación dejó abierta una discusión que sigue vigente: cómo conciliar la reducción de la exposición clínica intraoperatoria con la adquisición real de autonomía técnica antes del egreso [21].

Expansión y consolidación en el siglo XXI

A comienzos del siglo XXI, la educación quirúrgica experimentó una transformación significativa impulsada por cambios estructurales en los sistemas de salud y nuevas demandas en la formación profesional. Debas y cols. señalan que factores como la reducción de las horas laborales, el aumento de la complejidad quirúrgica y la creciente preocupación por la seguridad del paciente, han puesto en tensión los modelos tradicionales de entrenamiento evidenciando la necesidad de reformas estructurales[21]. En este contexto, el *Outcome Project* del ACGME introdujo un cambio paradigmático

■ FIGURA 8



Seis dominios de competencia definidos por el ACGME en el Outcome Project (1999): atención al paciente, conocimiento médico, aprendizaje y mejora basados en la práctica, habilidades interpersonales y de comunicación, profesionalismo y práctica basada en sistemas

al proponer un modelo basado en competencias, centrado en la evaluación del desempeño del residente en dominios específicos como la atención del paciente, el conocimiento médico y el profesionalismo[18] (Tabla 1 y Fig. 9).

Evolución de las residencias de Cirugía General en la Argentina

La formación quirúrgica en la Argentina ha experimentado una evolución progresiva a lo largo del último siglo, influenciada por modelos internacionales pero adaptada a las particularidades del sistema sanitario local. Desde esquemas iniciales de aprendizaje empírico hospitalario hasta los actuales programas estructurados que integran asistencia, docencia, investigación y evaluación, las residencias de Cirugía General han atravesado múltiples transformaciones[12,21] (Tabla 2).

Desarrollo histórico

Orígenes y primeras etapas

En la Argentina, la formación quirúrgica se desarrolló inicialmente bajo un modelo de aprendizaje hospitalario informal, fuertemente influenciado por la tradición europea. Este sistema reproducía, en menor escala, el paradigma halstediano desarrollado en Estados Unidos, basado en la práctica intensiva, la jerarquía y la progresiva adquisición de responsabilidades[7,11]. Sin embargo, a diferencia del modelo original, carecía de una estructura curricular definida y de mecanismos formales de evaluación.

Consolidación de las residencias (mediados del siglo XX)

A partir de la segunda mitad del siglo XX se inició un proceso de formalización de las residencias médicas en hospitales públicos y universitarios. Este proceso estuvo influenciado por la expansión global del modelo de residencia quirúrgica estructurada y por la necesidad de estandarizar la formación[21].

Durante este período, la residencia se consolidó como el principal sistema de formación de cirujanos, caracterizándose por una fuerte orientación asistencial, alta carga horaria y aprendizaje basado en la experiencia directa en quirófano. No obstante, la actividad académica y la investigación tenían un papel limitado.

Las residencias quirúrgicas en la Argentina surgieron como una adaptación local del modelo halstediano norteamericano, con formación intensiva, dedicación exclusiva, supervisión continua y autonomía progresiva. El antecedente de residencia médica formal en el país se remonta a 1944, con Tiburcio Padilla en el Hospital de Clínicas, mientras que la primera residencia quirúrgica moderna se desarrolló en 1951 en el Policlínico de Lanús bajo el liderazgo de Augusto H. Moreno. Este nuevo paradigma reemplazó el aprendizaje artesanal

■ TABLA 1

Evolución de los modelos educativos en cirugía

Período	Modelo educativo	Características principales	Limitaciones	Evolución en la Argentina	Referencias clave
Fines s. XIX – principios s. XX	Modelo halstediano	Formación basada en práctica; responsabilidad progresiva; dedicación exclusiva; jerarquía estricta	Ausencia de currículo formal; alta carga laboral	Influencia indirecta en hospitales escuela	7,11
Primera mitad s. XX	Modelo académico integrado	Integración universidad-hospital; formación científica; desarrollo de investigación	Acceso limitado; dependencia institucional	Desarrollo de hospitales universitarios	12
Segunda mitad s. XX	Modelo estructurado tradicional	Programas formales; subespecialización; evaluación progresiva	Persistencia de modelo asistencial intensivo	Consolidación de residencias hospitalarias	21
1980–2000	Modelo en transición	Regulación de horas; énfasis en seguridad del paciente	Menor exposición clínica; tensiones formativas	Inicio de regulación progresiva	13,14
Desde 2000	Modelo basado en competencias	Evaluación estructurada; foco en resultados; formación integral	Implementación heterogénea	Adopción parcial en centros académicos	18
Actualidad	Modelo integrado contemporáneo	Simulación; evaluación objetiva; investigación; seguridad del paciente	Requiere recursos; desigualdad institucional	Desarrollo en centros como Hospital Italiano	19,20
Futuro	Modelo tecnológico y personalizado	IA; *big data*; simulación avanzada; aprendizaje adaptativo	Costos; validación; desafíos éticos	Implementación incipiente	—

■ FIGURA 9



Evolución de los modelos educativos en cirugía

TABLA 2

Evolución de las residencias de cirugía en la Argentina

Período	Modelo predominante	Características	Limitaciones	Hitos en la Argentina
Principios s. XX	Formación hospitalaria informal	Aprendizaje por práctica; jerarquía; sin currículo formal	Variabilidad; ausencia de evaluación	Desarrollo de hospitales-escuela
1940–1970	Residencias incipientes	Influencia europea; mayor estructuración; formación práctica intensiva	Falta de estandarización	Consolidación de hospitales públicos docentes
1970–1990	Modelo tradicional consolidado	Programas formales; alta carga asistencial; aprendizaje en quirófano	Escasa formación académica	Expansión de residencias en sistema público
1990–2005	Etapa de transición	Mayor regulación; evaluación incipiente	Persistencia de heterogeneidad	Desarrollo de centros académicos
2005–actualidad	Modelo integrado	Investigación, simulación, evaluación estructurada	Desigualdad institucional	Programas estructurados (p. ej., Hospital Italiano)

por una estructura organizada basada en la práctica hospitalaria continua, las guardias activas y la asignación creciente de responsabilidades (Fig. 10).

Sin embargo, buena parte de las bases culturales y académicas de la cirugía argentina moderna ya había sido establecida por la escuela de los hermanos Enrique y Ricardo Finochietto en el Hospital Rawson. La llamada "Escuela Quirúrgica del Rawson" fue uno de los centros formadores más influyentes de América Latina y constituyó un antecedente conceptual central para el desarrollo posterior de las residencias quirúrgicas.

Enrique Finochietto desarrolló en el Rawson un modelo de enseñanza marcadamente práctico, centrado en la formación junto al paciente y en el quirófano, con énfasis en la disciplina técnica, la observación directa y la progresión gradual de responsabilidades. Sus célebres "viernes de Enrique Finochietto" anticiparon las futuras actividades docentes hospitalarias sistemáticas. Más tarde, Ricardo Finochietto profundizó esta orientación con la creación de la "Escuela Quirúrgica para Graduados", formalizada en 1949, donde organizó sesiones quirúrgicas, demostraciones operatorias, discusión de casos y entrenamiento progresivo de jóvenes cirujanos. La escuela finochiettista impulsó, además, principios que luego serían centrales en las residencias modernas: concurrencia hospitalaria intensiva, dedicación permanente, trabajo en equipo y supervisión escalonada.

En 1957 se creó en el Hospital Durand la primera residencia universitaria formal de cirugía, dirigida por Mario Brea junto con Andrés Santas. Ambos incorporaron concepciones modernas de formación quirúrgica adquiridas en centros europeos y norteamericanos, y consolidaron un modelo académico estructurado basado en supervisión continua, progresión jerárquica e integración estrecha entre asistencia, docencia e investigación.

En este proceso, el Hospital Italiano de Buenos Aires ocupó un lugar relevante en la consolidación institucional de las residencias quirúrgicas argentinas durante la década de 1960. En 1962 se creó su primera residencia dentro del Servicio de Cirugía General, bajo la dirección de Enrique Beveraggi, uno de los principales impulsores del sistema moderno de residencias quirúrgicas en la institución. Beveraggi promovió un modelo basado en intensa actividad asistencial, formación académica continua y supervisión progresiva, con integración de asistencia, docencia e investigación en un esquema comparable al de los grandes hospitales universitarios.

A partir de esa experiencia inicial, el Hospital Italiano expandió rápidamente sus programas de formación y consolidó una sólida cultura académica en cirugía. Durante la década de 1960 comenzaron a estructurarse múltiples residencias especializadas, junto con actividades científicas, investigación experimental y programas docentes sistematizados. Este proceso coincidió con la modernización de la educación médica argentina y con la consolidación de los hospitales universitarios como centros de formación avanzada (Fig. 11).

■ FIGURA 10



Hospital de Clínicas José de San Martín, Buenos Aires (arriba). Tiburcio Padilla (abajo), impulsor de la primera residencia médica formal de la Argentina, creada en el Hospital de Clínicas en 1944

Así, la evolución de las residencias quirúrgicas argentinas puede entenderse como el resultado de la convergencia entre el modelo halstediano internacional, la tradición docente de la escuela Finochietto del Hospital Rawson y la posterior institucionalización académica impulsada por figuras como Mario Brea, Andrés Santas y Enrique Beveraggi, que contribuyeron de manera decisiva al desarrollo de la residencia quirúrgica moderna en la Argentina.

Expansión y modelo tradicional (1970-1990)

Entre las décadas de 1970 y 1990, las residencias quirúrgicas se expandieron significativamente en el sistema público argentino. Este modelo permitió la formación de un gran número de cirujanos con sólida experiencia práctica.

Sin embargo, este esquema presentaba limitaciones importantes, incluyendo:

■ FIGURA 10



Hospital Italiano de Buenos Aires: fachada histórica del antiguo edificio (arriba) y primera generación de residentes de cirugía (abajo)

- Ausencia de evaluación objetiva
- Escasa formación metodológica
- Baja producción científica

Estas características reflejaban una concepción de la formación centrada en la práctica, con escasa integración de la medicina basada en la evidencia[22].

Transición hacia modelos más estructurados (1990-2005)

A partir de la década de 1990, comenzaron a incorporarse cambios influenciados por tendencias internacionales, particularmente en relación con la calidad de la atención y la seguridad del paciente. El informe *To Err is Human* marcó un punto de inflexión al evidenciar la necesidad de mejorar la formación médica[14].

En la Argentina, algunos centros comenzaron a introducir:

- Evaluaciones más formales
- Programas académicos
- Actividades científicas

No obstante, la implementación fue heterogénea y dependiente de cada institución.

Modelo contemporáneo (2005-actualidad)

En las últimas dos décadas se ha consolidado en algunos centros un modelo más integrado, alineado con estándares internacionales de formación quirúrgica. Este modelo incorpora:

- Formación basada en competencias[18]
- Evaluación estructurada del desempeño
- Integración de investigación clínica[20]
- Simulación quirúrgica como herramienta educativa[19]

Algunas instituciones como el Hospital Italiano de Buenos Aires, cuyo sistema de residencias médicas tiene más de seis décadas de desarrollo formal[23], han implementado programas que incluyen rotaciones en investigación, mentoría estructurada y tiempo protegido, lo que ha demostrado mejorar la producción científica y la calidad formativa.

Sin embargo, en el ámbito nacional persisten desafíos relevantes:

- Heterogeneidad entre programas
- Limitaciones de recursos
- Falta de estandarización
- Insuficiente integración de investigación

Integración con tendencias internacionales

La evolución de las residencias en la Argentina refleja una adaptación progresiva de modelos internacionales, particularmente en relación con la formación basada en competencias promovida por organismos como el ACGME[18]. Asimismo, la incorporación de simulación quirúrgica y evaluación objetiva responde a tendencias globales orientadas a mejorar la seguridad del paciente y la calidad del entrenamiento[19,20].

No obstante, la implementación de estos modelos en la Argentina ha sido parcial y desigual, lo que genera variabilidad en la calidad de la formación entre instituciones [24].

Los capítulos siguientes desarrollan en detalle los pilares que articulan esta transformación: la incorporación de la inteligencia artificial a la educación quirúrgica, la consolidación de la simulación como práctica deliberada y entorno seguro de entrenamiento –incluyendo la realidad virtual y sus modalidades emergentes–, la integración entre seguridad del paciente y formación, el desarrollo de la investigación clínica como pilar estructural de la formación, y los modelos contemporáneos de evaluación basada en competencias.

Referencias bibliográficas

1. Wangensteen OH, Wangensteen SD. The Rise of Surgery: From Empiric Craft to Scientific Discipline. Minneapolis: University of Minnesota Press; 1978.
2. Porter R. The Greatest Benefit to Mankind: A Medical History of Humanity. New York: WW Norton; 1997.
3. Cope Z. The History of the Royal College of Surgeons of England. London: Anthony Blond; 1959.
4. Vesalius A. De Humani Corporis Fabrica Libri Septem. Basel: Johannes Oporinus; 1543.
5. Moore W. The Knife Man: Blood, Body Snatching, and the Birth of Modern Surgery. New York: Broadway Books; 2005.
6. Gawande A. Two hundred years of surgery. N Engl J Med. 2012;366(18):1716-23.
7. Cameron JL. William Stewart Halsted: our surgical heritage. Ann Surg. 1997;225(5):445-58.
8. Imber G. Genius on the Edge: The Bizarre Double Life of Dr. William Stewart Halsted. New York: Kaplan Publishing; 2010.
9. Bigelow HJ. Insensibility during surgical operations produced by inhalation. Boston Med Surg J. 1846;35:309-17.
10. Lister J. On a new method of treating compound fracture, abscess, etc., with observations on the conditions of suppuration. Lancet. 1867;1:326-9.
11. Halsted WS. The training of the surgeon. Bull Johns Hopkins Hosp. 1904;15:267-75.
12. Ludmerer KM. Time to Heal: American Medical Education from the Turn of the Century to the Era of Managed Care. New York: Oxford University Press; 1999.
13. Gawande AA, Zinner MJ, Studdert DM, Brennan TA. Analysis of errors reported by surgeons at three teaching hospitals. Surgery. 2003;133(6):614-21.
14. Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson MS, editors. To Err Is Human: Building a Safer Health System. Washington, DC: National Academy Press; 2000.
15. Philibert I, Friedmann P, Williams WT; ACGME Work Group on Resident Duty Hours. New requirements for resident duty hours. JAMA. 2002;288(9):1112-4.
16. Pickersgill T. The European working time directive for doctors in training. BMJ. 2001;323(7324):1266.
17. Ulmer C, Miller Wolman D, Johns MME, editors. Resident Duty Hours: Enhancing Sleep, Supervision, and Safety. Washington, DC: National Academies Press; 2009.
18. Accreditation Council for Graduate Medical Education. ACGME Outcome Project. Chicago: ACGME; 1999.
19. Peters JH, Fried GM, Swanstrom LL, Soper NJ, Sillin LF, Schirmer B, et al. Development and validation of a comprehensive program of education and assessment of the basic fundamentals of laparoscopic surgery. Surgery. 2004;135(1):21-7.
20. Cook DA, Hatala R, Brydges R, Zendejas B, Szostek JH, Wang AT, et al. Technology-enhanced simulation for health professions education: a systematic review and meta-analysis. JAMA. 2011;306(9):978-88.
21. Debas HT, Bass BL, Brennan MF, Flynn TC, Folse JR, Freischlag JA, et al. American Surgical Association Blue Ribbon Committee Report on Surgical Education: 2004. Ann Surg. 2005;241(1):1-8.
22. Sackett DL, Rosenberg WM, Gray JA, Haynes RB, Richardson WS. Evidence based medicine: what it is and what it isn't. BMJ. 1996;312(7023):71-2.
23. Figari MF. 50.° aniversario de las Residencias Médicas en el Hospital Italiano. Rev Hosp Ital B Aires. 2012;32(1):1-2.
24. Marecos MC, Sequeira CA. ¿Qué lugar ocupa la simulación en la formación del cirujano? Relato Oficial del 90.º Congreso Argentino de Cirugía. Rev Argent Cirug. 2019;111(Supl 1):S1-S108.

2. Aprendizaje basado en competencias en la formación de residentes de cirugía

Roberto Badra, Eduardo J. Cassone

La educación médica basada en competencias es un enfoque orientado a resultados, en el que el progreso del residente se determina por la demostración de competencias, no por el tiempo transcurrido en formación.
Frank JR[1]

Confiar una actividad profesional a un aprendiz significa autorizarlo a ejecutarla sin supervisión directa, una vez que ha demostrado la competencia necesaria para hacerlo de forma segura y eficaz.
ten Cate O[2]

RESUMEN

El aprendizaje basado en competencias (CBME) constituye el paradigma central de la educación quirúrgica contemporánea, desplazando el foco desde el tiempo de exposición al desempeño observable, evaluable y confiable. Se examinan los dominios de competencia, la arquitectura curricular basada en hitos, las 18 Actividades Profesionales Confiables (EPAs) implementadas por el American Board of Surgery desde 2023 y las escalas de confianza progresiva. La sección final propone una hoja de ruta concreta para la transformación de las residencias argentinas de Cirugía General, integrando referencias internacionales con la realidad asistencial e institucional local, y proyectando una residencia más explícita, trazable y centrada en la demostración progresiva de competencias verificables

Palabras clave: *educación basada en competencias (CBME), Actividades Profesionales Confiables (EPAs), Blue Ribbon Committee II, residencia de Cirugía General, escalas de confianza, implementación en la Argentina.*

Introducción: La encrucijada de la educación quirúrgica contemporánea

La formación de residentes de cirugía se encuentra en un punto de inflexión histórico. Durante gran parte del siglo XX, el aprendizaje quirúrgico se estructuró sobre un modelo artesanal y progresivo, basado en la transmisión vertical del conocimiento (el desarrollo histórico del modelo halstediano y de las residencias quirúrgicas argentinas se aborda en el capítulo sobre la historia de las residencias), la inmersión prolongada en el servicio, la observación del maestro, la repetición supervisada de procedimientos y la maduración clínica ligada al tiempo de exposición. Ese esquema tuvo méritos indudables y formó generaciones de cirujanos altamente competentes. Sin embargo, las transformaciones científicas, tecnológicas, sociales, éticas e institucionales de la medicina contemporánea han puesto en evidencia que la simple permanencia en un programa de residencia ya no garantiza, por sí sola, la adquisición integral de los atributos profesionales que hoy exige la práctica quirúrgica.

Este diagnóstico no es solo argentino ni latinoamericano. A comienzos del siglo XXI, la American Surgical Association convocó al Blue Ribbon Committee (BRC I, 2004) para examinar las fuerzas que afectan la práctica y la educación quirúrgica[3], y proponer reformas para asegurar la más alta calidad de atención. Veinte años después, los mismos problemas persisten en muchos aspectos, pero el escenario se ha complejizado: la digitalización del entorno clínico, el avance de la inteligencia artificial, la progresión de la reforma basada en competencias, las exigencias de bienestar del residente y la necesidad de rendición de cuentas pública en salud configuran un nuevo conjunto de desafíos. Por ello, en 2023 fue convocado el Blue Ribbon Committee II (BRC II), un panel de 67 expertos organizado en nueve subcomités, cuyas recomendaciones fueron publicadas en Annals of Surgery en enero de 2025 y constituyen la referencia internacional más actualizada y comprehensiva sobre educación quirúrgica disponible en la actualidad[4,5].

En la actualidad, la sociedad demanda cirujanos no solo técnicamente hábiles, sino también capaces de tomar decisiones complejas, trabajar en equipos interdisciplinarios, comunicarse con claridad, actuar con juicio ético, gestionar la incertidumbre, prevenir errores, utilizar racionalmente los recursos y sostener una práctica centrada en la seguridad del paciente. La cirugía representa el escenario paradigmático de la medicina basada en desempeño: en ella convergen el juicio clínico, la indicación adecuada, la destreza manual, la interpretación anatómica, la comunicación con el paciente y la familia, el liderazgo del equipo, la anticipación de complicaciones y la capacidad de respuesta ante eventos inesperados.

Frente a este escenario, el enfoque basado en competencias emerge como la respuesta más

consistente[1,6]. Su eje no está puesto en la mera acumulación de experiencias ni en el cumplimiento cronológico de rotaciones, sino en la demostración progresiva y evaluable de desempeños observables. Este cambio es profundo: desplaza el centro de gravedad desde la enseñanza hacia el aprendizaje, y desde la estructura curricular rígida hacia la demostración de capacidades. De este modo, la residencia deja de concebirse solo como una sucesión cronológica de rotaciones y pasa a organizarse como un trayecto de desarrollo profesional progresivo.

El Blue Ribbon Committee II: marco internacional de referencia

El Blue Ribbon Committee II (BRC II), convocado por la American Surgical Association y el American College of Surgeons en 2023, integró un panel de 67 expertos organizados en nueve subcomités temáticos que abordaron la educación de estudiantes, la educación en residencia, el bienestar y la integración trabajo-vida, las metas y financiamiento del entrenamiento, el desarrollo docente, la investigación y la tecnología educativa. Mediante metodología Delphi (consenso ≥ 80%) y consulta a residentes en grupos focales, el BRC II publicó en Annals of Surgery (enero de 2025) treinta y una prioridades para la educación quirúrgica del próximo decenio[4,5,7]. Las recomendaciones del BRC II constituyen la referencia internacional más actualizada para reformas curriculares basadas en competencias y son citadas extensamente a lo largo de este capítulo y del libro.

El BRC II realizó además una evaluación a veinte años del Blue Ribbon Committee I (2004), identificando avances concretos –desarrollo del currículum nacional SCORE, crecimiento de programas y residentes, aumento de mujeres en Cirugía General (de 27% en 2006-07 a 47% en 2022-23), expansión de laboratorios de simulación acreditados y mayor atención al bienestar– junto con brechas persistentes en evaluación, autonomía progresiva, financiamiento y desarrollo docente, que sintetiza la tabla 1[3,8].

TABLA 1

Avances y brechas persistentes del BRC I a 20 años[3,5,8,23]

Avance logrado en 20 años	Brecha o desafío persistente
Currículum nacional SCORE bien desarrollado	No existe estándar nacional para formación en investigación
Aumento del 55% en posiciones de residencia	Escasez proyectada de 10 100–19 900 especialistas para 2036
Mujeres en cirugía: del 27 al 47% de residentes	Escaso progreso en reclutamiento de minorías étnicas
Simulación: laboratorios ampliamente disponibles	*Burnout* en residentes: 40-70%; preparación para práctica independiente, cuestionada
Mayor énfasis en bienestar del residente	Deuda estudiantil en aumento; financiamiento GME, sin cambios desde 1997
EPAs: implementación iniciada por American Board of Surgery (ABS) en 2023	El esquema modular radical imaginado por BRC I no fue adoptado en su plenitud
Programas integrados en cirugía vascular, plástica y cardiotorácica	Más del 80% de egresados realizan *fellowship*; continuidad formativa, cuestionada

Fundamentos teóricos y evolución histórica de la CBME

Del paradigma temporal al paradigma del desempeño

Durante décadas, la residencia se sostuvo en una lógica de progresión temporal. El residente avanzaba por años de formación, cumplía rotaciones, reunía casos y, en función de su experiencia acumulada y de la confianza tácita del servicio, adquiría grados crecientes de autonomía. Este esquema tuvo virtudes innegables: inmersión intensa, continuidad asistencial, identidad profesional temprana y fuerte cultura tutorial. Pero también presenta limitaciones estructurales que el avance de la investigación educativa fue haciendo cada vez más evidentes.

- La exposición no garantiza aprendizaje: la presencia reiterada en un entorno clínico no asegura la adquisición de competencias si no existe enseñanza intencionada y retroalimentación estructurada.
- El tiempo cumplido no asegura dominio: completar un año de residencia no equivale a haber alcanzado los desempeños esperados.
- El número de cirugías no demuestra per se competencia: el volumen operatorio es un proxy imperfecto si no va acompañado de observación sistemática y evaluación de calidad.
- La evaluación global no estructurada puede ser inconsistente o sesgada por factores no relacionados con el desempeño real.
- La promoción por antigüedad puede no reflejar preparación real para la práctica autónoma, comprometiendo la seguridad del paciente.

La educación basada en competencias desplaza el centro del sistema[1,6]. El BRC II lo sintetizó con claridad: el objetivo ya no es que el residente cumpla un programa, sino que demuestre un desempeño fiable[5,9]. El tiempo sigue importando, pero ya no basta: lo decisivo es qué sabe hacer el residente, cómo lo hace, con qué nivel de juicio, con qué grado de supervisión y con qué consistencia en sus resultados.

Hitos históricos[1,6,10-12] (Tabla 2)

■ TABLA 2

Hitos históricos en el desarrollo de la educación basada en competencias[1,3,5,6,10,13,15,19]

Hito	Aporte a la CBME en Medicina/Cirugía
Informe Flexner (1910)	Sentó bases científicas de la formación médica; hizo posible un marco de conocimiento estandarizado
ACGME Outcomes Project (1999)	Definió los 6 dominios de competencia: conocimiento médico, atención al paciente, profesionalismo, comunicación, aprendizaje basado en la práctica y práctica sistémica
CanMEDS - Royal College of Canada (2000, rev. 2015)	Articuló el perfil del especialista en 7 roles: médico clínico, comunicador, colaborador, líder, defensor de la salud, estudioso y profesional
ten Cate - EPAs (2005)	Introdujo las Actividades Profesionales Confiables como puente entre competencias y práctica clínica real
Milestones ACGME (2013)	Estableció descriptores de progresión para cada competencia, facilitando la evaluación longitudinal del residente
BRC I - ASA (2005)	Llamó a crear un currículum modular nacional, expandir programas y reformar la estructura del entrenamiento quirúrgico
ABS - EPAs para cirugía general (julio 2023)	Todos los residentes con egreso a partir de 2028 deben completar la residencia con un marco EPA de evaluación de competencias
BRC II — Annals of Surgery (enero 2025)	31 prioridades para la educación quirúrgica; consensa reforma CBME, tecnología, bienestar, financiamiento y desarrollo docente

Definición y características de la competencia quirúrgica

En cirugía, la competencia puede definirse como la capacidad de integrar conocimientos, destrezas técnicas, habilidades no técnicas, valores y actitudes para resolver los problemas del paciente quirúrgico de manera segura, eficaz, ética y contextualizada. La competencia quirúrgica es: integradora (combina saber, hacer y ser), situada (solo se expresa en contextos reales), dinámica (se desarrolla progresivamente), relacional (depende de la interacción con pacientes, equipos y sistemas) y observable (debe manifestarse en conductas profesionales concretas).

El BRC II subraya que el propósito del entrenamiento puede ser enmarcado de manera diferente según la necesidad demográfica de cirujanos generales versus la creciente dependencia de *fellowships*[9] por parte de los egresados. Un enfoque equilibrado que asegure un umbral mínimo de competencia general, mientras provee la base necesaria para el aprendizaje avanzado y especializado, sería óptimo.

Arquitectura del currículum basado en competencias

Los dominios de competencia

La mayoría de los marcos contemporáneos de competencia para residentes de cirugía organiza las capacidades esperadas en dominios que cubren el espectro completo de la práctica profesional. Adaptando los marcos más influyentes (CanMEDS, ACGME, ACS/APDS, BRC II) a la realidad de la Cirugía General[5,10,13], pueden identificarse los siguientes dominios nucleares (Tabla 3):

■ TABLA 3

Dominios de competencia en cirugía (adaptado de CanMEDS, ACGME, BRC II) [5,9,10,13]

1. Conocimiento médico y biomédico	Anatomía aplicada, fisiopatología, farmacología perioperatoria, interpretación de estudios diagnósticos, fundamentos de la técnica quirúrgica
2. Atención al paciente y habilidades técnicas	Evaluación clínica, indicación quirúrgica, realización de procedimientos con seguridad y destreza, manejo perioperatorio e intraoperatorio
3. Profesionalismo	Integridad, responsabilidad, ética médica, manejo de conflictos de interés, relación con pacientes y colegas basada en respeto y confianza
4. Comunicación y relaciones interpersonales	Comunicación con pacientes, familias y equipos; consentimiento informado; manejo de malas noticias; documentación clínica
5. Aprendizaje basado en la práctica y mejora continua	Reflexión sobre el propio desempeño, análisis crítico de errores, uso de evidencia, participación en actividades de mejora de la calidad
6. Práctica basada en sistemas	Comprensión del sistema de salud, uso racional de recursos, gestión del riesgo, coordinación interprofesional, seguridad del paciente
7. Colaboración e interprofesionalismo	Trabajo efectivo en equipos quirúrgicos y de guardia, liderazgo situacional, delegación, gestión de crisis
8. Alfabetización digital y tecnológica	Nuevo dominio enfatizado por BRC II: uso de herramientas de IA, soporte de decisión clínica, evaluación de video, incorporación ágil de innovaciones a la práctica
9. Rol académico y formativo	Participación en la enseñanza de pares, iniciación en investigación clínica y educacional, presentación de casos y análisis de morbimortalidad.

Nota BRC II: el subcomité de Residency Education del BRC II destaca que la presión de contenidos curriculares continúa escalando, y que estrategias para eliminar contenidos desactualizados y crear espacio para material nuevo son urgentes[9]. La alfabetización digital emerge como una necesidad de base para todos los residentes, incluyendo el uso de inteligencia artificial, herramientas de soporte para la decisión clínica, procesamiento de imágenes y evaluación de habilidades basada en video.

Hitos y niveles de progresión

Una de las contribuciones más importantes de laCBME es la posibilidad de describir el progreso formativo mediante hitos: descriptores específicos de desempeño que indican qué se espera del residente en cada etapa de su formación. Los hitos permiten transformar la evaluación de impresiones globales en criterios explícitos y calibrados[13,14]. El BRC II refuerza que la evaluación basada en competencias debe intergrarse en el flujo de trabajo diario y correlacionada con resultados en los pacientes[9] (Tabla 4).

■ TABLA 4

Niveles de progresión por hitos en residencia quirúrgica[13,14]

Nivel de progresión	Descripción para residentes de cirugía
Nivel 1 - Supervisión estrecha	El residente ejecuta tareas básicas bajo supervisión directa y constante. No adopta decisiones independientes
Nivel 2 - Supervisión directa	Ejecuta procedimientos de complejidad moderada con el docente presente y activo. Adopta decisiones elementales bajo supervisión
Nivel 3 - Supervisión indirecta	Puede actuar con el supervisor disponible pero no presente. Reconoce límites y solicita ayuda apropiadamente.
Nivel 4 - Autonomía supervisada	Actúa de manera independiente en la mayoría de las situaciones; supervisor disponible para consulta
Nivel 5 - Práctica autónoma/ Formador	Desempeño experto. Puede supervisar a otros y contribuir a la educación del servicio

Las Actividades Profesionales Confiables

Concepto, fundamentos y estado actual internacional

Las Actividades Profesionales Confiables (EPAs) representan uno de los aportes más fértiles del enfoque contemporáneo de la educación médica basada en competencias (la diferenciación conceptual entre *mentoring, preceptoring, proctoring* y *coaching*, intervenciones educativas complementarias a las EPAs, se desarrolla en el capítulo sobre habilidades no técnicas). Introducidas por Olle ten Cate en 2005[15], permiten traducir competencias generales en actividades profesionales concretas, observables y fiables[2,16-18]. Una EPA es una unidad de práctica profesional que puede ser confiada al residente para que la ejecute sin supervisión directa, una vez alcanzado el nivel de competencia requerido.

En julio de 2023, el American Board of Surgery (ABS) lanzó un marco de evaluación basado en EPAs para Cirugía General[19,20]. Todos los residentes que alcancen elegibilidad para la certificación a partir de 2028 deben completar su residencia utilizando ese marco[9,20]. El BRC II define a las EPAs como un marco de evaluación orientado al paciente y al residente simultáneamente: ofrecen una especificidad y responsabilidad integradas que antes no existían, y crean la posibilidad de vinculación entre progreso formativo y resultados clínicos.

Características de una EPA bien formulada

- Describe una actividad clínica real, no una habilidad abstracta.
- Es ejecutable de manera independiente.
- Tiene inicio y final definidos; sus resultados son observables y evaluables.
- Requiere la integración de múltiples competencias.
- Su ejecución deficiente genera riesgos identificables para el paciente.
- Posee criterios de confianza graduables según nivel de supervisión.

Las 18 EPAs del American Board of Surgery

El marco implementado por el American Board of Surgery (ABS) en julio de 2023 comprende 18 EPAs que abarcan las áreas centrales de la práctica quirúrgica general. Las EPAs se organizan en tres modalidades según su estructura temporal[21]: catorce EPAs de tres fases que recorren la evaluación, el manejo intraoperatorio y el posoperatorio; tres EPAs de dos fases (evaluación y manejo) aplicables a escenarios como la pancreatitis aguda, el trauma y el cuidado perioperatorio del paciente crítico; y una EPA de fase única dedicada a la provisión de consulta quirúrgica (Tabla 5). Cada EPA se acompaña de descriptores observables, criterios de progresión y escalas de confianza (entrustment) que permiten al programa documentar cuándo el residente puede ejecutar la actividad con supervisión decreciente, hasta alcanzar la autonomía supervisada y posteriormente independiente[21].

BRC II- Residency Education Subcommittee: las EPAs deben progresar de la implementación a la madurez como marco de evaluación nacional en los próximos 1-2 años[9]. El trabajo de CBME debe ampliarse desarrollando directrices nacionales para una implementación comprehensiva, aplicables a programas de distinto tamaño, contexto institucional y recursos. Deben explorarse modelos que otorguen mayor autonomía a los residentes en áreas de competencia documentada y crear flexibilidad para experiencias terminales adaptadas a sus objetivos de práctica o *fellowship* (“promotion in place”).

■ TABLA 5

Las 18 Actividades Profesionales Confiables (EPAs) del American Board of Surgery [19-21]

EPA	Modalidad
1. Dolor en cuadrante inferior derecho y apendicitis	Tres fases (evaluación/ manejo/seguimiento)
2. Enfermedad mamaria benigna o maligna	Tres fases
3. Enfermedad colónica benigna o maligna	Tres fases
4. Enfermedad de la vesícula biliar	Tres fases
5. Hernia inguinal	Tres fases
6. Hernia de pared abdominal	Tres fases
7. Abdomen agudo	Tres fases
8. Enfermedad anorrectal benigna	Tres fases
9. Obstrucción de intestino delgado	Tres fases
10. Enfermedad tiroidea y paratiroidea	Tres fases
11. Necesidad de terapia de reemplazo renal	Tres fases
12. Infección de partes blandas (incluye infección necrotizante)	Tres fases
13. Neoplasias cutáneas y subcutáneas	Tres fases
14. Endoscopia digestiva flexible	Tres fases
15. Pancreatitis aguda grave o recurrente	Dos fases (evaluación y manejo)
16. Trauma cerrado o penetrante (trauma bay, procedimientos, transferencia de cuidados)	Dos fases (evaluación y manejo)
17. Cuidado perioperatorio del paciente quirúrgico crítico (reanimación, procedimientos, posreanimación)	Dos fases (evaluación y manejo)
18. Provisión de consulta quirúrgica	Una fase (consulta)

■ TABLA 6

Escalas de confianza (entrustment scales) en EPAs[2,15,19,22]

Nivel de confianza	Descripción operativa
Nivel 1 -Observar	El residente solo puede observar; no ejecuta la actividad
Nivel 2 -Ejecutar con supervisión directa activa	El formador coactúa o guía paso a paso
Nivel 3 -Ejecutar con supervisión directa presente pero no activa	El supervisor está presente en la sala o el quirófano
Nivel 4 - Ejecutar con supervisión indirecta	El supervisor está disponible para ser llamado pero no presente
Nivel 5 -Supervisar a otros en esta actividad	El residente puede guiar a residentes de menor nivel en la EPA

Escalas de confianza[15,22] (Tabla 6)

Nota sobre temas desarrollados en otros capítulos del libro.

Tres dimensiones centrales del enfoque basado en competencias –la evaluación programática, las habilidades no técnicas y la simulación quirúrgica–constituyen el núcleo de capítulos específicos del libro y, por razones de coherencia editorial, no se desarrollan en extenso aquí. El marco completo de instrumentos de evaluación –Mini-CEX, DOPS, OSATS, portafolios, retroalimentación 360° y evaluación programática longitudinal–se aborda en el capítulo sobre evaluación. Las habilidades no técnicas, el modelo NOTSS, la cultura quirúrgica, el liderazgo y los marcos de seguridad psicológica y *belonging* se desarrollan en el capítulo sobre habilidades no técnicas. La simulación como pilar pedagógico, sus modalidades y la integración con la realidad virtual y aumentada se tratan en los capítulos 3, 4 y 5, y la integración de inteligencia artificial en el acto quirúrgico y educativo se desarrolla en los capítulos 3 y 11. Las secciones siguientes profundizan en otras dimensiones de la implementación CBME no cubiertas específicamente en esos capítulos.

Bienestar, integración trabajo-vida y cultura del entrenamiento

La magnitud del problema: burnout y malestar en la residencia

El *burnout* en residentes de Cirugía es un problema de magnitud alarmante: las tasas informadas oscilan entre el 40 y el 70% (el marco conceptual del bienestar, la resiliencia y el manejo del estrés quirúrgico desde la perspectiva de las habilidades no técnicas se desarrolla en el capítulo sobre habilidades no técnicas)[23,24]. El BRC II abordó esta dimensión como una prioridad de primer orden a través de su subcomité de Work-Life Integration, Resilience and Wellness, adoptando como marco la Pirámide de Maslow para identificar las necesidades del residente quirúrgico y las barreras estructurales que impiden satisfacerlas.

Los factores asociados al *burnout* incluyen: problemas con la carga de trabajo, eficacia del programa y recursos disponibles, soporte social y comunidad, cultura y valores organizacionales, sentido del trabajo y maltrato laboral[23,24]. Las barreras estructurales identificadas abarcan desde la falta de tiempo y factores individuales (nivel del residente), hasta la toxicidad jerárquica y la falta de rendición de cuentas del liderazgo (nivel nacional), pasando por la inadecuación de salarios, falta de sistemas de informe anónimo y procesos para manejar residentes disruptivos (nivel hospital/GME).

Recomendaciones BRC II con consenso (≥ 80%)

■ TABLA 7

Cuatro recomendaciones aprobadas por consenso DELPHI (BRC II, 2025)[5,23]

1. Salarios equitativos (82% consenso):
Convocar un grupo multidisciplinario nacional para lograr una mejora equitativa, basada en valor y sostenible de los salarios de los residentes, tomando en consideración el valor económico (retorno sobre la inversión) del residente quirúrgico.
2. Cultura de pertenencia (87% consenso):
Crear recomendaciones de mejores prácticas para el liderazgo de programas y departamentos para crear una cultura de pertenencia para los residentes quirúrgicos, con énfasis en rendición de cuentas de facultad, evaluación del liderazgo del jefe de departamento, y ambiente psicológicamente seguro.
3. Seguridad laboral (82% consenso):
Desarrollar un marco nacional que defina la seguridad laboral para los residentes quirúrgicos, incluyendo transparencia de políticas de licencia, protección física, ergonomía y protección ante riesgos ocupacionales.
4. Informe justo del maltrato laboral (81% consenso):
Crear un mecanismo justo para el informe del maltrato laboral que provea una investigación equitativa libre de represalias.

Cuatro recomendaciones del BRC II aprobadas por consenso ≥ 80%.

Los residentes en los grupos focales del BRC II expresaron con unanimidad que los salarios son insuficientes para mantener una vida digna, que las políticas de licencia parental (6 semanas de licencia protegida se consideraninsuficientes por muchos) no están a la altura de las necesidades[7,23], y que el sentido de pertenencia está directamente asociado con el rendimiento académico y el bienestar. Resaltaron que sin optimizar estos elementos, la deserción, la depresión y, en casos extremos, el suicidio, seguirán siendo problemas persistentes (Tabla 7).

El rol del docente: desarrollo docente y *Faculty Development*

Del supervisor al formador deliberado

La CBME transforma no solo el currículum, sino también el rol del docente quirúrgico (las modalidades específicas de acompañamiento docente –*preceptoring*, *proctoring*, *mentoring*, *coaching* y *sponsorship*–se diferencian conceptualmente en el capítulo sobre habilidades no técnicas). El formador ya no puede limitarse a supervisar y valorar globalmente; debe asumir una función pedagógica activa, explícita y sostenida. El BRC II identifica este punto como crítico: el éxito de las EPAs y la reforma CBME dependen de la calidad de los docentes que las implementan, y actualmente la formación pedagógica del cirujano-educador es heterogénea, en muchos casos insuficiente, y sistemáticamente subcompensada[25,26].

Los tres grupos de docentes quirúrgicos

El subcomité de Faculty Development del BRC II identifica tres grupos distintos de docentes cuyas necesidades de desarrollo son específicas[25]:

- Grupo 1 - Líderes educativos: jefe de departamento, directores de programa y de *fellowship*, directores de estadía. La educación es su cartera principal. Necesitan formación avanzada en evaluación competencial, diseño curricular y liderazgo educativo.
- Grupo 2 - Docentes activos en didáctica formal: participan en didáctica, comités y reclutamiento. Necesitan entrenamiento en métodos de evaluación, *feedback* estructurado y uso de EPAs.
- Grupo 3 - Docentes en modelo de aprendizaje clínico (*apprenticeship*): para quienes la educación es secundaria pero que interactúan con residentes en servicios clínicos y en el quirófano. Necesitan formación básica en observación, *feedback* rápido y comunicación constructiva.

El despliegue de las EPAs requiere que los métodos de evaluación y retroalimentación sean diseminados a los docentes quirúrgicos en los tres grupos. Este es un desafío institucional mayor que no puede ser ignorado en ningún plan de implementación.

Currículum nacional para desarrollo docente - BRC II

El subcomité propone un currículum organizado de desarrollo docente que incluya[25-28]:

- Enseñanza en el quirófano, en la didáctica formal y en el ámbito clínico.
- Evaluaciones clínicas y retroalimentación efectiva.
- Bienestar de docentes y residentes con elementos de psicología positiva.
- Apoyo a los residentes: *coaching*, mentoría y *sponsorship.*
- Diversidad, equidad e inclusión con foco en crear un ambiente de aprendizaje diverso.
- Responsabilidad social: disparidades en salud y cirugía global.
- Liderazgo: manejo de conflictos, gestión del cambio e inteligencia emocional.

5 Recomendaciones del subcomité de *Faculty Development* (BRC II)[25]:

1. Establecer un grupo de trabajo de líderes de todas las disciplinas quirúrgicas, hospitales y escuelas de

medicina para definir y validar un sistema de compensación para cirujanos por su labor en educación.
2. Establecer un grupo de trabajo para definir con precisión el valor económico del residente/*fellow* para el sistema de salud, a los fines de negociar el soporte hospitalario.
3. Colaboración del Residency Review Committee (RRC) de Cirugía con la Association of Program Directors in Surgery (APDS) a fin de definir los requerimientos mínimos de docentes para la acreditación del programa en áreas de enseñanza, simulación, evaluación y gestión de portafolios.
4. Trabajo interdisciplinario para desarrollar un currículum nacional de formación docente en principios de educación quirúrgica, uso de EPAs, evaluación, *feedback*, *coaching* y mentoría.
5. Establecer un grupo de trabajo multidisciplinario para desarrollar una herramienta de evaluación del desempeño docente basada en la mejor evidencia disponible.

Investigación y formación académica en la residencia

El estado actual y sus limitaciones

La formación en investigación ha sido un pilar de los programas académicos de cirugía (el marco metodológico de la investigación en educación médica –diseños, validez, evaluación de programas– se desarrolla en el capítulo sobre investigación), pero el subcomité de Research Training del BRC II concluye que el paradigma tradicional de dos años de investigación de laboratorio a mitad de la residencia está siendo cuestionado en su eficacia y relevancia[29] El principal motivo por el que los residentes realizan años de investigación –mejorar las chances de ingresar en un *fellowship* competitivo– no es congruente con el objetivo de formar cirujanos-científicos. Además, una pausa multianual de la formación clínica coloca al aspirante a cirujano-científico en desventaja frente a sus pares de otras especialidades.

Los tres tracks propuestos por BRC II (Tabla 8)

Recomendación clave BRC II: la selección para *fellowships* quirúrgicos competitivos no debe depender de un tipo específico de experiencia en investigación[29]. Estas prácticas frecuentemente llevan a acceso inequitativo al entrenamiento quirúrgico avanzado, ya que no todos los programas pueden proveer estas oportunidades. El objetivo es desacoplar la competitividad para el *fellowship* de requisitos obligatorios de investigación en residencia.

Educación del estudiante de Medicina: la base de la cadena formativa

Reclutamiento, diversidad y acceso temprano

El subcomité de Medical Student Education del BRC II identifica seis ejes prioritarios[30,31]: reclutamiento e inclusión de candidatos diversos, exposición y participación temprana, imagen de la cirugía, formación para el modelo actual de práctica quirúrgica, selección de candidatos para GME y optimización de la transición de pregrado a posgrado.

Una de las conclusiones más directas es que la selección de candidatos para residencia se ha alejado de medidas objetivas. El BRC II recomienda revertir esta tendencia mediante la creación e introducción de herramientas de evaluación objetivas, multidimensionales y con *benchmarks* establecidos[30], que permitan a los directores de programa evaluar a los estudiantes en dominios esenciales: liderazgo, ética, comunicación, habilidades técnicas y capacidad de pensamiento crítico. La revisión holística no debe ser sinónimo de abandono de estándares, sino de expansión de los criterios evaluados.

Los residentes en los grupos focales del BRC II apoyaron con entusiasmo el concepto de *bootcamp* para estudiantes de cuarto año[7,30], considerando que podría aplicarse a todos los estudiantes con módulos adaptativos según si se orientan o no hacia la cirugía. Apoyaron con alta unanimidad (94%) el desarrollo de modelos nacionales de educación de estudiantes de Medicina financiados por las propias escuelas de medicina.

■ TABLA 8

Tres *tracks* de investigación propuestos por el BRC II[29]

Track	Descripción y destinatarios
Track 1 - Fundacional (todos los residentes)	Competencias básicas en investigación: bioestadística aplicada a la interpretación de evidencia, búsqueda bibliográfica, manejo de desinformación, y aplicación de conocimiento nuevo a la práctica. Estándar mínimo de graduación para todos los programas
Track 2 - Flexible (residentes en centros académicos)	Opciones de desarrollo profesional incluyendo tiempo protegido para investigación, grados avanzados (MPH, MBA, MS, PhD) y actividades de calidad/seguridad, investigación de sistemas de salud, salud global y política sanitaria. No obligatorio; ampliado en opciones
Track 3 - Cirujano-científico (residentes MD-PhD o con experiencia previa)	*Track* intensivo e integrado de investigación a lo largo de toda la residencia y *fellowship*, con investigación desde el inicio, en paralelo al entrenamiento clínico. Modelo basado en experiencia de Neurocirugía e inspirado en los *fast tracks* de Medicina Interna y Pediatría.

Transición al posgrado

La transición del estudiante de Medicina al residente quirúrgico es un período crítico que debe ser optimizado. El BRC II recomienda que la preparación para el internado comience lo más temprano posible en la carrera[30], que se desarrolle un portafolio estandarizado que permita a los programas seguir el desarrollo de habilidades del estudiante (cirugía abierta, robótica, etc.) y que se incorpore la IA y el aprendizaje automático en las evaluaciones de los estudiantes de Medicina. La preparación prerresidencia estandarizada en el programa de destino –que incorpore las particularidades locales–es también una recomendación específica del BRC II.

Metas, estructura y financiamiento de la residencia

La crisis de financiamiento del GME

El subcomité de Goals, Structure and Financing del BRC II identifica el financiamiento como una de las barreras más críticas para la innovación y expansión del entrenamiento quirúrgico[32]. Desde 1997, los fondos federales de Medicare para residentes en Estados Unidos están congelados en un tope basado en los datos de 1996. En 2020, Medicare invirtió 4500 millones en Direct GME y 11 680 millones en *Indirect Medical Education*, cubriendo solo el 59% de los 149 200 individuos en formación de posgrado. Esta situación, aunque específica del sistema norteamericano, señala una tensión estructural de relevancia universal: la financiación del entrenamiento quirúrgico avanzado no puede depender solo de las instituciones formadoras.

El BRC II recomienda convocar un *summit* (cumbre) de organizaciones quirúrgicas nacionales para explorar y recomendar fuentes de financiamiento duraderas para el GME[32], con participación de legisladores, aseguradoras, representantes de filantropía y hospitales. También propone modelos innovadores, incluyendo el concepto de "promotion in place": un residente que alcance todos los umbrales de competencia podría ser acreditado para práctica independiente bajo supervisión continua, liberando posiciones de formación para nuevos residentes sin requerir nuevas plazas federales.

Formación flexible basada en competencias y no en tiempo

El BRC II refuerza con convicción la recomendación del BRC I de formación de duración flexible basada en competencias[32]. El marco de EPAs implementado por el ABS en 2023 crea la plataforma para el pleno compromiso con el entrenamiento CBME de tiempo variable[19,20]. La experiencia canadiense ("Competence by Design") y los pilotos en cirugía ortopédica en la Universidad de Toronto son referentes internacionales del modelo[12].

Síntesis BRC II - Subcomité de Estructura y Financiamiento[32]: las metas, la estructura y el financiamiento de la residencia quirúrgica están en evolución. Con el lanzamiento del proyecto EPA del ABS, aprovechar los datos de ese proyecto CBME debería llevar a mejoras en la eficiencia del entrenamiento. Al mismo tiempo, será importante reconocer y compensar el tiempo que los docentes dedican a actividades de enseñanza mientras se abordan simultáneamente los déficits de financiamiento del GME.

Implementación en residencias argentinas de Cirugía

Estado actual y desafíos

En la Argentina, todas las residencias quirúrgicas mantienen una estructura fuertemente centrada en años de residencia, rotaciones fijas, volumen quirúrgico, guardias, evaluación global del jefe o instructor y examen final o acreditación institucional (la consolidación histórica de las residencias quirúrgicas argentinas y los datos institucionales de la Asociación Argentina de Cirugía [AAC] se desarrollan en los capítulos 1 y 7). Ese modelo no debe ser despreciado, porque ha producido generaciones de excelentes cirujanos. Sin embargo, enfrenta desafíos concretos en el contexto actual, muchos de los cuales son estructuralmente equivalentes a los identificados por el BRC II para el sistema norteamericano:

- Heterogeneidad entre instituciones en exposición a casos y oportunidades de aprendizaje.
- Presión asistencial creciente que reduce el tiempo disponible para la enseñanza deliberada.
- Diferencias en oportunidades de supervisión y en la disponibilidad de formadores capacitados pedagógicamente.
- Documentación insuficiente del progreso individual del residente.
- Escasa estructuración de habilidades no técnicas y profesionalismo en el currículum.
- Poca explicitación de criterios de autonomía y de umbrales de confianza para EPAs.
- Limitada integración de simulación como complemento sistemático del aprendizaje clínico.
- Ausencia en la mayoría de los programas de reuniones formales del comité de progresión.
- Subcompensación sistemática de la función docente; ausencia de métricas de enseñanza en la carrera académica.

Hoja de ruta adaptada al contexto argentino

La transición hacia una residencia basada en competencias no exige desmontar el sistema existente. Implica hacerlo más explícito, más trazable y más justo. Se propone la siguiente hoja de ruta, articulada con las recomendaciones del BRC II:

1. Definir un perfil de egreso institucional o nacional del cirujano general, con base en los marcos vigentes (CanMEDS, ACGME, BRC II) y adaptado a la realidad asistencial argentina.
2. Traducir ese perfil en competencias nucleares con objetivos por año de residencia, describiendo los hitos esperados en cada etapa.
3. Seleccionar un conjunto acotado de EPAs[5,7,9,23,25,29,30,32,33] para Cirugía General, priorizando condiciones frecuentes, urgencias, procedimientos índice, comunicación crítica, seguridad y trabajo en equipo.
4. Instaurar registros de observación breve y frecuente (*mini-CEX, DOPS, SIMPL-OR* equivalente) utilizables por instructores en la práctica diaria, con retroalimentación documentada.
5. Crear un sistema de reunión periódica de progresión, donde varios docentes analicen en conjunto la trayectoria del residente y tomen decisiones colegiadas sobre EPAs y niveles de autonomía.
6. Integrar la simulación como complemento sistemático, especialmente para habilidades laparoscópicas básicas, manejo de crisis, comunicación y *handoff*.
7. Fortalecer la formación pedagógica del docente quirúrgico mediante programas de *faculty development* enfocados en observación, *feedback* (retroalimentación), uso de EPAs y calibración de evaluaciones.
8. Promover la compensación explícita del tiempo docente e incorporar la educación como dominio de evaluación y promoción académica para los cirujanos-educadores.
9. Incorporar alfabetización digital básica al currículum de residencia, incluyendo uso de herramientas de IA y comprensión de su papel en la práctica y educación quirúrgica.
10. Desarrollar un sistema de seguimiento longitudinal del residente que integre portafolio digital, registro de procedimientos, evaluaciones y reflexiones.

Obstáculos previsibles y estrategias de respuesta (Tabla 9)

■ TABLA 9

Obstáculos previsibles y estrategias de respuesta para la implementación en la Argentina[5,9,25,33]

Obstáculo	Estrategia de respuesta
Resistencia cultural: el modelo se percibe como burocrático	Iniciar con pilotos en servicios motivados; mostrar beneficios concretos; involucrar a los propios residentes
Sobrecarga asistencial: observar y registrar requiere tiempo	Comenzar con herramientas de evaluación breves; integrar observación en actividad asistencial regular
Confusión conceptual: llamar "competencias" a lo de siempre	Capacitar explícitamente a formadores; definir criterios específicos; evitar etiquetado superficial
Riesgo de atomización: demasiadas EPAs o formularios	Mantener un número acotado de EPAs prioritarias; privilegiar calidad sobre cantidad de instrumentos
Falta de desarrollo docente: sin instructores entrenados, el modelo se vacía	Invertir en *faculty development* como condición no negociable de la implementación
Escasa infraestructura tecnológica	Comenzar con simuladores de bajo costo; buscar alianzas interinstitucionales; escalar gradualmente
Subcompensación del docente-educador.	Abogar por reconocimiento explícito; proponer métricas de docencia en la carrera; documentar el valor económico del residente para la institución

Perspectivas futuras: hacia una residencia adaptativa

El horizonte de la formación quirúrgica basada en competencias apunta hacia una integración creciente entre pedagogía, tecnología y análisis del desempeño. El BRC II prevé que los próximos 5 años sean decisivos: las EPAs deben madurar como marco de evaluación nacional con orientación al paciente[4,5,9], los datos de los programas deben comenzar a vincularse con resultados clínicos, y debe establecerse un consorcio de supervisión que revise tendencias e informe ajustes curriculares ágiles.

La residencia quirúrgica del futuro avanzará probablemente hacia esquemas de tiempo variable, donde el progreso hacia la graduación depende primariamente del logro de competencias y no de la duración del programa. El concepto de *promotion in*

place –acreditación para práctica independiente supervisada dentro del programa– combina la lógica CBME con una respuesta innovadora al desafío del financiamiento[12,32]. La personalización del aprendizaje, facilitada por la analítica del desempeño y la IA, permitirá trayectorias más ajustadas a las necesidades reales de cada residente, sin rebajar los estándares de egreso.

El BRC II es muy claro en un punto: toda esta innovación tecnológica sólo tendrá valor real si se integra dentro de un proyecto pedagógico humanista, reflexivo y éticamente fundado[5,33]. La tecnología puede ampliar la precisión del entrenamiento y de la evaluación, pero no reemplaza el juicio clínico, la prudencia ni la responsabilidad moral que definen al buen cirujano. El futuro de la residencia quirúrgica basada en competencias no será simplemente más tecnológico: deberá ser, sobre todo, más reflexivo, más preciso, más humano y más capaz de alinear innovación con responsabilidad profesional.

Conclusiones

El enfoque basado en competencias no debe entenderse como una reforma administrativa ni como una importación teórica de escasa aplicabilidad. En cirugía, constituye una necesidad contemporánea, derivada de la complejidad real de la práctica quirúrgica y de las exigencias sociales, éticas e institucionales que la rodean.

Su principal aporte es reordenar la residencia en torno al desempeño profesional observable. Permite pasar de una lógica centrada en tiempo y exposición a una lógica centrada en evidencia de aprendizaje, autonomía progresiva y confianza pedagógica justificada. Las EPAs aportan un instrumento especialmente valioso porque vinculan las competencias con la práctica concreta. La evaluación programática permite decisiones más sólidas. La simulación complementa la experiencia clínica. La formación docente se vuelve indispensable. La tecnología educativa, si se integra con criterio, amplía las posibilidades de personalización del aprendizaje. Y la seguridad del paciente se ubica en el centro del proceso.

El Blue Ribbon Committee II (2025) ofrece la validación internacional más comprehensiva de esta dirección[4,5]. Sus 31 prioridades, consensuadas por 67 expertos y enriquecidas con la voz de los propios residentes, constituyen una hoja de ruta de referencia ineludible: *compentency-based education*, tecnología educativa, bienestar del residente, desarrollo docente, financiamiento del GME y reforma de la transición a la práctica independiente son los ejes de la educación quirúrgica del futuro inmediato.

En el contexto argentino, este paradigma no debe ser adoptado como copia literal de modelos extranjeros, sino como orientación estratégica adaptable, capaz de fortalecer residencias de distinta naturaleza institucional. El desafío ya no es simplemente formar residentes que hayan pasado por la residencia, sino formar cirujanos que hayan demostrado, de modo fiable, estar preparados para ejercer con prudencia, competencia, liderazgo y humanidad.

Formar residentes desde esta perspectiva significa asumir que la excelencia quirúrgica contemporánea no puede medirse solo por la destreza operatoria, sino por la integración entre ciencia, técnica, juicio, comunicación, ética, trabajo en equipo y mejora continua. Ese es, en última instancia, el núcleo del enfoque basado en competencias: asegurar que el futuro cirujano no solo haya aprendido a operar, sino que haya aprendido a pensar, decidir, actuar y responder como un profesional íntegro en el escenario complejo de la cirugía moderna.

Referencias bibliográficas

1. Frank JR, Snell LS, ten Cate O, Holmboe ES, Carraccio C, Swing SR, et al. Competency-based medical education: theory to practice. Med Teach. 2010;32(8):638-45.
2. ten Cate O. Nuts and bolts of entrustable professional activities. J Grad Med Educ. 2013;5(1):157-8.
3. Debas HT, Bass BL, Brennan MF, et al. American Surgical Association Blue Ribbon Committee Report on Surgical Education: 2004. Ann Surg. 2005;241:1-8.
4. Ellison EC, Satin SC, Lillemoe KD. Introduction to the Contemporary Assessment and Recommendations to Enhance Surgical Education and Training. Reports of the Subcommittees of the Blue Ribbon Committee II. Ann Surg. 2025;281:1-2.
5. Stain SC, Ellison EC, Farmer DL, et al. The Blue Ribbon Committee II Report and Recommendations on Surgical Education and Training in the United States: 2024. Ann Surg. 2024;280:535-46.
6. Carraccio C, Englander R. From Flexner to competencies: reflections on a decade and the journey ahead. Acad Med. 2013;88(8):1067-73.
7. Johnson WR, Mainali BB, Chen X, et al. Recommendations of the Blue Ribbon Committee II for the Optimization of Surgical Education and Training in the United States. The Surgical Trainee Perspective. Ann Surg. 2025;281:40-5.
8. Flynn TC, Brennan MF, Ellison EC, et al. Blue Ribbon Committee I Review: Findings and Impact. Ann Surg. 2025;281:3-6.
9. Mellinger JD, Brasel K, Elster E, et al. Key Issues in Surgical Residency Education. Recommendations of the Blue Ribbon II Committee Residency Education Subcommittee. Ann Surg. 2025;281:16-20.
10. Frank JR, Snell L, Sherbino J, editors. CanMEDS 2015 Physician Competency Framework. Ottawa: Royal College of Physicians and Surgeons of Canada; 2015.
11. Académie Suisse des Sciences Médicales. Buts et missions de la médecine au début du 21e siècle. Bâle: ASSM; 2004.
12. Harris KA, Nousiainen MT, Reznick R. Competency-based resident education – the Canadian perspective. Surgery. 2020;167:681-4.
13. Accreditation Council for Graduate Medical Education. Common Program Requirements (Residency). Chicago: ACGME; 2025.
14. Holmboe ES, Sherbino J, Long DM, Swing SR, Frank JR. The role of assessment in competency-based medical education. Med Teach. 2010;32(8):676-82.
15. ten Cate O. Entrustability of professional activities and competency-based training. Med Educ. 2005;39(12):1176-7.
16. ten Cate O, Scheele F. Competency-based postgraduate training: can we bridge the gap between theory and clinical practice? Acad Med. 2007;82(6):542-7.

17. ten Cate O. Trust, competence and the supervisor's role in postgraduate training. BMJ. 2006;333:748-51.
18. ten Cate O. What entrustable professional activities add to a competency-based curriculum. Acad Med. 2014;89:691.
19. Brasel K, Lindeman B, Jones A, et al. Implementation of entrustable professional activities in general surgery. Ann Surg. 2023;278:578-86.
20. American Board of Surgery. Entrustable Professional Activities (EPAs). Accessed 2025. https://www.absurgery.org/get-certified/epas/
21. Montgomery KB, Mellinger JD, Lindeman B. Entrustable professional activities in surgery: a review. JAMA Surg. 2024;159(5):571-7. doi:10.1001/jamasurg.2023.8107.
22. George BC, Teitelbaum EN, Meyerson SL, et al. Reliability, validity, and feasibility of the Zwisch scale for the assessment of intraoperative performance. J Surg Educ. 2014;71(6):e90-6.
23. Conrad-Schnetz K, Prabhu A, Johnson WR, et al. BRC II Reports of the Subcommittees on Work–Life Integration, Resilience, and Wellness. Ann Surg. 2025;281:11-5.
24. Hu YY, Ellis RJ, Hewitt DB, et al. Discrimination, abuse, harassment, and burnout in surgical residency training. N Engl J Med. 2019;381:1741-52.
25. Damewood R, Michelassi F, Mansour A, et al. Blue Ribbon Committee II Faculty Development. Report of the Subcommittee on Faculty Development and Educational Support. Ann Surg. 2025;281:26-8.
26. Pugh CM, Sippel RS, editors. Success in Academic Surgery: Developing a Career in Surgical Education. London: Springer; 2020.
27. Scoggins CR, Pollock RE, Pawlik TM, editors. Surgical Mentorship and Leadership: Building for Success. Cham: Springer; 2018.
28. Rombeau JL, Goldberg A, editors. Surgical Mentoring: Building Tomorrow's Leaders. New York: Springer; 2010.
29. Hawn MT, Matthews JB, Bumgardner GL, et al. Roadmap for Research and Scholarship in General Surgery Residency Training. Report of the Research Subcommittee of BRC II. Ann Surg. 2025;281:29-33.
30. Alseidi AA, Craver HW, Dennis AJ, et al. Surgery and Surgical Training Before Graduate Medical Education. A BRC II Medical Student Education Subcommittee Report. Ann Surg. 2025;281:7-10.
31. Nehemiah A, Roberts SE, Fowler JC, et al. Enhancing Inclusive Excellence in the Surgical Workforce. The Dos and Don'ts of Successful Visiting Student Clerkship Programs. Ann Surg. 2025;281:74-77.
32. Klingensmith ME, Minter RM, Fisher K, et al. Goals, Structure, and Financing of Surgical Residency Training. A Subcommittee Report of the Blue Ribbon Committee II. Ann Surg. 2025;281:21-5.
33. Fried GM, Varas J, Telem DA, et al. Opportunities and Applications of Educational Technologies in Surgical Education and Assessment. Ann Surg. 2025;281:34-9.

3. Inteligencia artificial en la educación quirúrgica

Eduardo J. Cassone, Roberto Badra

No alcanza con formar cirujanos que sepan operar; hay que formar cirujanos capaces de interpretar datos, cuestionar algoritmos, comunicar incertidumbre y sostener el juicio clínico frente a la máquina.

Solo podemos ver a poca distancia hacia adelante, pero podemos ver allí mucho que necesita hacerse.
Alan Turing, "Computing Machinery and Intelligence" (Mind, 1950).

RESUMEN

La inteligencia artificial (IA) ha dejado de ser una promesa de laboratorio para convertirse en un componente operativo de la práctica clínica y, cada vez más, en un factor estructural de la formación del cirujano. Su irrupción coincide con tres tensiones contemporáneas de la educación quirúrgica: la reducción de la exposición clínica de los residentes, la demanda creciente de evaluación objetiva y verificable de competencias, y la presión ética por evitar la curva de aprendizaje sobre el paciente. Este capítulo recorre los fundamentos conceptuales de la IA: historia, *machine learning, deep learning*, interpretabilidad y modelos generativos, su consolidación como herramienta clínica y educativa, y sus aplicaciones específicas en la educación quirúrgica: simulación inteligente con tutores virtuales y evaluación objetiva[1,2], análisis automatizado de video quirúrgico[3-5], modelos de lenguaje y tutoría conversacional, realidad aumentada y reconstrucción tridimensional, y telementoría con potencial de democratización del entrenamiento en países de ingresos medios y bajos[6]. Se integran publicaciones recientes en NEJM AI (2025-2026) que aportan un marco de interacción humano-IA en cuatro zonas[7] y evidencia empírica sobre sesgo de automatización8. Se discuten luego las nuevas competencias del cirujano frente a la IA, las limitaciones, riesgos y desafíos éticos, incluyendo el consenso Delphi sobre cirugía robótica9, y se propone una integración curricular diferenciada para grado y posgrado. El capítulo cierra con una perspectiva integradora: la IA debe entenderse como un complemento del juicio clínico y no como un sustituto, en una formación quirúrgica que necesita ser, simultáneamente, tecnológicamente avanzada y humanamente irrenunciable.

Palabras clave: *inteligencia artificial, educación quirúrgica, residencia quirúrgica,* machine learning*, modelos de lenguaje, evaluación basada en competencias, telementoría, bioética.*

Introducción

El avance del *big data*, la computación en la nube y la inteligencia artificial (IA) ha transformado múltiples áreas, especialmente la medicina, permitiendo mejorar diagnósticos, tratamientos y prevención de enfermedades. Esto ha generado grandes cambios en la educación médica, que ahora debe adaptarse a tecnologías digitales y a estudiantes "nativos digitales" con nuevas formas de aprendizaje[10].

La educación médica enfrenta una doble exigencia: por un lado, formar profesionales capaces de incorporar conocimientos y herramientas tecnológicas en constante evolución; por otro, preservar los pilares humanísticos, éticos y deontológicos que sostienen el acto médico.

La cirugía, por su naturaleza, ha sido históricamente un ámbito donde el aprendizaje requiere repetición, exposición controlada al paciente, supervisión del experto y construcción progresiva de juicio operatorio –tradición cuyo origen institucional se desarrolla en el capítulo sobre la historia de las residencias quirúrgicas–. La IA aparece, en este escenario, no como un agregado opcional, sino como un nuevo lenguaje que reorganiza el modo en que se enseña, se evalúa y se acompaña al cirujano en formación[11,12].

Es útil reconocer desde el inicio que la incorporación de IA a la educación quirúrgica no ocurre en un vacío institucional. Coincide con tendencias como la reducción de la exposición operatoria de los residentes, la sobrecarga administrativa creciente, la presión por estandarizar la formación basada en competencias y la responsabilidad ética de minimizar la curva de aprendizaje sobre el paciente. En conjunto, estas presiones explican por qué la IA se percibe hoy como una palanca pedagógica de gran potencial: ofrece capacidades de medición, retroalimentación y simulación que pueden compensar parcialmente lo que el sistema asistencial ya no garantiza por sí solo.

Este capítulo tiene por objetivo presentar, analizar y problematizar el estado actual de la inteligencia artificial en la educación quirúrgica, desde sus bases conceptuales hasta sus aplicaciones concretas, sus limitaciones y los desafíos curriculares e institucionales que su incorporación plantea. Se estructura sobre evidencia actual, incluyendo publicaciones recientes en NEJM AI (2025-2026), revisiones sistemáticas y estudios experimentales, con el propósito de ofrecer al lector una síntesis rigurosa, crítica y pedagógicamente orientada.

Fundamentos de la inteligencia artificial

Breve historia de la inteligencia artificial

El término inteligencia artificial como se conoce en la actualidad fue acuñado en 1995 por John McCarthy, uno de los padres fundadores de la inteligencia artificial, junto a Alan Turing, Marvin Minsky, Allen Newell y Herbert A. Simon[13].

Aristóteles (384-322 a. C.), padre de la filosofía, fue el primero en escribir sobre objetos y lógica, y en sentar las bases de la ontología y el método científico. Como resultado, hoy en día se enseña sobre las ciencias naturales, matemáticas, computación y ciencias sociales. Sin la tecnología requerida, pasaron muchos siglos sin ningún progreso en la búsqueda de la inteligencia artificial[13].

En el siglo XVIII ocurrió el desarrollo matemático y de la estadística (teorema de Bayes). En 1818, la inteligencia artificial debutó en el mundo literario de la ciencia ficción con la novela *Frankenstein* de Mary Shelley. En una carta llamada Darwin: Entre las Máquinas escrita en el periódico de *The Press* en Nueva Zelanda, se habló de la posibilidad de que las máquinas desarrollaran conciencia mediante la selección natural[13].

En 1920, Karel Čapek introdujo la palabra robot en su obra de teatro R.U.R (*Robots Universales Rossum*) en donde se utiliza la palabra robot del eslavo, que significa 'trabajador forzado'. Desde entonces la inteligencia artificial se convirtió en un tema recurrente de la ciencia ficción, hablándose de ella de manera utópica, recalcando beneficios o prejuicios como reemplazar completamente a los seres humanos por máquinas[13].

En 1943, Warren McCulloch y Walter Pitts crearon el primer modelo computacional para redes neuronales, la primera red neuronal analógica fue construida por Marvin Minsky, y esto dio inicio al desarrollo de la inteligencia artificial [13].

La noción contemporánea de inteligencia artificial reconoce un origen formal en la propuesta del matemático inglés Alan Turing (1950), siendo de los primeros en hablar de inteligencia artificial, sobre la posibilidad de que las máquinas puedan pensar y, en particular, en el experimento mental hoy conocido como *Turing test*. La premisa central de este tipo de prueba es que si el interrogador, al interactuar con una computadora mediante preguntas y respuestas, no puede distinguir si está conversando con un ser humano o una máquina, pasando esta prueba con un resultado positivo, se puede concluir que la computadora alcanzó un nivel de inteligencia similar al de un ser humano. Hoy en día es la prueba de fuego de la inteligencia artificial, considerándose aprobada si la computadora es capaz de convencer al 30% de los jueces con quien converse.

Pocos años después, en la conferencia de Dartmouth, 1956, McCarthy, Minsky, Rochester y Shannon acuñaron el término "artificial intelligence" y dieron inicio a un programa de investigación que combinó lógica simbólica, teoría de la computación y modelado del razonamiento humano[13,14].

Durante las décadas siguientes, la IA atravesó periodos alternos de entusiasmo y desilusión, popularmente llamados "inviernos", en los cuales la insuficiencia del poder de cómputo y de los datos disponibles limitó la concreción práctica de los modelos. El renacimiento decisivo se produce a partir de 2012, con el éxito de AlexNet (Krizhevsky y cols.) en el desafío ImageNet, que marcó la madurez del aprendizaje profundo (*deep learning*) para visión computacional[15].

En el 2014, por primera vez, un programa de computadora fue capaz de pasar la prueba de Turing, convenciendo al 33% de los jurados que se trataba de un ser humano. Se trató de Eugene Goostman, un *chatbot* de computador diseñado para comportarse durante la conversación como un joven ucraniano de 13 años. Este suceso fue un parteaguas al sembrar dudas sobre la validez de la prueba, ya que después de 60 años, se advierte la necesidad de actualizarlo o de certificar de manera distinta los avances de la inteligencia artificial.

Debido al riesgo, en 2015 se redactó una carta donde se solicitaba la completa prohibición y desarrollo de armas bélicas que operan con inteligencia artificial. Esta carta fue firmada por destacadas figuras influyentes como: Stephen Hawking, Elon Musk y Steve Wozniak, así como más de 3000 investigadores especializados en el campo de la inteligencia artificial y la robótica.

En 2016, Gulshan y cols. demostraron en JAMA que un algoritmo de *deep learning* podía detectar retinopatía diabética con sensibilidad y especificidad comparables a la de un oftalmólogo experto[16]. Al año siguiente, Esteva y cols. publicaron en Nature la clasificación dermatológica de cáncer de piel con redes neuronales convolucionales[17]. En cirugía, Hashimoto y cols. (2018) sintetizaron promesas y peligros del campo emergente en una revisión que hoy se considera fundacional [18].

En 2017, el primer producto de Arterys, CardioAI, se convirtió en la primera aplicación basada en la nube con *deep learning* (aprendizaje profundo) aprobada por la Food and Drug Administration (FDA) de los Estados Unidos en el campo de la atención médica, capaz de analizar imágenes de resonancia magnética cardíaca en tan solo segundos, dando así información detallada, como la eyección cardíaca.

Un segundo punto de inflexión fue el desarrollo por los creadores de OpenAI que propusieron en 2018 el modelo GTP-1®, de la arquitectura Transformer, que dio origen a los modelos de lenguaje a gran escala, capacidad de aprender de manera automática a partir de una gran compilación de texto. Tiene la capacidad de comprender la gramática, semántica, giros idiomáticos e información contextual[19]. La aparición de GPT-3®[20] y, poco después, de su sucesor conversacional ChatGPT®, en noviembre del 2022, hace que este *chatbot*

pueda proporcionar respuestas y comentarios en forma de texto, permitiendo así una interacción natural entre la inteligencia artificial y los seres humanos (Yu, 2023).

El 14 de marzo de 2023, OpenAI presentó GPT-4®, una actualización significativa en la arquitectura GPT. Este nuevo modelo procesa textos e imágenes y, además, suma capacidad de raciocinio, comprensión y una escritura más elaborada. Gracias a estas mejoras, el GPT-4 puede manejar instrucciones con mayor precisión, crear textos más diversos y creativos, y desempeñarse de manera más fiable en más de 30 idiomas. Esta introducción ha generado un poderoso impulso en el desarrollo del lenguaje natural, abriendo así nuevas oportunidades y desafíos para el futuro de esta tecnología (OpenAI, 2023).

ChatGPT es de gran relevancia, popularizó la IA generativa fuera del ámbito técnico y abrió, casi de inmediato, un debate intenso sobre su impacto en la educación médica y quirúrgica. Además puede utilizar para calificar ensayos de estudiantes y analizar la estructura de oraciones, vocabulario, gramática y calidad de los trabajos. Esta es una característica útil para los profesores que a menudo tienen que revisar una enorme carga de tareas, trabajos, exámenes, entre otros. ChatGPT aparece en la educación como un sistema de tutoría inteligente que responde las preguntas de los estudiantes y da comentarios sobre trabajos mediante la predicción de palabras (Fig. 1).

Los sistemas de tutoría inteligente permiten adaptar los planes de lecciones y los materiales didácticos en función de los múltiples estilos y habilidades de estudio y aprendizaje de cada tipo de estudiante, lo que es especialmente difícil en cuestión de tiempo y dedicación para los docentes. ChatGPT puede utilizarse en la formación de los médicos; aunque es un material valioso, no debe ni puede reemplazar la presencia y experiencia de los docentes. En cambio, son herramientas que apoyan y complementan el trabajo humano, sus respuestas son rápidas y precisas, pero no pueden ofrecer la empatía, comprensión y compasión que puede brindar un docente, cualidades esenciales en el proceso educativo de la medicina, donde la interacción humana y la conexión emocional son indispensables en la práctica y educación médica.

De este recorrido conviene retener dos ideas. Primero, la IA contemporánea no es un fenómeno súbito sino el resultado acumulativo de décadas de investigación interdisciplinaria. Segundo, el salto cualitativo ocurrido entre 2012 y 2025 transformó a la IA de tema académico en componente operativo de la práctica clínica, y por extensión, de la formación quirúrgica.

Funcionamiento de la IA: machine learning *y* deep learning

La expresión "inteligencia artificial" es una rama de la ciencia enfocada en analizar y modelar datos mediante métodos estadísticos, especialmente el *machine learning* (aprendizaje automático). Definirla con precisión exige distinguir, al menos, tres niveles. En sentido amplio, IA refiere a sistemas computacionales capaces de realizar tareas que tradicionalmente requerían inteligencia humana, como percibir, razonar, decidir o aprender. El *machine learning* es una subcategoría que se ocupa de algoritmos cuyo desempeño mejora con la experiencia, es decir, con la exposición a datos. El *deep learning*, a su vez, es una subcategoría del *machine learning* basada en redes neuronales artificiales profundas, particularmente eficaces para procesar imágenes, videos, lenguaje natural y secuencias temporales[21,22].

■ FIGURA 1



La IA representa un cambio epistemológico no solo instrumental

En la práctica, el funcionamiento típico de un sistema de IA en medicina o cirugía supone tres etapas. Primero, se recopila y se anota un gran volumen de datos relevantes: imágenes diagnósticas, videos operatorios, registros clínicos, métricas de simulación, datos cinemáticos del instrumental. Segundo, esos datos se utilizan para entrenar un modelo, ajustando millones de parámetros internos hasta que el sistema produce predicciones útiles. Tercero, el modelo se prueba en datos no vistos para estimar su capacidad de generalización antes de su despliegue clínico o educativo (Tabla 1).

En cirugía, las arquitecturas más utilizadas pertenecen a la familia de redes convolucionales para análisis de imagen y video, y a la de *transformers* para procesamiento de lenguaje y de secuencias multimodales. La combinación de estas arquitecturas con grandes bases de datos quirúrgicas anotadas (por ejemplo, Cholec80 para colecistectomías laparoscópicas) ha hecho posible el reconocimiento automatizado de fases operatorias, la identificación de instrumental, la segmentación de estructuras anatómicas y la inferencia de eventos críticos.

El razonamiento, por su parte, consiste en usar los recursos disponibles y no limitarse a lo que se le proporciona al sistema. Cuanta más información esté al alcance del modelo, mejor será su razonamiento y más preciso el resultado de la tarea asignada. Lo que sustenta y distingue a la IA de la computación tradicional es su capacidad de adaptación y aprendizaje automatizado, o *machine learning*.

Desde el punto de vista educativo, es importante que el cirujano comprenda en términos generales este flujo de trabajo. No para diseñar algoritmos, sino para saber qué tipo de salida produce cada herramienta, sobre qué datos fue entrenada y, en consecuencia, dónde puede fallar. Un sistema entrenado mayoritariamente con videos de colecistectomías norteamericanas, por ejemplo, puede funcionar peor en una población latinoamericana con anatomía promedio diferente o en un contexto técnico con plataformas distintas. La alfabetización mínima en estos conceptos protege contra dos errores opuestos: el escepticismo reflejo y la confianza ciega (Fig. 2).

Interpretabilidad y limitaciones

El término *machine learning* remite a una serie de nodos o capas, cada una con una tarea definida que realiza un determinado cálculo o tarea y entrega

■ TABLA 1

Flujo simplificado de un sistema de IA: entrada, procesamiento y salida

Flujo del sistema	Bloque	Descripción breve
Entrada 1	Datos estructurados	Información organizada: tablas, números, registros, bases de datos
Entrada 2	Datos no estructurados	Información sin estructura fija: texto, imagen, audio, video, redes sociales
Transformación	Preprocesos	Limpieza, clasificación, conversión, reconocimiento de lenguaje o visión computacional
Análisis inteligente	Preprocesos principales	Resolución de problemas, razonamiento y aprendizaje automático
Memoria del sistema	Base de conocimiento	Almacena datos y aprendizajes para mejorar respuestas posteriores
Resultado	Salida de información	Genera información útil para seres humanos, otros sistemas o acciones automáticas

■ FIGURA 2



La opacidad algorítmica exige supervisión clínica indelegable

el resultado a otra capa más profunda, y así de forma sucesiva a partir del reconocimiento de patrones.

En la fase central del proceso, la IA realiza tareas como resolución de problemas, razonamiento y aprendizaje automático (*machine learning*). Este último permite que el sistema mejore con la experiencia, almacenando información en una base de conocimiento que influye en decisiones futuras. Aun así, el *machine learning* puede quedar limitado cuando maneja grandes volúmenes de datos complejos.

Existen muchos modelos de *deep learning*, pero el más utilizado son las redes neuronales artificiales o también conocidas como deep artificial neuronal network. Para comprender mejor la red neuronal artificial, se puede realizar la analogía con el cerebro humano o red neuronal biológica.

Dentro de la literatura suelen denominar el modo utilizado por la *deep learning* como *black box*, puesto que, a pesar de ser muy preciso con la información o los resultados obtenidos, es el modelo con menor interpretabilidad entre sus predecesores. Las variables de entrada, al ser sometidas a múltiples nodos, imposibilitan su aplicación en áreas de alta sensibilidad como la medicina, puesto que es imposible aislar el vínculo físico entre la *deep learning* y el entorno mismo.

Una característica esencial de muchos modelos de *deep learning* es su opacidad relativa. La complejidad de las redes profundas hace difícil reconstruir, paso a paso, por qué un modelo llegó a una determinada predicción. Este fenómeno, conocido como caja negra o falta de interpretabilidad, tiene consecuencias prácticas y éticas, y plantea múltiples dificultades para su aplicación. Al tratarse de un proceso muy complejo donde la información se somete a demasiados nodos, ya no es posible explicar o rastrear el proceso realizado. Esta situación no sucede dentro del *machine learning* que, por ser más simple, permite identificar exactamente el proceso realizado por la IA. Esto quiere decir que, cada vez que se somete una red neuronal artificial profunda a una misma prueba con los mismos datos de entrada en repetidas ocasiones, los resultados obtenidos son distintos y el sistema no brinda una explicación del porqué sucede así. Esta falta de justificación de una conclusión es la principal razón por la que aún no se incorpora del todo dentro de la salud; y su falta de interpretabilidad es motivo de múltiples discusiones y consideraciones éticas.

La interpretabilidad en la IA y *deep learning*, uno de los mayores retos actuales de la IA, es equilibrar precisión e interpretabilidad. La precisión se refiere a cuán correcta o adecuada es la información que brinda la IA ante una problemática o variable de entrada. La evaluación de este aspecto es algo compleja, ya que no existe una verdad absoluta. La interpretabilidad, en cambio, se refiere a la capacidad del ser humano para comprender el funcionamiento del sistema. Para ello, se integran otras definiciones como la simulabilidad, que es la comprensión sobre un modelo en general, y la descomponibilidad, que consiste en comprender un modelo en cuestión de sus componentes como bloques, neuronas artificiales o capas y así de forma sucesiva.

Un sistema ideal de IA debe obtener resultados muy precisos que satisfagan las tareas encomendadas, en donde el ser humano sea capaz de aislar la acción de cada nodo e interpretar la razón por la que se tomó una determinada conclusión. A medida que se trabaja con un mayor número de capas, la interpretabilidad disminuye de forma progresiva, por lo que surge la necesidad de desarrollar nuevos algoritmos que ayuden a complementar la IA.

En respuesta, la comunidad técnica ha desarrollado métodos de IA explicable (*explainable* AI o XAI), propuesta de modelo que es opuesta a la naturaleza de *black box* de la *deep learning*, que busca hacer los modelos más transparentes, comprensibles y capaces de justificar sus decisiones mediante evidencia. Esto es especialmente relevante en aplicaciones médicas, donde la confianza y la trazabilidad de los resultados son esenciales (Tabla 2)(Fig. 3).

A pesar de sus desafíos, la IA ya tiene múltiples aplicaciones en la educación médica, como simuladores clínicos, sistemas de evaluación adaptativa y herramientas que personalizan el aprendizaje según el desempeño del estudiante. Estas tecnologías permiten mejorar la formación, identificar áreas de mejora y ofrecer retroalimentación continua, pero que además cuente con otras 3 características: transparencia, interpretabilidad (ya explicado con anterioridad) y explicabilidad. El modelo intenta visualizar las regiones de una imagen, los fragmentos de video o las variables clínicas que más pesaron en la decisión del modelo. En cirugía, la *Virtual Operative Assistant* es un ejemplo paradigmático: ofrece retroalimentación tanto sobre el resultado como sobre las variables que la motivaron, lo que la convierte en una herramienta más adecuada para la enseñanza[2].

La IA, si bien ya tiene mucho tiempo de existir, aún requiere un extenso estudio para que se aproveche todo su potencial. La IA ya forma parte de la vida cotidiana. Su principal reto en las ciencias de la salud sigue siendo la falta de transparencia e interpretabilidad. A pesar de ello, la incorporación de XAI dentro de los sistemas de IA con algoritmos posprueba complementarios han presentado resultados favorables y una considerable mejoría de la interpretabilidad, aunque se requiere más evidencia para sustentar su uso.

Tanta es la importancia de la IA en el área de medicina, que muchos países se han visto forzados a incorporar reglas que limiten su acción para la toma decisiones sobre el estado de salud de los pacientes. En un futuro, el uso de la IA replanteará diversas consideraciones éticas que permitan justificar la seguridad de su uso para atender el estado de salud de la población.

■ TABLA 2

Conceptos clave de inteligencia artificial y relevancia en educación quirúrgica.

Concepto	Definición	Aplicación en educación quirúrgica
Machine learning	Sistemas que aprenden de datos para identificar patrones y hacer predicciones sin programación explícita de reglas	Análisis de desempeño técnico, evaluación de habilidades y personalización del currículo
Deep learning	Redes neuronales profundas para procesamiento de datos complejos, imágenes y secuencias temporales	Visión computacional, reconocimiento de gestos quirúrgicos y análisis de video operatorio
Visión computacional	Interpretación automática de imágenes y video mediante algoritmos especializados en percepción visual	Análisis intraoperatorio, evaluación de técnica y reconocimiento de fases quirúrgicas
NLP	Comprensión y generación de lenguaje humano por sistemas computacionales, incluyendo texto y voz	Tutores virtuales, síntesis de bibliografía y simulación de casos clínicos interactivos.
LLM - *Large Language Models*	Modelos de lenguaje de gran escala con capacidad dialógica y razonamiento contextual avanzado	Asistentes pedagógicos, preparación preoperatoria y apoyo cognitivo al residente
Realidad virtual / aumentada	Entornos completamente digitales (RV) o superposición de información digital sobre el mundo real (RA)	Simulación inmersiva de procedimientos, planificación quirúrgica personalizada y entrenamiento 3D
Modelos predictivos clínicos	Algoritmos que estiman resultados futuros a partir de variables clínicas y demográficas	Predicción de complicaciones, alta quirúrgica segura y trayectorias individuales de aprendizaje
Explicabilidad (XAI)	Capacidad del modelo de justificar sus predicciones al usuario humano de forma comprensible	Transparencia en evaluación, confianza del docente y formación en pensamiento crítico

■ FIGURA 3



Desempaquetando la "Caja Negra". Arquitectura del ecosistema inteligente

La IA en la medicina y la educación médica

Aplicaciones clínicas de la IA en medicina

La IA se ha consolidado como herramienta de apoyo en diversos procesos clínicos: análisis de imágenes diagnósticas, predicción de riesgo, optimización de tratamientos, monitorización de pacientes y personalización terapéutica. Su valor radica en la capacidad de procesar volúmenes de datos que exceden la capacidad cognitiva humana y de detectar patrones sutiles que el observador entrenado podría pasar por alto.

En el ámbito generativo, ChatGPT y herramientas similares han generado un debate intenso sobre su utilidad clínica, educativa y científica. Khan y cols. discutieron su impacto en la gestión clínica y en la educación médica, mientras que Burgos y cols. analizaron su potencial en investigación desde el contexto argentino[23,24]. Cooper y Miftahul y Khairatun exploraron específicamente las aplicaciones en educación en ciencias y medicina, identificando tanto oportunidades como riesgos relacionados con la calidad de las respuestas y la verificabilidad de las fuentes[25,26].

Contexto actual de la educación médica

La educación médica contemporánea atraviesa una transición desde modelos centrados en exposición y repetición, utilizando métodos de enseñanza variados, desde conferencias magistrales y sesiones basadas en casos, hasta la observación directa de procedimientos médicos y la interacción con pacientes reales hacia modelos basados en competencias, con énfasis en evaluación longitudinal, simulación y retroalimentación específica.

El advenimiento de la IA, la telemedicina, la simulación médica avanzada y la disponibilidad masiva de información en línea ha alterado la forma en que los futuros profesionales de la salud adquieren conocimientos y habilidades. Krive y cols. sostienen que la IA puede contribuir a una educación médica "grounded in reality", capaz de articular tecnología y experiencia clínica real sin perder rigor pedagógico[27]. Esta visión es coherente con la transformación que ya están experimentando otras profesiones de alta exigencia técnica, en las cuales la convivencia con sistemas inteligentes redefine –sin reemplazar– el saber experto.

Esta transición es particularmente exigente en cirugía, porque se trata de una disciplina en la que convergen razonamiento clínico, percepción espacial, destreza motora, manejo de la incertidumbre, toma de decisiones en tiempo real y trabajo en equipo bajo presión. No alcanza con saber; hay que saber hacer, saber decidir y saber corregirse.

La IA se inserta en ese escenario como una tecnología que puede potenciar el análisis del desempeño técnico, fisiológico y funcional del aprendiz, integrándose con visión computacional, realidad aumentada, navegación, visualización 3D, y reducir parte de esa complejidad organizativa al automatizar tareas de medición, evaluación preliminar y retroalimentación, liberando tiempo docente para tareas verdaderamente irreemplazables, como la mentoría, el modelado del carácter profesional y la enseñanza del juicio clínico. Esa promesa, con todo, solo se concretará si las instituciones integran estas herramientas en un proyecto pedagógico coherente, en lugar de superponerlas como capas tecnológicas sin articulación.

Impacto de los avances tecnológicos

La tecnología ha permitido la comunicación instantánea entre médicos y pacientes a través de plataformas de telemedicina. Además, las clases y las conferencias médicas remotas han facilitado la educación continua y el acceso a expertos sin importar la ubicación geográfica.

Los avances tecnológicos no son neutros desde el punto de vista educativo. Ronquillo y cols. sostienen que la incorporación de IA en innovación educativa exige replantear roles, métodos y propósitos del aprendizaje[28]. Estrada y cols. advierten que la sustitución acrítica de procesos humanos por sistemas automatizados puede generar tanto ventajas como desventajas, especialmente en contextos formativos[29]. La IA amplifica ese potencial al agregar análisis en tiempo real, retroalimentación personalizada y capacidad de ajuste individualizado según la evolución del estudiante.

La cirugía siempre ha sido una disciplina de aprendizaje situado. Se aprende en quirófano, junto al paciente, con exposición progresiva a la complejidad y bajo tutela experta. Hoy, este modelo enfrenta restricciones estructurales: menor tiempo disponible, mayor presión asistencial, limitación de horas de residencia, creciente complejidad tecnológica y exigencia innegociable de seguridad.

Este impacto en la enseñanza de la cirugía se traduce en un cambio progresivo del lugar del docente. Lejos de desaparecer, su papel se reconfigura: el profesor pasa a ser intérprete de datos, curador de herramientas, mediador entre tecnología y aprendizaje, y garante último del rigor pedagógico y del cuidado humano. Cuanto más sofisticada se vuelve la tecnología, más visible se hace la necesidad de un docente capaz de orientarla, criticarla e integrarla con sentido formativo.

Aplicaciones de la IA en la educación quirúrgica

Las aplicaciones específicas de la IA en la educación quirúrgica son hoy múltiples y crecientes. Las revisiones sistemáticas más recientes coinciden en agrupar estas aplicaciones en seis grandes ejes: eficiencia en la adquisición de conocimientos, personalización del aprendizaje, simulación inteligente, análisis automatizado de video quirúrgico, evaluación objetiva con retroalimentación inmediata y tutoría conversacional basada en modelos de lenguaje[30-32] (Tabla 3).

La IA aplicada a la educación quirúrgica puede comprenderse en cuatro grandes dimensiones.

La primera es cognitiva. Aquí la IA funciona como soporte del aprendizaje teórico y del razonamiento clínico, facilitando acceso a bibliografía, síntesis de contenidos, estructuración de casos y apoyo para la preparación preoperatoria.

La segunda es procedimental. En esta esfera, la IA se integra con simuladores, plataformas de realidad virtual, modelos 3D, telesimulación, realidad aumentada y entrenamiento robótico para guiar la adquisición de habilidades técnicas.

La tercera es evaluativa. Probablemente sea la más disruptiva, porque permite una evaluación continua, multimodal y más objetiva del rendimiento, tanto en simulación como en análisis de video quirúrgico.

La cuarta es integradora: sirve como puente entre los ambientes simulados y la práctica real, al aprovechar grabaciones operatorias, imágenes radioló-

gicas e información intraoperatoria para cerrar el circuito entre entrenamiento, ejecución y retroalimentación (*feedback*) (Fig. 4).

En otras palabras, la IA permite transformar el acto quirúrgico –real o simulado– en información analizable, comparable y utilizable con fines formativos.

Mejora en la eficiencia de adquisición de conocimientos

Los sistemas de IA pueden organizar contenidos, priorizar fuentes, generar preguntas de autoevaluación y construir trayectorias de estudio adaptadas al nivel del aprendiz. En cirugía, esto se traduce en plataformas que combinan repositorios de procedimientos, anatomía quirúrgica, guías clínicas y evidencia actualizada, accesibles desde cualquier dispositivo y disponibles en tiempos fragmentados, lo cual resulta especialmente útil en jornadas hospitalarias exigentes (Fig, 5).

Desde el punto de vista pedagógico, lo central no es la mera disponibilidad de información, sino la posibilidad de jerarquizarla y vincularla con la práctica. La literatura recuperada señala que la educación quirúrgica busca precisamente acortar curvas de aprendizaje,

■ TABLA 3

Educación quirúrgica tradicional vs. educación aumentada por IA: ejes diferenciales.

Frecuencia	Episódica: 1 a 3 veces por rotación, en momentos puntuales del proceso	Continua: cada procedimiento genera datos evaluables automáticamente
Objetividad	Alta variabilidad interevaluador. Influencia del sesgo de halo y del evaluador	Métricas reproducibles, estandarizadas y comparables entre evaluadores e instituciones
Retroalimentación	Diferida, verbal y frecuentemente genérica. Puede tardar días en llegar al residente	Inmediata o diferida, específica, accionable y referenciada a benchmarks objetivos
Variables analizadas	Impresión global, OSATS, *checklist* de pasos. P oca granularidad técnica	Cinemática instrumental, video, trayectorias, identificación de fase, detección de errores
Portafolio longitudinal	Manual, incompleto y dependiente de la memoria del tutor o del residente	Automatizado, trazable, comparable en el tiempo y entre residentes del programa
Costo docente	Alto en tiempo de observación directa. El experto debe estar presente para evaluar	Reducido: la IA captura datos continuamente y el docente supervisa de forma focalizada
Equidad	Dependiente del evaluador: puede variar enormemente según quién evalúa y cuándo	Mayor consistencia entre evaluadores. Riesgo de sesgo algorítmico si los datos son sesgados
Sesgo conocido	Sesgo de favorito, impresión halo, variabilidad de contexto y estado anímico del evaluador	Sesgo de datos de entrenamiento, sesgo algorítmico, falta de generalización entre centros

■ FIGURA 4



El ciclo infinito de la práctica deliberada asistida por datos

mejorar la toma de decisiones, desarrollar pensamiento crítico, fortalecer la alerta situacional y optimizar el desempeño técnico con el objetivo último de mejorar resultados clínicos.

Los residentes de cirugía deben aprender, incluso aún mejor desde la Facultad como estudiantes de Medicina, el uso de la IA para su aplicación en futuros pacientes. Su preparación no es solo aprender a usar tecnología de *software*, sino obtener conocimiento suficiente de medicamentos básicos y clínicos (que son los fundamentos de la práctica médica y son clave para comprender cómo usar la IA para la medicina), ciencia de datos, bioestadística y medicina basada en evidencia.

Un sistema de IA bien diseñado puede recomendar lecturas pertinentes para un caso concreto, recordar conceptos clave antes de una intervención, ofrecer recursos visuales y favorecer la consolidación de conocimientos mediante repetición espaciada. Así, la IA se asemeja menos a una biblioteca digital y más a un asistente de estudio capaz de modular su intervención según el contexto y el nivel del aprendiz; puede, además, potenciar el análisis del desempeño técnico, fisiológico y funcional, integrándose con visión computacional, realidad aumentada, navegación, visualización 3D y aprendizaje automático.

Hoy en día no existen plataformas de IA generativa específicas para la educación médica. Esto se debe al alto costo que tiene entrenar un modelo robusto. Aun así, plataformas de uso general como ChatGPT® y Dall-E® pueden emplearse como herramientas en esas áreas[26], por ejemplo, mediante tres escenarios: simulación de interacción con paciente, asistente de investigación y generador de tareas y exámenes de práctica. Dall-E es capaz de generar imágenes de rayos X de neumotórax, aunque sus resultados están por debajo de los requeridos para un programa de educación médica.

Personalización del aprendizaje

La formación quirúrgica tradicional, incluso en programas bien estructurados, opera con esquemas relativamente uniformes de progresión. La adquisición de competencias quirúrgicas, sin embargo, no es homogénea: algunos residentes progresan rápidamente en habilidades psicomotoras pero requieren más apoyo en toma de decisiones; otros muestran buen razonamiento clínico, aunque necesitan reforzar economía de movimientos, orientación espacial o autonomía técnica. La IA permite identificar parte de estas diferencias

■ FIGURA 5



Componentes clave del Sistema Tutor Inteligente de IA en Medicina

con mayor precisión y adaptar el entrenamiento a las necesidades individuales, pasando de una enseñanza centrada en cohortes a otra más sensible al trayecto formativo singular de cada aprendiz.

Esta personalización requiere una arquitectura institucional adecuada. No basta con instalar plataformas adaptativas: es necesario integrar sus métricas con la planificación curricular, asegurar que las decisiones de progresión se tomen con criterio docente y proteger al aprendiz de evaluaciones automatizadas no validadas. La verdadera ventaja pedagógica aparece cuando los datos generados por la IA se traducen en decisiones formativas concretas –objetivos individualizados, planes de remediación, revisiones específicas–y no quedan reducidos a indicadores agregados sin uso real.

Simulación quirúrgica inteligente

La simulación es probablemente la aplicación más madura de la IA en educación quirúrgica. La integración entre simuladores físicos, simuladores virtuales y módulos de IA permite hoy capturar trayectorias instrumentales, tiempos, fuerzas, errores y patrones de movimiento, y traducirlos en retroalimentación específica para el aprendiz. En cirugía, esto se traduce en entornos controlados y personalizados donde los estudiantes desarrollan competencias con mayor precisión, seguridad y eficiencia. Las simulaciones seguras permiten a los estudiantes practicar procedimientos y toma de decisiones en entornos simulados sin riesgo para los pacientes reales, mejorando la confianza y la competencia. También habilita una retroalimentación sincrónica y asincrónica, tanto en simulación como en escenarios clínicos reales, y favorece la integración entre grabaciones de procedimientos quirúrgicos, imágenes radiológicas, análisis de trayectorias instrumentales y evaluación objetiva del desempeño (Tabla 4).

El Virtual Operative Assistant (VOA) desarrollado por Mirchi y cols. constituye un ejemplo paradigmático: un tutor virtual basado en IA explicable que, en escenarios de neurocirugía simulada, alcanzó una exactitud de 92%, una sensibilidad de 100% y una especificidad de 82% para distinguir niveles de pericia, ofreciendo retroalimentación interpretable sobre las variables que justificaron cada clasificación[2].

El ensayo clínico aleatorizado de Fazlollahi y cols. (2022), publicado en JAMA Network Open, comparó la tutoría asistida por IA (extensión del VOA) con la instrucción experta tradicional en estudiantes de medicina entrenándose en habilidades quirúrgicas simuladas. El estudio mostró un desempeño técnico equivalente entre los dos grupos y un ahorro relevante en el tiempo de supervisión experta –aproximadamente 53 horas durante todo el ensayo–, lo que sugiere que la IA puede asumir parte del trabajo formativo en niveles tempranos sin pérdida de calidad, liberando al docente para tareas de mayor complejidad pedagógica[1]. Park y cols. sistematizaron en *Frontiers in Medical Technology* los principios de diseño de simuladores inteligentes y las áreas donde su validación está más avanzada[33].

El valor pedagógico de esta línea no se reduce a la cifra: radica en demostrar que es viable construir entornos donde el residente practica deliberadamente con *feedback* estructurado, recibe métricas comparables a estándares de pericia y avanza con seguridad antes de exponerse al paciente real. Esta lógica de práctica deliberada, asistida por IA y supervisada por mentor humano, es probablemente el modelo formativo emergente más consistente con la evidencia disponible; las modalidades clásicas de simulación, sus fundamentos teóricos (Ericsson, Cook, Reznick) y la transferencia al quirófano se desarrollan en detalle en el capítulo sobre simulación en la formación de cirujanos.

Ahora bien, el entusiasmo que despierta esta revolución tecnológica debe ir acompañado de una mirada crítica. Los textos revisados insisten en que los sistemas de IA pueden ser potentes, pero no son neutrales ni infalibles. Entre sus limitaciones se encuentran la opacidad algorítmica o "black box", la sobreconfianza en la automatización, la dependencia excesiva, el riesgo de descualificación progresiva del profesional, la sub-

■ TABLA 4

Sistema de Simulación Quirúrgica Inteligente				
APRENDIZ Residente / *Fellow* (entrada al sistema)	→	CAPTURA DE DATOS Video · Cinemática · Sensores Datos instrumentales · EHR	→	MOTOR DE IA *Deep Learning · Computer Vision NLP ·* Modelos predictivos
				↓
RETROALIMENTACIÓN INMEDIATA Tiempo real –durante la simulación	→	RETROALIMENTACIÓN DIFERIDA Revisión de video · Métricas · *Debriefing*	→	DASHBOARD DOCENTE Alertas · Portafolio · Tendencias Decisiones pedagógicas
↓				
PORTAFOLIO DIGITAL Registro longitudinal de desempeño	→	PPROGRESIÓN ADAPTATIVA Ajuste de dificultad Módulos remediales	→	DECISIÓN DE PROGRESIÓN *Benchmark* alcanzado → Quirófano real
El ciclo se retroalimenta continuamente · La IA aprende de cada nuevo caso · El docente conserva el criterio final de progresión				

valoración del contexto clínico y la posibilidad de que los modelos aprendan errores o sesgos presentes en los datos de entrenamiento.

Análisis automatizado de video quirúrgico

El video operatorio es, en muchas especialidades laparoscópicas y robóticas, el dato pedagógico más rico y al mismo tiempo más subutilizado de la formación quirúrgica. Históricamente, su revisión sistemática ha sido limitada por el tiempo docente requerido. La IA permite hoy automatizar parte sustantiva de ese análisis: reconocimiento de fases operatorias, identificación de instrumental, segmentación anatómica, detección de eventos críticos y predicción del tiempo restante de cirugía.

Las cifras de exactitud informadas en estudios pivotales permiten dimensionar el grado de madurez actual de esta tecnología. La revisión sistemática de Othman y Kaleem integra evidencia sobre múltiples procedimientos y refiere exactitudes globales superiores al 80% en reconocimiento de fases[3]. Diversos estudios pivotales demostraron 82% ± 4% de exactitud en manga gástrica laparoscópica[4] y 81% en cirugía colorrectal laparoscópica[5]; los modelos derivados de RSDNet introdujeron la predicción de duración restante de cirugía sin necesidad de anotación manual[34]. Trabajos posteriores avanzaron sobre segmentación semántica de la anatomía en colecistectomía laparoscópica, hito relevante para guías intraoperatorias asistidas por IA[35].

Desde el punto de vista educativo, estas capacidades transforman el video operatorio en un objeto pedagógico activo. El residente puede revisar su procedimiento con anotaciones temporales automáticas, comparar su trayectoria con referencias de pericia, identificar momentos de error y discutir con su tutor sobre datos objetivos. La revisión deja de depender exclusivamente de la memoria del docente y se apoya en evidencia trazable, lo que mejora el *feedback* y la justicia formativa (Tabla 5 y 6).

Evaluación objetiva con feedback inmediato

La revisión sistemática de Lam y cols. sintetizó la evidencia sobre *machine learning* para evaluación de habilidades técnicas en cirugía e identificó tres bloques convergentes: análisis cinemático del instrumental, análisis de video y métricas de simulación[36]. Los sistemas inteligentes pueden proporcionar *feedback* inmediato tras una simulación o tras el análisis de un video quirúrgico, identificar errores recurrentes, comparar contra *benchmarks* y documentar trayectorias de mejora. Esto resulta congruente con el enfoque por competencias. La competencia no se presume, se demuestra. Y para demostrarla se requieren instrumentos válidos, fiables y reproducibles. Su conclusión central es que los modelos actuales pueden discriminar consistentemente entre niveles de pericia, aunque su validación externa y su transferencia entre plataformas son todavía heterogéneas (Tabla 6).

El impacto pedagógico de esta línea es relevante. Históricamente, la evaluación quirúrgica ha dependido en gran medida de juicios expertos basados en observación directa, con variabilidad entre evaluadores y dificultad para seguir longitudinalmente la progresión del aprendiz. La IA permite transformar parte del

■ TABLA 5

Capacidades documentadas de sistemas de análisis de video quirúrgico con IA y su valor educativo

Capacidad tecnológica	Evidencia / Ejemplo	Valor educativo
Reconocimiento de fases intraoperatorias	Colecistectomía laparoscópica 88,9%±7,5% (Othman, 2024); manga gástrica 82% (Hashimoto, 2019); colorrectal 81% (Kitaguchi, 2020)	Segmentación pedagógica por fases; detección de demoras y desvíos técnicos en cada etapa
Estimación de duración restante	Predicción desde video laparoscópico sin anotación manual (Twinanda y cols., 2019)	Gestión del tiempo operatorio; planificación del turno; entrenamiento en eficiencia
Seguimiento de instrumentos	Cinemática instrumental en laparoscopia: velocidad, trayectoria, tiempos de contacto	Análisis de economía de movimiento; evaluación de destreza; patrones de manejo instrumental
Clasificación experto vs. novato	VOA: exactitud 92%, sensibilidad 100%, especificidad 82% en simulador RV (Mirchi y cols., 2020)	Base objetiva para decisiones de progresión, autonomía y certificación de competencias
Identificación de estructuras anatómicas	Segmentación semántica en colecistectomía; reconoce zona crítica de seguridad (Madani y cols., 2022)	Enseñanza de disección segura; alerta de zona de riesgo; retroalimentación sobre anatomía
Detección de errores técnicos	Identificación de errores de sutura y manipulación instrumental (Lam y cols., 2022)	*Feedback* específico y accionable sobre técnica; corrección antes de que el error se automatice
Análisis de economía de movimiento	Número de movimientos, longitud de trayectoria, tiempo fuera de visión (métricas FLS y similares)	Evaluación de eficiencia y fluidez; indicadores objetivos de madurez técnica del aprendiz

Nota: Referencias: Othman & Kaleem, 2024; Hashimoto y cols., 2019; Kitaguchi y cols., 2020; Mirchi y cols., 2020; Madani y cols., 2022; Lam y cols., 2022; Twinanda y cols., 2019. VOA: Virtual Operative Assistant.

desempeño en información cuantificable, comparable y revisable. Esto no reemplaza al docente: lo dota de datos para fundamentar mejor decisiones sobre progresión, remediación y autonomía progresiva, y abre el camino hacia modelos de evaluación longitudinal continua, cuyos instrumentos clásicos y emergentes (OSATS, The Virtual Operative Assistant y la base de datos JIGSAWS) constituyen ejemplos de este puente entre análisis de desempeño y formación. Otros como Mini-CEX, EPAs y portafolios se desarrollan en el capítulo sobre evaluación en la educación del cirujano (Tabla 7).

A esto se agrega una segunda ventaja: la inmediatez del *feedback*. La revisión de Othman plantea que, en el corto plazo la IA, podría identificar los momentos de la operación en los que el cirujano necesita ayuda, superponer imágenes anatómicas, orientar sobre exposición del campo y sugerir uso óptimo de instrumentos; y, en un plazo más largo, detectar errores intraoperatorios, guiar el siguiente mejor paso y hasta graduar la dificultad del procedimiento.

Esa promesa exige, no obstante, prudencia metodológica: se advierten limitaciones importantes y todavía no existe consenso sobre modelos estandarizados de implementación en sistemas de entrenamiento.

Tutores virtuales, modelos de lenguaje y apoyo cognitivo

La expansión de los modelos de lenguaje a gran escala (LLM) ha abierto una nueva dimensión en educación quirúrgica. A diferencia de las aplicaciones

■ TABLA 6

Exactitud informada de sistemas de IA basados en visión computacional para análisis de video quirúrgico (estudios pivotales)

Procedimiento / tarea	Sistema / autores (año)	Exactitud (%)	Aporte educativo principal
Colecistectomía laparoscópica (fases)	Othman & Kaleem (2024)-síntesis[3]	88,9 ± 7,5	Revisión estructurada del procedimiento por fases
Sleeve gastrectomy laparoscópica	Hashimoto y cols. (2019)[4]	82 ± 4	Identificación automatizada de pasos críticos
Cirugía colorrectal laparoscópica	Kitaguchi y cols. (2020)[5]	≈ 81	Reconocimiento de flujo de trabajo intraoperatorio
Predicción de duración restante	Twinanda y cols. (RSDNet, 2019)[34]	—	Planificación logística y *feedback* temporal sin anotación manual
Segmentación anatómica (colecistectomía)	Madani y cols. (2022)[35]	—	Guía intraoperatoria asistida y enseñanza anatómica
Neurocirugía simulada (pericia)	Mirchi y cols. (VOA, 2020)[2]	92 (Sen 100; Esp 82)	Tutoría virtual explicable basada en IA

Nota: cifras provenientes de estudios pivotales seleccionados; varían según base de datos, anotación y plataforma. Su valor educativo depende de su integración en programas con retroalimentación estructurada.

■ TABLA 7

Comparación entre sistemas de evaluación tradicional y asistida por IA en educación quirúrgica

Dimensión	Evaluación tradicional	Evaluación asistida por IA
Frecuencia	Episódica: 1 a 3 veces por rotación, en momentos puntuales del proceso	Continua: cada procedimiento genera datos evaluables automáticamente
Objetividad	Alta variabilidad interevaluador. Influencia del sesgo de halo y del evaluador	Métricas reproducibles, estandarizadas y comparables entre evaluadores e instituciones
Retroalimentación	Diferida, verbal y frecuentemente genérica. Puede tardar días en llegar al residente	Inmediata o diferida, específica, accionable y referenciada a benchmarks objetivos
Variables analizadas	Impresión global, OSATS, *checklist* de pasos. Poca granularidad técnica	Cinemática instrumental, video, trayectorias, identificación de fase, detección de errores
Portafolio longitudinal	Manual, incompleto y dependiente de la memoria del tutor o del residente	Automatizado, trazable, comparable en el tiempo y entre residentes del programa
Costo docente	Alto en tiempo de observación directa. El experto debe estar presente para evaluar	Reducido: la IA captura datos continuamente y el docente supervisa de forma focalizada
Equidad	Dependiente del evaluador: puede variar enormemente según quién evalúa y cuándo	Mayor consistencia entre evaluadores. Riesgo de sesgo algorítmico si los datos son sesgados
Sesgo conocido	Sesgo de favorito, impresión halo, variabilidad de contexto y estado anímico del evaluador	Sesgo de datos de entrenamiento, sesgo algorítmico, falta de generalización entre centros

Nota: las limitaciones de cada sistema son complementarias: el modelo más robusto combina métricas objetivas de IA con el juicio clínico del docente experto.

centradas en imagen o video, los LLM operan sobre lenguaje: comprenden preguntas, generan respuestas, sintetizan información, organizan contenidos, simulan diálogos y facilitan interacciones educativas de tipo conversacional. Sus posibles funciones formativas incluyen acompañar el estudio teórico, ayudar a estructurar temas complejos, resumir bibliografía, formular preguntas de autoevaluación, simular escenarios clínicos, explicar pasos operatorios y apoyar la preparación preoperatoria desde una lógica dialógica. La aplicación específica de estas herramientas a la investigación clínica –búsqueda bibliográfica asistida, redacción científica y políticas editoriales emergentes– se desarrolla en el capítulo sobre investigación en las residencias de cirugía.

Pakkasjärvi y cols. describen el potencial de estos sistemas como capa de soporte para aprendizaje quirúrgico autodirigido[37]. El valor agregado no reside solo en ofrecer información, sino en modificar la forma de acceso a ella: el alumno puede preguntar, repreguntar, solicitar aclaraciones, cambiar el nivel de profundidad y reconstruir razonamientos. Esa interactividad favorece una dinámica de aprendizaje más activa y ajustada a las necesidades individuales. El conocimiento deja de presentarse como un bloque cerrado para convertirse en una conversación estructurada.

Otra aplicación relevante es la simulación conversacional de escenarios clínicos y quirúrgicos. Los modelos de lenguaje pueden generar casos progresivos, presentar hallazgos, responder a decisiones del aprendiz y modular el nivel de dificultad. Aunque no reemplazan la experiencia real ni la simulación técnica, ofrecen un espacio útil para ejercitar la dimensión cognitiva del desempeño quirúrgico: qué hacer, por qué hacerlo, qué anticipar y cómo justificar una conducta. Estos sistemas complementan otras tecnologías centradas en lo procedimental y ayudan a equilibrar la formación técnica con el razonamiento operatorio.

Desde la perspectiva docente, los LLM también pueden actuar como herramientas de apoyo académico: estructurar clases, redactar preguntas, generar casos, resumir textos extensos, proponer esquemas comparativos y elaborar materiales iniciales que luego el profesor refine críticamente. Su utilidad, sin embargo, depende de que el docente conserve una supervisión activa; el modelo puede ayudar a producir, pero no debe sustituir la responsabilidad intelectual del educador (Fig. 6).

El uso educativo de los LLM exige cautela explícita. Tres riesgos sobresalen. Primero, la alucinación: los LLM pueden generar respuestas plausibles pero incorrectas, bibliografía inexacta o afirmaciones inventadas con apariencia de autoridad. Segundo, la superficialidad cognitiva: si el aprendiz delega excesivamente la organización del conocimiento en el tutor virtual, puede debilitar su propia capacidad de síntesis y razonamiento profundo. Tercero, la confidencialidad: no toda información clínica o quirúrgica puede introducirse sin resguardo en plataformas digitales, especialmente si involucra datos identificables del paciente. Estos tres riesgos no invalidan el uso, pero obligan a una alfabetización crítica explícita: hay que enseñar a usar las herramientas y, sobre todo, a interrogarlas, verificar sus afirmaciones y reconocer sus límites.

En la tabla 8, se enuncian algunas de las herramientas y plataformas más conocidas.

■ **FIGURA 6**



El Nuevo Ecosistema de Competencias Quirúrgicas

■ TABLA 8

Herramientas y plataformas mencionadas y su aporte educativo principal con IA

Herramienta / plataforma	Aporte educativo principal con IA
CureMetrix®	Ayudar a los estudiantes a interpretar y diagnosticar imágenes médicas, con retroalimentación en tiempo real
MyOncoPath®	Guía a través de casos clínicos en oncología; información sobre diagnóstico, tratamiento y pronóstico
Osso VR®	Simulaciones de realidad virtual para practicar procedimientos quirúrgicos y recibir retroalimentación
Babylon Health®	Asesoramiento médico mediante chatbots y asistentes virtuales impulsados por IA
Prognica Labs®	Escenarios de pacientes virtuales que los estudiantes pueden diagnosticar y tratar
Cureatr®	Apoyo a decisiones clínicas a partir de registros médicos e información relevante
Visible Body®	Modelos anatómicos 3D y visualizaciones interactivas
Surgical Sam®	Instrucciones y retroalimentación en tiempo real durante procedimientos quirúrgicos virtuales
Osmosis®	Contenido de aprendizaje personalizado y videos educativos adaptados a necesidades individuales
The OR Black Box®	Captura audiovisual anonimizada de la cirugía y del entorno quirúrgico
Módulo Explorer de The OR Black Box®	Gestión de videos quirúrgicos capturados para análisis técnico, formación y educación
Case Discovery de The OR Black Box®	Identificación de factores que influyen en resultados quirúrgicos mediante análisis de datos

Realidad aumentada, reconstrucción 3D y planificación personalizada

La incorporación de IA a la educación quirúrgica no se limita al análisis de datos o a la evaluación automatizada del desempeño. También está redefiniendo la forma en que el cirujano en formación ve, comprende y anticipa la anatomía, el procedimiento y sus posibles dificultades. La convergencia entre IA, reconstrucción tridimensional, realidad aumentada, navegación quirúrgica y planificación específica por paciente representa uno de los desarrollos más relevantes para una pedagogía quirúrgica moderna[38]. Su impacto educativo es considerable porque transforma la enseñanza de la anatomía aplicada y del razonamiento operatorio desde una lógica abstracta y bidimensional hacia otra más inmersiva, interactiva y contextual.

Tradicionalmente, una parte importante del aprendizaje quirúrgico ha descansado en la capacidad del alumno para traducir imágenes bidimensionales–tomografía, resonancia, esquemas anatómicos, visión laparoscópica– en una representación mental tridimensional del campo operatorio. Ese proceso exige experiencia, entrenamiento perceptivo y una integración compleja entre anatomía, patología e intención técnica. No todos los alumnos lo logran al mismo ritmo. Las tecnologías que permiten visualizar con mayor claridad la anatomía del paciente y ensayar mentalmente la intervención tienen, por eso, un valor pedagógico extraordinario. La IA potencia este proceso al facilitar segmentación de imágenes, modelado anatómico, identificación de estructuras de interés y superposición inteligente de información relevante.

La realidad virtual (RV) integra a los estudiantes en entornos virtuales simulados, mientras que la realidad aumentada (RA) superpone elementos digitales en el mundo real; ambas tecnologías ofrecen experiencias de aprendizaje inmersivas que permiten a los estudiantes interactuar con conceptos médicos de manera efectiva.

Las reconstrucciones tridimensionales específicas por paciente permiten enseñar precisamente la anatomía real, situada y quirúrgicamente relevante. En cirugía, la anatomía operatoria rara vez se presenta como en los atlas: las relaciones entre estructuras cambian por la patología, por la obesidad, por cirugías previas, por inflamación o por variantes anatómicas. Las reconstrucciones 3D ayudan a comprender relaciones entre vasos, conductos, órganos vecinos, márgenes de resección y planos de disección, mejorando la preparación cognitiva del alumno y reduciendo parte de la carga mental del intraoperatorio. Las plataformas específicas de realidad virtual para anatomía, planificación quirúrgica y entrenamiento procedimental se desarrollan en el capítulo sobre realidad virtual en la educación quirúrgica.

La realidad aumentada agrega una dimensión adicional: la posibilidad de superponer información digital sobre la escena quirúrgica real o simulada, resaltar estructuras anatómicas, indicar trayectorias y señalar zonas de riesgo. No se trata solamente de "mostrar más", sino de mostrar mejor. En un entorno donde el principiante a menudo no logra reconocer con rapidez los hitos anatómicos clave, la superposición inteligente de información puede funcionar como una forma de tutoría visual. Su valor es particularmente alto en formación laparoscópica y robótica, donde la interpretación del campo visual constituye una competencia esencial.

La navegación quirúrgica asistida por IA, por su parte, ayuda al aprendiz a situarse dentro del procedimiento, correlacionando anatomía real, planificación preoperatoria e intención quirúrgica. Desde el punto de vista docente, esto contribuye a estructurar mejor la enseñanza de procedimientos complejos, porque permite explicar qué se hace y, sobre todo, por qué se hace en determinado lugar, con qué orientación y con qué límites anatómicos. La planificación personalizada

permite integrar imágenes del paciente, antecedentes y variantes anatómicas para construir estrategias formativas contextualizadas: el residente no entrena una técnica en abstracto, sino una técnica aplicada a un paciente concreto. Pedagógicamente, esto fortalece la transferencia entre entrenamiento y práctica clínica.

Las aplicaciones más relevantes se mencionan en la tabla 9.

Conviene, de todos modos, evitar una visión ingenua. Estas tecnologías no sustituyen la anatomía, el razonamiento ni la experiencia, y corren el riesgo de generar dependencia excesiva si se utilizan sin estrategia pedagógica. El alumno debe aprender a interpretar la anatomía por sí mismo y a desarrollar criterio espacial autónomo. Existen, además, limitaciones técnicas: la calidad de las reconstrucciones depende de la calidad de las imágenes, de la precisión de la segmentación y de la robustez del *software*; la correspondencia entre imagen preoperatoria y campo intraoperatorio puede ser imperfecta, especialmente cuando los tejidos cambian por movilización, tracción o resección. Su valor formativo aparece cuando se las integra como andamiajes del aprendizaje, no como prótesis permanentes del juicio quirúrgico.

TABLA 9

Aplicaciones de realidad virtual y realidad aumentada y aporte educativo principal

Aplicación de RV/RA	Aporte educativo principal con IA
Visualización anatómica en 3D	Ejemplos: Visible Human Project, modelo coreano visible, cuerpo virtual, embrión humano virtual y servidor humano visible
Simulación de procedimientos médicos	Práctica de procedimientos en entornos virtuales realistas; ejemplo: EndoVR Simulator
Entrenamiento en diagnóstico	Escenarios de pacientes virtuales con síntomas y signos clínicos; ejemplo: proyecto iFIND
Formación en bioseguridad	Capacitación en protocolos de bioseguridad y manejo de enfermedades infecciosas
Ayuda durante la cirugía	Superposición de información clave sobre el campo quirúrgico mediante gafas de RA; ejemplo: LaparoscopyVR
Entrenamiento en procedimientos	Práctica sobre maniquíes o modelos anatómicos para procedimientos específicos
Colaboración interdisciplinaria	Visualización y manipulación colaborativa de modelos médicos en tiempo real
Educación pública en salud	Experiencias educativas interactivas para público general

Telementoría, aprendizaje remoto y democratización del entrenamiento

Una de las dimensiones más prometedoras de la IA en educación quirúrgica es la posibilidad de enseñar, supervisar y acompañar a distancia. En una disciplina históricamente ligada a la presencia física del maestro en el quirófano o en el laboratorio de simulación, la convergencia entre IA, telemedicina, *telecoaching*, plataformas de aprendizaje autónomo y sistemas de retroalimentación sincrónica y asincrónica abre una nueva etapa. Esta etapa no elimina el valor de la proximidad formativa, pero amplía de manera sustancial las posibilidades de acceso, continuidad y distribución del conocimiento experto.

La relevancia de este cambio se comprende mejor al reconocer una limitación estructural de la formación quirúrgica actual: no todos los alumnos tienen el mismo acceso a oportunidades operatorias, instructores expertos, centros de alta complejidad o tecnologías avanzadas. En esta lectura, la IA mejora cómo se enseña y, además, dónde y a quién puede llegar esa enseñanza.

La telementoría puede definirse como la extensión remota de la tutoría quirúrgica mediante plataformas digitales que permiten observación, guía, intercambio y retroalimentación a distancia. Tradicionalmente, la mentoría quirúrgica fue una relación intensamente presencial, apoyada en la cercanía del experto, su capacidad de señalar puntos críticos y su intervención directa sobre el razonamiento o la técnica del aprendiz. La creciente digitalización del quirófano y de la simulación, sin embargo, ha vuelto posible una nueva modalidad: el experto puede observar imágenes, videos, trayectorias instrumentales o reconstrucciones anatómicas desde otro lugar y ofrecer orientación en tiempo real o diferida[30].

Esta promesa de democratización aparece de manera particularmente nítida en países de ingresos medios y bajos. Bhatia y cols., en el *Global Surgical Education Journal* de la Association for Surgical Education, sostienen que el uso de IA puede contribuir a aliviar la escasez de cirujanos formadores en estos contextos y a desarrollar "un cirujano más seguro", siempre que se la integre dentro de programas con supervisión local y estándares mínimos de calidad[6]. En la misma línea, Gaitán Buitrago y cols. sugieren que la IA puede representar una alternativa segura para la formación frente a la escasez de personal debidamente formado o la limitada capacidad instalada de centros de práctica en América Latina[30]. Esta observación desplaza la discusión desde la mera eficiencia tecnológica hacia la equidad formativa: ya no se trata solo de enseñar mejor, sino de acercar entrenamiento de calidad a lugares donde antes era difícil acceder a él.

Desde la perspectiva pedagógica, la telementoría asistida por IA produce varias consecuencias relevantes. Primero, expande el alcance docente: un experto ya no necesita estar físicamente en todos los escenarios donde se enseña. Puede participar mediante *telecoaching*, revisión remota de videos, discusión de casos complejos, análisis de errores o supervisión

asincrónica. Segundo, ofrece mayor flexibilidad de las trayectorias formativas mediante práctica autónoma, análisis posterior del rendimiento y tutoría diferida, sin exigir coincidencia constante entre alumno y tutor. Tercero, reduce barreras geográficas y abre la circulación de conocimiento experto entre regiones desigualmente equipadas. Cuarto, protege tiempo de formación: si la IA reduce tareas administrativas periféricas, indirectamente preserva espacio real para la enseñanza. La retroalimentación remota es otro componente central. No toda supervisión necesita ocurrir en el instante del acto quirúrgico.

Ahora bien, la promesa de democratización no debe idealizarse. Tres límites merecen explicitarse. El primero es que la experiencia clínica y quirúrgica real sigue siendo insustituible –en línea con lo discutido en el capítulo sobre simulación, donde experiencias como las de Kirkpatrick y cols. combinaron simulación con telementoría para entrenar control de daños: los beneficios del entrenamiento aumentado por IA no disminuyen la importancia de la exposición al paciente y al equipo, y una dependencia pasiva de la retroalimentación algorítmica puede obstaculizar el desarrollo del pensamiento crítico y de la autorreflexión. El segundo es de orden tecnológico y regulatorio: la educación remota basada en datos quirúrgicos exige conectividad estable, plataformas robustas, almacenamiento seguro, interoperabilidad y resguardo de privacidad; sin estos resguardos, una herramienta diseñada para ampliar acceso podría reproducir nuevas formas de desigualdad o vulnerabilidad. El tercero es pedagógico: la telementoría, por más sofisticada que sea, no debe reducirse a mera transmisión de instrucciones; la mentoría quirúrgica auténtica incluye confianza, modelado de criterio, acompañamiento emocional y lectura fina del aprendiz, dimensiones que la distancia tecnológica puede debilitar si se la concibe como sustitución indiscriminada de la presencia humana.

El objetivo, en consecuencia, no debería ser reemplazar la relación formativa clásica, sino complementarla con nuevas modalidades que amplíen su alcance y continuidad. La verdadera democratización del entrenamiento quirúrgico no consistirá en sustituir la mentoría, sino en hacerla más accesible, continua y pedagógicamente robusta gracias a la tecnología.

Marco de interacción humano-IA y calibración de la confianza

La pregunta clave para la educación quirúrgica del siglo XXI no es solamente "¿qué puede hacer la IA?", sino "¿cómo deben colaborar humano y sistema inteligente para producir mejores resultados?". Esa pregunta tiene una respuesta empíricamente fundada en la literatura reciente. Una contribución conceptual relevante es la de Zwaan, Rodman y Shimizu, quienes proponen un marco dinámico de cuatro zonas de interacción humano-IA en medicina: una zona humano-dominante (cuando el clínico es claramente más preciso que el modelo en una tarea dada), una zona IA-dominante (cuando el sistema supera al humano en condiciones controladas), una zona de revisión híbrida (cuando ambos cometen errores parcialmente complementarios y se benefician de revisión cruzada) y una zona de resolución de desacuerdo (cuando humano e IA divergen y se requieren protocolos explícitos de arbitraje). El marco es dinámico: a medida que la IA mejora en una tarea, la zona de interacción puede desplazarse[7]

Para la educación quirúrgica, este marco tiene aplicación directa. Permite enseñar al residente no a obedecer ni a desconfiar uniformemente de la IA, sino a calibrar su confianza según la tarea, el contexto y la precisión relativa del sistema. Saber identificar en qué zona se está operando –y reconocer cuándo el desplazamiento de una a otra ha ocurrido–es, en sí mismo, una nueva competencia clínica. Esta lectura cambia el énfasis pedagógico: ya no se trata únicamente de enseñar a usar herramientas, sino de enseñar a reconocer relaciones cambiantes con esas herramientas a lo largo del tiempo y de la tarea (Fig. 7).

Desde una perspectiva curricular, este marco se traduce en cuatro competencias progresivas. La primera es reconocer en qué zona se opera durante una tarea específica: lectura de una imagen diagnóstica, planificación preoperatoria, segmentación anatómica o evaluación de desempeño en simulación. La segunda es aprender protocolos de revisión cruzada cuando el ser humano e IA cometen errores complementarios. La tercera es desarrollar estrategias explícitas de resolución de desacuerdo cuando ambos divergen, incluyendo consulta a un tercero, vuelta a la evidencia primaria o postergación de la decisión. La cuarta es monitorizar el desplazamiento dinámico entre zonas, especialmente cuando la calidad del modelo cambia con actualizaciones, deriva de datos o cambios institucionales.

La calibración inteligente de la confianza no es solamente un ideal pedagógico: es un hallazgo empírico. El ensayo clínico aleatorizado de Qazi y cols. evaluó el comportamiento de médicos que recibían recomendaciones diagnósticas de un LLM con error introducido y sin él. El estudio encontró que los participantes expuestos a recomendaciones incorrectas del LLM obtuvieron resultados 14 puntos porcentuales inferiores en razonamiento diagnóstico, incluso habiendo completado un programa de 20 horas de alfabetización en IA. Es decir, la sola formación en IA no es suficiente para evitar el sesgo de automatización: se requieren estrategias activas que entrenen al clínico a desconfiar productivamente de salidas erróneas con apariencia plausible[8].

El trabajo de Van de Sande y cols. sobre el sistema DESIRE para predicción de alta quirúrgica ilustra un riesgo complementario: el modelo mostró un desempeño estadístico aceptable (AUC 0,77 en validación

■ FIGURA 7



El recorrido formativo del residente aumentado por IA

interna), pero falló en producción por datos corruptos derivados de cambios no comunicados en la base de datos hospitalaria. Esto demuestra que incluso modelos bien diseñados son vulnerables a la calidad del dato en tiempo real, y que la integridad del input es tan crítica como la precisión del modelo[39].

Conviene además ubicar este debate dentro del contexto cultural actual de adopción de la IA por la profesión médica. Según el informe Offcall 2025 sobre médicos e IA, el 67% de los médicos informó usar IA diariamente, el 81% se declaró insatisfecho con la velocidad de adopción institucional y el 71% afirmó tener poca o ninguna influencia sobre qué herramientas despliega su organización[40].

La implementación de la IA enfrenta, además, diversos desafíos: aspectos éticos, privacidad de los datos, limitaciones financieras y resistencia al cambio. La falta de comprensión sobre el funcionamiento de estas tecnologías y el temor a reemplazar la interacción humana dificultan su adopción en algunos contextos educativos. Para la educación quirúrgica, esto exige diseñar marcos normativos claros sobre el uso docente y clínico de herramientas de IA generativa, antes de que la práctica informal temprana consolide hábitos no supervisados (Tabla 10) .

Competencias del cirujano frente a la inteligencia artificial

La incorporación de IA a la educación quirúrgica obliga a revisar métodos de enseñanza, evaluación y simulación, y exige además redefinir el perfil de competencias del cirujano en formación. No basta con usar herramientas basadas en IA: es necesario formar profesionales capaces de comprenderlas, interrogarlas críticamente, integrarlas con prudencia al razonamiento clínico y preservar, aun en entornos altamente tecnificados, la centralidad del juicio humano. La revisión sistemática de Kenig y cols. confirma que el progreso técnico no se traduce automáticamente en formación clínica de calidad sin un esfuerzo deliberado por desarrollar estas nuevas competencias[41] (Fig. 6).

Proponemos un marco de siete competencias nucleares del cirujano frente a la IA, articuladas como ampliación y no sustitución del perfil clásico. Estas competencias amplían y operacionalizan, en clave curricular, las cuatro capacidades introducidas en la sección 7 sobre interacción ser humano-IA (Tabla 11).

Primera, alfabetización digital y algorítmica básica. El futuro cirujano no necesita ser ingeniero ni programador, pero sí debe comprender qué es un algoritmo, cómo aprenden los modelos, de qué dependen sus salidas y cuáles son sus límites operativos. La IA ya se integra con visión computacional, realidad aumentada, navegación, visualización 3D y análisis multimodal del rendimiento técnico, fisiológico y funcional; por lo tanto, el alumno debe poder interpretar en términos generales qué tipo de información produce cada sistema y con qué grado de fiabilidad. Sin esta alfabetización mínima, el uso de la herramienta corre el riesgo de ser superficial, acrítico o meramente instrumental.

Segunda, pensamiento crítico aplicado a la tecnología y reconocimiento de sesgos. La educación quirúrgica busca explícitamente desarrollar pensa-

■ TABLA 10

Marco de interacción Humano-IA en medicina
Zwaan, Rodman & Shimizu (NEJM AI. 2026)

← HUMANO supera a IA	IA supera al HUMANO →
ZONA HUMANO-DOMINANTE (Alta complementariedad de errores) Seguir el juicio humano. La IA actúa como detector de errores del profesional. Aplica a razonamiento abierto con contexto clínico complejo	ZONA IA-DOMINANTE (Alta complementariedad de errores) Confiar en la IA como primera línea. El humano revisa para detectar errores complementarios. Aplica a reconocimiento de patrones en radiología, patología, video quirúrgico
ZONA DE REVISIÓN HÍBRIDA Precisión comparable · Errores complementarios · Verificación mutua humano ↔ IA Ninguno de los dos es suficiente solo. La colaboración permite que cada uno detecte los fallos del otro	
ZONA HUMANO-DOMINANTE (Baja complementariedad de errores) Seguir el juicio humano sin interferencia del algoritmo. Los errores se solapan: la IA no agrega información nueva. El profesional es el decisor exclusivo	ZONA DE RESOLUCIÓN DE DESACUERDO (Baja complementariedad de errores) Decisión caso por caso. La IA no reduce la incertidumbre de forma sistemática. Requiere analizar características del caso y señales de confianza para cada situación
El marco es dinámico: a medida que la IA mejora en una tarea, la zona de interacción puede desplazarse. Fuente: Zwaan L, Rodman A, Shimizu T. NEJM AI. 2026;3(5).	

Los cuatro cuadrantes definen la estrategia óptima según precisión relativa y complementariedad de errores. El marco es dinámico: a medida que la IA mejora en una tarea, la zona de interacción puede desplazarse. Fuente: Zwaan L, Rodman A, Shimizu T. NEJM AI. 2026;3(5).

miento crítico y alerta situacional, no solo destreza manual; ese imperativo se vuelve todavía más importante cuando el aprendiz trabaja con sistemas inteligentes. Debe aprender a preguntarse de dónde proviene una recomendación, qué datos la sustentan, en qué contexto fue entrenado el modelo, qué sesgos puede arrastrar y cuándo conviene desconfiar de una salida algorítmica. Los algoritmos pueden incorporar sesgos sistemáticos según la calidad y procedencia de los datos; el mundo digital, además, puede inducir fenómenos de sobreconfianza y delegación acrítica de funciones correctivas al sistema. Por eso los currículos deben incluir educación explícita sobre aplicaciones y riesgos potenciales de estas herramientas, y enseñar al cirujano a reconocer cuándo la IA puede engañar por exceso de precisión aparente o por falsa autoridad. La IA no debe atrofiar el juicio: debe exigir su fortalecimiento.

Tercera, preservación del juicio clínico, autonomía intelectual e integración con el contexto humano. La enseñanza de la cirugía combina ciencia, motricidad, acompañamiento del profesor y práctica deliberada en una delicada articulación entre arte y ciencia. Ningún sistema de IA puede reemplazar plenamente la deliberación prudente ante la incertidumbre, la lectura contextual de un paciente complejo o la responsabilidad moral de una decisión intraoperatoria. Los algoritmos pueden analizar imágenes, videos y grandes volúmenes de información, pero muchas decisiones quirúrgicas siguen moduladas por factores biopsicosociales que los sistemas no captan adecuadamente: comorbilidades, fragilidad, valores del paciente, dinámica del equipo, limitaciones del entorno y objetivos reales de tratamiento. El cirujano debe desarrollar una competencia particularmente difícil: convivir con sistemas que sugieren, alertan o clasifican sin abdicar de la responsabilidad de decidir, integrando siempre la salida algorítmica con la realidad del paciente concreto. La capacidad de contextualización será una marca distintiva del buen cirujano en la era de la IA.

Cuarta, ética digital y responsabilidad en el manejo de datos. La formación profesional debe contemplar los aspectos bioéticos relacionados con IA,

■ TABLA 11

Siete competencias nucleares del cirujano frente a la inteligencia artificial, entendidas como ampliación –y no sustitución– del perfil clásico.

Competencia	Definición / alcance	Implicancia formativa
1. Alfabetización digital y algorítmica básica	Comprender qué es un algoritmo, cómo aprenden los modelos, de qué dependen sus salidas y cuáles son sus límites operativos, sin necesidad de ser ingeniero ni programador	Interpretar qué tipo de información produce cada sistema (visión computacional, realidad aumentada, navegación, análisis multimodal) y con qué grado de fiabilidad, para evitar un uso superficial o acrítico
2. Pensamiento crítico aplicado a la tecnología y reconocimiento de sesgos	Preguntarse de dónde proviene una recomendación, qué datos la sustentan, en qué contexto fue entrenado el modelo, qué sesgos puede arrastrar y cuándo conviene desconfiar de una salida algorítmica	Incluir en el currículo educación explícita sobre aplicaciones y riesgos; reconocer la sobreconfianza y la falsa autoridad del sistema. La IA no debe atrofiar el juicio, sino exigir su fortalecimiento
3. Preservación del juicio clínico, autonomía intelectual e integración con el contexto humano	Convivir con sistemas que sugieren, alertan o clasifican sin abdicar de la responsabilidad de decidir, integrando la salida algorítmica con la realidad del paciente concreto	Ponderar factores biopsico-sociales que los sistemas no captan –comorbilidades, fragilidad, valores del paciente, dinámica del equipo, entorno y objetivos reales–. La contextualización como marca distintiva del buen cirujano
4. Ética digital y responsabilidad en el manejo de datos	Contemplar los aspectos bioéticos vinculados a la IA, la información del paciente y las imágenes diagnósticas, equilibrando su uso con una educación médica integral que evite la deshumanización	Trabajar con videos operatorios, imágenes y plataformas digitales respetando consentimiento, anonimización, trazabilidad y resguardo institucional, dentro de marcos regulatorios claros
5. Aprendizaje autodirigido y deliberado en entornos digitales	Transformar simuladores inteligentes, análisis de video, tutores virtuales y sistemas de *feedback* en una disciplina personal de práctica deliberada	Identificar una debilidad, diseñar una estrategia correctiva, revaluarse y sostener una progresión intencional: la herramienta no garantiza, por sí sola, la mejora formativa
6. Comunicación y trabajo interdisciplinario con perfiles tecnológicos	Interactuar con ingenieros biomédicos, especialistas en datos, desarrolladores, bioinformáticos y equipos de innovación institucional	Traducir las necesidades del quirófano al lenguaje del desarrollo tecnológico e interpretar críticamente lo que esos equipos devuelven: participar inteligentemente en ecosistemas de innovación
7. Profesionalismo, humanización y uso instrumental de la IA	Conservar la dimensión moral y humana de la cirugía: el dominio de herramientas inteligentes no exime de escuchar, explicar, acompañar, decidir con prudencia y sostener la confianza del paciente y del equipo	Situar la IA en su justo lugar –sin idolatrarla ni rechazarla–, integrándola de modo proporcionado, crítico y finalista al servicio del aprendizaje, la seguridad y el paciente. La IA como herramienta, no como objetivo

Estas siete competencias no son un agregado periférico, sino parte del núcleo formativo del cirujano en el siglo XXI: el objetivo no es producir usuarios obedientes de sistemas inteligentes, sino cirujanos capaces de servirse de ellos sin someterse a ellos. Elaboración propia (2026).

información del paciente e imágenes diagnósticas, y exige equilibrar el uso de IA con una educación médica integral para evitar la deshumanización[30]. La confidencialidad y la seguridad de los datos del paciente son preocupaciones críticas en la formación facilitada por IA y requieren marcos regulatorios claros. En la práctica, el cirujano debe saber trabajar con videos operatorios, imágenes y plataformas digitales respetando consentimiento, anonimización, trazabilidad y resguardo institucional.

Quinta, aprendizaje autodirigido y deliberado en entornos digitales. La educación quirúrgica ya requería aprendizaje autodirigido; con IA, esta exigencia aumenta. La disponibilidad de simuladores inteligentes, análisis de video, tutores virtuales y sistemas de *feedback* no garantiza, por sí sola, mejora formativa. Lo que produce crecimiento es la capacidad del aprendiz para transformar esas herramientas en una disciplina personal de práctica deliberada: identificar una debilidad, diseñar una estrategia correctiva, revaluarse y seguir una progresión intencional.

Sexta, comunicación y trabajo interdisciplinario con perfiles tecnológicos. La expansión de la IA vuelve más importante la interdisciplinariedad. El cirujano del futuro deberá interactuar con ingenieros biomédicos, especialistas en datos, desarrolladores, bioinformáticos, expertos en simulación y equipos de innovación institucional. Para que la IA tenga valor clínico y docente real, el profesional quirúrgico debe poder traducir necesidades del quirófano al lenguaje del desarrollo tecnológico y, a la vez, interpretar críticamente lo que esos equipos le devuelvan. No se trata solo de saber operar máquinas, sino de participar inteligentemente en ecosistemas complejos de innovación.

Séptima, profesionalismo, humanización y uso instrumental de la IA. Cuanto más sofisticada se vuelve la tecnología, más visible debe hacerse la necesidad de conservar la dimensión moral y humana de la cirugía. El alumno debe aprender que el dominio de herramientas inteligentes no lo exime de escuchar, explicar, acompañar, decidir con prudencia y sostener la confianza del paciente y del equipo. De allí se sigue una convicción central: la IA debe servir como herramienta para enseñar y no como objetivo en sí mismo, manteniendo al cirujano docente en un papel protagónico[30]. Aprender a situarla en su justo lugar –sin idolatrarla ni rechazarla, sino integrándola de modo proporcionado, crítico y finalista al servicio del aprendizaje, de la seguridad y del paciente–es, en sí mismo, una competencia profesional decisiva.

Estas siete competencias no son un agregado periférico al perfil del cirujano: son parte de su núcleo formativo en el siglo XXI. El verdadero objetivo no es producir usuarios obedientes de sistemas inteligentes, sino cirujanos capaces de servirse de ellos sin someterse a ellos. Esa será, probablemente, una de las diferencias más decisivas entre la educación quirúrgica tradicional y la del siglo XXI.

Retos, riesgos y desafíos éticos

Todo análisis serio sobre IA en educación quirúrgica debe evitar dos errores opuestos: la descalificación simplista de la tecnología y el entusiasmo acrítico que la presenta como solución automática para problemas complejos. La IA ofrece oportunidades pedagógicas relevantes, pero también introduce limitaciones metodológicas, riesgos operativos y desafíos éticos que no pueden minimizarse. La madurez de su incorporación curricular dependerá menos de la sofisticación técnica de los sistemas que de la capacidad de las instituciones para reconocer sus límites, regular su uso y sostener una integración pedagógicamente responsable (Figs. 8, 9 y 10).

Una primera limitación fundamental es la dependencia de la calidad de los datos. Todo sistema de IA aprende, predice o clasifica a partir de la información con la que fue entrenado. Si esos datos son escasos, heterogéneos, incompletos, sesgados o poco representativos, el rendimiento del algoritmo se ve comprometido. En cirugía, este problema adquiere particular relevancia porque los datos proceden de entornos altamente variables: diferentes cirujanos, técnicas, plataformas tecnológicas, anatomías, grados de dificultad, condiciones del campo operatorio y estilos de registro audiovisual.

A esta dependencia se suma el problema de la validación insuficiente. La literatura actual sobre IA en cirugía muestra un crecimiento vertiginoso en publicaciones, pero buena parte de las experiencias se encuentra todavía en fases preliminares, con muestras limitadas, diseños heterogéneos y validación externa insuficiente. La innovación no equivale automáticamente a madurez metodológica. La educación quirúrgica, por su responsabilidad formativa y por su impacto indirecto en la seguridad del paciente, necesita estándares de validación especialmente rigurosos.

Otro riesgo central es el sesgo algorítmico. Los modelos de IA reflejan, amplifican o invisibilizan rasgos presentes en los datos y en las decisiones de diseño de sus desarrolladores. Un algoritmo entrenado predominantemente con videos de expertos de un tipo de centro, con determinada tecnología o con una población específica, puede considerar "normales" ciertos patrones y penalizar injustamente otros, sin que ello refleje una verdadera inferioridad formativa.

Existe además una limitación epistemológica importante: la reducción de la competencia quirúrgica a lo mensurable. La IA es eficaz para captar variables observables y cuantificables, pero la formación del cirujano no se agota en esos componentes. Habilidades como liderazgo, comunicación con el equipo, manejo emocional, prudencia frente a la incertidumbre y profesionalismo no siempre son fácilmente capturables por un algoritmo. El riesgo es que la educación quirúrgica termine valorizando en exceso aquello que la tecnología puede medir y relegando aspectos igualmente decisivos pero más difíciles de objetivar.

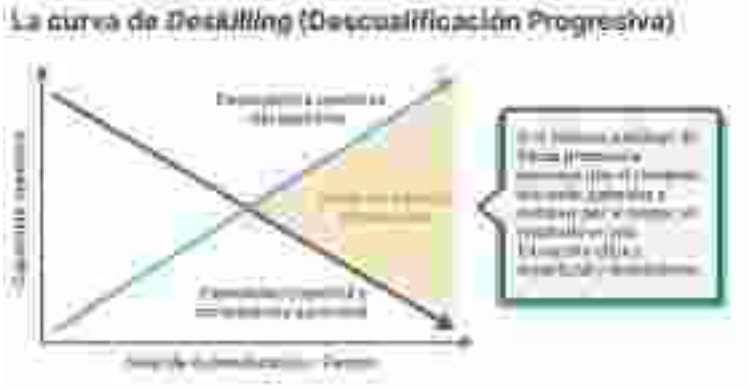
Este riesgo se vincula con la tecnocratización del proceso formativo. Si la IA se incorpora sin reflexión pedagógica profunda, puede promover una cultura centrada en métricas, *dashboards* y rendimiento cuantificado donde el aprendizaje quede reducido a puntajes (*scores*) y comparaciones. Un alumno no mejora solo porque recibe un número: mejora cuando ese número se traduce en comprensión, reflexión y práctica deliberada.

Los modelos de lenguaje agregan desafíos particulares. El fenómeno de alucinación –respuestas plausibles pero incorrectas–resulta especialmente delicado en educación quirúrgica, donde el aprendiz puede no contar todavía con herramientas suficientes para discriminar con rapidez entre una respuesta correcta y una errónea pero bien formulada. La privacidad y confidencialidad de los datos es otro eje decisivo: la IA aplicada a educación quirúrgica suele depender de videos operatorios, imágenes diagnósticas, registros de simulación y datos de desempeño individual, todos ellos con dimensiones sensibles que exigen consentimiento, anonimización, almacenamiento seguro y trazabilidad.

La responsabilidad profesional constituye otro problema delicado. Si un sistema de IA contribuye a evaluar a un alumno, señalar un error, sugerir una conducta formativa o recomendar determinada progresión, ¿quién responde por las consecuencias de esa mediación? ¿Qué ocurre si la evaluación automatizada subestima o sobreestima a un residente, o si una recomendación algorítmica orienta mal una práctica? Estas preguntas tienen impacto real porque pueden afectar autonomía progresiva, seguridad del paciente y trayectorias académicas. Por ello, la IA no debería ocupar un lugar decisorio autónomo en aspectos sensibles del proceso formativo: su papel debe ser asistencial, con supervisión humana explícita y trazable –nociones de error activo/latente, factor sistema y responsabilidad colectiva que se desarrollan en el capítulo sobre seguridad del paciente–.

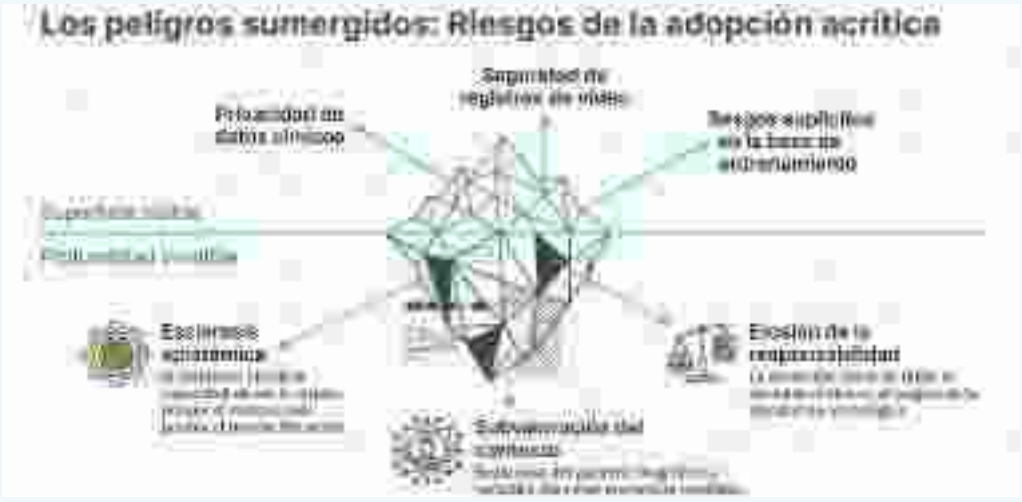
Debe considerarse también el problema de la desigualdad en el acceso. Aunque a menudo se presenta a la IA como herramienta democratizadora, su implementación real puede depender de infraestructura costosa, conectividad adecuada, licencias de *software*,

■ FIGURA 8



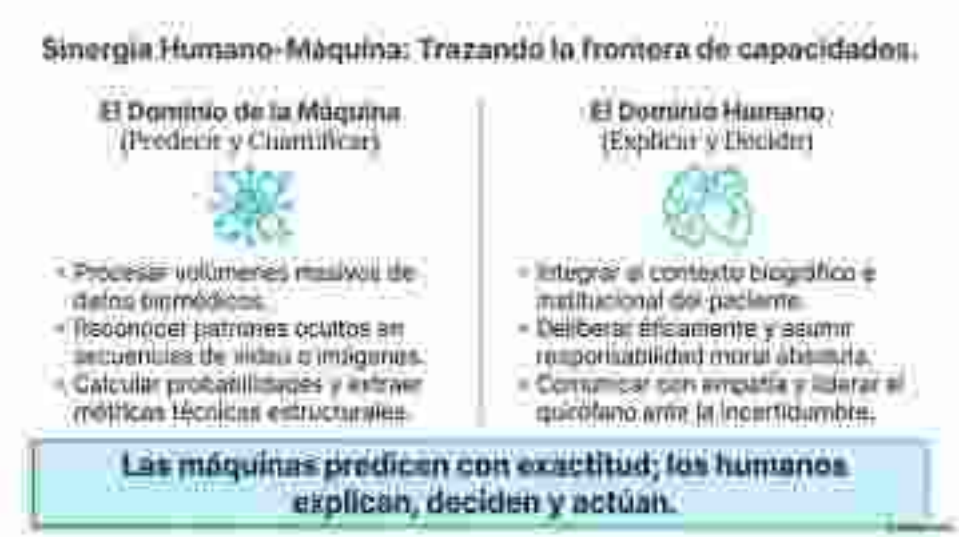
La curva de Deskilling

■ FIGURA 9



Los peligros sumergidos. Riesgos de la adopción acrítica

■ FIGURA 10



Sinergia Humano-Máquina

capacidad de integración digital y formación docente específica. Si estos recursos se concentran en pocos centros, existe el riesgo de que la IA no reduzca brechas, sino que las amplifique. Los programas de educación quirúrgica que incorporen estas herramientas deberán atender tanto a la innovación como a la equidad distributiva: quién accede, en qué condiciones y con qué soporte institucional.

Desde el punto de vista cultural, aparece además una posible resistencia del cuerpo docente y de los propios aprendices. La cirugía ha sido históricamente una disciplina fuertemente identitaria, en la que la experiencia, la mentoría y la tradición ocupan un lugar central. Algunos docentes pueden percibir la IA como una amenaza a su autoridad o como una tecnificación excesiva de un arte profesional complejo. Del otro lado, algunos alumnos pueden mostrar una confianza excesiva en la herramienta o, por el contrario, rechazo a su utilización. La incorporación curricular de IA exigirá, por lo tanto, tanto dispositivos técnicos como procesos de cambio cultural, formación docente y construcción de consenso académico.

El consenso Delphi de Collins y cols. sobre implicancias éticas de la IA en entrenamiento quirúrgico robótico sintetiza estos puntos en recomendaciones consensuadas por expertos internacionales: necesidad de marcos regulatorios claros, supervisión humana explícita, transparencia sobre las limitaciones del sistema, gobernanza de datos y formación específica del docente en estos temas[9] (Tabla 12).

Finalmente, debe considerarse un desafío más profundo: la preservación de la dimensión humana de la formación quirúrgica. Cuanto más sofisticadas sean las herramientas para medir, guiar y personalizar el aprendizaje, más importante será no perder de vista que la cirugía sigue siendo una profesión moral, ejercida sobre personas vulnerables y enseñada dentro de comunidades de práctica. Ningún sistema de IA puede reemplazar plenamente esa dimensión. La verdadera integración tecnológica deberá fortalecer, y no erosionar, ese núcleo humano.

Integración curricular: grado y posgrado

La incorporación de IA a la educación quirúrgica solo alcanzará un verdadero valor transformador si deja de ser una suma dispersa de herramientas y se integra de manera explícita dentro del currículo. Una tecnología aislada puede resultar llamativa, incluso útil en contextos puntuales, pero difícilmente modifique de forma profunda la formación del cirujano si no se articula con objetivos de aprendizaje, secuencias pedagógicas, métodos de evaluación y perfiles de egreso. El desafío actual no consiste únicamente en disponer de IA, sino en diseñar cómo enseñarla, cómo utilizarla y cómo regularla dentro de un programa formativo coherente.

En el grado, la integración curricular debería tener un carácter predominantemente introductorio, crítico y transversal. El objetivo no es convertir al estudiante en usuario avanzado de sistemas complejos,

■ TABLA 12

Principales limitaciones de la IA en educación quirúrgica y estrategias de mitigación

Limitación / Desafío	Descripción	Implicancia Pedagógica
Calidad y escasez de datos	*Datasets* quirúrgicos pequeños, heterogéneos y difíciles de anotar; alta variabilidad entre centros, cirujanos y anatomías	Los modelos pueden no generalizar. El docente debe interpretar críticamente los resultados del algoritmo
Escasa validación clínica prospectiva	Buena parte de la literatura es retrospectiva y experimental. Brecha entre rendimiento en laboratorio y quirófano real	Precaución antes de integrar herramientas sin validación externa rigurosa en el contexto local
Opacidad algorítmica	Muchos modelos de *deep learning* no explican por qué tomaron una decisión. Difícil auditar el razonamiento	El aprendiz puede aceptar *outputs* sin comprenderlos. Riesgo de sesgo invisible y dependencia ciega.
Sesgo en los datos de entrenamiento	Los algoritmos aprenden y amplifican sesgos de género, etnia, contexto hospitalario o técnica operatoria presentes en los datos	La evaluación automatizada puede ser injusta. Riesgo de ampliar inequidades existentes entre grupos
Falta de estandarización	No existe consenso sobre modelos de implementación, métricas de desempeño ni protocolos de integración curricular	Dificulta la comparabilidad entre instituciones y la replicación de intervenciones
Riesgo de deshumanización	Si la formación se reduce a métricas y *dashboards*, se pierden dimensiones esenciales: incertidumbre, responsabilidad, empatía	La IA no puede sustituir la mentoría moral ni el juicio clínico bajo incertidumbre genuina
Dependencia excesiva / *automation bias*	El aprendiz puede volverse dependiente del *feedback* algorítmico y debilitar el pensamiento crítico autónomo	El currículo debe incorporar entrenamiento explícito en metacognición, resistencia al sesgo y autonomía
Gobernanza y privacidad	El video intraoperatorio involucra datos de pacientes reales. El uso de IA sin acuerdos institucionales expone datos sensibles	Necesidad de marcos normativos claros sobre uso docente de datos quirúrgicos y plataformas de IA
Costo e infraestructura	Las plataformas de IA, realidad aumentada y simulación avanzada tienen costos no accesibles para todos los centros	Riesgo de ampliar brechas entre instituciones de alto y bajo recurso. Imperativo de diseñar con equidad

Nota: las mitigaciones propuestas son orientativas y deben adecuarse al contexto institucional, regulatorio y cultural local.

sino ofrecerle una alfabetización inicial que le permita comprender qué es la IA, qué puede y qué no puede hacer, qué papel ocupa en medicina y cirugía, y cuáles son sus implicancias éticas, clínicas y educativas. En esta etapa, la IA puede incorporarse como contenido dentro de asignaturas de metodología, bioética, educación médica, informática en salud, diagnóstico por imágenes, simulación y fundamentos de cirugía.

Conviene priorizar en grado ciertos contenidos nucleares: definiciones básicas de IA y aprendizaje automático; diferencias entre automatización, asistencia y sustitución; nociones de sesgo, validación y privacidad; aplicaciones generales en cirugía; y límites éticos de los sistemas inteligentes. La meta es desarrollar una disposición crítica: no solo aprender que la IA existe, sino aprender a preguntarse qué calidad tiene una recomendación, qué riesgos implica delegar excesivamente en un sistema y por qué el juicio humano sigue siendo indispensable.

En el posgrado, la integración curricular debe adquirir una profundidad mayor y una orientación más aplicada. El residente necesita interactuar con tecnologías concretas dentro de la simulación, la evaluación del desempeño, el análisis de video, la planificación preoperatoria y, eventualmente, la asistencia intraoperatoria. El currículo de residencia debería contemplar competencias específicas: interpretación crítica de métricas de desempeño, uso de simuladores inteligentes, revisión estructurada de videos quirúrgicos, familiaridad con reconstrucciones 3D y navegación, aprovechamiento de sistemas de *feedback* automatizado y manejo responsable de datos clínicos y audiovisuales. Resultan particularmente formativas las actividades orientadas a discutir casos donde la salida algorítmica diverge del razonamiento clínico, justamente para entrenar la autonomía intelectual del cirujano (Figs. 11 y 12).

Una integración curricular madura exige definir objetivos de aprendizaje específicos y diferenciados por etapa formativa, y secuenciar longitudinalmente la exposición a la IA dentro de un proyecto pedagógico coherente que articule contenidos teóricos, prácticos y reflexivos (Tabla 13).

La integración curricular exige también formación docente, infraestructura y gobernanza institucional. El profesor quirúrgico necesita poder interpretar las aplicaciones, los límites y los usos pedagógicos de cada herramienta, y traducir la analítica y la tecnología en retroalimentación formativa. Sin formación docente, la innovación corre el riesgo de quedar en manos de proveedores o entusiastas aislados, sin verdadera apropiación académica por parte de la institución. Sin gobernanza institucional clara –qué plataformas se utilizan, cómo se protegen los datos, quién accede a videos y métricas, cómo se validan las herramientas antes de adoptarlas–, la incorporación de IA puede generar más vulnerabilidades que beneficios. Estas decisiones no pueden recaer únicamente en el entusiasmo individual de un servicio o de un docente: requieren conducción académica, normativa clara y articulación entre cátedras, hospitales, comités de ética y áreas de tecnología educativa.

Desde el punto de vista metodológico, la integración curricular se beneficia de enfoques activos y experienciales. La IA no se enseña bien solo con exposiciones teóricas; resulta más eficaz cuando se la incorpora a talleres de simulación, análisis de video, discusión de casos, aprendizaje basado en problemas, sesiones de retroalimentación y ejercicios comparativos entre juicio humano y output algorítmico (resul-

■ **FIGURA 11**



Integración curricular

■ TABLA 13

Pilares curriculares de IA en educación quirúrgica: grado vs. posgrado

Pilar	Objetivo Central	Estrategias clave	Indicadores de logro
1. Alfabetización digital transversal	Que el residente comprenda qué es la IA, cómo funciona y cuáles son sus límites desde el inicio de la formación	Módulos longitudinales de IA básica, aprendizaje automático y ética algorítmica integrados en el currículo desde el primer año	El residente puede explicar qué es el sesgo, la validación externa y qué implica la explicabilidad de un modelo
2. Simulación inteligente longitudinal	Reemplazar la exposición acumulativa por una progresión basada en competencias medibles y alcanzables	Plataformas de simulación con análisis de cinemática, *feedback* automático, portafolio digital y progresión adaptativa	Reducción documentada de curva de aprendizaje. Alcanzar *benchmarks* objetivos antes de operar en paciente real
3. Uso formativo del video quirúrgico	Transformar el video operatorio en material pedagógico estructurado, trazable y comparativo	Análisis automatizado de fases, *debriefing* estructurado, comparación con estándares de experto, portafolio videográfico	El residente identifica sus propios errores técnicos mediante revisión guiada de video y propone estrategias correctivas
4. Juicio crítico y ética algorítmica	Que el cirujano sea capaz de auditar, cuestionar y rechazar recomendaciones de IA cuando el juicio clínico lo exija	Casos de ética clínica con dilemas de IA, análisis de sesgos, discusión de errores algorítmicos documentados en la literatura	El residente identifica limitaciones del modelo y no acepta *outputs* sin análisis crítico previo
5. Preservación del humanismo quirúrgico	Que la formación tecnológica no desplace las dimensiones relacionales, éticas y existenciales del acto quirúrgico	Espacio curricular explícito para reflexión ética, comunicación con el paciente, manejo del error y deliberación clínica	El residente integra la tecnología sin abdicar del juicio clínico y la responsabilidad profesional

Nota: propuesta orientativa; los pilares deben adaptarse al contexto institucional, regulatorio y de recursos.

tados). Un taller, por ejemplo, puede pedir a los residentes que comparen su propia autoevaluación técnica con una evaluación asistida por IA, o que discutan una reconstrucción tridimensional preoperatoria antes de planificar el abordaje. Así, la IA deja de ser un concepto abstracto y se integra en la práctica deliberada.

La evaluación curricular de estas competencias también merece atención. Si la IA pasa a formar parte del perfil de egreso, debe existir alguna forma de valorar su comprensión y uso responsable. Esa evaluación no debería centrarse solo en conocimientos declarativos, sino también en la capacidad de interpretar críticamente resultados, detectar limitaciones, usar herramientas de apoyo en contextos simulados y argumentar decisiones frente a recomendaciones tecnológicas. No se trata de evaluar obediencia técnica, sino criterio profesional frente a sistemas inteligentes.

Finalmente, una integración curricular madura debe distinguirse de una dependencia curricular acrítica. Que la IA forme parte del plan de estudios no significa que todo el aprendizaje deba mediarse por ella. Habrá momentos donde la simulación inteligente sea

■ FIGURA 12



El docente quirúrgico

útil y otros donde una discusión clínica clásica o una devolución directa del instructor resulten superiores. La verdadera madurez consiste en asignar a cada recurso su lugar proporcional, sin diluir los núcleos clásicos –anatomía, fisiopatología, criterio clínico, habilidades técnicas, habilidades no técnicas, profesionalismo y experiencia progresiva en pacientes reales– que la IA solo puede enriquecer pero no reemplazar.

Perspectivas futuras

Pensar el futuro de la IA en la educación quirúrgica no significa solamente proyectar tecnologías más sofisticadas, sino anticipar una transformación más profunda en la forma de enseñar, aprender, supervisar y certificar competencias. La IA ya ha comenzado a modificar componentes relevantes del ecosistema formativo, simulación, análisis de video, evaluación técnica, tutoría conversacional, planificación preoperatoria y teleformación, pero es probable que en los próximos años su impacto deje de concentrarse en herramientas puntuales y pase a expresarse como una infraestructura pedagógica más integrada, continua y ubicua. Siete tendencias parecen razonablemente previsibles, aunque deben leerse con prudencia.

Primera, la consolidación de entornos formativos adaptativos de alta precisión. Hoy la IA ya permite cierto grado de personalización, pero en los próximos años esta capacidad probablemente se vuelva más refinada. Los sistemas podrán integrar datos procedentes de simulación, video quirúrgico, actividad clínica, métricas psicomotoras, patrones de error, progresión temporal e incluso variables contextuales para construir perfiles de aprendizaje cada vez más individualizados. Esto permitirá diseñar trayectorias de remodelación y progresión mucho más precisas que las disponibles en los modelos tradicionales, ajustando el entrenamiento al nivel general del alumno y también a microdéficits específicos: exposición anatómica insuficiente, secuencias técnicas ineficaces, errores recurrentes en ciertas fases operatorias, vacíos de razonamiento clínico o dificultades en la toma de decisiones bajo presión.

Segunda, la evaluación longitudinal continua. En vez de depender de momentos evaluativos aislados, una observación puntual, una escala aplicada esporádicamente, una impresión global del docente, la educación quirúrgica podría evolucionar hacia modelos donde el desempeño se registre y analice de manera sostenida a lo largo del tiempo. La IA facilitaría la construcción de portafolios dinámicos de competencia integrando múltiples fuentes de evidencia: simulación, procedimientos reales, análisis de video, revisión de errores, métricas de mejora y comparación con estándares definidos. Esto enriquecería la evaluación formativa y podría, además, influir en la certificación progresiva de autonomía y en modelos más transparentes de acreditación de competencias.

Tercera, los gemelos digitales y la planificación específica por paciente. La tendencia actual hacia reconstrucciones tridimensionales, realidad aumentada y planificación personalizada sugiere que el futuro de la enseñanza quirúrgica será cada vez más contextual. El alumno no entrenará únicamente habilidades genéricas, sino que podrá prepararse sobre representaciones digitales complejas de casos reales o plausibles, anticipando dificultades anatómicas y variantes técnicas. Si esta tendencia madura, la frontera entre simulación y planificación operatoria podría volverse más porosa: parte del entrenamiento pasará a ocurrir sobre escenarios clínicos altamente individualizados, con valor simultáneamente educativo y asistencial.

Cuarta, la asistencia cognitiva conversacional más fiable. Los modelos de lenguaje seguirán evolucionando como tutores, organizadores de conocimiento, simuladores de casos y asistentes para revisión bibliográfica o preparación quirúrgica. En el mejor de los escenarios, estos sistemas podrán ofrecer acompañamiento educativo más seguro, trazable y especializado, con mayor capacidad de adaptación al nivel de formación del usuario. Su consolidación futura dependerá, en cambio, de mejoras en verificabilidad, reducción de alucinaciones, trazabilidad de fuentes y un diseño específicamente orientado a la educación médica y quirúrgica. El desafío no será solo hacerlos más capaces de responder, sino más fiables para enseñar.

Quinta, la interoperabilidad entre plataformas educativas, sistemas hospitalarios y entornos de práctica. Hoy muchas herramientas funcionan de modo relativamente fragmentado: el simulador por un lado, el video por otro, la evaluación en otro espacio, la historia clínica y la planificación preoperatoria en circuitos distintos. En el futuro podría consolidarse una mayor interoperabilidad entre estas capas, permitiendo que los datos educativos y clínicos dialoguen con más fluidez. Esto abriría posibilidades extraordinarias para la formación, aunque también multiplicaría las exigencias en privacidad, gobernanza y seguridad de la información.

Sexta, la cirugía robótica y las plataformas digitalizadas como entornos formativos nativos para la IA. Cuanto más digital es el acto quirúrgico, mayor es la cantidad de datos estructurables que genera. La robótica produce información detallada sobre movimientos, tiempos, trayectorias, uso instrumental y contexto de ejecución. En términos educativos, esto convierte a ciertas plataformas en laboratorios privilegiados para la analítica del aprendizaje. Es probable que una parte sustancial del avance futuro en educación quirúrgica asistida por IA ocurra en estos entornos, donde la captura de datos es más natural y la posibilidad de retroalimentación automatizada más robusta.

Séptima, la institucionalización crítica de la

innovación. A medida que la IA gane espacio en evaluación, retroalimentación y certificación, aumentará la necesidad de definir qué herramientas son aceptables, con qué niveles de validación, bajo qué criterios éticos y con qué grado de supervisión humana. Las sociedades científicas, universidades, organismos acreditadores y comités de ética deberán asumir un papel cada vez más activo en la definición de marcos normativos. La educación quirúrgica del futuro requerirá innovación y, con ella, su institucionalización crítica.

Parsa y cols. sintetizan este desafío en un *blueprint* para una IA clínicamente útil: el valor de un modelo de IA no es intrínseco, sino una función de múltiples componentes dentro del entorno clínico en el que se implementa, incluyendo el diseño del flujo de trabajo, las restricciones de capacidad del sistema receptor y las compensaciones de utilidad y riesgo de cada opción[42]. Haug y Harrison agregan que el principio de supervisión humana debe diseñarse específicamente para cada contexto institucional, regulatorio y cultural: mantener a los seres humanos informados no es una salvaguarda suficiente a menos que las personas adecuadas estén empoderadas en los puntos adecuados del sistema[43]. Para la educación quirúrgica latinoamericana, esto implica construir marcos propios y no limitarse a replicar modelos norteamericanos o europeos.

Es probable también que la IA contribuya a desplazar el foco desde el simple volumen de experiencia hacia la calidad demostrable del aprendizaje. Tradicionalmente, parte de la formación quirúrgica se ha organizado alrededor de números: cantidad de procedimientos observados o realizados, tiempo de rotación, exposición acumulativa. Sin dejar de ser importantes, estos indicadores podrían perder centralidad relativa si la IA permite caracterizar con más precisión la calidad del desempeño, la progresión real y la consistencia competencial. Esto favorecería modelos de formación más genuinamente basados en competencias y menos dependientes de proxies indirectos de experiencia.

Esta transformación amplifica la importancia del docente. Como se anticipó en la sección 3, su papel no desaparece sino que se vuelve más complejo y valioso: cuanto más avanzada sea la tecnología, más relevante será la calidad pedagógica del profesor. El futuro no será de educación quirúrgica sin maestros, sino de maestros que sepan enseñar en ecosistemas inteligentes.

Topol sostiene, en una mirada de más largo alcance, que la verdadera revolución de la IA en medicina no consistirá en sustituir profesionales, sino en restaurar tiempo y atención humana mediante la automatización selectiva de tareas administrativas y la potenciación de capacidades clínicas[44]. Si esa visión se confirma, la educación quirúrgica del futuro podrá ser, paradójicamente, no solo más tecnológica, sino también más humana en su pedagogía.

Todas estas perspectivas deben leerse con prudencia. El futuro de la IA en educación quirúrgica no será lineal ni uniformemente virtuoso. Parte de lo que hoy parece prometedor puede no consolidarse; algunas herramientas quedarán obsoletas, otras mostrarán beneficios modestos frente a su costo y algunas generarán efectos no deseados sobre autonomía, equidad o calidad del aprendizaje. La visión prospectiva debe combinar apertura a la innovación con espíritu crítico. La cirugía necesita imaginar el futuro, pero no rendirse ante él. La pregunta decisiva no es solo qué tecnologías vendrán, sino qué tipo de educación quirúrgica construiremos con ellas; y esa respuesta seguirá siendo, en última instancia, una decisión humana.

Conclusiones

La inteligencia artificial ha dejado de ser una promesa periférica para convertirse en uno de los vectores más influyentes de la transformación contemporánea de la educación quirúrgica. Su impacto no reside únicamente en la aparición de nuevas herramientas, sino en la posibilidad de reformular la lógica misma del aprendizaje: desde modelos predominantemente basados en exposición y repetición, hacia esquemas más objetivos, personalizados, longitudinales y sensibles al desempeño real.

El verdadero valor de la IA en educación quirúrgica no consiste en reemplazar al maestro ni en automatizar la formación del cirujano. Su aporte más fecundo radica en ampliar la capacidad de observar, medir, revisar y adaptar el aprendizaje, haciendo visibles dimensiones del desempeño que antes dependían casi exclusivamente de la percepción subjetiva del instructor. Gracias a ello, la educación quirúrgica puede aspirar a ser más fina en su evaluación, más precisa en su *feedback*, más segura en la progresión de la práctica y más flexible en el acceso al entrenamiento. La IA no sustituye la tradición quirúrgica, cuyo recorrido institucional desde el modelo halstediano se reconstruye en el primer capítulo; la obliga a reorganizarse sobre nuevas bases.

Esa reorganización exige prudencia. La evidencia revisada deja en claro que muchas aplicaciones actuales son todavía heterogéneas en su validación, dependientes de la calidad de los datos, sensibles a sesgos y limitadas para captar las dimensiones más humanas de la competencia quirúrgica, como ya se analizó en detalle. La fascinación tecnológica, si no es críticamente moderada, corre el riesgo de reducir la educación quirúrgica a lo medible, confundir cuantificación con formación y desplazar aspectos que siguen siendo irreductiblemente humanos.

El perfil del cirujano en formación también debe ampliarse. A las competencias clásicas, conoci-

miento científico, destreza técnica, habilidades no técnicas, profesionalismo y autonomía progresiva, deben sumarse ahora alfabetización digital, lectura crítica de algoritmos, comprensión de sesgos, manejo responsable de datos, capacidad de contextualizar salidas tecnológicas y disposición para trabajar interdisciplinariamente con entornos de innovación. Pero incluso estas nuevas competencias deben ordenarse alrededor de una convicción fundamental: la IA es una herramienta para pensar mejor, no una autorización para pensar menos.

La integración curricular de la IA aparece, por lo tanto, como una necesidad ineludible. No se trata de añadir una moda al plan de estudios, sino de preparar a estudiantes y residentes para una práctica quirúrgica cada vez más influenciada por analítica, automatización, imagen avanzada y soporte algorítmico. Esa integración deberá ser progresiva, crítica y éticamente gobernada, con objetivos claros, evaluación pertinente, formación docente e infraestructura institucional adecuada. En el grado, la prioridad será la alfabetización y la comprensión general; en el posgrado, el uso supervisado, la interpretación de métricas y la integración prudente de estas tecnologías a la práctica deliberada y al juicio clínico.

La pregunta decisiva no es si la IA transformará la educación quirúrgica, esa transformación ya ha comenzado, sino bajo qué principios se la incorporará. Si se la orienta a fortalecer la seguridad, la personalización del aprendizaje, la calidad del *feedback*, la equidad en el acceso formativo y la maduración crítica del cirujano, su impacto será profundamente beneficioso. Si, por el contrario, se la adopta de manera acrítica, fragmentaria o fascinada por la novedad, puede convertirse en una capa tecnológica superpuesta, sin verdadero valor pedagógico o incluso con efectos adversos sobre la autonomía y la humanización de la formación.

En definitiva, la educación quirúrgica del siglo XXI deberá ser tecnológicamente avanzada, pedagógicamente rigurosa y humanamente irrenunciable. El verdadero desafío será formar profesionales capaces de convivir con algoritmos sin subordinarse a ellos, aprovechar la potencia de los datos sin perder de vista al paciente, y sostener, en medio de la revolución tecnológica, la centralidad irreemplazable del juicio humano y del acto docente.

Referencias bibliográficas

1. Fazlollahi AM, Bakhaidar M, Alsayegh A, Yilmaz R, Winkler-Schwartz A, Mirchi N, et al. Effect of artificial intelligence tutoring vs expert instruction on learning simulated surgical skills among medical students: a randomized clinical trial. JAMA Netw Open. 2022;5(2):e2149008.
2. Mirchi N, Bissonnette V, Yilmaz R, Ledwos N, Winkler-Schwartz A, Del Maestro RF. The Virtual Operative Assistant: an explainable artificial intelligence tool for simulation-based training in surgery and medicine. PLoS One. 2020;15(2):e0229596.
3. Othman D, Kaleem A. The intraoperative role of artificial intelligence within general surgery: a systematic review. Cureus. 2024;16(11):e73006. doi:10.7759/cureus.73006.
4. Hashimoto DA, Rosman G, Witkowski ER, Stafford C, Navarrete-Welton AJ, Rattner DW, et al. Computer vision analysis of intraoperative video: automated recognition of operative steps in laparoscopic sleeve gastrectomy. Ann Surg. 2019;270(3):414-21.
5. Kitaguchi D, Takeshita N, Matsuzaki H, Oda T, Watanabe M, Mori K, et al. Automated laparoscopic colorectal surgery workflow recognition using artificial intelligence: experimental research. Int J Surg. 2020;79:88-94.
6. Bhatia MB, Namazi B, Matthews J, Thomas C, Doster D, Martinez C, et al. Use of artificial intelligence to support surgical education personnel shortages in low- and middle-income countries: developing a safer surgeon. Glob Surg Educ. 2023;2(1):1-8.
7. Zwaan L, Rodman A, Shimizu T. Trust, scrutiny, or collaboration? A performance-based framework for human-AI interaction in medicine. NEJM AI. 2026;3(5). doi:10.1056/AIe2600354.
8. Qazi I, Ali A, Khawaja M, Khan TM, Ahmed R, Hussain S, et al. Automation bias in large language model assisted diagnostic reasoning: a randomized clinical trial. NEJM AI. 2026;3(5). doi:10.1056/AIoa2501001.
9. Collins JW, Marcus HJ, Ghazi A, Sridhar A, Hashimoto D, Hager G, et al. Ethical implications of AI in robotic surgical training: a Delphi consensus statement. Eur Urol Focus. 2022;8(2):613-22.
10. Han ER, Yeo S, Kim MJ, Lee YH, Park KH, Roh H. Medical education trends for future physicians in the era of advanced technology and artificial intelligence: an integrative review. BMC Med Educ. 2019;19(1):460. doi:10.1186/s12909-019-1891-5.
11. Walsh K, editor. Oxford textbook of medical education. Oxford: Oxford University Press; 2013.
12. Sánchez Mendiola M, Lifshitz Guinzberg A, Vilar Puig P, Martínez González A, Varela Ruiz ME, Graue Wiechers E. Educación médica: teoría y práctica. Barcelona: Elsevier; 2015.
13. Lowe A, Lawless S. Artificial intelligence foundations: learning from experience. Swindon: BCS Learning & Development; 2021.
14. Kind A. Computing machinery and sexual difference: the sexed presuppositions underlying the Turing test. En: Maitra K, McWeeny J, editores. Feminist philosophy of mind. Oxford: Oxford Academic; 2022. p. 54-69. doi:10.1093/oso/9780190867614.003.0003.
15. Krizhevsky A, Sutskever I, Hinton GE. ImageNet classification with deep convolutional neural networks. Adv Neural Inf Process Syst. 2012;25:1097-105.
16. Gulshan V, Peng L, Coram M, Stumpe MC, Wu D, Narayanaswamy A, et al. Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs. JAMA. 2016;316(22):2402-10. doi:10.1001/jama.2016.17216.
17. Esteva A, Kuprel B, Novoa RA, Ko J, Swetter SM, Blau HM, et al. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. Nature. 2017;542(7639):115-8. doi:10.1038/nature21056.
18. Hashimoto DA, Rosman G, Rus D, Meireles OR. Artificial intelligence in surgery: promises and perils. Ann Surg. 2018;268(1):70-6. doi:10.1097/SLA.0000000000002693.
19. Vaswani A, Shazeer N, Parmar N, Uszkoreit J, Jones L, Gomez AN, et al. Attention is all you need. Adv Neural Inf Process Syst. 2017;30:5998-6008.
20. Brown TB, Mann B, Ryder N, Subbiah M, Kaplan J, Dhariwal P, et al. Language models are few-shot learners. Adv Neural Inf Process Syst. 2020;33:1877-901.
21. Wang P. On defining artificial intelligence. J Artif Gen Intell. 2019;10(2):1-37.
22. Helm JM, Swiergosz AM, Haeberle HS, Karnuta JM, Schaffer JL, Krebs VE, et al. Machine learning and artificial intelligence: definitions, applications, and future directions. Curr Rev Musculoskelet Med. 2020;13(1):69-76.
23. Khan RA, Jawaid M, Khan AR, Sajjad M. ChatGPT: reshaping medical education and clinical management. Pak J Med Sci. 2023;39(2):605-7. doi:10.12669/pjms.39.2.7653.
24. Burgos LM, Suárez LL, Benzadón M. Inteligencia artificial ChatGPT y su utilidad en la investigación: el futuro ya está aquí. Medicina (B Aires). 2023;83:499-501.

25. Cooper G. Examining science education in ChatGPT: an exploratory study of generative artificial intelligence. J Sci Educ Technol. 2023;32:444-52. doi:10.1007/s10956-023-10039-y.
26. Miftahul M, Khairatun U. Incorporating AI tools into medical education: harnessing the benefits of ChatGPT and DALL-E. J Novel Eng Sci Technol. 2023;2(2):34-9. doi:10.56741/jnest.v2i02.315.
27. Krive J, Isola M, Chang L, Patel T, Anderson M, Sreedhar R. Grounded in reality: artificial intelligence in medical education. JAMIA Open. 2023;6(2):ooad037. doi:10.1093/jamiaopen/ooad037.
28. Ronquillo KK, Pérez LD, Veloz JF, Solís RL. La inteligencia artificial aplicada en la innovación educativa en el proceso de enseñanza y aprendizaje. LATAM Rev Latinoam Cienc Soc Humanid. 2023;4(2):1597-613.
29. Estrada FML, Loor HY, Viteri LY. Reemplazo de personal humano por inteligencia artificial: ventajas y desventajas. Rev Investig Negocios. 2022;15(25):31-8.
30. Gaitán Buitrago MH, Velásquez Salazar M, Montes Cardona JA, Mosquera Solano LF. La era de la inteligencia artificial y su impacto en el aprendizaje de habilidades quirúrgicas de grado y posgrado: ¿el futuro de la cirugía? Rev Argent Cirug. 2024;116(2):146-51. doi:10.25132/raac.v115.n2.1782.
31. Bilgic E, Gorgy A, Yang A, Cwintal M, Ranjbar H, Kahla K, et al. Exploring the roles of artificial intelligence in surgical education: a scoping review. Am J Surg. 2022;224(1):205-16.
32. Tolsgaard MG, Pusic MV, Sebok-Syer SS, Gin B, Svendsen MB, Syer MD, et al. The fundamentals of artificial intelligence in medical education research: AMEE Guide No. 156. Med Teach. 2023;45(6):565-73.
33. Park JJ, Tiefenbach J, Demetriades AK. The role of artificial intelligence in surgical simulation. Front Med Technol. 2022;4:1076755.
34. Twinanda AP, Yengera G, Mutter D, Marescaux J, Padoy N. RSDNet: learning to predict remaining surgery duration from laparoscopic videos without manual annotations. IEEE Trans Med Imaging. 2019;38(4):1069-78.
35.Madani A, Namazi B, Altieri MS, Hashimoto DA, Rivera AM, Pucher PH, et al. Artificial intelligence for intraoperative guidance: using semantic segmentation to identify surgical anatomy during laparoscopic cholecystectomy. Ann Surg. 2022;276(6):987-93.
36. Lam K, Chen J, Wang Z, Iqbal FM, Darzi A, Lo B, et al. Machine learning for technical skill assessment in surgery: a systematic review. NPJ Digit Med. 2022;5(1):1-12.
37. Pakkasjärvi N, Luthra T, Anand S. Artificial intelligence in surgical learning. Surgeries. 2023;4(1):86-97.
38. Pantelidis P, Chorti A, Papagiouvanni I, Paparoidamis G, Drosos C, Panagiotakopoulos T, et al. Virtual and augmented reality in medical education. En: Tsoulfas G, editor. Medical and surgical education. London: IntechOpen; 2018. pp. 77-97.
39. Van de Sande D, Grünhagen DJ, Hilling DE, Verhoef C, van Genderen ME, Gommers D, et al. Operationalization of artificial intelligence to assist in surgical discharge: a feasibility case study. NEJM AI. 2025;3(1). doi:10.1056/AIcs2401132.
40. Offcall. The 2025 physicians AI report [Internet]. San Francisco (CA): Offcall; 2025 [citado 28 may 2026]. Disponible en: https://2025-physicians-ai-report.offcall.com/.
41. Kenig N, Monton Echeverria J, Muntaner Vives A. Artificial intelligence in surgery: a systematic review of use and validation. J Clin Med. 2024;13(23):7108.
42. Parsa S, Keyes T, Dash D, Shah NH, Califf RM, Khera R, et al. Designing clinically useful AI: a blueprint for impact. NEJM AI. 2026;3(2). doi:10.1056/AIp2500808.
43. Haug CJ, Harrison EM. Which human-in-the-loop? Why context, culture, and health systems matter. NEJM AI. 2026;3(3). doi:10.1056/AIe2600084.
44. Topol EJ. The AI revolution in medicine. New York: Basic Books; 2024.

4. Simulación en la formación de cirujanos

Martín Palavecino, Agustín Dietrich

Somos lo que hacemos repetidamente.
La excelencia, entonces, no es un acto, sino un hábito.

Will Durant, parafraseando a Aristóteles (Ética a Nicómaco)

RESUMEN

La simulación quirúrgica ha pasado en las últimas dos décadas de ser una herramienta complementaria a constituir un componente central de la formación del cirujano contemporáneo. Su consolidación responde a la convergencia de varios factores: la reducción de la exposición clínica de los residentes derivada de las restricciones laborales y de la complejidad creciente de los procedimientos, las exigencias éticas de evitar la curva de aprendizaje sobre el paciente, y el desarrollo de evidencia robusta sobre la transferencia de habilidades adquiridas en entornos simulados al desempeño real en el quirófano. Este capítulo describe las principales modalidades –entrenadores de caja y programa Fundamentals of Laparoscopic Surgery (FLS®), modelos biológicos y cadavéricos, realidad virtual, aumentada y mixta, impresión 3D, simulación robótica y endoscópica–, el desafío específico de la simulación de la cirugía abierta, los marcos conceptuales de validez y evaluación, los principios de transferencia al quirófano y el diseño curricular basado en competencias (Proficiency-Based Progression, bootcamps, práctica espaciada y entrenamiento de habilidades no técnicas). Se analizan finalmente los desafíos de implementación y costos, las controversias actuales y se presenta la experiencia del Hospital Italiano de Buenos Aires como caso paradigmático en el contexto argentino.

Palabras clave: *simulación quirúrgica, educación quirúrgica, práctica deliberada, realidad virtual, transferencia al quirófano.*

Introducción

Como se desarrolló en el capítulo previo sobre la historia de las residencias, la formación quirúrgica del siglo XX se organizó en torno a un modelo de aprendizaje hospitalario centrado en la exposición clínica progresiva en el quirófano. Las reformas de fines del siglo XX –como la regulación de la carga horaria, el mayor énfasis en la seguridad del paciente y la adopción de la educación basada en competencias– transformaron este paradigma y consolidaron la simulación como un pilar de la formación quirúrgica[1,2]. La metodología para evaluar la eficacia de los programas de simulación, así como el desarrollo de competencias investigativas durante la residencia, se aborda en el capítulo sobre investigación en las residencias de cirugía.

La simulación quirúrgica permite descomponer un procedimiento en sus elementos cognitivos, técnicos y de trabajo en equipo, y practicarlos de manera deliberada en un entorno controlado, sin exponer a los pacientes a los costos del aprendizaje. Sus formas actuales abarcan desde dispositivos de muy bajo costo –entrenadores de caja, modelos sintéticos, tejidos ex vivo– hasta plataformas de realidad virtual, realidad aumentada e impresión 3D personalizada, integradas en programas curriculares estructurados[3,4].

Este capítulo describe el estado actual de la simulación como herramienta de formación en Cirugía General. Se abordan sus principales modalidades, el desafío específico que plantea la simulación de la cirugía abierta, los conceptos y herramientas de validación y evaluación, la evidencia disponible sobre transferencia al quirófano, los modelos de diseño curricular más utilizados, los aspectos de implementación y costos, las controversias vigentes y, finalmente, recomendaciones aplicables a los centros de formación en la Argentina[5].

Modalidades de simulación quirúrgica

Las modalidades de simulación utilizadas en Cirugía General pueden agruparse según el sustrato físico empleado y el grado de fidelidad con respecto a la cirugía real. La elección no responde a una jerarquía única: cada formato tiene fortalezas para objetivos pedagógicos específicos y todos requieren integrarse de manera estructural al currículo –no como accesorio– para que produzcan efectos consistentes sobre el desempeño[3].

Entrenadores de caja y programa FLS®

Los entrenadores de caja (box trainers; pelvic trainers cuando reproducen específicamente la cavidad pélvica) son dispositivos físicos de baja a media fidelidad, diseñados para practicar tareas laparoscópicas básicas como coordinación ojo-mano, manejo de instrumentos, sutura y nudo intracorpóreo. Su consolidación como estándar formativo es indisociable del programa Fundamentals of Laparoscopic Surgery (FLS)®, desarrollado conjuntamente por la Society of American Gastrointestinal and Endoscopic Surgeons (SAGES) y el American College of Surgeons (ACS)[6].

El FLS® combina un módulo teórico –fundamentos de cirugía laparoscópica, ergonomía, seguridad, instrumental y complicaciones– con un módulo práctico de cinco tareas estandarizadas en un box trainer: transferencia de objetos con pinzas, corte de un círculo, colocación de ligaduras externas, colocación de clips y sutura intracorpórea (Fig. 1). Algunos estudios pivotales demostraron su validez de contenido y constructo, así como una correlación clara con la experiencia laparoscópica previa, lo que permitió diferenciar de forma reproducible el desempeño entre residentes, *fellows* y cirujanos expertos[7].

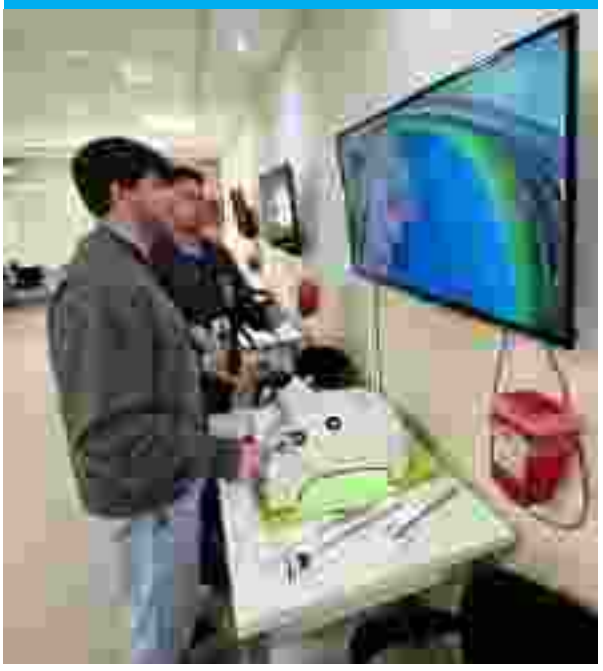
La revisión sistemática de Zendejas y cols., que incluyó 23 estudios seleccionados de más de 11 000 publicaciones evaluadas, confirmó la fiabilidad del FLS® como herramienta de evaluación sumativa de habilidades laparoscópicas: validez de constructo y criterio adecuado, fiabilidad interevaluador aceptable y respaldo para su uso como medida de competencia básica. La misma revisión, sin embargo, señaló que la evidencia sobre validez de contenido y, sobre todo, sobre las consecuencias del examen (impacto clínico y estandarización de puntos de corte) sigue siendo insuficiente, a pesar de su uso de alto impacto como requisito de elegibilidad para certificación[8].

Modelos biológicos: tejidos ex vivo, animales y cadáveres

Los modelos biológicos ofrecen un sustrato con propiedades táctiles, vasculares y de manipulación que los simuladores sintéticos difícilmente reproducen. Incluyen tejidos ex vivo (vísceras animales), modelos animales vivos —utilizados en instalaciones autorizadas— y modelos cadavéricos humanos. Los modelos animales vivos permiten, por ejemplo, entrenar el control de hemorragias intraoperatorias en condiciones cercanas a la realidad, mientras que los cadáveres aportan una fidelidad anatómica difícil de igualar[9] (Fig. 2).

La evidencia comparativa con simuladores de banco indica que, para tareas en las que el proce-

■ **FIGURA 1**



Centro Universitario de Educación Basada en la Simulación (CUESIM) de la Universidad del Hospital Italiano. Residentes realizando prácticas de simulación en modelos inanimados en tiempo protegido

■ **FIGURA 2**



Modelo de simulación de hepáticoyeyuno anastomosis realizado entre la arteria renal de un riñón vacuno con intestino también vacuno. Modelo presentado por cirujanos del Hospital Italiano de Buenos Aires en el Surgical Simulation Summit del American College of Surgeons - 2021

so de aprendizaje pesa más que el sustrato físico (por ejemplo, sutura o extracción endoscópica de un cálculo ureteral), el entrenamiento en box trainers puede ofrecer beneficios equivalentes a los de modelos de alta fidelidad[10]. En cambio, en procedimientos donde la anatomía y la respuesta del tejido son centrales –exposiciones en extremidades, procedimientos viscerales complejos–, los modelos cadavéricos o animales mantienen ventajas relativas.

Las revisiones sistemáticas sobre talleres con cadáveres muestran resultados dispares: los participantes valoran consistentemente la experiencia como útil y refieren mejoras en comprensión anatómica, confianza y destreza con el instrumental, pero la evidencia sobre retención a mediano y largo plazo y sobre transferencia al quirófano real es limitada[11]. A estas limitaciones se suman cuestiones éticas, regulatorias y económicas asociadas al uso de cadáveres y al abastecimiento de los centros de simulación. Las normas regulatorias son escasas en la Argentina, lo que dificulta aún más su utilización.

Realidad virtual, aumentada y mixta

La realidad virtual (RV) ha pasado, en dos décadas, de ser una tecnología prometedora a constituir un componente en los programas de formación laparoscópica y endoscópica. Conecta el aprendizaje pasivo –videos, lecturas– con el desarrollo activo de las competencias manuales necesarias para operar, y permite registrar de manera automática métricas objetivas: tiempo, trayectorias, errores, economía de movimientos[12].

El estudio aleatorizado doble ciego de Seymour y cols. comparó residentes entrenados en un simulador de RV con un grupo control durante el aprendizaje de la colecistectomía laparoscópica. Los residentes entrenados con RV completaron la disección de la vesícula más rápidamente, presentaron 9 veces menos episodios de falta de progreso y fueron 5 veces menos propensos a producir lesiones o quemaduras de tejidos no objetivo[13]. Aunque el tamaño muestral era pequeño, fue el primer estudio en demostrar transferencia efectiva de habilidades desde el entorno simulado al quirófano real.

Varios trabajos posteriores ampliaron y matizaron este hallazgo. Palter y Grantcharov mostraron que la práctica deliberada individualizada en simuladores de RV acelera la transferencia de habilidades al quirófano cuando se acompaña de retroalimentación estructurada[14]. La revisión sistemática de Coxe y cols., que abarcó 23 estudios y 748 participantes en 6 subespecialidades quirúrgicas, encontró tiempos de ejecución menores, mayor proporción de pasos correctos y mejor precisión en el posicionamiento de implantes en los grupos entrenados con RV; sin embargo, ninguna de estas variables resultó estadísticamente significativa en todos los estudios y la evidencia sobre retención a mediano-largo plazo permanece escasa[15].

La realidad aumentada (RA) y la realidad mixta (RM) suman información digital al entorno realimágenes, guías anatómicas, métricas–y se están aplicando tanto a la planificación quirúrgica como al entrenamiento intraoperatorio. La evidencia que respalda su uso es aún incipiente pero creciente, particularmente cuando se combinan con plataformas de simulación física tradicional en formato híbrido[3,16].

Modelos 3D e impresión anatómica

La impresión 3D permite generar réplicas anatómicas paciente-específicas a partir de imágenes preoperatorias, útiles tanto para la planificación quirúrgica como para la simulación procedimental en escenarios oncológicos, vasculares y reconstructivos. Su validez de apariencia y contenido es elevada en patologías estructuralmente complejas, mientras que la evidencia de transferencia y consecuencia clínica se encuentra en desarrollo[16]. El descenso progresivo en los costos de impresión y la disponibilidad de *software* de segmentación de uso libre amplían la accesibilidad de esta modalidad incluso en centros con recursos limitados (Fig. 3).

Video-based coaching y práctica deliberada

El *video-based coaching* (VBC) consiste en utilizar grabaciones de procedimientos reales o simulados, revisadas con retroalimentación estructurada, para mejorar el desempeño técnico. Funciona como complemento de la simulación física y como vehículo de la práctica deliberada con retroalimentación iterativa, principio transversal a todas las modalidades.

La revisión sistemática y metanálisis de Augestad y cols. incluyó 24 estudios y 778 participantes (386 con VBC y 392 controles). El VBC mostró un efecto favorable sobre el desempeño técnico ($p < 0,001$), con mayor magnitud entre residentes que entre estudiantes

■ FIGURA 3



Modelo de vía biliar e hígado realizados mediante impresión 3D para la práctica de drenajes percutáneos de vía biliar. Realizado por Martín Palavecino en el Center for Research in Education and Simulation Technologies (CREST) de la Universidad de Washington, Seattle, Estados Unidos.

de medicina[17]. Daniel y cols. confirmaron, en otra revisión sistemática, que la mejora era más sustancial en los residentes con menor nivel técnico basal y en los primeros años de la residencia, lo que sugiere que el VBC podría tener su mejor rendimiento como herramienta correctiva temprana[18].

Tanto los autores de estas revisiones como otros analistas advierten sobre la elevada heterogeneidad metodológica de los estudios disponibles y el frecuente cegamiento incompleto de los evaluadores, lo que limita la generalización y obliga a estandarizar tanto los protocolos de *coaching* como los desenlaces medidos.

Simulación en cirugía robótica

La cirugía robótica plantea desafíos formativos específicos que no se resuelven con la experiencia laparoscópica previa: la consola separada del paciente, la ergonomía propia de los manipuladores maestros-esclavos, la pérdida de retroalimentación táctil directa y la complejidad creciente de las plataformas (da Vinci V®, Hugo®, Versius®, Senhance®, Toumai®) imponen una curva de aprendizaje diferenciada. La simulación se ha consolidado como componente nuclear del entrenamiento previo al quirófano, tanto en su modalidad de *dry lab* –usando la consola real con la plataforma instalada en modo de práctica– como mediante simuladores de realidad virtual específicos para robótica, entre ellos el da Vinci Skills Simulator®, el dV-Trainer® y el RobotiX Mentor®[19].

El programa Fundamentals of Robotic Surgery (FRS®), desarrollado por la Society of Robotic Surgery en colaboración con catorce sociedades quirúrgicas, constituye el equivalente del FLS® para el ámbito robótico: propone un currículo modular con tareas estandarizadas y un sistema de evaluación validado para certificar competencias básicas antes de la práctica supervisada en pacientes[19]. Las revisiones sistemáticas disponibles muestran que los simuladores de RV robóticos poseen validez de constructo y permiten diferenciar de manera reproducible el desempeño según el nivel de experiencia, aunque la evidencia de transferencia clínica directa sigue siendo más limitada que la disponible para la cirugía laparoscópica[20,21].

Una limitación creciente del campo es la fragmentación entre fabricantes: cada plataforma comercializa su propio simulador, con métricas y currículos no siempre intercambiables. La respuesta emergente son currículos de habilidades robóticas fundamentales del fabricante, complementados con módulos específicos para cada sistema. Se trata, sin embargo, de una estrategia que recién está empezando a estudiarse de manera comparativa.

La adopción institucional de la cirugía robótica plantea, además, un problema de curva de aprendizaje no resuelto: estudios de volumen-resultado muestran que se requieren entre veinte y varios cientos de procedimientos –según el tipo de cirugía y el desenlace medido– para alcanzar mesetas de eficiencia y seguridad, lo que en contextos de bajo volumen vuelve difícil acumular la experiencia mínima durante la residencia. La simulación intensiva, combinada con programas estructurados de mentoría y con herramientas de evaluación intraoperatoria como el sistema GEARS® (Global Evaluative Assessment of Robotic Skills), constituye uno de los mecanismos concretos para acortar la curva sin comprometer la seguridad del paciente.

Simulación en endoscopia digestiva y procedimientos guiados por imagen

La endoscopia digestiva, la colangiopancreatografía retrógrada endoscópica (CPRE) y otros procedimientos guiados por imagen comparten con la laparoscopia la mediación instrumental y la coordinación visomotora indirecta, lo que los hace particularmente aptos para la simulación. El programa Fundamentals of Endoscopic Surgery (FES®), de la SAGES y el American College of Surgeons, extiende los principios del FLS® al ámbito endoscópico y constituye un requisito de certificación en Cirugía General en los Estados Unidos[22]. El instrumento de evaluación Global Assessment of Gastrointestinal Endoscopic Skills (GAGES®) complementa al FES® con una escala global aplicable tanto en simulador como en procedimientos reales sobre pacientes[23].

Las plataformas de realidad virtual específicas –GI Mentor de Simbionix®, EndoVR®– reproducen procedimientos diagnósticos y terapéuticos (gastroscopia, colonoscopia, polipectomía, CPRE, mucosectomía endoscópica) con métricas automáticas de desempeño. La revisión sistemática Cochrane sobre simulación endoscópica concluyó que el entrenamiento previo en simuladores de RV mejora consistentemente las habilidades endoscópicas básicas en aprendices novatos, con efectos sobre el tiempo de intubación cecal y la detección de lesiones; la evidencia que correlacione el desempeño en el simulador con desenlaces clínicos concretos –tasa de detección de pólipos, complicaciones, satisfacción del paciente– sigue siendo más limitada[24].

En procedimientos endoscópicos avanzados, la simulación ha mostrado ser particularmente útil para la curva de aprendizaje inicial de la CPRE y de la mucosectomía o disección submucosa endoscópica, donde el costo del error en pacientes es alto y la oportunidad de práctica supervisada está limitada al volumen institucional. Los modelos ex vivo –estómago y colon porcinos– se utilizan ampliamente como complemento de los simuladores virtuales para entrenar maniobras de hemostasia y manejo de complicaciones, en formato de talleres intensivos similares a los descriptos en la sección 6 sobre *bootcamps*(Tabla 1).

■ TABLA 1

Modalidades de simulación quirúrgica y evidencia de validez

Modalidad	Ejemplos representativos	Evidencia de validez	Referencias clave
Entrenadores de caja / FLS®	Tareas básicas de laparoscopia (FLS®, programas locales)	Alta validez de constructo y criterio; diferencia novato-experto; correlación con desempeño en sala	6-8
Realidad virtual, aumentada y mixta	LAP Mentor®, Simbionix®, plataformas inmersivas	Validez de constructo y transferencia demostrada en laparoscopia y endoscopia	13-15
Modelos cadavéricos	Cursos de anatomía quirúrgica regional	Excelente validez de contenido y realismo anatómico; evidencia de transferencia limitada	11
Modelos animales y ex vivo	Tejido ex vivo, animales vivos en instalaciones autorizadas	Alta validez de contenido; controversias éticas y económicas	9,10
Modelos 3D e impresión anatómica	Reconstrucciones paciente-específicas	Validez de apariencia y contenido; evidencia de consecuencia clínica en desarrollo	16
Video-based coaching	Análisis estructurado de videos con retroalimentación	Mejora del desempeño técnico; validez de consecuencia	17,18
Simuladores robóticos	da Vinci Skills Simulator®, dV-Trainer®, RobotiX Mentor®; programa FRS®	Validez de constructo; transferencia clínica en desarrollo	19-21
Simuladores endoscópicos	GI Mentor®, EndoVR®; programas FES® y GAGES®	Validez de constructo y transferencia para habilidades endoscópicas básicas	22-24

Simulación en Cirugía General abierta: un desafío específico

La mayor parte del desarrollo tecnológico y de la evidencia disponible en simulación quirúrgica se ha concentrado en la cirugía mínimamente invasiva, en parte porque su entorno bidimensional, instrumentado y mediado por cámara facilita la replicación virtual y la captura de métricas objetivas. La simulación de la cirugía abierta –laparotomías, exposiciones complejas, control de hemorragia, anastomosis manuales– ha quedado significativamente rezagada, pese a que sigue siendo un componente nuclear del entrenamiento del cirujano general[5,25].

El problema de la exposición clínica decreciente

Como sintetizan Bowyer y Fransman en el capítulo de referencia[5,25], el análisis de los *case logs* de residentes en Estados Unidos entre 2000 y 2011 mostró una caída sostenida en el número de procedimientos abdominales abiertos completados durante la residencia[26].

Esa erosión se explica por la convergencia de varios fenómenos:

- la regulación de la carga horaria iniciada con la European Working Time Directive y las reglas del ACGME[1];
- la expansión del abordaje laparoscópico, robótico y endovascular como alternativa estándar a procedimientos antes abiertos;
- el manejo no operatorio cada vez más prevalente del trauma visceral y de otras patologías agudas[27];
- y la creciente subespecialización dentro de la Cirugía General.

Bell y cols., comparando las expectativas de los directores de programa con los registros operatorios reales, encontraron que numerosos procedimientos considerados esenciales se completaban menos de cinco veces durante toda la residencia[28]. De manera convergente, la encuesta de Mattar y cols. a directores de programas norteamericanos de *fellowship* reveló que una proporción sustancial de residentes egresados de Cirugía General no estaba adecuadamente preparada para iniciar la subespecialización, con limitaciones percibidas en autonomía, juicio quirúrgico y destreza técnica para procedimientos abiertos[29]. Aunque los datos primarios provienen de Estados Unidos y Europa, las mismas tendencias –reducción de horas, sustitución por MIS, manejo no operatorio del trauma–operan en el sistema sanitario argentino, lo que vuelve el problema estructural y no meramente local[5,25].

Limitaciones de las modalidades disponibles para cirugía abierta

A diferencia de la laparoscopia, donde la realidad virtual (RV) ha alcanzado niveles de validez y transferencia ampliamente documentados, en cirugía abierta la RV todavía no consigue reproducir de manera convincente las características del tejido, la respuesta táctil con instrumental real, la variabilidad anatómica y la dinámica del sangrado. Los modelos cadavéricos

–incluso los frescos– pierden rápidamente las propiedades mecánicas y vasculares; los modelos animales aportan vascularización pero implican costos altos, restricciones éticas y diferencias anatómicas con la especie humana; y los simuladores físicos sintéticos disponibles para procedimientos abiertos son escasos, costosos y, en muchos casos, de validez aún en desarrollo[5].

Frente a este escenario, el capítulo identifica tres estrategias complementarias que han mostrado mayor potencial.

Modelos porcinos con evaluación estructurada. Leblanc y cols. desarrollaron el Stepwise Assessment Tool of Operative Skills (SATOS®), validado sobre un modelo porcino de gastrectomía abierta, capaz de diferenciar el desempeño según el nivel de experiencia[30]. De manera análoga, Lipman y cols. documentaron la utilidad del modelo porcino para evaluar objetivamente el desempeño en colectomía abierta[31]. Estos modelos ofrecen alta fidelidad tisular y vascular, pero requieren infraestructura específica, equipo veterinario y acuerdos institucionales que limitan su despliegue (Fig. 4).

Modelos físicos de banco y entrenadores específicos. Olson y cols. demostraron que un currículo basado en modelos de banco puede enseñar de manera eficaz la anastomosis intestinal abierta a residentes[32]; Jensen y cols. informaron resultados similares para cierre cutáneo y anastomosis intestinal mediante instrucción de laboratorio[33]. En Europa, el Berlin Open Trainer for Digestive Surgery (BOPT) mostró validez de apariencia, contenido y constructo, y un ensayo aleatorizado prospectivo demostró transferencia de las técnicas anastomóticas entrenadas en el simulador al quirófano[34,35]. Davies y cols., en su revisión sistemática específica sobre simulación en cirugía abierta, concluyeron que existen modelos válidos pero que su integración al currículo de residencia sigue siendo limitada[36] (Fig. 5).

Cadáveres frescos perfundidos y reventilados. En la última década, el desarrollo de cadáveres frescos con perfusión vascular pulsátil y ventilación –los llamados "cadáveres vivos"– permitió por primera vez simular con realismo el sangrado activo y la respuesta tisular dinámica, lo que constituye un salto cualitativo con respecto a las generaciones previas de modelos cadavéricos. Garrett describió un modelo cadavérico circulatorio inicial[37], Reihsen y cols. demostraron la factibilidad de un modelo perfundido y ventilado para evaluar manejo de hemorragia traumática y vía aérea[38], Carey y cols. estandarizaron el método de cadáveres frescos perfundidos –aplicado en más de 120 especímenes y diversas subespecialidades– para simulación de procedimientos plásticos y microvasculares[39,40] y Delpech y cols. presentaron la plataforma SimLife®, validada inicialmente sobre residentes franceses de Cirugía Digestiva[41]. Estas plataformas combinan la fidelidad anatómica y mecánica del cadáver con la posibilidad de manejar sangrado activo, lo que las acerca al realismo de un quirófano de urgencia.

■ FIGURA 4



Curso de cirugía de órganos sólidos con modelo porcino realizado para residentes de Cirugía General de la Universidad Hospital Italiano de Buenos Aires en el Centro Universitario de Educación Basada en Simulación-CUESIM

■ FIGURA 5



Anastomosis intestinal en modelo vacuno realizado por alumno de 5.o año de Medicina de la Universidad Hospital Italiano de Buenos Aires. Centro Universitario de Educación Basada en la Simulación – CUESIM

El curso ASSET® y el entrenamiento en exposiciones complejas

Una contribución particularmente relevante para la formación del cirujano general es el curso Advanced Surgical Skills for Exposure in Trauma (ASSET®), desarrollado por el American College of Surgeons y diseñado para enseñar, sobre cadáver fresco, las exposiciones quirúrgicas críticas que el cirujano necesita conocer pero que rara vez encuentra durante la residencia: control vascular cervical, exposición de grandes vasos abdominales, abordajes pélvicos y de extremidades, control del hilio hepático y maniobras de control de daños. Kuhls y cols. describieron la fundamentación curricular del curso[42], y Bowyer y cols. informaron el análisis de las primeras 25 ediciones, con mejoras significativas en confianza, autopercepción de competencia y desempeño en escenarios de exposición evaluados sobre el cadáver[43]. ASSET® se ha convertido en un componente recomendado en programas de Cirugía General y trauma en numerosos países y representa una respuesta concreta a la pérdida de exposición operatoria abierta documentada en los *case logs*[5]. En 2026, el

curso ASSET® se dictó por primera vez en la Argentina, mediante una iniciativa conjunta del Comité de Trauma del ACS, la Universidad de Buenos Aires y la Universidad Hospital Italiano.

Plataformas físicas de alta fidelidad y entrenamientos hiperrealistas

Una línea complementaria ha sido el desarrollo de maniquíes anatómicos sintéticos de alta fidelidad, capaces de sangrar, ventilar y responder a maniobras quirúrgicas, comercializados por empresas como Operative Experience Inc. ®, SynDaver® y Simulab®, y la integración de estos modelos en escenarios "hiperrealistas" con maquillaje, equipamiento y dramatización. Hoang y cols. demostraron mejoras sostenidas en el desempeño de equipos quirúrgicos navales tras entrenamientos hiperrealistas centrados en el equipo, con persistencia del beneficio en evaluaciones diferidas[44]. En contextos militares y de medicina prehospitalaria, Kirkpatrick y cols. combinaron simulación con telementoría para entrenar control de daños en primeros respondedores[45]. Aunque parte de esta tecnología excede los recursos habituales de un programa de residencia, sus principios pedagógicos –fidelidad funcional, escenarios completos, *debriefing* estructurado, trabajo en equipo– son trasladables a entornos más austeros (Fig. 6).

■ FIGURA 6



Figura 6. Modelo hiperrealista de una laparotomía, realizado mediante diferentes técnicas de laboratorio que incluyen impresión 3D, maquillaje y emuladores de tejidos. CREST®, Universidad de Washington, Seattle

Síntesis para el cirujano general

La conclusión operativa de la literatura específica de Cirugía General es que ninguna modalidad aislada resuelve el problema de la exposición abierta decreciente: la solución pasa por una integración curricular sistemática que combine modelos sintéticos para destrezas básicas (sutura, anudado, anastomosis), modelos porcinos o cadavéricos para procedimientos complejos y exposiciones, y cursos estructurados de alta intensidad como ASSET® o sus equivalentes locales para las exposiciones críticas que ya no se aprenden en el quirófano[5,36]. La inversión institucional debe orientarse, por lo tanto, no a la compra de equipamiento aislado sino al diseño de un currículo de cirugía abierta pero también integrado al de cirugía mínimamente invasiva.

Validez y evaluación del desempeño

Marco conceptual de validez

La validez es el grado en que las inferencias derivadas de una evaluación son apropiadas y significativas[46]. En simulación quirúrgica, el marco contemporáneo distingue cinco fuentes de evidencia que deben examinarse antes de utilizar una herramienta con fines formativos o sumativos. Este enfoque, derivado de la conceptualización clásica de Messick y consolidado posteriormente por Gallagher y cols. en el ámbito quirúrgico, reemplaza la antigua dicotomía "test válido/test inválido" por una recopilación progresiva de evidencias que sustentan inferencias específicas sobre el desempeño del aprendiz[46,47]. A continuación se describen brevemente los cinco tipos de validez, tal como se aplican a la evaluación basada en simulación.

- *Validez de contenido.* La validez de contenido evalúa en qué medida los elementos del instrumento o las tareas del simulador representan adecuadamente el dominio de práctica quirúrgica que se pretende medir. Su análisis se basa típicamente en revisión por expertos –generalmente cirujanos académicos con experiencia en la subespecialidad–, encuestas Delphi o paneles consensuales. Una baja validez de contenido se traduce en simuladores que entrenan tareas tangenciales o ausentes en la práctica clínica real, generando falsa sensación de competencia y comprometiendo la transferencia al quirófano[47].

- *Validez de constructo*. La validez de constructo representa el núcleo metodológico del enfoque moderno y refleja la capacidad del instrumento para diferenciar entre niveles de experiencia. Habitualmente se demuestra mediante el contraste del desempeño entre grupos predefinidos –novicios, intermedios y

expertos–; un simulador con buena validez de constructo debe discriminar consistentemente entre ellos. Van Dongen y cols. ejemplificaron esta lógica al validar el LapSim® mediante la diferenciación significativa entre residentes con distinta exposición laparoscópica[48]. Esta forma de evidencia es particularmente robusta porque articula la observación empírica con la teoría subyacente sobre el desarrollo de la pericia.

- *Validez de criterio.* La validez de criterio examina la correlación entre el desempeño en el simulador y un estándar de referencia, generalmente la práctica real con pacientes o la evaluación por expertos en el quirófano. Comprende dos variantes: la validez concurrente (correlación con una medida simultánea) y la validez predictiva (capacidad de anticipar el desempeño futuro). En simulación quirúrgica, la demostración de validez predictiva es particularmente exigente porque requiere seguimiento longitudinal de la curva de aprendizaje tras el entrenamiento simulado; el FLS® ha sido el ejemplo paradigmático de transferencia documentada del simulador al quirófano[49].

- *Validez de estructura interna.* La validez de estructura interna –a veces denominada simplemente validez interna– refiere a la consistencia, reproducibilidad y coherencia psicométrica del instrumento. Incluye la fiabilidad interevaluador, la consistencia interna entre ítems (alpha de Cronbach) y la estabilidad test-retest. Una herramienta con baja consistencia interna o reproducibilidad cuestionable generará decisiones de evaluación inconsistentes, comprometiendo tanto la equidad del proceso evaluativo como su utilidad formativa. Esta dimensión resulta particularmente crítica cuando el instrumento se utiliza con propósitos sumativos o de *credentialing*[47].

- *Validez de consecuencia*. La validez de consecuencia, tradicionalmente la más descuidada, evalúa el impacto del uso del instrumento sobre el aprendizaje, la práctica profesional y, en última instancia, los resultados clínicos. Examina si la implementación del simulador o de la rúbrica produce los efectos deseados (mejora del desempeño, transferencia al quirófano, reducción de complicaciones) y permite detectar efectos no deseados (estrechamiento curricular, aprendizaje superficial, dependencia tecnológica). Stefanidis y cols. subrayan que esta dimensión, junto con la validez de constructo, constituye el corazón de la agenda contemporánea de investigación en simulación quirúrgica[49].

Herramientas estandarizadas de evaluación

El Objective Structured Assessment of Technical Skills (OSATS®) fue concebido como una herramienta para evaluar habilidades técnicas de manera estructurada y reproducible. Combina una lista de verificación de pasos específicos del procedimiento con una Global Rating Scale (GRS®) que puntúa, en una escala de 1 a 5, dominios como manejo del instrumental, respeto del tejido, eficiencia, flujo del procedimiento y conocimiento del procedimiento[50]. Jensen y cols. demostraron que la aplicación de OSATS® sobre video grabado conserva las propiedades psicométricas de la evaluación en vivo: la GRS® se correlacionó con el nivel de entrenamiento del participante ($p < 0,001$), la fiabilidad interevaluador fue moderada a buena (kappa > 0,5) y las puntuaciones obtenidas a partir de los videos correlacionaron fuertemente con las obtenidas en vivo ($r > 0,8$; $p < 0,001$)[51] (Tabla 2).

■ TABLA 2

Ejemplo del Global Rating Scale del OSATS®: dominios y anclajes (adaptado de Martin et al, 1997, ref. 50)

Dominio	Nivel 1 (insuficiente)	Nivel 3 (intermedio)	Nivel 5 (competente)
Respeto del tejido	Aplica fuerza innecesaria; provoca daño tisular frecuente	Manejo cuidadoso con daño ocasional inadvertido	Manejo apropiado y consistente con daño mínimo
Tiempo y movimiento	Muchos movimientos innecesarios e ineficientes	Eficiencia razonable con algunos movimientos sobrantes	Economía clara de movimiento y máxima eficiencia
Manejo del instrumental	Movimientos torpes o tentativos con instrumental	Uso competente con rigidez o torpeza ocasional	Uso fluido y sin titubeos del instrumental
Conocimiento del instrumental	Pide o utiliza instrumentos inapropiados	Conoce la mayoría y los emplea adecuadamente	Familiaridad completa con los instrumentos y sus nombres
Uso del asistente	No utiliza al asistente o lo posiciona pobremente	Buen uso del asistente la mayor parte del tiempo	Estrategia óptima para aprovechar al asistente en todo momento
Flujo del procedimiento	Se detiene con frecuencia; necesita pensar cada paso siguiente	Planificación clara con progresión sostenida del procedimiento	Curso planificado con progresión sin esfuerzo entre etapas
Conocimiento del procedimiento	Necesita instrucción específica en la mayoría de los pasos	Conoce todos los aspectos importantes de la operación	Familiaridad completa con todos los aspectos del procedimiento

El Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills (GOALS®) fue diseñado específicamente para cirugía mínimamente invasiva, capturando aspectos técnicos no recogidos por instrumentos generales[52]. Evalúa cinco dominios mediante escalas tipo Likert: percepción de profundidad, destreza bimanual, eficiencia, manejo del tejido y autonomía. Kramp y cols. estudiaron su comportamiento en residentes novatos durante colecistectomías laparoscópicas sucesivas y encontraron una alta correlación con OSATS® observado en vivo (r = 0,879; p = 0,021) e incrementos significativos del puntaje a lo largo de las seis operaciones iniciales (p = 0,002). La fiabilidad interevaluador, sin embargo, resultó moderada (ICC = 0,55 para la competencia general) a baja (ICC = 0,37 para el puntaje promedio), lo que subraya la necesidad de capacitar formalmente a los evaluadores[53](Tabla 3).
)

Marcos contemporáneos de evaluación: EPAs, Milestones *y* crowdsourcing

Más allá de OSATS®, GOALS® y los programas FLS®/FES®/FUSE®, la evaluación contemporánea del residente se apoya en marcos que articulan el desempeño cotidiano con la progresión a lo largo de la residencia. Las Entrustable Professional Activities (EPAs), formalizadas por Olle ten Cate, operacionalizan la competencia en tareas clínicas concretas –por ejemplo, "realizar una colecistectomía laparoscópica de manera autónoma bajo determinados estándares"– y permiten decisiones explícitas sobre la delegación progresiva de responsabilidad asistencial[54]. En Cirugía General, el American Board of Surgery y el ACGME publicaron, a partir de 2019, un conjunto de EPAs específicas de la especialidad, validadas mediante consenso de expertos y actualmente en fase de implementación [55].

Los *Milestones* del ACGME describen niveles progresivos de desempeño dentro de cada competencia y se implementan en Cirugía General desde 2014, con informes semestrales que retroalimentan tanto al residente como al programa. EPAs y *Milestones* funcionan de manera complementaria: los *Milestones* describen cuánto avanzó el residente en cada dominio de competencia; las EPAs traducen ese avance en qué tareas puede realizar y con qué nivel de supervisión. Para más detalle de estos temas, véase el capítulo sobre Aprendizaje basado en Competencias.

Un desarrollo más reciente, que articula directamente con la simulación basada en video, es el *crowdsourcing* aplicado a la evaluación quirúrgica. La metodología Crowd-Sourced Assessment of Technical Skills (C-SATS®), validada por Chen y cols., permite evaluar grabaciones de procedimientos mediante revisores legos entrenados que aplican rúbricas validadas como OSATS® y GOALS®. La concordancia entre los puntajes de revisores legos y los de cirujanos expertos resultó alta en múltiples procedimientos –incluyendo colecistectomía laparoscópica y robótica–, lo que abre la posibilidad de evaluaciones masivas basadas en video sin requerir el tiempo del experto, con costos sustancialmente menores y tiempos de respuesta de pocos días[56]. Esta línea, particularmente atractiva para programas con limitaciones de evaluadores, plantea, a su vez, nuevas preguntas sobre la validez de consecuencia y la aceptabilidad institucional de evaluaciones realizadas por personal no clínico.

La convergencia entre estos tres marcos –EPAs como unidad operativa, *Milestones* como gradiente de progresión y *crowdsourcing* como dispositivo de evaluación a escala–configura un escenario en el que la evaluación deja de ser un evento puntual al final de la residencia para convertirse en un proceso longitudinal, multifuente y trazable. La incorporación creciente de inteligencia artificial al análisis automático de video quirúrgico –reconocimiento de fases, detección de pasos críticos, métricas cinemáticas–acelera este desplazamiento y plantea, hacia adelante, una pregunta abierta: cuál será el papel del evaluador humano cuando el desempeño técnico pueda medirse de manera automática con una fidelidad equivalente o superior a la del observador entrenado. Todas las herramientas de evaluación mencionadas serán más ampliamente tratadas en el capítulo sobre Evaluación (Tablas 4 y 5).

■ TABLA 3

Ejemplo del GOALS®: dominios y anclajes para evaluación de habilidades laparoscópicas (adaptado de ref. 52)

Dominio	Nivel 1 (insuficiente)	Nivel 3 (intermedio)	Nivel 5 (competente)
Percepción de profundidad	Sobrepasa el objetivo con frecuencia; corrige lentamente	Sobrepasa ocasionalmente pero corrige con rapidez	Dirige los instrumentos con precisión al plano correcto
Destreza bimanual	Utiliza solo una mano; ignora la no dominante; mala coordinación	Utiliza ambas manos pero no optimiza su interacción	Uso experto y complementario de ambas manos para exposición óptima
Eficiencia	Movimientos tentativos e inseguros; pierde el foco	Movimientos planificados aunque lentos y razonablemente organizados	Conducta segura, eficiente, y mantiene el foco hasta completar la tarea
Manejo del tejido	Movimientos bruscos; desgarra tejido; lesiona estructuras vecinas	Manejo razonable con trauma menor a tejidos vecinos	Tracción apropiada; lesión a estructuras vecinas insignificante
Autonomía	No puede completar la tarea aun con guía verbal continua	Completa la tarea de forma segura con guía moderada	Completa la tarea independientemente sin necesidad de estímulo

■ TABLA 4

Ejemplo de *Entrustable Professional Activity* (EPA) con sus componentes y nivel esperado de *entrustment* según año de residencia

Componente	Contenido para EPA "Realizar una colecistectomía laparoscópica electiva"
Título de la EPA	Realizar una colecistectomía laparoscópica electiva en pacientes adultos
Especificaciones del contexto	Pacientes con colelitiasis sintomática no complicada, ASA I-II, sin antecedentes quirúrgicos abdominales complejos
Conocimientos requeridos	Anatomía vesicular y de la vía biliar, indicaciones y contraindicaciones, técnicas alternativas, prevención y manejo de complicaciones biliares
Habilidades técnicas	Establecimiento del neumoperitoneo, disección del triángulo de Calot, obtención de la visión crítica de seguridad (CVS), clipaje y sección del conducto y arteria cística, extracción y hemostasia
Habilidades no técnicas	Comunicación efectiva con el equipo, anticipación y manejo de complicaciones, toma de decisiones bajo presión, conversión a cirugía abierta cuando corresponde
Criterios de evaluación	OSATS® o GOALS® con *Global Rating Scale* ≥ 4 sostenido en al menos tres procedimientos observados, sin eventos adversos mayores atribuibles al residente
Nivel de entrustment esperado	PGY3-4: nivel 3 (supervisión indirecta); PGY5: nivel 4 (autonomía supervisada con supervisor disponible)

■ TABLA 5

Ejemplo de *Milestone* del ACGME en cirugía general (PC2- Realización de operaciones) con descriptores anclados en los 5 niveles de progresión

Nivel	Descripción del desempeño en realización de operaciones
Nivel 1	Conoce los principios fundamentales de anatomía quirúrgica, asepsia y manejo del instrumental básico
Nivel 2	Realiza operaciones básicas (drenaje de absceso, sutura simple, biopsia de partes blandas) con asistencia directa del docente
Nivel 3	Realiza operaciones centrales del programa (apendicectomía, colecistectomía laparoscópica, hernia inguinal abierta) con supervisión limitada
Nivel 4	Realiza operaciones complejas (resección colorrectal, tiroidectomía, cirugía de pared abdominal compleja) con supervisión mínima
Nivel 5	Realiza operaciones avanzadas o de alta complejidad de manera independiente; enseña y supervisa a residentes menores

Limitaciones

Aun con instrumentos validados, varias limitaciones persisten. La fiabilidad interevaluador es variable y depende fuertemente de la formación de quienes puntúan; los dominios subjetivos –como la autonomía– son difíciles de evaluar a través de video o en simuladores sin supervisión presencial; las listas de verificación pueden quedar cortas para capturar matices técnicos o errores finos; y la mayor parte de los instrumentos requiere adaptaciones procedimiento-específicas antes de aplicarse en contextos nuevos. Estas limitaciones, junto con la heterogeneidad de los protocolos de entrenamiento de evaluadores, explican parte de la variabilidad informada en la literatura.

Transferencia al quirófano

Más allá de las propiedades psicométricas de los instrumentos descriptos en la sección anterior, la pregunta de fondo es si el entrenamiento simulado se traduce en mejor desempeño con pacientes reales. La justificación última de la simulación como inversión formativa depende de esa correlación, conocida como transferencia.

La primera revisión sistemática específica sobre el tema fue la de Sturm y cols., que incluyó diez ensayos controlados aleatorizados y un estudio comparativo no aleatorizado. Los residentes entrenados previamente en simuladores mostraron mejor desempeño en colecistectomía laparoscópica y colonoscopia/sigmoidoscopia, con menores tiempos operatorios, menos errores y mejores puntajes en escalas OSATS® y GOALS®. La evidencia resultó más robusta para laparoscopia básica que para procedimientos abiertos complejos, y los propios autores advirtieron que la calidad metodológica heterogénea de los estudios limitaba la fuerza de las conclusiones[57].

Park y cols. informaron resultados convergentes en colonoscopia: los residentes entrenados en un simulador de realidad virtual obtuvieron puntuaciones globales significativamente mayores en colonoscopias reales que el grupo control, aunque solo dos de las ocho métricas automáticas del simulador correlacionaron significativamente con las valoraciones clínicas globales. Este hallazgo subraya una distinción importante entre el efecto formativo del simulador y la utilidad de sus métricas internas como predictores del desempeño real[58].

Más recientemente, Thomaschewski y cols. publicaron un ensayo multicéntrico aleatorizado, prospectivo y ciego, realizado en 11 centros quirúrgicos

alemanes, que incluyó residentes de primer año sin experiencia previa en laparoscopia. Tras una colecistectomía inicial grabada en video, los participantes fueron aleatorizados a seis semanas de entrenamiento estandarizado en habilidades laparoscópicas básicas (currículo Lübeck Toolbox®) o a no recibir entrenamiento adicional. En la segunda colecistectomía, la mejora mediana del puntaje GOALS® fue de 8,5 puntos en el grupo entrenado frente a 2 puntos en el grupo control (p = 0,013). Además, no se registraron lesiones viscerales en el grupo entrenado, frente a al menos dos lesiones vesiculares y una lesión hepática en el grupo control[59]. Este ensayo es uno de los argumentos más sólidos disponibles a favor de la implementación temprana y obligatoria de la simulación laparoscópica básica en residencias.

La evidencia agregada permite tres conclusiones razonables: la simulación produce mejoras consistentes en habilidades técnicas medidas en entornos controlados; existe transferencia al quirófano para procedimientos laparoscópicos básicos y endoscópicos; y la magnitud y persistencia de la transferencia dependen de la calidad del programa, la integración curricular y la disponibilidad de práctica espaciada con retroalimentación, mucho más que de la sofisticación tecnológica del simulador.

Diseño curricular

La implementación de la simulación dentro de una residencia exige decisiones curriculares explícitas: con qué herramienta entrenar, en qué momento, con qué frecuencia, hasta qué nivel de desempeño y bajo qué criterios de progresión. Las estrategias que más evidencia han acumulado se describen a continuación.

Entrenamiento basado en competencia (Proficiency-Based Progression®)

El *Proficiency-Based Progression* (PBP) propone que el aprendiz practique una tarea quirúrgica hasta alcanzar un estándar de desempeño predefinido –establecido a partir del rendimiento de expertos– antes de avanzar al módulo siguiente o al paciente. No se entrena durante un número fijo de horas, sino hasta cumplir un benchmark objetivo, evaluado preferentemente con métricas binarias para garantizar transparencia y reproducibilidad. La progresión típica incluye descomposición del procedimiento en pasos y errores críticos, definición de métricas validadas, establecimiento del benchmark basado en expertos, práctica deliberada con retroalimentación estructurada y evaluación final antes de la progresión (Tabla 6).

El metanálisis de Mazzone y cols., que incluyó 12 ensayos con 239 residentes de distintas ramas quirúrgicas, comparó PBP con métodos tradicionales o simulación no estructurada. Los aprendices entrenados con PBP cometieron un 60 % menos de errores, completaron las tareas un 15% más rápido y ejecutaron un 47 % más de pasos correctos, con heterogeneidad moderada entre estudios y mayoría de ensayos con bajo riesgo de sesgo[60].

La evidencia de transferencia clínica directa, sin embargo, es más débil. El ensayo aleatorizado de Naples y cols., que comparó entrenamiento PBP con entrenamiento estándar en anastomosis manual de intestino delgado, no encontró diferencias significativas en el desempeño operatorio posentrenamiento entre grupos, aunque sí un incremento significativo en la confianza autorreferida por el residente[61]. La interpretación más plausible es que el PBP mejora de manera consistente el desempeño en el simulador, pero que la traducción de esa mejora al quirófano depende de factores adicionales –complejidad del procedimiento, especificidad del simulador, refuerzo posterior– y de tamaños muestrales suficientes para detectarla.

Bootcamps quirúrgicos

Los *bootcamps* son cursos intensivos de simulación de corta duración, en general dirigidos a residentes de primer año, que combinan talleres de habilidades técnicas con escenarios clínicos críticos para acelerar la adquisición de competencias básicas en los momentos de transición de la formación (Fig. 7).

Fernández y cols. refirieron la experiencia de cuatro años consecutivos (2007–2010) con un programa preparatorio de nueve semanas para 30 residentes de primer año. El entrenamiento incluyó ocho áreas de habilidades procedimentales –uso de instrumentos, anudado, sutura, habilidades laparoscópicas básicas, manejo de la vía aérea, RCP, accesos venosos centrales y drenaje pleural– y simulación de atención al paciente en shock, emergencias quirúrgicas, manejo respiratorio y trauma. El desempeño cognitivo mejoró significativamente entre el examen previo y el final (p < 0,001), y los puntajes finales se correlacionaron con los resultados del American Board of Surgery In-Training Examination (ABSITE, p = 0,01), con las evaluaciones técnicas internas (p = 0,002) y con las evaluaciones de desempeño quirúrgico durante el resto del año (p = 0,01) [62].

La revisión sistemática de Young y cols., que analizó 14 estudios de calidad metodológica suficiente, identificó cinco pilares comunes a los *bootcamps* quirúrgicos exitosos: ubicación en momentos clave de transición de la formación; mapeo curricular sistemático sobre competencias específicas; entrega multimodal con simuladores de distinta fidelidad; práctica deliberada con retroalimentación formativa inmediata; y una proporción adecuada de instructores por aprendiz[63]. La evidencia sobre la correlación entre el rendimiento en

■ TABLA 6

Currículo Proficiency-Based Progression (PBP) aplicado a un ejemplo concreto: sutura intracorpórea laparoscópica

Etapa del PBP	Descripción operativa	Aplicación al ejemplo: sutura intracorpórea laparoscópica
1. Descomposición de la tarea	Identificar pasos críticos del procedimiento y los errores potenciales asociados a cada uno	Lista validada de 8 pasos (cargar aguja, perforar el tejido, paso del hilo, formación del primer nudo, segundo y tercero, corte del hilo, evaluación final) y 6 errores críticos (caída del nudo, lazada incorrecta, perforación inadvertida, exceso de tensión, instrumento incorrecto, pérdida del extremo)
2. Definición de métricas	Establecer indicadores cuantitativos, preferentemente binarios (cumplió/no cumplió), para garantizar transparencia y reproducibilidad	Tiempo total (segundos), número de errores cometidos, calidad del nudo (firme/no firme), número de intentos por nudo, distancia entre puntos
3. Benchmark basado en expertos	Medir el desempeño de un panel de cirujanos expertos (n ≥ 10) para definir el estándar de progresión	Tiempo experto promedio ≈ 90 s; errores ≤ 1 por sesión; ≥ 95% de nudos firmes en tres intentos consecutivos
4. Práctica deliberada con retroalimentación	Repetición estructurada con *feedback* inmediato del instructor formado, orientada a corregir errores específicos	Sesiones de 30-45 min en box trainer, con video-revisión inmediata y devolución dirigida a los errores observados; calendario regular (2-3 sesiones por semana)
5. Evaluación final preavance	Confirmar que el aprendiz iguala o supera el benchmark del experto antes de avanzar al módulo siguiente o al paciente	Tres sesiones consecutivas con tiempo y errores dentro del rango experto; calidad del nudo verificada por evaluador ciego
6. Progresión por competencia, no por tiempo	Sin criterio temporal: la duración del módulo depende de la velocidad individual de cada aprendiz	El residente avanza al módulo de anastomosis intestinal solo cuando alcanza el benchmark; no hay duración fija predeterminada

■ FIGURA 7



Bootcamp de residentes de primer año del Servicio de Cirugía General del Hospital Italiano de Buenos Aires: práctica de instrumentación, anudado y sutura sobre modelos de simulación. Centro Universitario de Educación Basada en Simulación CUESIM, de la Universidad Hospital Italiano.

el *bootcamp* y el desempeño clínico posterior es limitada pero, cuando se mide, es generalmente favorable.

Práctica espaciada (spaced practice)

La práctica espaciada distribuye las sesiones de entrenamiento en el tiempo, con intervalos entre ellas, en lugar de concentrarlas en una jornada extensa única. Su superioridad sobre la práctica masiva está bien establecida tanto para el aprendizaje cognitivo como para las habilidades motoras, pero su implementación rutinaria en cirugía sigue siendo limitada por razones logísticas.

Spruit y cols. aleatorizaron a más de 40 médicos sin experiencia laparoscópica previa a entrenamiento masivo (tres sesiones de 75 minutos en un solo día) o espaciado (una sesión semanal de 75 minutos durante tres semanas). El grupo espaciado mostró mejor desempeño al finalizar el entrenamiento, mantuvo mejor sus habilidades en las pruebas de retención a dos semanas y a un año, y alcanzó el criterio de proficiency en el 65% de los participantes frente al 21% del grupo masivo, con diferencias más marcadas en tareas complejas como la sutura intracorpórea[64].

La combinación de *bootcamp* inicial seguido de práctica espaciada permite capitalizar el impulso

temprano para consolidar fundamentos y luego mantenerlos mediante sesiones de refuerzo distribuidas en el tiempo, idealmente acompañadas de retroalimentación y métricas objetivas.

Habilidades no técnicas y entrenamiento en equipo

La evidencia sobre eventos adversos quirúrgicos muestra que, junto con las fallas técnicas, las fallas en comunicación, liderazgo, toma de decisiones y conciencia situacional explican una proporción significativa de los errores en el quirófano. La sistematización de estas habilidades en el ámbito quirúrgico se debe principalmente al grupo de Yule y cols., que desarrollaron el marco *Non-Technical Skills for Surgeons* (NOTSS®): cuatro dominios –conciencia situacional, toma de decisiones, comunicación y trabajo en equipo, liderazgo– con descriptores conductuales específicos y escalas validadas para evaluación observacional, primero en talleres con cirujanos consultores y luego en estudios de fiabilidad multicéntricos[65,66]. Para el equipo quirúrgico completo se desarrollaron herramientas análogas, entre las que destaca la escala NOTECHS y sus variantes adaptadas al quirófano, que evalúan en conjunto a cirujano, anestesiólogo, instrumentadora y circulante[67].

La simulación es el instrumento natural para enseñar habilidades no técnicas. Los escenarios *in situ* en quirófano simulado, con equipos completos enfrentando eventos críticos –hemorragia masiva, fuego en quirófano, paro cardíaco intraoperatorio, conversión de emergencia, intubación difícil inesperada–, permiten observar y mejorar las dinámicas del equipo en condiciones controladas, con bajo riesgo y alta capacidad de aprendizaje. La metodología del Crew Resource Management (CRM®), originada en la aviación civil y adaptada al quirófano desde fines de los años 90, estructura el *debriefing* posescenario en torno a comportamientos observables –comunicación cerrada, speaking up, jerarquía adaptativa, gestión de la carga cognitiva– en lugar de centrarse en el resultado clínico inmediato.

Otra herramienta es el TeamSTEPPS® un sistema estructurado de mejora de la seguridad del paciente en entornos de atención médica que se apoya en prácticas basadas en evidencia para optimizar la comunicación, el liderazgo, la supervisión de la situación y el apoyo mutuo entre los miembros del equipo. Integra herramientas como SBAR (Situación, Antecedentes, Evaluación, Recomendación) para la comunicación, *call-out* y *check-back* para la transmisión de información, y *handoffs* estandarizados, junto con ejercicios de entrenamiento que fomentan una voz asertiva para expresar preocupaciones y la verificación de errores. Su implementación promueve papeles claros, trabajo en equipo y una cultura de seguridad que permite detectar y corregir fallos de forma más rápida, mejorando así los resultados para los pacientes.

Pese a la solidez conceptual del marco, la incorporación curricular de las habilidades no técnicas sigue siendo desigual entre programas. Una de las barreras documentadas con mayor frecuencia es la falta de formación específica de los instructores en pedagogía del *debriefing* —una habilidad técnica en sí misma que requiere capacitación formal, supervisión y práctica deliberada—. La paradoja es elocuente: enseñar habilidades no técnicas exige, también del docente, un conjunto de habilidades no técnicas explícitas que rara vez forman parte de la formación quirúrgica tradicional.

Una línea complementaria, con base experimental sólida en psicología del deporte y crecientemente aplicada al entrenamiento quirúrgico, es la práctica mental o mental imagery: la simulación cognitiva del procedimiento, ejecutada antes de la cirugía real, mejora la confianza, reduce la carga cognitiva intraoperatoria y, en estudios aleatorizados, se asoció a mejor desempeño técnico durante el procedimiento. Aunque no reemplaza la práctica física, su muy bajo costo y su aplicabilidad inmediata –no requiere infraestructura, solo guías estructuradas y unos minutos de preparación previa al quirófano– la convierten en una herramienta atractiva, especialmente para residentes en programas con acceso limitado a simuladores físicos. Conceptualmente forma parte del mismo continuo que el briefing preoperatorio del equipo: pasar del modo cotidiano al modo "quirófano", anticipando pasos y posibles complicaciones de manera deliberada.

Recomendaciones para el diseño curricular

Sobre la base de la evidencia revisada, un programa de simulación bien diseñado debería incluir un *bootcamp* estructurado al inicio de la residencia, con práctica deliberada, retroalimentación formativa, evaluación preintervención y posintervención y mapeo curricular explícito; mecanismos longitudinales de refuerzo –clubes de habilidades, sesiones mensuales, kits de práctica domiciliaria– para evitar la pérdida de habilidades; práctica espaciada en lugar de bloques masivos, especialmente para habilidades motoras complejas; intervalos entre sesiones ajustados a la complejidad del procedimiento y a la retención esperada; monitorización activa de *skill decay* con sesiones de recuperación según necesidad individual; entrenamiento explícito de habilidades no técnicas, idealmente con escenarios *in situ* y equipos completos; y evaluación con métricas objetivas y consistentes (OSATS®, GOALS®, NOTSS®, listas específicas) que permitan documentar el progreso y orientar decisiones de progresión.

Implementación, recursos y costos

La adopción curricular de la simulación implica decisiones de infraestructura, sostenibilidad financiera y desarrollo profesional docente que exceden la dimensión puramente pedagógica. El modelo tradicional de aprendizaje en quirófano presenta limitaciones –variabilidad de exposición, riesgo para el paciente, oportunidades de práctica supeditadas al volumen quirúrgico– que la simulación puede mitigar, siempre que se integre como componente central y no como accesorio[3].

La revisión de Shahrezaei y cols. describe los obstáculos más frecuentes para la implementación: costos de adquisición y mantenimiento de simuladores –especialmente los de alta fidelidad– espacio físico, licencias de *software*, soporte técnico y disponibilidad de personal docente capacitado en simulación. A esto se suma la inequidad de acceso entre instituciones y la frecuente desalineación entre los objetivos curriculares del programa y las herramientas disponibles[3].

Frente a estas barreras, varios autores han demostrado la viabilidad de laboratorios de bajo costo. Berg y cols. describieron una estrategia basada en modelos de banco, entrenadores de caja económicos y modelos animales obtenidos a partir de materiales reciclados –insumos quirúrgicos vencidos del hospital, donaciones industriales, órganos de animales provenientes de plantas de procesamiento de alimentos– y mostraron que el costo anual por residente disminuyó[68]. Este modelo es directamente trasladable a programas con recursos financieros limitados.

Más allá del costo de inversión inicial, la eficacia de las distintas estrategias formativas también puede analizarse. Hernández-Irizarry y cols. compararon, en un ensayo aleatorizado controlado con 44 residentes, el entrenamiento por tareas parciales (part-task, PT) con el entrenamiento por tarea completa (whole-task, WT) para reparación laparoscópica de hernia inguinal, ambos bajo enfoque de *mastery learning*. El grupo PT alcanzó la maestría más rápido, con un ahorro de horas de instructor y de dinero y mantuvo mejor el nivel de destreza al mes de entrenamiento, sin diferencias significativas en el desempeño intraoperatorio [69]. Estos hallazgos sugieren que, para procedimientos complejos, fragmentar el entrenamiento en subtareas con variaciones aleatorias puede optimizar simultáneamente costos y eficacia educativa (Tabla 7).

Controversias y brechas

A pesar de los avances de las dos últimas décadas, varias controversias siguen abiertas y conviene explicitarlas para guiar la toma de decisiones.

- *Transferencia real y validez externa.* Aunque la simulación mejora consistentemente las habilidades en entornos controlados, no siempre se demuestra que esas mejoras se traduzcan en mejor desempeño con pacientes reales, particularmente para procedimientos abiertos complejos. La fidelidad del simulador –respuesta del tejido, sangrado, variabilidad anatómica, situaciones impredecibles– puede no replicar adecuadamente, hasta ahora, la complejidad del quirófano [70,71].

- *Costos, infraestructura y sostenibilidad.* Más allá del problema operativo descripto en la sección 7, persiste la controversia presupuestaria: en sistemas con recursos asistenciales tensionados, ¿es legítimo destinar fondos al equipamiento de simulación cuando compiten con necesidades clínicas inmediatas? La sostenibilidad financiera a largo plazo rara vez está asegurada por las propias residencias, y la dependencia de iniciativas individuales o donaciones puntuales debilita la integración curricular sistemática[3,70]. Esto es especialmente importante en países como la Argentina y el resto de Latinoamérica.

- *Estandarización y validez metodológica.* La heterogeneidad de programas, simuladores, métricas y diseños

TABLA 7

Estrategias para reducir el costo de implementación

Estrategia	Descripción	Impacto sobre el costo	Referencias clave
Laboratorio de bajo costo	Modelos de banco, entrenadores de caja artesanales, insumos reciclados y donaciones	Reducción progresiva del costo por residente (≈ 15% en 3 años)	68
Entrenamiento por tareas parciales	Fragmentación del procedimiento en subtareas con práctica aleatoria y mastery learning	Menor tiempo de instructor, menor consumo de insumos, mayor retención	69
Programas estandarizados	FLS®, FES® y FUSE® con materiales y criterios definidos	Reducción de variabilidad y costos asociados a la dispersión curricular	6,8,22
Práctica espaciada con kits domiciliarios	Cesión de simuladores básicos para uso fuera del centro	Menor demanda de infraestructura y supervisión en horario protegido	64
Cooperación interinstitucional	Compartir espacios, instructores y plataformas entre centros	Aprovechamiento de economías de escala en contextos con recursos limitados	3

de estudio dificulta comparar resultados y consolidar mejores prácticas. La validez –constructo, contenido, criterio y consecuencia– de muchas plataformas comerciales no está bien establecida, y faltan guías claras sobre cuándo, cómo y con qué frecuencia integrar simulación al currículo[3,8].

- *Skill decay.* Las habilidades adquiridas pueden disminuir con el tiempo en ausencia de práctica continua o refuerzo. La frecuencia óptima de las sesiones de mantenimiento depende de la complejidad del procedimiento, el intervalo entre prácticas clínicas y el nivel del aprendiz, y constituye una pregunta de investigación aún abierta[64].

- *Carga sobre el residente y equilibrio con el trabajo clínico.* En programas con altas demandas asistenciales, el tiempo protegido para simulación compite con guardias, actividades clínicas y estudio, lo que puede convertir un beneficio formativo en una carga percibida si la integración curricular no es cuidadosa.

- *Uso para certificación y evaluación de alto riesgo.* La utilización de simuladores con fines de certificación o acreditación genera controversia: un desempeño pobre en simulación no siempre refleja incompetencia clínica, y un buen desempeño simulado no garantiza seguridad en el quirófano[24]. Las encuestas a residentes muestran que entre el 26 y el 56% cuestiona que todos los procedimientos deban evaluarse mediante simulación[5].

- *Resistencia cultural y adopción institucional*. Algunos docentes formados en el paradigma tradicional perciben la simulación como sustituto –y no complemento– de la experiencia real. La cultura institucional, la disponibilidad de incentivos académicos y la formación de instructores en pedagogía de la simulación son determinantes para una adopción efectiva[3,70].

- *Limitaciones técnicas.* Aun los simuladores más avanzados presentan limitaciones en la reproducción de la respuesta táctil (haptics), la elasticidad de los tejidos, el sangrado y la respuesta biológica frente a maniobras imprevistas. Algunos escenarios complejos –emergencias quirúrgicas, variaciones anatómicas extremas– siguen siendo difíciles de simular adecuadamente[71].

Experiencia local y recomendaciones para centros de formación en la Argentina

En la Argentina, la incorporación de la simulación a los programas de residencia ha seguido el patrón heterogéneo descripto en el capítulo previo: centros académicos de referencia con programas estructurados, que conviven con instituciones donde la simulación se utiliza de manera ocasional o restringida a actividades puntuales fuera del currículo formal. Como documentó el Relato Oficial del 90.º Congreso Argentino de Cirugía, el grado de incorporación de la simulación al currículo de las residencias quirúrgicas argentinas es desigual y constituye una de las brechas más relevantes para nivelar la formación entre instituciones[72].

La experiencia del Hospital Italiano de Buenos Aires

Como ejemplo del extremo institucionalmente integrado de ese espectro, la trayectoria del Servicio de Cirugía General del Hospital Italiano de Buenos Aires ilustra cómo una incorporación sostenida y planificada de la simulación puede transformar la formación quirúrgica de una residencia. Los antecedentes se remontan a la cirugía experimental desarrollada en la institución durante la década de 60, con el uso de modelos porcinos para procedimientos de diálisis hepática en pacientes con insuficiencia hepática. Asimismo, durante la década de 1980 se llevaron a cabo 50 trasplantes hepáticos en cerdos, como parte de la etapa preparatoria que precedió al primer trasplante hepático en seres humanos en la Argentina realizado en la institución en 1986. A partir de esas prácticas iniciales se fue configurando dentro del Servicio, un conjunto de actividades de enseñanza y entrenamiento que hoy son reconocibles como parte del campo de la simulación clínica y quirúrgica (Fig. 6).

Primera etapa (1992-2011). El punto de inflexión se produjo a comienzos de la década de 1990, en paralelo con la expansión internacional de la cirugía laparoscópica. El Servicio organizó cursos de entrenamiento *hands-on* dirigidos a cirujanos del país y de la región, que cubrían desde las habilidades laparoscópicas básicas –nudo intracorpóreo y dominio de los principios técnicos elementales– hasta procedimientos más complejos en cirugía biliar, torácica, coloproctológica, del hiato esofágico y de órganos sólidos. Los cursos se estructuraban en una instancia teórica con demostraciones en video, seguida por la transmisión de cirugías en vivo a un aula y, finalmente, prácticas supervisadas en pelvic trainers y, predominantemente, en modelos porcinos.

■ FIGURA 8



Cirugía en modelo porcino para realizar diálisis hepática en paciente con insuficiencia hepática

Segunda etapa (2012-actualidad). La experiencia acumulada y la valoración favorable de los cursos sustentaron la decisión de incorporar la simulación de manera sistemática a la residencia. Con la participación de sucesivas cohortes de jefes de residentes se diseñó un programa de formación escalonado, de progresión espiralada y basado en competencias, que en 2012 fue integrado formalmente al currículo de la residencia y que desde entonces ha sido objeto de dos revisiones orientadas a adecuarlo a la incorporación de nuevas actividades y técnicas[73]. El programa contempla una instancia introductoria previa al ingreso de los residentes de primer año (bootcamp), orientada a la enseñanza de nudos y suturas básicas, al manejo inicial del instrumental de cirugía abierta y laparoscópica, y a la familiarización con la dinámica cotidiana de la residencia. A partir del primer año y hasta su finalización, cada residente concurre como mínimo a diez instancias anuales en el centro de simulación de la Universidad Hospital Italiano, que dispone de un salón de usos múltiples equipado con diez pelvic trainers, una sala de microcirugía, una sala de radiología destinada a procedimientos percutáneos con control ecográfico y radioscópico, y un quirófano con capacidad para la anestesia simultánea de tres modelos animales. Esta infraestructura permitió, durante la pandemia de COVID-19, sostener parte de la formación técnica de los residentes en un período en que la exposición intraoperatoria estaba severamente restringida[74].

Un rasgo distintivo del programa es el tiempo protegido: un día por semana durante el cual los residentes participantes no tienen tareas asistenciales y se dedican exclusivamente al aprendizaje bajo supervisión directa de residentes de cuarto año, jefes de residentes y médicos de planta. En cada actividad se aplican de manera sistemática estrategias de briefing, *debriefing* y retroalimentación estructurada, lo que se alinea con los principios de práctica deliberada y retroalimentación formativa que la evidencia internacional respalda como determinantes del aprendizaje técnico. Tras la revisión curricular de 2021, la simulación pasó a figurar como anexo curricular, lo que facilita futuras modificaciones sin requerir reformas mayores del programa de residencia (Fig. 9).

Perspectivas. El desarrollo futuro de la simulación en el Hospital Italiano está estrechamente vinculado a tres líneas tecnológicas. La impresión 3D avanza hacia modelos de alto realismo, con potencial de reducir la distancia entre el entorno simulado y la práctica clínica real, y se está desarrollando en colaboración con las carreras de Ingeniería Biomédica y de Medicina de la Universidad Hospital Italiano. La realidad virtual constituye un recurso de interés creciente, aunque persisten limitaciones en la calidad del *feedback* háptico y en su transferencia a la práctica clínica. Por último, la incorporación de herramientas de inteligencia artificial aplicadas a la captura, evaluación y retroalimentación automática del desempeño podría ampliar el uso de los centros de simulación sin requerir un aumento proporcional en el número de instructores.

Recomendaciones para los programas de formación argentinos

A partir de la evidencia revisada y de la experiencia operativa de los centros con mayor recorrido en simulación quirúrgica en el país, pueden plantearse las siguientes recomendaciones para los programas de formación argentinos. Conviene comenzar con un programa estructurado de habilidades laparoscópicas básicas –del tipo FLS® o un currículo equivalente local validado– obligatorio para todos los residentes de los primeros años, idealmente en formato de *bootcamp* inicial seguido de práctica espaciada con sesiones programadas a lo largo del año. Paralelamente, debe construirse un currículo específico de cirugía abierta, dado que la exposición intraoperatoria a procedimientos abiertos también se ha reducido en la Argentina por las mismas razones documentadas internacionalmente[26,28,29]. Ese currículo puede combinar modelos sintéticos para sutura y anastomosis manual, modelos porcinos para procedimientos complejos cuando la infraestructura lo permita y, especialmente, cursos cadavéricos estructurados para exposiciones críticas, siguiendo el modelo del programa ASSET® del American College of Surgeons[42,43], adaptado a la disponibilidad institucional (cuando no haya acceso a cadáveres frescos perfundidos, los cadáveres frescos convencionales son una aproximación viable). Es preferible apoyarse en entrenadores de caja de bajo costo, modelos sintéticos y tejido ex vivo obtenido localmente antes que invertir en plataformas de realidad virtual de alto costo sin un currículo que las sostenga, dado que, como se argumentó en la sección 5, la transferencia depende más del diseño curricular y la calidad de la retroalimentación que de la sofisticación tecnológica del simulador. La evaluación debe realizarse con instrumentos estandarizados (OSATS®, GOALS®, listas específicas) aplicados por evaluadores capacitados formalmente, con fiabilidad interevaluador monitorizada periódicamente. Es importante incorporar de manera explícita el *video-based coaching* como herramienta de retroalimentación, particularmente para residentes de los primeros años, así como programar revisiones longitudinales del desempeño para detectar *skill decay* y planificar sesiones de refuerzo. Finalmente, la cooperación interinstitucional –compartir laboratorios, instructores, plataformas de evaluación y producción local de simuladores asequibles– es una vía concreta para reducir las desigualdades en el acceso a la simula-

■ FIGURA 9


HOSPITAL ITALIANO

Programa de la Residencia de Cirugía General del Hospital Italiano de Buenos Aires –contenidos vinculados a simulación–. Para más detalle consultar el currículo de la Residencia del Hospital Italiano en la página web de la Universidad Hospital Italiano.

ción y consolidar su incorporación curricular en escala nacional.

La simulación no reemplaza la experiencia en el quirófano: la complementa, la prepara y le otorga un marco de seguridad. Su lugar en la formación quirúrgica contemporánea ya no es opcional; el desafío local consiste en pasar de una incorporación heterogénea y dependiente de iniciativas individuales a una integración sistemática, sostenible y verificable dentro de los programas de residencia. En conjunto, es razonable prever que, en un futuro próximo, la realización de procedimientos quirúrgicos en seres humanos sin una instancia previa de simulación sea cada vez más difícilmente compatible con los principios bioéticos y de seguridad que deben orientar el ejercicio contemporáneo de la medicina.

Referencias bibliográficas

1. Debas HT, Bass BL, Brennan MF, Flynn TC, Folse JR, Freischlag JA, et al. American Surgical Association Blue Ribbon Committee Report on Surgical Education: 2004. Ann Surg. 2005;241(1):1-8.
2. Cook DA, Hatala R, Brydges R, Zendejas B, Szostek JH, Wang AT, et al. Technology-enhanced simulation for health professions education: a systematic review and meta-analysis. JAMA. 2011;306(9):978-88.
3. Shahrezaei A, Sohani M, Taherkhani S, Zarghami SY. The impact of surgical simulation and training technologies on general surgery education. BMC Med Educ. 2024;24(1):1297.
4. Higgins M, Madan C, Patel R. Development and evaluation of personalised 3D-printed surgical training models for simulation-based education: a scoping review. J Surg Educ. 2022;79(6):1349-61.
5. Bowyer MW, Fransman RB. Simulation in general surgery. In: Stefanidis D, Korndorffer JR Jr, Sweet R, editors. Comprehensive Healthcare Simulation: Surgery and Surgical Subspecialties. Cham: Springer; 2019. pp. 171-83.
6. Derossis AM, Fried GM, Abrahamowicz M, Sigman HH, Barkun JS, Meakins JL. Development of a model for training and evaluation of laparoscopic skills. Am J Surg. 1998;175(6):482-7.
7. Peters JH, Fried GM, Swanstrom LL, Soper NJ, Sillin LF, Schirmer B, et al. Development and validation of a comprehensive program of education and assessment of the basic fundamentals of laparoscopic surgery. Surgery. 2004;135(1):21-7.
8. Zendejas B, Ruparel RK, Cook DA. Validity evidence for the Fundamentals of Laparoscopic Surgery (FLS®) program as an assessment tool: a systematic review. Surg Endosc. 2016;30(2):512-20.
9. Sutherland LM, Middleton PF, Anthony A, Hamdorf J, Cregan P, Scott D, et al. Surgical simulation: a systematic review. Ann Surg. 2006;243(3):291-300.
10. Hamstra SJ, Dubrowski A, Backstein D. Teaching technical skills to surgical residents: a survey of empirical research. Clin Orthop Relat Res. 2006;449:108-15.
11. Gilbody J, Prasthofer AW, Ho K, Costa ML. The use and effectiveness of cadaveric workshops in higher surgical training: a systematic review. Ann R Coll Surg Engl. 2011;93(5):347-52.
12. Mao RQ, Lan L, Kay J, Lohre R, Ayeni OR, Goel DP, et al. Immersive virtual reality for surgical training: a systematic review. J Surg Res. 2021;268:40-58.
13. Seymour NE, Gallagher AG, Roman SA, O'Brien MK, Bansal VK, Andersen DK, et al. Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study. Ann Surg. 2002;236(4):458-63.
14. Palter VN, Grantcharov TP. Individualized deliberate practice on a virtual reality simulator improves technical performance of surgical novices in the operating room: a randomized controlled trial. Ann Surg. 2014;259(3):443-8.
15. Coxe FR, Jordan AM, Lee BS, McAllister B, Patel NM, Knapik DM. Virtual reality training for surgical residents: a systematic review across orthopaedic and general surgical subspecialties. Curr Rev Musculoskelet Med. 2025;18(1):29-43.
16. Tejo-Otero A, Buj-Corral I, Fenollosa-Artés F. 3D printing in medicine for preoperative surgical planning: a review. Ann Biomed Eng. 2020;48(2):536-55.
17. Augestad KM, Butt K, Ignjatovic D, Keller DS, Kiran R. Video-based coaching in surgical education: a systematic review and meta-analysis. Surg Endosc. 2020;34(2):521-35.
18. Daniel VT, Alavi K, Maykel JA, Cleary RK, Davids JS. The role of video-based coaching in the surgical resident education: a systematic review. Surg Endosc. 2022;36(9):6276-85.
19. Smith R, Patel V, Satava R. Fundamentals of robotic surgery: a course of basic robotic surgery skills based upon a 14-society consensus template of outcomes measures and curriculum development. Int J Med Robot. 2014;10(3):379-84.
20. Moglia A, Ferrari V, Morelli L, Ferrari M, Mosca F, Cuschieri A. A systematic review of virtual reality simulators for robot-assisted surgery. Eur Urol. 2016;69(6):1065-80.
21. Hertz AM, George EI, Vaccaro CM, Brand TC. Head-to-head comparison of three virtual-reality robotic surgery simulators. JSLS. 2018;22(1):e2017.00081.
22. Vassiliou MC, Dunkin BJ, Marks JM, Fried GM. FLS® and FES®: comprehensive models of training and assessment. Surg Clin North Am. 2010;90(3):535-58.
23. Vassiliou MC, Kaneva PA, Poulose BK, Dunkin BJ, Marks JM, Sadik R, et al. Global Assessment of Gastrointestinal Endoscopic Skills (GAGES): a valid measurement tool for technical skills in flexible endoscopy. Surg Endosc. 2010;24(8):1834-41.
24. Khan R, Plahouras J, Johnston BC, Scaffidi MA, Grover SC, Walsh CM. Virtual reality simulation training in endoscopy: a Cochrane review and meta-analysis. Endoscopy. 2019;51(7):653-64.
25. Fonseca AL, Evans LV, Gusberg RJ. Open surgical simulation in residency training: a review of its status and a case for its incorporation. J Surg Educ. 2013;70(1):129-37.
26. McCoy AC, Gasevic E, Szlabick RE, Sahmoun AE, Sticca RP. Are open abdominal procedures a thing of the past? An analysis of graduating general surgery residents' case logs from 2000 to 2011. J Surg Educ. 2013;70(6):683-9.
27. Bulinski P, Bachulis B, Naylor DF Jr, Kam D, Carey M, Dean RE. The changing face of trauma management and its impact on surgical resident training. J Trauma. 2003;54(1):161-3.
28. Bell RH Jr, Biester TW, Tabuenca A, Rhodes RS, Cofer JB, Britt LD, et al. Operative experience of residents in US general surgery programs: a gap between expectation and experience. Ann Surg. 2009;249(5):719-24.
29. Mattar SG, Alseidi AA, Jones DB, Jeyarajah DR, Swanstrom LL, Aye RW, et al. General surgery residency inadequately prepares trainees for fellowship: results of a survey of fellowship program directors. Ann Surg. 2013;258(3):440-9.
30. Leblanc F, Zeinali F, Marks J, Champagne BJ, Reynolds H, Stein S, et al. Stepwise assessment tool of operative skills (SATOS): validity testing on a porcine training model of open gastrectomy. J Am Coll Surg. 2010;211(5):672-6.
31. Lipman JM, Marderstein EL, Zeinali F, Phitayakorn R, Ponsky J, Delaney CP, et al. Objective evaluation of the performance of surgical trainees on a porcine model of open colectomy. Br J Surg. 2010;97(3):391-5.
32. Olson TP, Becker YT, McDonald R, Gould J. A simulation based curriculum can be used to teach open intestinal anastomosis. J Surg Res. 2012;172(1):53-8.
33. Jensen AR, Wright AS, McIntyre LK, Levy AE, Foy HM, Anastakis DJ, et al. Laboratory based instruction for skin closure and bowel anastomosis for surgical residents. Arch Surg. 2008;143(9):852-9.
34. Gröne J, Lauscher JC, Buhr HJ, Ritz JP. Face, content and construct validity of a new realistic trainer for conventional techniques in digestive surgery. Langenbecks Arch Surg. 2010;395(5):581-8.
35. Lauscher JC, Ritz JP, Stroux A, Buhr HJ, Gröne J. A new surgical trainer (BOPT) improves skill transfer for anastomotic techniques in gastrointestinal surgery into the operating room: a prospective randomized trial. World J Surg. 2010;34(9):2017-25.
36. Davies J, Khatib M, Bello F. Open surgical simulation—a review. J Surg Educ. 2013;70(5):618-27.
37. Garrett HE. A human cadaveric circulation model. J Vasc Surg. 2001;33(6):1128-30.
38. Reihsen TE, Alberti L, Speich J, Poniatowski LH, Hart D, Sweet RM. Feasibility of a perfused and ventilated cadaveric model for assessment of lifesaving traumatic hemorrhage and airway management skills. J Trauma Acute Care Surg. 2016;80(5):799-804.
39. Carey JN, Rommer E, Sheckter C, Minneti M, Talving P, Wong AK, et al. Simulation of plastic surgery and microvascular procedures using perfused fresh human cadavers. J Plast Reconstr Aesthet Surg. 2014;67(2):e42-e48.
40. Carey JN, Minneti M, Leland HA, Demetriades D, Talving P. Perfused fresh cadavers: method for application to surgical simulation. Am J Surg. 2015;210(1):179-87.
41. Delpech PO, Danion J, Oriot D, Richer JP, Breque C, Faure JP. SimLife a new model of simulation using a pulsated revascularized and reventilated cadaver for surgical education. J Visc Surg. 2017;154(1):15-20.
42. Kuhls DA, Risucci DA, Bowyer MW, Luchette FA. Advanced surgical skills for exposure in trauma: a new surgical skills cadaver course for surgery residents and fellows. J Trauma Acute Care Surg. 2013;74(2):664-70.
43. Bowyer MW, Kuhls DA, Haskin D, Sallee RA, Henry SM, Garcia GD, et al. Advanced surgical skills for exposure in trauma (ASSET): the first 25 courses. J Surg Res. 2013;183(2):553-8.
44. Hoang TN, Kang J, Siriratsivawong K, LaPorta A, Heck A, Ferraro J, et al. Hyper-realistic, team-centered fleet surgical team training provides sustained improvements in performance. J Surg Educ. 2016;73(4):668-74.
45. Kirkpatrick AW, Tien H, LaPorta AT, Lavell K, Keillor J, Wright Beatty HE, et al. The marriage of surgical simulation and telementoring for damage-control surgical training of operational first responders: a pilot study. J Trauma Acute Care Surg. 2015;79(5):741-7.
46. Messick S. Validity. In: Linn RL, editor. Educational Measurement. 3rd ed. New York: Macmillan; 1989. pp. 13-103.

47. Gallagher AG, Ritter EM, Satava RM. Fundamental principles of validation, and reliability: rigorous science for the assessment of surgical education and training. Surg Endosc. 2003;17(10):1525-9.
48. Van Dongen KW, Tournoij E, van der Zee DC, Schijven MP, Broeders IAMJ. Construct validity of the LapSim: can the LapSim virtual reality simulator distinguish between novices and experts? Surg Endosc. 2007;21(8):1413-7.
49. Stefanidis D, Sevdalis N, Paige J, Zevin B, Aggarwal R, Grantcharov T, et al. Simulation in surgery: what's needed next? Ann Surg. 2015;261(5):846-53.
50. Martin JA, Regehr G, Reznick R, MacRae H, Murnaghan J, Hutchison C, et al. Objective structured assessment of technical skill (OSATS) for surgical residents. Br J Surg. 1997;84(2):273-8.
51. Jensen AR, Wright AS, Lance AR, O'Brien KC, Pratt CD, Anastakis DJ, et al. The novice surgeon's operative experience: a study of objective structured assessment of technical skills (OSATS) of medical students and residents using a videotape-based assessment. J Am Coll Surg. 2009;208(4):540-5.
52. Vassiliou MC, Feldman LS, Andrew CG, Bergman S, Leffondré K, Stanbridge D, et al. A global assessment tool for evaluation of intraoperative laparoscopic skills. Am J Surg. 2005;190(1):107-13.
53. Kramp KH, van Det MJ, Hoff C, Lamme B, Veeger NJGM, Pierie JPEN. Validity and reliability of global operative assessment of laparoscopic skills (GOALS) in novice trainees performing laparoscopic cholecystectomies. J Surg Educ. 2015;72(2):351-8.
54. ten Cate O. Nuts and bolts of entrustable professional activities. J Grad Med Educ. 2013;5(1):157-8.
55. Brasel KJ, Klingensmith ME, Englander R, Grambau M, Buyske J, Sarosi G, et al. Entrustable Professional Activities in General Surgery: development and implementation. J Surg Educ. 2019;76(5):1174-86.
56. Chen C, White L, Kowalewski T, Aggarwal R, Lintott C, Comstock B, et al. Crowd-Sourced Assessment of Technical Skills: a novel method to evaluate surgical performance. J Surg Res. 2014;187(1):65-71.
57. Sturm LP, Windsor JA, Cosman PH, Cregan P, Hewett PJ, Maddern GJ. A systematic review of skills transfer after surgical simulation training. Ann Surg. 2008;248(2):166-79.
58. Park J, MacRae H, Musselman LJ, Rossos P, Hamstra SJ, Wolman S, et al. Randomized controlled trial of virtual reality simulator training: transfer to live patients. Am J Surg. 2007;194(2):205-11.
59. Thomaschewski M, Esnaashari H, Kist M, Hummel R, Vorwerk T, Wiesmüller F, et al. Effects of laparoscopic skills training on surgical performance during laparoscopic cholecystectomy in novice surgical residents: a multicentre randomized controlled trial. Int J Surg. 2025;111(1):126-34.
60. Mazzone E, Puliatti S, Amato M, Bunting B, Rocco B, Montorsi F, et al. A systematic review and meta-analysis on the impact of proficiency-based progression simulation training on performance outcomes. Ann Surg. 2021;274(2):281-9.
61. Naples R, Allar BG, French JC, Lipman JM. Does proficiency-based simulation training improve operative performance? A randomized controlled trial. J Surg Res. 2022;276:259-65.
62. Fernández GL, Page DW, Coe NP, Lee PC, Patterson LA, Skylizard L, et al. Boot camp: educational outcomes after 4 successive years of preparatory simulation-based training at onset of internship. J Surg Educ. 2012;69(2):242-8.
63. Young M, Pugh CM. Surgical bootcamps and skills courses: a systematic review of design and implementation. Am J Surg. 2022;224(1):137-48.
64. Spruit EN, Band GPH, van der Heijden KB, Hamming JF. The effects of spacing, naps, and fatigue on the acquisition and retention of laparoscopic skills. J Surg Educ. 2017;74(3):530-8.
65. Yule S, Flin R, Paterson-Brown S, Maran N, Rowley D. Development of a rating system for surgeons' non-technical skills. Med Educ. 2006;40(11):1098-104.
66. Yule S, Flin R, Maran N, Rowley D, Youngson G, Paterson-Brown S. Surgeons' non-technical skills in the operating room: reliability testing of the NOTSS behavior rating system. World J Surg. 2008;32(4):548-56.
67. Sevdalis N, Davis R, Koutantji M, Undre S, Darzi A, Vincent CA. Reliability of a revised NOTECHS scale for use in surgical teams. Am J Surg. 2008;196(2):184-90.
68. Berg DA, Milner RE, Fisher CA, Goldberg AJ, Dempsey DT, Grewal H. A cost-effective approach to establishing a surgical skills laboratory. Surgery. 2007;142(5):712-21.
69. Hernández-Irizarry R, Zendejas B, Ali SM, Lohse CM, Farley DR. Impact of resident cognitive load on laparoscopic suturing performance: a comparison of part-task versus whole-task simulation training. Am J Surg. 2016;211(2):340-5.
70. Shah N, Hamilton AL, Mauger D, Sukumar S, McCormick T, Cuschieri A, et al. Implementation strategies and challenges of surgical simulation programs: a scoping review. Adv Simul (Lond). 2023;8(1):20.
71. Laspro M, Groysman L, Verzella AN, Kimberly LL, Flores RL. The use of virtual reality and augmented reality in surgical education: a systematic review. Surgeries. 2023;4(4):635-46.
72. Marecos MC, Sequeira CA. ¿Qué lugar ocupa la simulación en la formación del cirujano? Relato Oficial del 90.º Congreso Argentino de Cirugía. Rev Argent Cirug. 2019;111(Supl 1):S1-S108.
73. Palavecino M, Pellegrini CA. The medical residency system in 2020. Rev Argent Cirug. 2020;112(4):395-8.
74. Rodríguez Santos F, González Salazar E, Dietrich A, Cano Busnelli V, Roni C, Facioni C, et al. Teaching strategies and outcomes in 3 different times of the COVID-19 pandemic through a dynamic assessment of medical skills and wellness of surgical trainees. Surgery. 2022;171(4):908-14.

5. Realidad virtual en la educación quirúrgica

Roberto Badra, Eduardo J. Cassone,

Necesitamos un sistema, y seguramente lo tendremos, que produzca no solo cirujanos, sino cirujanos del más alto nivel.

William Stewart Halsted, MD (Yale University, 1904)

RESUMEN

La realidad virtual (RV) ha emergido como una de las tecnologías educativas más transformadoras en la formación quirúrgica contemporánea. Este capítulo presenta una revisión sistemática de los fundamentos pedagógicos, la evidencia científica y las perspectivas de implementación de la RV en la educación de cirujanos. Se analizan las distintas modalidades de RV –no inmersiva, semi-inmersiva y completamente inmersiva–, sus aplicaciones clínicas en simulación procedimental, anatomía tridimensional, planificación quirúrgica y entrenamiento de situaciones de crisis, así como la evidencia que sustenta la transferencia del aprendizaje simulado al quirófano real. Se contextualiza su papel en el marco de la educación basada en competencias (EBC) y las Actividades Profesionales Confiables (EPAs). Se incluyen propuestas concretas de implementación escalonada para el sistema de formación quirúrgica argentino y latinoamericano.

Palabras clave: *realidad virtual, simulación quirúrgica, educación basada en competencias, actividades profesionales confiables, entrenamiento quirúrgico, transferencia de aprendizaje; telementoring.*

Introducción

La educación quirúrgica ha experimentado una transformación sin precedentes en las últimas dos décadas, como se desarrolla en el capítulo sobre la historia de las residencias quirúrgicas. La restricción de horas de trabajo de los residentes, la explosión del conocimiento biomédico, la irrupción de la cirugía mínimamente invasiva y robótica y la creciente demanda social de seguridad del paciente han creado un imperativo insoslayable: repensar de manera radical cómo se forman los cirujanos del siglo XXI.

En este contexto, la realidad virtual (RV) ha emergido no como un complemento opcional del entrenamiento tradicional, sino como un pilar fundamental de un nuevo paradigma educativo. Como modalidad específica dentro del ecosistema de la simulación quirúrgica –cuyas modalidades clásicas y fundamentos teóricos se desarrollan en el capítulo sobre simulación en la formación de cirujanos–, la RV introduce capacidades distintivas de inmersión, repetición ilimitada y retroalimentación objetiva. La RV permite recrear entornos quirúrgicos con un grado de fidelidad sin precedentes, ofreciendo práctica repetida, retroalimentación objetiva e inmediata, y exposición a escenarios de alta complejidad o baja frecuencia, todo ello sin riesgo para el paciente real.

El Comité Blue Ribbon II (BRC II), convocado en 2023 por el American College of Surgeons (ACS) y la American Surgical Association (ASA), identificó el desarrollo de plataformas de evaluación de habilidades basadas en video digital y la formación de un Consejo Educativo Quirúrgico Multidisciplinario como recomendaciones prioritarias con 93% de consenso en su proceso Delphi[1-3]. El subcomité de Tecnologías Educativas concluyó que los avances en evaluación tecnológica, análisis de datos y análisis conductual permiten crear programas educativos personalizados adaptados a los estilos y preferencias individuales de aprendizaje[2]. Este esfuerzo institucional continúa la trayectoria iniciada por el Comité BRC[4,5]. I

El presente capítulo sistematiza el panorama presente en RV para la educación quirúrgica, analiza la evidencia que sustenta su uso, propone un marco de implementación escalonado y contextualiza estas herramientas en el escenario latinoamericano y argentino[6, 7].

Fundamentos pedagógicos del aprendizaje con realidad virtual

Práctica deliberada y Mastery Learning

El concepto de práctica deliberada, articulado por Ericsson y cols.[8], postula que la adquisición de habilidades de alto nivel requiere práctica repetida, enfocada y con retroalimentación sistemática, en condiciones que permitan la corrección de errores sin consecuencias reales. La RV quirúrgica satisface plenamente estos requisitos: permite repetición ilimitada de gestos técnicos, proporciona retroalimentación objetiva inmediata y elimina el riesgo para el paciente real.

El modelo de *mastery learning* –aprendizaje hasta el dominio– es el marco pedagógico más congruente con los principios de la educación basada en competencias (EBC) y el uso de tecnologías de simulación[9-12]. En este modelo, todos los *trainees* deben alcanzar un estándar de desempeño predefinido antes de avanzar al siguiente nivel de complejidad; el tiempo disponible para alcanzar ese estándar es variable, no el estándar en sí. Las plataformas de RV responden directamente a los requisitos de este modelo: generan métricas objetivas de desempeño y permiten práctica adicional sin limitaciones de acceso al paciente.

Inmersión, presencia y carga cognitiva

La eficacia educativa de la RV depende en gran medida de tres constructos psicológicos: inmersión (el grado en que el sistema aísla al usuario del entorno físico real), presencia (la sensación subjetiva de "estar allí") y carga cognitiva (la demanda de procesamiento mental que impone la tarea). Cuando el nivel de inmersión y presencia es adecuado, el aprendiz procesa la experiencia simulada como si fuera real, con las consecuentes implicancias para la codificación mnémica y la transferencia de habilidades.

La teoría de la carga cognitiva predice que los entornos de alta fidelidad pueden resultar contraproducentes para aprendices noveles, quienes se encuentran en el límite superior de su capacidad de procesamiento. En estos casos, la simplificación progresiva del entorno virtual –reducción de elementos distractores, velocidad de presentación ajustable, retroalimentación en tiempo real– es una estrategia pedagógicamente superior a la máxima fidelidad desde el inicio del entrenamiento.

Las Actividades Profesionales Confiables (EPAs) y la RV

Las Actividades Profesionales Confiables (*Entrustable Professional Activities*, EPAs), adoptadas por el American Board of Surgery (ABS) desde julio de 2023[13,14], representan la unidad de medida del nuevo sistema de evaluación por competencias en cirugía. El desarrollo conceptual, los instrumentos y la implementación de las EPAs en el sistema de evaluación quirúrgica se presentan en detalle en el capítulo sobre evaluación en la educación del cirujano. Las EPAs son unidades de práctica profesional que pueden ser confiadas a un trainee para su ejecución con supervisión de nivel apropiado una vez demostrada la competencia suficiente.

La RV se articula naturalmente con el marco de EPAs: cada plataforma de simulación puede configurarse para entrenar y evaluar EPAs específicas, generando datos de desempeño integrables en el portafolio de evaluación del residente. Esta integración convierte a la RV de una herramienta de entrenamiento aislado en un componente central del sistema de evaluación continua (Tabla 1).

■ TABLA 1

Principios pedagógicos que sustentan el uso de RV en educación quirúrgica

Principio	Fundamento Teórico	Aplicación en RV Quirúrgica
Práctica deliberada	Ericsson (1993): repetición enfocada con retroalimentación	Repetición ilimitada sin riesgo real; métricas objetivas inmediatas
Mastery learning	McGaghie (2011): estándar fijo, tiempo variable	Avance al siguiente módulo condicionado al dominio demostrado
Carga cognitiva	Sweller (1988): gestión de recursos de procesamiento	Dificultad progresiva adaptada al nivel del aprendiz
Inmersión y presencia	Slater (2009): sensación de "estar allí"	HMD produce mayor codificación mnémica y transferencia
Aprendizaje situado	Lave y Wenger (1991): contexto auténtico	Escenarios que replican el quirófano real con sus demandas
Retroalimentación formativa	Hattie (2007): factor de mayor impacto educativo	Métricas de tiempo, movimiento, fuerza y errores en tiempo real

Fuente: elaboración propia basada en referencias 1, 8, 9.

Taxonomía de la realidad virtual en educación quirúrgica

La realidad virtual puede definirse como la generación por computadora de entornos tridimensionales interactivos en los que el usuario puede realizar acciones que producen respuestas del sistema en tiempo real. A diferencia de los videos educativos convencionales, la RV demanda participación activa, generando un estado de inmersión cognitiva que potencia la codificación mnémica y la transferencia de habilidades (Fig, 1 y Tabla 2).

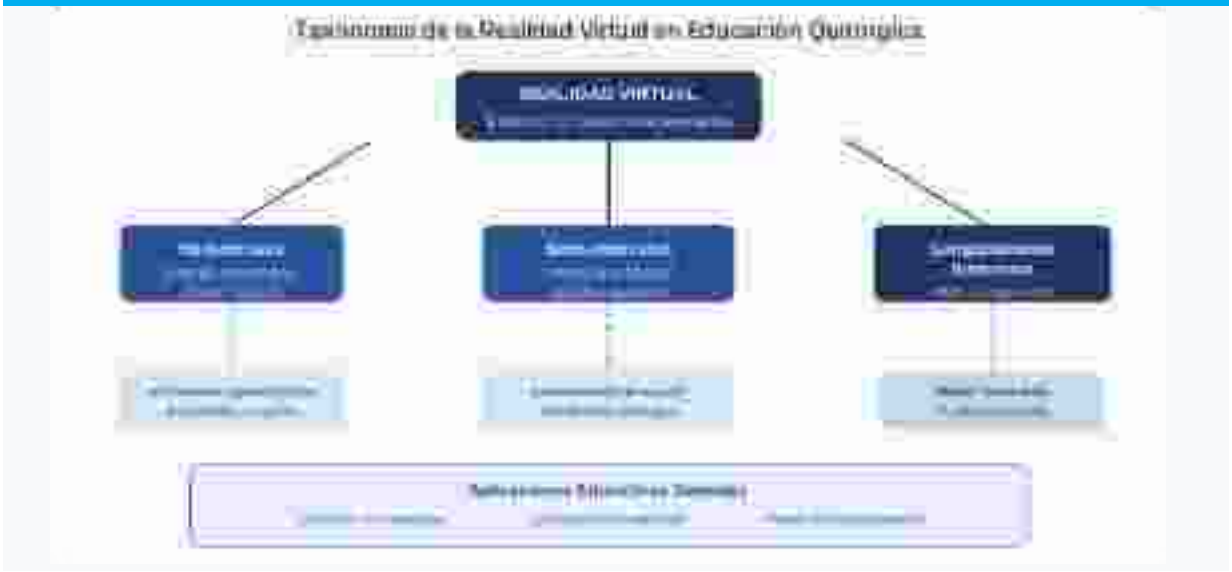
Realidad virtual no inmersiva

El usuario interactúa con el entorno virtual mediante una pantalla convencional y periféricos estándar (ratón, teclado, *joystick*). Los simuladores de laparoscopia y endoscopia de primera generación pertenecen a esta categoría. Su mayor ventaja es la accesibilidad: bajo costo, sin requerimientos de espacio especial y curva de aprendizaje mínima para el usuario. Plataformas como LapSim® (Surgical Science) y LapMentor ® (3D Systems) representan este nivel.

Realidad virtual semiinmersiva

Sistemas que proyectan el entorno virtual en pantallas de gran formato o múltiples monitores, sin aislar completamente al usuario del entorno físico. Utilizados frecuentemente en entrenamiento de equipos y planificación quirúrgica. Permiten la interacción simultánea de múltiples participantes, lo que los hace especialmente adecuados para escenarios de formación de equipos multidisciplinarios.

■ FIGURA 1



Taxonomía de la realidad virtual en educación quirúrgica y sus aplicaciones educativas. Adaptada de Fried et al.[2]

■ TABLA 2

Comparación de modalidades de RV en educación quirúrgica

Característica	No inmersiva	Semi-inmersiva	Completamente inmersiva	Retroalimentación háptica
Costo de implementación	Bajo	Intermedio	Alto	Muy alto
Nivel de inmersión	Bajo	Moderado	Alto	Máximo
Fidelidad háptica	Nula	Escasa	Variable	Alta
Aprendizaje simultáneo	Individual	Grupal	Individual	Individual
Mareos/ fatiga ocular	Mínimos	Bajos	Posibles	Variables
Transferencia al quirófano	Moderada	Moderada	Alta	Muy alta
Ejemplo de plataforma	LapSim®, LapMentor®	Cave systems	Osso VR®, FVR®	Touch Surgery®

FVR: Fundamental VR. Fuente: elaboración propia basada en referencias 1, 15.

Realidad virtual completamente inmersiva

El usuario utiliza un casco de realidad virtual (*Head-Mounted Display,* HMD) que sustituye totalmente el campo visual por el entorno generado por computadora, con seguimiento de movimiento de cabeza y manos en tiempo real. Esta modalidad produce el mayor nivel de inmersión y presencia psicológica. Dispositivos como Oculus Quest®, Microsoft HoloLens® y sistemas específicos para cirugía (Fundamental VR®, Osso VR®) representan el estado del arte.

La retroalimentación háptica –la reproducción de las sensaciones táctiles de resistencia tisular, fricción y temperatura– constituye el componente tecnológico más exigente de estos sistemas. Los dispositivos hápticos actuales (Geomagic Touch®, Phantom Omni®) permiten aproximaciones razonables a la sensación real de los tejidos, aunque la plena fidelidad háptica permanece como un desafío técnico abierto.

Aplicaciones clínicas en educación quirúrgica

Anatomía tridimensional interactiva

La comprensión tridimensional de la anatomía quirúrgica es una competencia fundamental que el estudio de atlas bidimensionales desarrolla de manera incompleta. Los entornos de RV permiten al aprendiz explorar estructuras anatómicas desde cualquier ángulo, diseccionarlas virtualmente, visualizar relaciones espaciales entre estructuras adyacentes y comprender la variabilidad anatómica de las poblaciones reales.

Algunos estudios realizados en estudiantes de medicina y residentes de Cirugía han demostrado que el aprendizaje de anatomía en entornos de RV produce mejores resultados en pruebas de conocimiento espacial y retención a largo plazo que los métodos convencionales, con tamaños de efecto moderados a grandes[7,15]. La plataforma HoloAnatomy® (Case Western Reserve University) y Anatomage Table® representan el estado del arte en este dominio.

Simulación de procedimientos completos

Los sistemas de RV de última generación permiten simular procedimientos laparoscópicos, endoscópicos, robóticos y abiertos de complejidad creciente, con retroalimentación háptica que reproduce la resistencia de los tejidos al corte, la tracción y la cauterización. Plataformas como LapMentor®, EnsimS® (Surgical Science) y RoboSurgeon® han demostrado validez de construcción en estudios controlados, discriminando entre novatos y expertos en función de las métricas de desempeño generadas[15].

De particular relevancia es el entrenamiento en cirugía robótica. La adopción masiva de sistemas robóticos (Da Vinci®, Hugo®, Versius®) ha creado una demanda formativa que los modelos tradicionales no pueden satisfacer. Los simuladores de consola (Da Vinci Skills Simulator®, RoSS®) ofrecen entrenamiento estructurado con métricas objetivas y han demostrado acelerar significativamente la curva de aprendizaje en estudios prospectivos[16].

Planificación quirúrgica personalizada con RV

A partir de estudios de imagen del paciente específico (tomografía axial computarizada [TAC], resonancia magnética nuclear [RMN]) es posible generar modelos tridimensionales fotorrealistas de la anatomía individual que pueden ser explorados en RV antes de la cirugía. Esta tecnología ha demostrado utilidad en cirugías de alta complejidad donde la variabilidad anatómica individual es determinante: resecciones hepáticas mayores, cirugía pancreática, procedimientos retroperitoneales.

Diversos estudios en Cirugía Hepática han mostrado reducción del tiempo operatorio y de las complicaciones en procedimientos de alta complejidad cuando se incorpora planificación en RV al flujo de trabajo preoperatorio. La combinación con impresión tridimensional de modelos anatómicos del paciente específico potencia adicionalmente la preparación táctil y visual del cirujano[17].

Entrenamiento de situaciones de crisis

Uno de los mayores retos del entrenamiento quirúrgico tradicional es la imposibilidad de preparar sistemáticamente al residente para situaciones de emergencia intraoperatoria de baja frecuencia pero alta mortalidad: hemorragia masiva, lesión inadvertida de estructuras vitales, conversión laparoscópica de emergencia. La RV permite escenificar estos eventos de manera controlada, repetible y sin riesgo real, entrenando tanto las habilidades técnicas como la toma de decisiones bajo presión[6,18,19].

Telementoring quirúrgico habilitado por RV

El *telementoring* quirúrgico puede definirse como la provisión de guía experta a distancia durante la ejecución de un procedimiento quirúrgico. En sus formas más avanzadas incorpora realidad aumentada (RA) para la superposición de anotaciones sobre el campo visual del operador, e integración de métricas en tiempo real del desempeño instrumental[20].

Para el contexto latinoamericano y argentino, donde la concentración de centros de entrenamiento de alta complejidad en las grandes ciudades genera inequidades formativas significativas, el *telementoring* habilitado por RV/RA representa una herramienta estratégica de democratización del acceso a educación quirúrgica de calidad.

Evidencia científica: transferencia al quirófano real

Estudios fundamentales

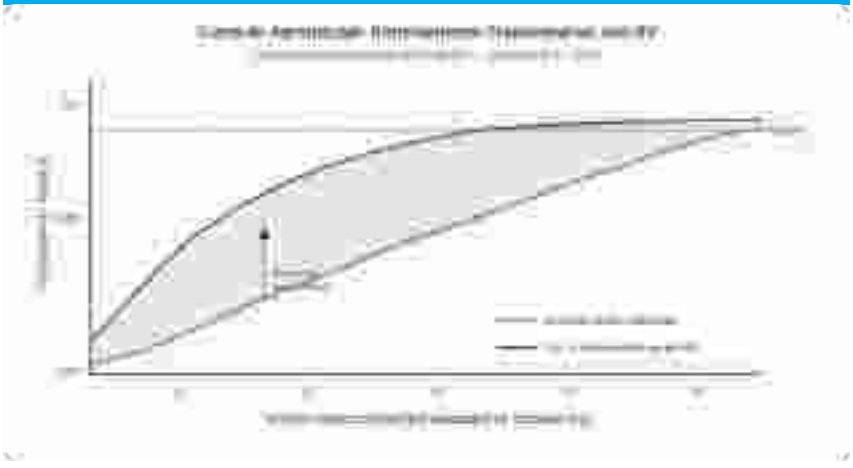
El estudio seminal de Seymour y cols.[21] estableció, en un diseño aleatorizado doble ciego, que los residentes entrenados en simulador de laparoscopia antes de ingresar en el quirófano real cometieron significativamente menos errores y completaron los procedimientos más rápidamente que sus pares sin entrenamiento simulado. Este estudio demostró por primera vez, con evidencia de nivel I, que la transferencia del aprendizaje desde el laboratorio de simulación al quirófano real es real y clínicamente significativa.

La revisión Cochrane de Nagendran y cols. [22], que incluyó 23 estudios aleatorizados con más de 600 participantes, confirmó que el entrenamiento en simuladores de RV antes de la cirugía laparoscópica real mejora el desempeño técnico, reduce el tiempo operatorio y disminuye los errores intraoperatorios. El tamaño de efecto fue moderado a grande, con heterogeneidad significativa entre estudios.

Evidencia por especialidad

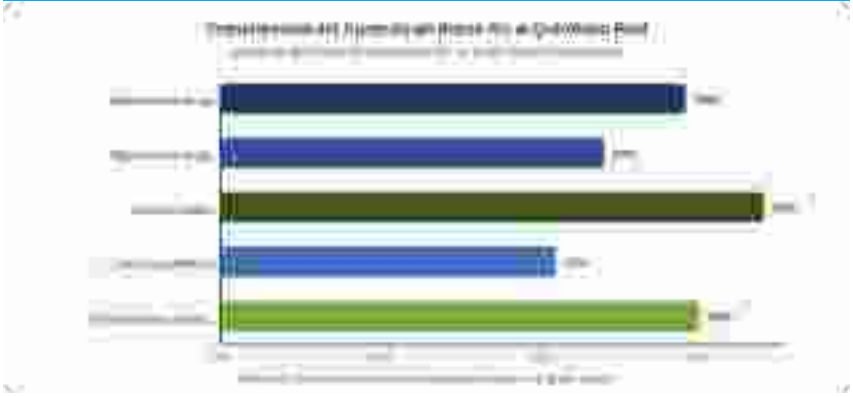
La figura 2 ilustra el efecto del preentrenamiento en RV sobre la curva de aprendizaje quirúrgico. Los residentes con preentrenamiento en simulador alcanzan el umbral de competencia clínica en un número significativamente menor de procedimientos en paciente real, reduciendo la exposición de los pacientes a la fase más crítica de la curva de aprendizaje (Fig. 3 y Tabla 3).

■ **FIGURA 2**



Curva de aprendizaje comparativa: entrenamiento tradicional vs. con preentrenamiento en realidad virtual
Modelo conceptual basado en referencias 9, 21.

■ **FIGURA 3**



Reducción de errores intraoperatorios por especialidad con preentrenamiento en RV vs. grupo control sin simulación
Estimaciones basadas en metanálisis disponibles[9,22].

■ TABLA 3

Evidencia selecta de transferencia de aprendizaje desde RV al quirófano real

Estudio / Autor	Procedimiento	Diseño	Resultado principal	Nivel de evidencia
Seymour et al. (2002)	Colecistectomía lap.	ECC doble ciego	−29% errores intraop.; −34% tiempo	I
Nagendran et al. (2013)	Cirugía lap. general	Revisión Cochrane (23 ECC)	Mejor desempeño técnico; efecto mod-grande	I
Kowalewski et al. (2017)	Bypass gástrico lap.	Metanálisis (12 ECC)	Reducción fugas anastomóticas	I
Palter et al. (2013)	Cirugía robótica	ECC	Aceleración curva aprendizaje consola	II
Sturm et al. (2008)	Colonoscopia	ECC	Mayor tasa de intubación cecal (75 vs. 53%)	II
McGaghie et al. (2011)	Múltiples especialidades	Metanálisis	Mastery learning superior a educación clínica convencional	I

ECC: ensayo clínico controlado. Lap.: laparoscópico. Fuente: revisión bibliográfica actualizada 2024.

Plataformas tecnológicas: características y aplicaciones

El ecosistema de plataformas de RV para educación quirúrgica ha crecido exponencialmente en la última década. La tabla 4 sistematiza las principales plataformas disponibles en el mercado actual, con sus características educativas relevantes; los siguientes párrafos describen las plataformas más establecidas, agrupadas por modalidad y especialidad.

Simuladores laparoscópicos y endoscópicos

LapSim® (Surgical Science) y LapMentor® (3D Systems) representan el estándar consolidado de simuladores de RV no inmersiva para laparoscopia. Ambos sistemas ofrecen módulos progresivos que van desde habilidades básicas (manejo de cámara, coordinación bimanual, navegación, sutura) hasta procedimientos completos (colecistectomía, apendicectomía, hernioplastia). Sus métricas de desempeño –tiempo, economía de movimientos, errores instrumentales, daño tisular virtual– han mostrado validez de construcción y discriminación entre niveles de pericia en estudios controlados[15]. EndoSim® y GI Mentor® cumplen funciones análogas en endoscopia digestiva, mientras que VirtaMed ArthroS® y los simuladores de la familia ProMIS® cubren áreas específicas (artroscopia, cirugía mínimamente invasiva avanzada).

Simuladores de cirugía robótica

La adopción masiva del sistema Da Vinci® (Intuitive Surgical) y de plataformas robóticas emergentes (Hugo® de Medtronic, Versius® de CMR Surgical) ha impulsado el desarrollo de simuladores específicos. El Da Vinci Skills Simulator® integra ejercicios validados (Da Vinci Trainer Curriculum) en la consola real del sistema, ofreciendo continuidad ergonómica entre entrenamiento y procedimiento. Plataformas independientes como RoSS® (Robotic Surgery Simulator) y dV-Trainer® permiten entrenamiento off-line a costos menores. La SAGES Reimagining Education & Learning (REAL) project ha desarrollado lineamientos curriculares específicos para el entrenamiento en cirugía robótica[16].

Realidad virtual inmersiva con HMD

Las plataformas de RV completamente inmersiva representan la generación más reciente. Fundamental VR® (Fundamental Surgery) ofrece módulos de Ortopedia, Neurocirugía y Cirugía General con retroalimentación háptica integrada. Osso VR® se ha consolidado en entrenamiento ortopédico y de cirugía espinal, con validación en múltiples instituciones académicas norteamericanas. PrecisionOS® y Augmedics® integran realidad aumentada con realidad virtual para navegación intraoperatoria y planificación. Los costos relativamente accesibles de los dispositivos HMD (Meta Quest®, HTC Vive®, Pico®) están democratizando el acceso a esta modalidad y reduciendo la barrera de entrada para programas de residencia con recursos limitados.

Plataformas de anatomía y planificación quirúrgica

HoloAnatomy® (Case Western Reserve University) y Anatomage Table® representan los mejores ejemplos de dispositivos útiles en el aprendizaje anatómico tridimensional. La primera utiliza HoloLens® para superposición de modelos anatómicos en el espacio físico del aula; la segunda ofrece una mesa interactiva con anatomía a escala real navegable por múltiples usuarios simultáneamente. Para planificación quirúrgica específica por paciente, ciertas plataformas como Surgical Theater® (con casco RV inmersivo), Holoxica® y Mimics Innovation Suite® (Materialise) permiten convertir estudios de imagen del paciente individual en modelos navegables prequirúrgicamente, una aplicación particularmente valiosa en cirugía hepática, pancreática y de variabilidad anatómica significativa[17].

Consideraciones sobre adopción institucional

La selección de plataformas debe responder a un análisis específico que considere: el currículo de competencias prioritarias del programa, la curva de aprendizaje del cuerpo docente, los costos directos (licencias, hardware) e indirectos (mantenimiento, soporte, formación de instructores), la disponibilidad de evidencia que valide y la compatibilidad con plataformas existentes en el entorno regional. En el contexto latinoamericano, la diferencia entre el costo de un simulador de alta gama y el de plataformas de complejidad intermedia frecuentemente justifica una estrategia de adquisición escalonada por niveles, como se desarrolla en el apartado *Implementación escalonada según nivel de recursos* [23] (Tabla 4).

Marco de implementación curricular

La secuencia de seguridad procedimental

La integración curricular de la RV no debe concebirse como un módulo añadido al programa de residencia existente, sino como una reorganización del flujo de aprendizaje que sitúa a la simulación como el paso previo sistemático a la participación en procedimientos reales. Este modelo –denominado secuencia de seguridad procedimental[24,25]– establece que ningún residente debe participar en un procedimiento quirúrgico real sin haber demostrado previamente en el laboratorio de simulación el dominio de los gestos técnicos fundamentales requeridos. Esta lógica se articula directamente con los marcos de seguridad del paciente y reducción de errores prevenibles que se desarrollan en el capítulo sobre seguridad del paciente y educación quirúrgica (Fig. 4).

Implementación escalonada según nivel de recursos

El Blue Ribbon Committee II (BRC II) propuso la utilización de un marco de cienci a de la implementación (Consolidated Framework for Implementation Research, CFIR) que asegure la adopción tecnológica en instituciones heterogéneas[26] (Tabla 5). Desde una perspectiva práctica pueden identificarse tres niveles de implementación adaptados al nivel de recursos disponibles:

- *Nivel 1* - Recursos básicos: entrenadores de tarea parcial de bajo costo (pelvic trainers de laparoscopia, modelos de sutura). Videoconferencia para *telementoring* básico. Plataformas de *e-learning* (SCORE, módulos ACS). Evaluación estructurada mediante OSATS.

■ TABLA 4

Principales plataformas de RV para educación quirúrgica (selección 2024)

Plataforma	Fabricante	Modalidad RV	Especialidades/ Procedimientos	Validación
LapSim®	Surgical Science	No inmersiva	Cirugía lap., ginecología, urología	Constructo, concurrente, predictiva
LapMentor®	3D Systems	No/semi-inm.	Laparoscopia básica y avanzada	Constructo, concurrente
Da Vinci Skills Sim.®	Intuitive Surgical	Semi-inmersiva	Cirugía robótica Da Vinci	Constructo, face, contenido
Osso VR®	Osso VR Inc.	Completamente inm.	Ortopedia, cirugía vascular	Constructo
Fundamental VR®	Oxford Medical	Completamente inm.	Laparoscopia, cirugía general	En evaluación
Touch Surgery Enterprise®	Medtronic	No inmersiva (móvil)	Múltiples especialidades	Constructo, face
GI Mentor II®	Surgical Science	No inmersiva	Endoscopia digestiva alta y baja	Constructo, predictiva
HoloAnatomy®	Case Western Res. U.	Realidad mixta (HoloLens)	Anatomía quirúrgica interactiva	Face, contenido

Inm.: inmersiva. Fuente: revisión bibliográfica y catálogos de fabricantes actualizados 2024.

■ FIGURA 4



Marco de diseño educativo con tecnología: ciclo de aprendizaje centrado en el residente quirúrgico
Adaptada de Fried et al.2.

TABLA 5

Hoja de ruta de implementación de RV en programas de residencia quirúrgica

Horizonte	Acciones prioritarias	Responsables	Indicador de logro
1-2 años	Implementar EPAs; mapear plataformas disponibles; desarrollar currículo de alfabetización digital; establecer consorcio de supervisión	ABS, ACS, programas de residencia	% programas con módulo RV integrado
3-5 años	Evaluar impacto de EPAs; madurar integración de bases de datos; establecer protocolos de transición a práctica independiente basados en evidencia	ACS, ACGME, ABS, centros académicos	Correlación métricas RV/ resultados clínicos
5-10 años	Escalar telementoring nacional; integrar IA generativa; desarrollar metaverso quirúrgico educativo; estandarización internacional	Organismos internacionales, industria, sociedades quirúrgicas	Reducción demostrada de complicaciones atribuible a formación

Adaptada de referencia1. EPAs: Entrustable Professional Activities. ABS: American Board of Surgery.

- *Nivel 2* - Recursos intermedios: simuladores de laparoscopia y endoscopia de complejidad moderada (LapSim®, GI Mentor®). Sistemas de pacientes estandarizados para habilidades comunicacionales. Plataformas de evaluación de video quirúrgico. Modelos de impresión 3D.

- *Nivel 3* - Recursos avanzados: simuladores de alta fidelidad con retroalimentación háptica. Cascos de RV completamente inmersiva. Sistemas de análisis de video con inteligencia artificial (IA). Planificación quirúrgica en RV con modelos de paciente específico. La sostenibilidad financiera de este nivel requiere un análisis institucional específico de las fuentes de financiamiento disponibles[23].

Perspectiva argentina: realidades y propuestas

Diagnóstico situacional

El sistema de formación quirúrgica en la Argentina presenta una heterogeneidad sustancial. Los hospitales universitarios y grandes centros de referencia disponen de infraestructura, volumen quirúrgico y cuerpos docentes de alta calidad; los programas en hospitales de menor complejidad o en provincias de menor densidad poblacional enfrentan limitaciones significativas. La implementación de tecnologías de RV en el sistema de residencias argentino permanece fragmentaria y concentrada en un número reducido de centros[27].

Propuestas estratégicas

Sobre la base del análisis desarrollado y de las recomendaciones del BRC II, se proponen las siguientes líneas de acción:

1. Crear una Red Nacional de Centros de Simulación Quirúrgica de Referencia, articulada por la Asociación Argentina de Cirugía con apoyo del Ministerio de Salud, que garantice acceso a entrenamiento simulado de calidad a todos los programas de residencia del país.
2. Desarrollar un Currículo Nacional Basado en Competencias para la residencia en Cirugía General, que defina explícitamente las competencias esperadas, los estándares de desempeño y las herramientas de evaluación validadas para cada competencia[12,24,28].
3. Implementar un Programa Nacional de *Telementoring* Quirúrgico que conecte a residentes de hospitales provinciales con supervisores expertos en centros de referencia[20].
4. Incorporar la Alfabetización Digital como componente curricular obligatorio de los programas de residencia quirúrgica, incluyendo fundamentos de IA, análisis crítico de algoritmos y ética tecnológica[29-31].
5. Establecer mecanismos de Evaluación Objetiva del Desempeño Técnico mediante la implementación gradual de plataformas de análisis de video quirúrgico integradas en los portfolios de evaluación[32,33].
6. Promover la Investigación en Educación Quirúrgica mediante el financiamiento de estudios multicéntricos que evalúen el impacto de las intervenciones educativas basadas en RV sobre los resultados de los *trainees* y de los pacientes[34]. La metodología, los modelos de integración curricular y los aspectos éticos de la investigación clínica en residencias quirúrgicas se desarrollan en el capítulo sobre investigación en las residencias de cirugía.

Horizontes futuros: inteligencia artificial, metaverso y biomarcadores

Inteligencia artificial integrada en plataformas de RV

La integración de inteligencia artificial en los simuladores de RV quirúrgica está transforman-

do estas plataformas de sistemas de práctica pasiva en tutores activos. El panorama general de la IA en educación quirúrgica, sus fundamentos conceptuales y sus aplicaciones específicas se desarrollan en el capítulo sobre inteligencia artificial en la educación quirúrgica. Los sistemas de tutoría inteligente (Intelligent Tutoring Systems, ITS) adaptan en tiempo real el contenido y la dificultad de los escenarios en función del desempeño demostrado por el aprendiz[29,32]. La IA identifica las brechas de competencia individuales y diseña rutas de aprendizaje personalizadas que maximizan la eficiencia del tiempo de entrenamiento[32,33].

El metaverso quirúrgico

Las herramientas de telecomunicación evolucionarán gradualmente hacia escenarios de RV y RA en metaversos, creando nuevas posibilidades de colaboración y aprendizaje. El concepto de metaverso quirúrgico –un espacio virtual persistente donde cirujanos de diferentes partes del mundo pueden interactuar, colaborar en casos y recibir supervisión remota– está pasando de la ciencia ficción a la planificación institucional.

Biomarcadores del aprendizaje quirúrgico

Una frontera emergente es el uso de sensores biométricos –seguimiento ocular (eye tracking), análisis de expresión facial, monitorización de respuesta galvánica de la piel, análisis de movimientos con cámaras de profundidad– para inferir el estado cognitivo y emocional del cirujano durante el entrenamiento. Estos biomarcadores permitirían identificar cuándo un trainee está operando en el límite de su capacidad cognitiva, detectar el deterioro del desempeño por fatiga y personalizar los recorridos de entrenamiento en función de variables fisiológicas objetivas.

Conclusiones

La realidad virtual ha superado la fase de tecnología emergente para convertirse en un componente establecido y basado en evidencia de la educación quirúrgica contemporánea. La evidencia de nivel I demuestra que el preentrenamiento en simuladores de RV mejora el desempeño técnico, acorta las curvas de aprendizaje, reduce los errores intraoperatorios y se transfiere al quirófano real de manera significativa.

El marco de educación basada en competencias y las Actividades Profesionales Confiables (EPAs) proveen la arquitectura curricular en la que la RV puede desplegarse con máxima eficacia. La integración de análisis de video quirúrgico con inteligencia artificial, sistemas de tutoría inteligente y analítica de aprendizaje personalizada anuncia una nueva generación de plataformas educativas cuyo impacto formativo superará con creces al de las primeras generaciones de simuladores.

Para el sistema de formación quirúrgica argentino, la RV representa una oportunidad histórica de cerrar las brechas de equidad que el modelo de residencia tradicional ha perpetuado. Las propuestas articuladas en este capítulo –red nacional de simulación, *telementoring*, currículo basado en competencias, alfabetización digital– son técnicamente viables, financieramente accesibles en modalidad escalonada y pedagógicamente urgentes.

El cirujano del siglo XXI no es mejor que el del siglo XX porque opera con robots o planifica con realidad virtual; es mejor porque su formación ha sido más sistemática, más objetiva, más centrada en la demostración verificable de competencias y más sensible a las necesidades individuales de cada aprendiz[35,36]. Las tecnologías son el instrumento; la formación de cirujanos excelentes que brinden la mejor atención posible a sus pacientes es el fin que las justifica, honrando así la visión inaugural de Halsted[37] de producir no solo cirujanos, sino cirujanos del más alto tipo.

Referencias bibliográficas

1. Stain SC, Ellison EC, Farmer DL, et al. The Blue Ribbon Committee II Report and Recommendations on Surgical Education and Training in the United States: 2024. Ann Surg. 2024;280:535-46.
2. Fried GM, Varas J, Telem DA, et al. Opportunities and Applications of Educational Technologies in Surgical Education and Assessment. Ann Surg. 2025;281(1):34-9.
3. Ellison EC, Satin SC, Lillemoe KD. Introduction to the Contemporary Assessment and Recommendations to Enhance Surgical Education and Training: Reports of the Subcommittees of the Blue Ribbon Committee II. Ann Surg. 2025;281(1):1-2.
4. Debas HT, Bass BL, Brennan MF, et al. American Surgical Association Blue Ribbon Committee Report on Surgical Education: 2004. Ann Surg. 2005;241(1):1-8.
5. Flynn TC, Brennan MF, Ellison EC, et al. Blue Ribbon Committee I Review: Findings and Impact. Ann Surg. 2025;281(1):3-6.
6. Farmer DL, O'Connell PR, Pugh CM, et al. Surgical education. Ann Surg. 2023;278(4):642-6.
7. Nestel D, Dalrymple K, Paige JT, Aggarwal R. Advancing Surgical Education: Theory, Evidence and Practice. Singapore: Springer; 2021.
8. Ericsson KA. Deliberate practice and the acquisition and maintenance of expert performance in medicine and related domains. Acad Med. 2004;79(10 Suppl):S70-S81.
9. McGaghie WC, Issenberg SB, Cohen ER, et al. Does simulation-based medical education with deliberate practice yield better results than traditional clinical education? A meta-analytic comparative review of the evidence. Acad Med. 2011;86(6):706-11.
10. Brydges R, Boyd V, Tavares W, et al. Assumptions about competency-based medical education and the state of the underlying evidence: a critical narrative review. Acad Med. 2021;96(2):296-306.

11. Van Melle E, Frank J, Holmboe E, et al. A core components framework for evaluating implementation of competency-based medical education programs. Acad Med. 2019;94(7):1002-9.
12. Harris KA, Nousiainen MT, Reznick R. Competency-based resident education—the Canadian perspective. Surgery. 2020;167(4):681-4.
13. Brasel K, Lindeman B, Jones A, et al. Implementation of entrustable professional activities in general surgery. Ann Surg. 2023;278(4):578-86.
14. Schumacher D, West D, Schwartz A, et al. Longitudinal assessment of resident performance using entrustable professional activities. JAMA Open. 2020;3:e1919316.
15. Co M, Chiu S, Cheung HH. Extended reality in surgical education: a systematic review. Surgery. 2023;174(5):1175-83.
16. Dort J, Paige J, Qureshi A, et al. SAGES Reimagining Education & Learning (REAL) project. Surg Endosc. 2022;36(3):1699-708.
17. Mohamadipanah H, Perumalla CA, Kearse LE, et al. Do individual surgeon preferences affect procedural outcomes? Ann Surg. 2022;276(5):701-10.
18. Elster E, Bowyer M, Knudson M. Assessing clinical readiness: a paradigm shift in medical education. JAMA Surg. 2021;156(11):999-1000.
19. Andreatta P, Bowyer M, Ritter E, et al. Evidence-based surgical competency outcomes from the clinical readiness program. Ann Surg. 2023;277:e992-e999.
20. Reznick R, Harris K, Horsley T, et al. Task force report on artificial intelligence and emerging digital technologies. Royal College of Physicians and Surgeons of Canada. 2020:1-51.
21. Seymour NE, Gallagher AG, Roman SA, et al. Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study. Ann Surg. 2002;236(4):458-64.
22. Nagendran M, Gurusamy KS, Aggarwal R, et al. Virtual reality training for surgical trainees in laparoscopic surgery. Cochrane Database Syst Rev. 2013;[8]:CD006575.
23. Klingensmith ME, Minter RM, Fisher K, et al. Goals, Structure, and Financing of Surgical Residency Training: A Subcommittee Report of the Blue Ribbon Committee II. Ann Surg. 2025;281(1):21-5.
24. Mellinger JD, Brasel K, Elster E, et al. Key Issues in Surgical Residency Education: Recommendations of the Blue Ribbon II Committee Residency Education Subcommittee. Ann Surg. 2025;281(1): 16-20.
25. Damewood R, Michelassi F, Mansour A, et al. Blue Ribbon Committee II: Report of the Subcommittee on Faculty Development and Educational Support. Ann Surg. 2025;281(1):26-8.
26. Damschroder LJ, Aron DC, Keith RE, et al. Fostering implementation of health services research findings into practice: a consolidated framework for advancing implementation science. Implement Sci. 2009;4:50.
27. Johnson WR, Mainali BB, Chen X, et al. Recommendations of the Blue Ribbon Committee II: The Surgical Trainee Perspective. Ann Surg. 2025;281(1):40-5.
28. Nousiainen MT, Bardana D, Gofton W, et al. Creating a national competency-based curriculum for orthopedic surgery residency: the Canadian experience. JBJS Open Access. 2022;7:e21.00131.
29. Hashimoto DA, Rosman G, Rus D, et al. Artificial intelligence in surgery: promises and perils. Ann Surg. 2018;268(1):70-6.
30. Russell R, Novak Lovett L, Patel M, et al. Competencies for the use of artificial intelligence-based tools by health care professionals. Acad Med. 2023;98(3):348-56.
31. Beam AL, Drazen JM, Kohane IS, et al. Artificial intelligence in medicine. N Engl J Med. 2023;388(13):1220-1.
32. . Triola M, Burk-Rafel J. Precision medical education. Acad Med. 2023;98(7):775-81.
33. Burk-Rafel J, Sebok-Syer S, Santen S, et al. Trainee Attributable & Automatable Care Evaluations in Real-Time (TRACERs). Perspect Med Educ. 2023;12:149-59.
34. Hawn MT, Matthews JB, Bumgardner GL, et al. Roadmap for Research and Scholarship in General Surgery Residency Training. Ann Surg. 2025;281(1):29-33.
35. Conrad-Schnetz K, Prabhu A, Johnson WR, et al. Blue Ribbon Committee II: Work-Life Integration, Resilience, and Wellness. Ann Surg. 2025;281(1):11-5.
36. Alseidi AA, Craver HW, Dennis AJ, et al. Surgery and Surgical Training Before Graduate Medical Education: A Blue Ribbon Committee II Medical Student Education Subcommittee Report. Ann Surg. 2025;281(1):7-10.
37. Halsted WS. The training of the surgeon. Bull Johns Hopkins Hosp. 1904;15:267-75.

6. Evaluación en la educación del cirujano

Roberto Badra, Martín Palavecino

Sabe. Sabe cómo. Muestra cómo. Hace.

George E. Miller, "The Assessment of Clinical Skills/Competence/Performance" (1990)

RESUMEN

La evaluación constituye el eje central de la formación quirúrgica contemporánea. Su evolución desde modelos basados en el tiempo de exposición y el volumen de casos hacia sistemas centrados en competencias verificables representa uno de los cambios más profundos de la educación del cirujano del siglo XXI. Este capítulo analiza los fundamentos teóricos de la evaluación educativa quirúrgica, los instrumentos disponibles, la incorporación de las Actividades Profesionales Confiables (EPAs), el impacto de las tecnologías emergentes, el bienestar del residente como variable moduladora del desempeño y las recomendaciones del Blue Ribbon Committee II (BRC II) publicadas en enero de 2025. Se revisan, finalmente, las brechas persistentes en la formación de cirujanos a nivel global y se proponen líneas de acción para su implementación en programas latinoamericanos.

Palabras clave: *evaluación por competencias, Actividades Profesionales Confiables, educación quirúrgica, residencia quirúrgica, Blue Ribbon Committee, simulación, bienestar del residente.*

Introducción

Como se desarrolla en otros capítulos de esta obra –en particular en los dedicados a la historia de las residencias y a la simulación quirúrgica–, la formación quirúrgica del siglo XX se estructuró en torno al modelo halstediano: una combinación de conocimiento teórico y práctica clínica supervisada en la que la competencia se daba por descontada a partir del tiempo transcurrido en el programa y del número de procedimientos realizados. Durante más de un siglo, este supuesto implícito – la exposición prolongada produce, por sí sola, cirujanos competentes– sostuvo la arquitectura de la residencia. La evidencia acumulada en las últimas décadas demuestra, sin embargo, que la correlación entre exposición y competencia es débil y que el sistema vigente presenta fallas significativas en la verificación de habilidades antes de la graduación del residente[1,2].

En 2002, Haile Debas convocó el primer Blue Ribbon Committee (BRC I) en el seno de la American Surgical Association, con el mandato de analizar las fuerzas que impactaban sobre la práctica y la educación quirúrgica e identificar las transformaciones necesarias. Las recomendaciones del BRC I, publicadas en 2005, delinearon una agenda de reforma que, dos décadas después, solo ha sido parcialmente implementada[1]. En respuesta a la cumbre sobre reforma basada en competencias convocada por el American Board of Surgery (ABS) en septiembre de 2022, se constituyó en 2023 el BRC II, integrado por nueve subcomités temáticos y 67 expertos seleccionados por su trayectoria en educación quirúrgica[2].

Este capítulo sintetiza la actualidad con respecto a evaluación quirúrgica, integra los hallazgos del BRC II con la evidencia científica disponible y propone un marco conceptual aplicable a la realidad latinoamericana. Aborda sucesivamente los fundamentos teóricos de la evaluación por competencias, los instrumentos disponibles para cada dominio, el impacto de las transformaciones demográficas y tecnológicas, el lugar del bienestar del residente y las recomendaciones operativas para la transición a la práctica independiente.

Fundamentos teóricos de la evaluación en educación quirúrgica

La evaluación educativa quirúrgica se apoya en tres marcos conceptuales sucesivos y complementarios: la transición del paradigma tiempo-volumen al paradigma de competencias, la pirámide de Miller como organizador de los niveles de desempeño y las

Actividades Profesionales Confiables (o Entrustable Professional Activities, EPAs) como expresión operativa de la educación basada en competencias[3].

Del modelo tiempo-volumen al modelo basado en competencias

El modelo histórico de formación quirúrgica establecido por Halsted en el Johns Hopkins a principios del siglo XX descansaba sobre tres principios fundamentales: supervisión progresiva, responsabilidad escalonada y exposición prolongada. La residencia de Cirugía General adoptó este paradigma de forma casi universal y se definió por su duración –habitualmente cuatro o cinco años– y por un mínimo de casos operatorios. El supuesto central era que, transcurrido ese tiempo y superadas esas metas numéricas, el egresado sería competente para la práctica independiente.

Este paradigma entró en crisis por múltiples razones convergentes. La limitación de horas de trabajo instaurada por el Accreditation Council for Graduate Medical Education (ACGME) en 2003 y reforzada en 2011 redujo la exposición clínica sin establecer mecanismos de compensación educativa[4]. La subespecialización acelerada acortó la amplitud del entrenamiento. La evidencia de que alrededor del 80% de los residentes que terminaban su formación optaban por *fellowships* adicionales antes de ejercer de forma independiente reveló, además, una insatisfacción implícita con la preparación recibida[5].

La educación médica basada en competencias (*Competency-Based Medical Education*, CBME) surge como alternativa superadora. Su premisa central es que la conclusión del entrenamiento debe basarse en la demostración de competencias y no en el tiempo transcurrido en el programa. Esta perspectiva plantea una transformación profunda: de un sistema centrado en la enseñanza a un sistema centrado en el aprendizaje verificable.

La pirámide de Miller y su aplicación quirúrgica

El marco conceptual más influyente en evaluación educativa médica es la pirámide propuesta por George Miller en 1990, que define cuatro niveles jerárquicos de competencia: sabe (conocimiento declarativo), sabe cómo (razonamiento aplicado), muestra cómo (desempeño en condiciones controladas) y hace (desempeño auténtico en la práctica real)[6]. En cirugía, esta jerarquía adquiere una dimensión especialmente crítica: un residente puede demostrar conocimiento teórico óptimo sin poseer las habilidades técnicas necesarias para el desempeño quirúrgico seguro.

La evaluación quirúrgica debe abordar, en consecuencia, los cuatro niveles de la pirámide de manera integrada. Los dos niveles superiores –muestra cómo y hace– son los más relevantes para garantizar la seguridad del paciente y son, al mismo tiempo, los más difíciles de medir de manera objetiva y sistemática (Fig. 1).

Actividades Profesionales Confiables (EPAs)

El concepto de *Entrustable Professional Activity* (EPA), introducido por Olle Ten Cate en 2005, representa la integración operativa de la CBME en la práctica clínica[7]. Una EPA es una unidad de práctica profesional que un supervisor puede confiar a un aprendiz para que

■ **FIGURA 1**



Pirámide de Miller adaptada al modelo de Actividades Profesionales Confiables (EPAs) en educación quirúrgica. Los niveles superiores corresponden al desempeño auténtico evaluado mediante EPAs con distintos niveles de supervisión. adaptado de Miller GE[6] y ten Cate O[7,11]

la realice con determinado nivel de autonomía cuando demuestra suficiente competencia. Las EPAs no evalúan competencias aisladas sino actividades integradas y clínicamente significativas –por ejemplo, "realizar una apendicectomía laparoscópica" o "manejar una emergencia abdominal"–.

En julio de 2023, el American Board of Surgery (ABS) lanzó oficialmente el sistema de evaluación por EPAs para la residencia de Cirugía General, con la disposición de que todos los residentes que alcancen elegibilidad para el ABS a partir de 2028 deberán haber completado su formación bajo este esquema[8,9]. Cada EPA se evalúa en cinco niveles de supervisión, desde la supervisión estrecha con presencia directa del tutor hasta la práctica independiente con capacidad de supervisar a otros.

El BRC II señaló que la implementación de EPAs representa "una oportunidad sin precedentes para orientar el entrenamiento de forma simultáneamente centrada en el aprendiz y centrada en el paciente", ya que crea por primera vez una plataforma de responsabilidad que vincula directamente el proceso educativo con los resultados en salud[10].

El surgimiento de las EPAs respondió a una preocupación específica de la educación basada en competencias. Los marcos analíticos detallados –el CanMEDS canadiense, con más de 160 competencias y subcompetencias, o el modelo del ACGME, con seis dominios y cientos de hitos conductuales (*milestones*)– resultaron, en la práctica clínica diaria, difíciles de operativizar y de traducir en decisiones evaluativas frente al paciente. La crítica al exceso de fragmentación impulsó una propuesta sintética: en lugar de calificar competencias aisladas, evaluar las actividades clínicas reales que las integran y que el residente debe ser capaz de ejecutar de manera autónoma. En este enfoque, las competencias son descriptores del individuo –conocimientos, habilidades, actitudes, valores y hábitos– mientras que las EPAs son descriptores del trabajo: tareas profesionales que existen con independencia del aprendiz. Toda EPA articula simultáneamente varias competencias; la confección de una historia clínica quirúrgica, por ejemplo, integra comunicación con el paciente, razonamiento diagnóstico, conocimiento experto y juicio clínico de manera indisociable. Si el residente puede ejecutar la EPA sin supervisión, puede asumirse que posee las competencias subyacentes[11].

La decisión de confiar una EPA a un aprendiz no se reduce a constatar su capacidad técnica. La literatura identifica cuatro cualidades convergentes que sustentan una decisión de confianza educativamente válida: capacidad (conocimiento y habilidad para ejecutar la tarea), integridad (honestidad y benevolencia, en particular al informar incidentes o limitaciones), confiabilidad (consistencia y conciencia en el desempeño) y humildad (reconocimiento de los propios límites y disposición a pedir ayuda cuando se requiere). Esta concepción ampliada tiene consecuencias directas en la evaluación quirúrgica: un residente técnicamente diestro pero que oculta complicaciones, no consulta cuando debería hacerlo o sobreestima sistemáticamente su autonomía no debe ser certificado para práctica independiente, con independencia de su rendimiento técnico medible[11].

En la práctica conviven dos tipos de decisiones de confianza con funciones distintas. Las decisiones *ad hoc* ocurren cotidianamente: el cirujano supervisor evalúa el contexto del caso, el nivel del residente y el apoyo disponible, y decide cuánta supervisión otorgar en ese momento. Las decisiones sumativas, en cambio, son colectivas y formales: corresponden al comité de competencias del programa que, tras revisar múltiples observaciones longitudinales, certifica que un residente puede ejecutar una EPA con un nivel definido de supervisión. Este desplazamiento desde la valoración del observador único hacia el juicio agregado de un comité reduce el sesgo idiosincrásico y vincula explícitamente la decisión educativa con la seguridad del paciente. La pregunta que el supervisor formula cambia, por lo tanto, de naturaleza: deja de ser "¿Qué calificación merece este residente?" y pasa a ser "¿Confiaría este caso a este residente sin estar presente?". Adicionalmente, la confianza otorgada no es permanente: una EPA no practicada durante un período prolongado puede perder vigencia, lo que habilita el uso de las EPAs también como instrumento de mantenimiento de la certificación a lo largo de la vida profesional[11] (Fig. 2).

Instrumentos de evaluación en cirugía

La evaluación quirúrgica requiere instrumentos capaces de medir dominios múltiples y heterogéneos: conocimiento declarativo, razonamiento clínico, habilidades técnicas, trabajo en equipo, comunicación y conducta profesional. Ningún instrumento aislado resulta suficiente; la evaluación efectiva exige una estrategia multimodal y longitudinal (Tabla 1).

Evaluación del conocimiento

El *American Board of Surgery Qualifying Examination* (ABS-QE) ha constituido históricamente el estándar para la evaluación del conocimiento declarativo al final de la residencia. Datos recientes del BRC II muestran un incremento sostenido en la tasa de aprobación en los últimos años, lo que podría reflejar la mejora en la calidad del ambiente educativo y la disponibilidad del portal SCORE (*Surgical Council on Resident Education*), que provee un currículum nacional estructurado y continuamente actualizado[5,12].

El ABSITE (*American Board of Surgery In-Training Examination*), administrado anualmente durante la

■ FIGURA 2



Ciclo de evaluación mediante Actividades Profesionales Confiables (EPAs) en la residencia quirúrgica. El proceso integra la actividad clínica supervisada, la retroalimentación inmediata, el registro digital en portafolio y la revisión periódica por el comité de competencias[8,9,11]

■ TABLA 1

Principales instrumentos de evaluación en educación quirúrgica por dominio[6,12,14-17]

Dominio	Instrumento	Nivel (Miller)	Evidencia
Conocimiento	ABSITE/ABS-QE	Sabe	Alta
Conocimiento	SCORE (e-learning)	Sabe/Sabe cómo	Alta
Habilidades técnicas	OSATS	Muestra cómo/ Hace	Alta
Habilidades técnicas	GOALS/GEARS	Muestra cómo/ Hace	Alta
Habilidades técnicas	Video + IA	Hace	Moderada-Alta
Habilidades técnicas	Simulación + háptica	Muestra cómo	Alta
Competencias no técnicas	NOTSS	Hace	Moderada
Competencias no técnicas	Mini-CEX/DOPS	Muestra cómo/ Hace	Moderada
Compuesto (EPAs)	SIMPL OR App	Hace	Moderada-Alta
Actitudinal/ Profesional	Evaluación 360°	Hace	Moderada
Investigación	Portafolio académico	Sabe cómo/Hace	Limitada

residencia, cumple una función complementaria de diagnóstico y remediación. Su correlación con el desempeño en la práctica real es objeto de debate: si bien predice el rendimiento en los exámenes de certificación, su capacidad para anticipar la competencia clínica es limitada.

Evaluación de habilidades técnicas

La evaluación de habilidades técnicas en cirugía ha experimentado una transformación sustancial con la incorporación de la simulación, abordada en detalle en el capítulo correspondiente de esta obra. Los simuladores de alta fidelidad, los *task trainers* con tecnología háptica y los entornos de realidad virtual permiten la práctica repetida en un ambiente seguro y la medición objetiva de parámetros como tiempo operatorio, economía de movimientos, presión aplicada y número de errores[13].

Varias herramientas estandarizadas de evaluación técnica como el OSATS (*Objective Structured Assessment of Technical Skills*), el GEARS (*Global Evaluative Assessment of Robotic Skills*) para cirugía robótica y el GOALS (*Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills*) para cirugía laparoscópica permiten estandarizar la observación directa minimizando la subjetividad del evaluador. Estas escalas, habitualmente de tipo Likert con anclajes conductuales, han sido ampliamente validadas en distintos contextos.

La evaluación basada en video, impulsada con fuerza por el BRC II, representa un avance significativo. El análisis diferido de grabaciones quirúrgicas mediante algoritmos de inteligencia artificial o mediante evaluadores entrenados permite la valoración asincrónica y la retroalimentación detallada sin interferir con el flujo del quirófano. El BRC II recomendó el desarrollo de una plataforma nacional de evaluación de habilidades por video para uso tanto en el contexto del entrenamiento como en el de la certificación continua[10,14].

Evaluación de competencias no técnicas

Las competencias no técnicas –denominadas NTS por sus siglas en inglés, *Non-Technical Skills*– incluyen comunicación, liderazgo, trabajo en equipo, toma de decisiones situacional y manejo del estrés. La evidencia demuestra que la mayoría de los eventos adversos quirúrgicos involucran fallos en estas competencias, con frecuencia por encima de los errores estrictamente técnicos.

Instrumentos como el NOTSS (*Non-Technical Skills for Surgeons*), desarrollado en la Universidad de Aberdeen, proveen una taxonomía estructurada para la evaluación observacional de estas competencias en el quirófano. La integración de la evaluación de NTS en el portafolio EPA del residente quirúrgico es una necesidad reconocida explícitamente por el BRC II.

Evaluación en el lugar de trabajo

La evaluación en el lugar de trabajo o *workplace-based assessment* (WBA) reúne un conjunto de instrumentos observacionales aplicados durante la actividad clínica real del residente. A diferencia de las pruebas de conocimiento o de los entornos de simulación, estos instrumentos capturan el desempeño tal como ocurre en el quirófano, la sala o la guardia, y permiten integrar la evaluación de habilidades técnicas y no técnicas en un mismo encuentro. El *Mini Clinical Evaluation Exercise* (mini-CEX), desarrollado originalmente por el American Board of Internal Medicine, consiste en una observación estructurada de aproximadamente 15 a 20 minutos durante un encuentro clínico real –pase de sala, consulta, evaluación de un paciente nuevo– en el que un docente califica al residente en dimensiones como anamnesis, examen físico, juicio clínico, profesionalismo, comunicación y organización, seguida de una retroalimentación inmediata[15]. En cirugía, el mini-CEX resulta particularmente útil para evaluar interacciones perioperatorias, manejo de complicaciones en la sala y discusión de casos con el paciente y su familia. El *Direct Observation of Procedural Skills* (DOPS), su correlato para actividades procedimentales, califica el desempeño durante un procedimiento puntual –desde una colocación de vía central hasta un tiempo crítico de una cirugía– integrando aspectos técnicos (conocimiento del procedimiento, manejo del instrumental, asepsia) con aspectos no técnicos (comunicación con el equipo, manejo de imprevistos, conciencia situacional) y aportando, al igual que el mini-CEX, retroalimentación inmediata estructurada[16].

La evaluación 360° o *multi-source feedback* (MSF) recoge valoraciones simultáneas de múltiples observadores que interactúan con el residente desde distintas perspectivas: docentes, pares, residentes más jóvenes, personal de enfermería, instrumentadores y, en algunos modelos, pacientes y familias. Su valor radica en que detecta de forma sistemática competencias que un único evaluador difícilmente puede captar –profesionalismo cotidiano, trabajo en equipo, liderazgo en el quirófano, conducta bajo estrés– y reduce el sesgo idiosincrásico del evaluador único[17]. Numerosos programas de cirugía la incorporan como parte del proceso anual de evaluación o como insumo del comité de competencias.

Finalmente, el portafolio del residente constituye el instrumento integrador por excelencia: una compilación longitudinal de evidencias de competencia que reúne calificaciones de mini-CEX, DOPS, MSF, observaciones de EPAs, registros operatorios, reflexiones del propio aprendiz y devoluciones recibidas[18]. Su valor formativo –al obligar al residente a reflexionar sobre su propio desempeño– y sumativo –al proveer al comité de competencias una base documental amplia para sus decisiones de confianza–se ve potenciado por las plataformas digitales descriptas más adelante en la sección 5C, que automatizan la captura de observaciones y vinculan los datos educativos con los resultados clínicos. La integración de la actividad investigadora dentro de los portafolios de competencias y los modelos de evaluación de la producción científica del residente se desarrolla en el capítulo sobre investigación en las residencias de cirugía.

Contexto de la fuerza de trabajo quirúrgica y su impacto en la evaluación

El sistema de evaluación no puede analizarse en forma aislada del contexto más amplio de la fuerza de trabajo quirúrgica. Las tendencias demográficas, de género, diversidad y distribución geográfica tienen implicaciones directas sobre los estándares de selección, la accesibilidad a la evaluación y la equidad del proceso formativo.

Entre 2004 y 2024, el número de programas de Cirugía General en los Estados Unidos aumentó un 30%, y las plazas de primer año se incrementaron un 55%, pasando de 1044 a 1717[5]. Sin embargo, la proyección de la Association of American Medical Colleges anticipa un déficit de entre 10 100 y 19 900 especialistas

quirúrgicos para 2036[19], lo que evidencia que el ritmo de crecimiento es insuficiente para satisfacer las necesidades poblacionales.

Particularmente relevante para la evaluación es la dinámica de género: si en 2006 el 27% de los residentes de Cirugía General eran mujeres, en 2022-2023 esa proporción alcanzó el 47%, reflejando la tendencia general en la matrícula médica[5] (Fig. 3). Esta realidad impone la obligación de revisar los instrumentos y procesos de evaluación para detectar y eliminar sesgos implícitos de género que han sido documentados en la literatura[20]. Estudios recientes mostraron diferencias significativas en las calificaciones de EPAs según género del evaluador y del evaluado, incluso controlando por desempeño objetivo.

La diversidad racial y étnica en la residencia quirúrgica sigue siendo, en cambio, un déficit crítico. A pesar del incremento relativo en el número de mujeres, el BRC II informó que los progresos en la inclusión de minorías raciales y étnicas han sido mínimos[5]. Esta brecha tiene consecuencias directas sobre la equidad en la evaluación, dado que los sistemas de selección y promoción actuales perpetúan sesgos estructurales. El BRC II recomendó, en consecuencia, el diseño de instrumentos de evaluación objetivos, multidimensionales y con *benchmarks* estandarizados que reduzcan la dependencia de valoraciones subjetivas susceptibles de sesgo.

Tecnologías emergentes en la evaluación quirúrgica

La incorporación de tecnologías digitales –simulación avanzada, inteligencia artificial, plataformas de portafolio longitudinal– está modificando de manera sustancial la forma en que se mide y se documenta la competencia quirúrgica. Su potencial transformador es alto, pero su implementación requiere coordinación nacional, criterios éticos explícitos y una estrategia activa contra los sesgos algorítmicos.

Simulación y evaluación preclínica

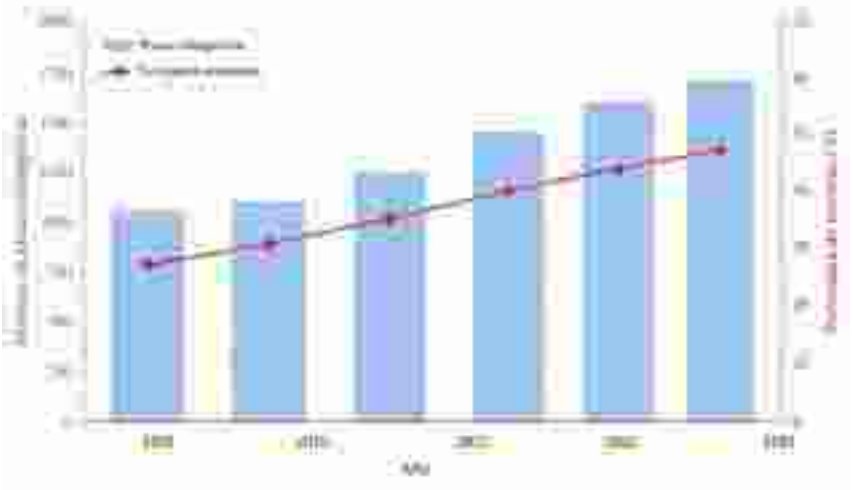
La simulación quirúrgica ha pasado de ser una herramienta complementaria a ocupar un papel central en la evaluación formativa y sumativa. Los laboratorios de simulación acreditados por el American College of Surgeons proveen entornos estandarizados para la adquisición y evaluación de habilidades en condiciones reproducibles. La evidencia demuestra que el entrenamiento en simulación, especialmente cuando se utiliza el modelo de dominio de la tarea (*mastery learning*), se traduce en mejoras objetivas del desempeño quirúrgico real[13].

La integración de sensores de movimiento, retroalimentación háptica y electromiografía en los simuladores modernos permite capturar variables objetivas de la técnica quirúrgica con alta precisión, lo que abre la puerta a la evaluación basada en datos de rendimiento (*performance-based assessment*) en lugar de la observación subjetiva tradicional.

Inteligencia artificial y analítica educativa

La inteligencia artificial (IA) está transformando la evaluación educativa quirúrgica en múltiples dimensiones. El panorama general de la IA en educación quirúrgica, sus fundamentos conceptuales y sus aplicaciones específicas se desarrollan en el capítulo dedicado a inteligencia artificial en la educación quirúrgica, mientras que las plataformas de realidad virtual y su evidencia de transferencia al quirófano se presentan en

■ FIGURA 3



Evolución del número de plazas de residencia en Cirugía General y porcentaje de mujeres residentes en Estados Unidos (2004-2023)[5,19].

el capítulo sobre realidad virtual en la educación quirúrgica. En el ámbito del análisis de video, algoritmos de visión por computadora permiten la segmentación automática de pasos quirúrgicos, la identificación de acciones críticas y la detección de errores técnicos con precisión comparable a la de evaluadores expertos[21]. En el ámbito del aprendizaje adaptativo, plataformas basadas en IA pueden analizar el patrón de interacción del residente con contenidos curriculares para identificar brechas de conocimiento y generar planes de estudio personalizados.

El BRC II dedicó un subcomité específico a tecnología educativa y evaluación, cuya recomendación de mayor consenso (93% en ronda Delphi) fue la creación de un Consejo Educativo Quirúrgico Multidisciplinario (Cross-Organizational Education Council) que coordine la implementación, estandarización y evaluación de tecnologías educativas a escala nacional, para evitar la fragmentación e incoherencia de iniciativas aisladas[10] (Fig. 4).

Plataformas digitales y portafolio longitudinal

La consolidación de portafolios digitales de competencias representa uno de los avances más prometedores en evaluación longitudinal. Plataformas como SIMPL OR® App permiten registrar observaciones directas en el quirófano inmediatamente después de la cirugía, con retroalimentación estructurada y datos vinculables a resultados clínicos. El BRC II subrayó la necesidad de integrar estas plataformas con bases de datos nacionales –el NSQIP (*National Surgical Quality Improvement Program*), EQIP, ACGME, ABS– para correlacionar métricas educativas con *outcomes* (resultados) de los pacientes.

La transición hacia una evaluación basada en datos integrados tiene implicaciones críticas para la privacidad, la validez psicométrica y la equidad: los algoritmos entrenados con datos históricos pueden perpetuar los mismos sesgos del sistema que buscan corregir. El BRC II propuso, por ello, el desarrollo de una hoja de ruta ética para la colaboración con la industria tecnológica, que asegure transparencia, privacidad y eliminación activa de sesgos en los sistemas automatizados de evaluación (Tabla 2).

Bienestar del residente, cultura del programa y evaluación

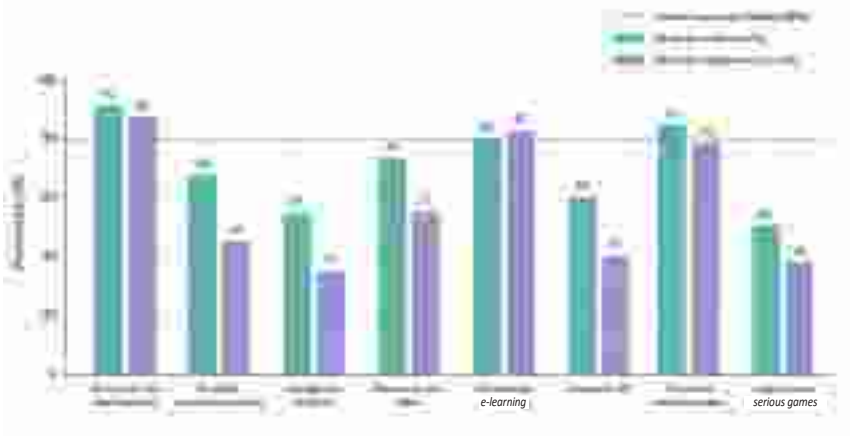
La evaluación no puede desvincularse del contexto humano en el que se produce. El bienestar del residente quirúrgico es una variable moduladora crítica del aprendizaje y del desempeño evaluado: un residente

■ TABLA 2

Marco para el diseño de tecnologías de evaluación educativa quirúrgica propuesto por el BRC II (2025)[14]

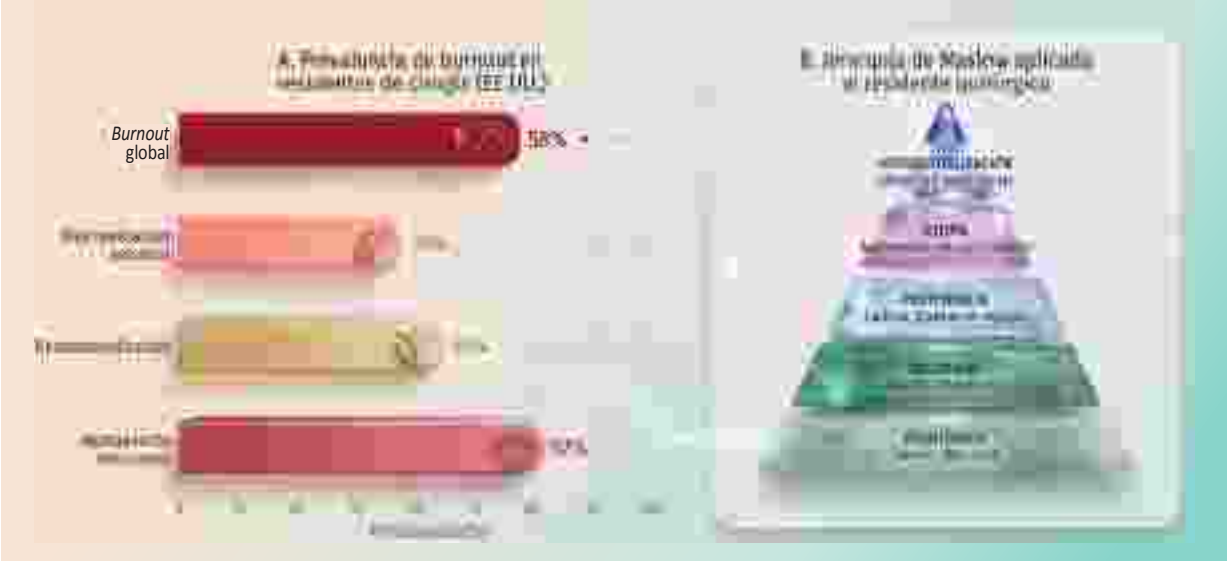
Fase	Objetivo	Herramientas y métodos
Evaluación inicial	Medir nivel de desempeño basal	Algoritmos de IA, sensores, *tracking*
Identificación de brechas	Detectar déficit de conocimiento o técnica	*Machine learning*, análisis de portafolio
Programa personalizado	Adaptar estrategias de aprendizaje	Plataformas adaptativas, IA analítica
Entrenamiento simulado	Adquisición de habilidades sin riesgo	Simuladores de alta fidelidad, RV/RA, juegos serios
Práctica clínica	Aplicación en entorno real	Telemedicina, *coaching* por video, EPAs
Retroalimentación continua	Monitorizar progreso en tiempo real	Sensores vestibles, IA evaluativa, *dashboards*
Revisión y ajuste	Optimizar la estrategia educativa	Analytics, ML, correlación con NSQIP y *outcomes*
Desarrollo profesional	Garantizar aprendizaje a lo largo de la vida	Plataformas *e-learning*, certificación continua

■ FIGURA 4



Tecnologías educativas en cirugía: nivel de evidencia científica frente a grado de implementación actual en programas de residencia. La línea discontinua indica el umbral del 80%[10].

■ FIGURA 5



A: prevalencia estimada de los componentes del *burnout* en residentes de Cirugía General de Estados Unidos[22]. B: jerarquía de Maslow aplicada al residente quirúrgico, modelo conceptual del BRC II *Work-Life Integration Subcommittee*[24,25]

con *burnout*, bajo estrés crónico o inmerso en un ambiente tóxico no puede manifestar su potencial real de competencia, con independencia de la sofisticación del instrumento de evaluación utilizado.

En los Estados Unidos, una encuesta nacional sobre residentes de Cirugía General estimó que el 69% cumplía criterios de *burnout* en al menos una dimensión, lo que confirma la magnitud del problema en este grupo profesional[22] (Fig. 5). En la Argentina, entre los residentes de cirugía, la prevalencia del síndrome de *burnout* completo fue del 42,1%, uno de los valores más altos observados y comparable al de quienes trabajaban en ambientes percibidos como desagradables (49,3%). Un análisis por dimensiones mostró un compromiso especialmente marcado en los siguientes componentes:

- Agotamiento emocional: 94,4%, el valor más alto de toda la muestra.
- Despersonalización: 85,7%, también entre los niveles más elevados observados.
- Baja realización personal: 50%[23].

El modelo de Maslow aplicado a la residencia quirúrgica

El subcomité de *Work-Life Integration* del BRC II adoptó la jerarquía de necesidades de Maslow como marco para analizar los factores que impiden al residente quirúrgico alcanzar su pleno potencial[24,25]. Este enfoque reconoce que la satisfacción de necesidades fisiológicas (salario equitativo, descanso, alimentación), de seguridad (ambiente laboral seguro, políticas claras de licencia), de pertenencia (cultura inclusiva, trabajo en equipo, camaradería), de estima (autonomía, reconocimiento) y de autorrealización (identidad profesional, misión personal) constituye un continuo indisociable.

Las cuatro recomendaciones del subcomité que alcanzaron consenso Delphi superior al 80% fueron:

- Convocar un grupo nacional multidisciplinario para alcanzar una mejora equitativa y sostenible en los salarios de los residentes.
- Crear recomendaciones de mejores prácticas para fomentar una cultura de pertenencia en los programas quirúrgicos.
- Desarrollar un marco nacional de seguridad laboral para los residentes.
- Crear una vía justa para el informe del maltrato laboral[24].

Maltrato, discriminación y sesgos en la evaluación

El maltrato en la residencia quirúrgica constituye una amenaza directa tanto para el bienestar del residente como para la integridad del proceso evaluativo. El estudio de Hu y cols. (2019), realizado sobre una muestra nacional de residentes de Cirugía General en Estados Unidos, mostró que aproximadamente un tercio de los participantes refirió haber experimentado discriminación o abuso verbal durante su formación, con prevalencias adicionales del orden del 10-15% para acoso sexual y discriminación racial y con tasas marcadamente mayores entre mujeres y minorías[26]. Una proporción mayoritaria de los afectados no comunicó los episodios, principalmente por temor a represalias y por la percepción de que el maltrato era "normal" en la cultura quirúrgica.

Estos datos tienen implicaciones directas sobre la evaluación: cuando el residente experimenta un ambiente de trabajo hostil, la evaluación observacional directa por parte del agresor o de sus pares se convierte en un instrumento de perpetuación del sesgo y no en una medición objetiva del desempeño. La separación del evaluador respecto del ambiente evaluado –posibilitada por plataformas digitales como SIMPL OR– y la evaluación 360° con múltiples fuentes pueden mitigar este riesgo.

Evaluación en la educación médica de grado: selección y transición al posgrado

La evaluación en la educación quirúrgica comienza antes de la residencia. El proceso de selección de candidatos para los programas de posgrado es, quizás, el momento evaluativo de mayor impacto, dado que determina quiénes ingresan en la profesión. El BRC II identificó deficiencias graves en este proceso: subjetividad, falta de estandarización, sesgo implícito y dependencia excesiva de métricas cuantitativas (calificaciones, publicaciones) de dudosa relevancia para el desempeño clínico[27].

El subcomité de Educación del Estudiante de Medicina recomendó la creación de herramientas de selección válidas y reproducibles, con *benchmarks* estandarizados que incluyan habilidades técnicas, de comunicación, liderazgo y ética. Se recomienda revertir la tendencia actual a eliminar métricas objetivas del proceso de selección, sustituyéndolas por otras de mayor validez predictiva.

Las sub-*internships* o rotaciones de último año en cirugía son el punto de contacto más importante previo al posgrado. El BRC II recalcó la necesidad de estandarizar la evaluación durante estas rotaciones, garantizar el acceso equitativo –incluido el soporte económico para estudiantes de escuelas con menos recursos– y utilizarlas como oportunidad para la evaluación preclínica de habilidades técnicas mediante simulación[27,28].

Evaluación de la formación en investigación durante la residencia

La formación en investigación es un componente diferencial del cirujano académico, pero su evaluación carece de un marco común en la mayoría de los programas. El BRC II informó la inexistencia de estándares mínimos nacionales de competencia en investigación al término de la residencia[29].

El subcomité de Investigación del BRC II propuso un modelo de tres pistas: *Track* 1 (fundacional, para todos los residentes), *Track* 2 (flexible, con años dedicados de desarrollo académico) y *Track* 3 (cirujano-científico integrado, para candidatos con doble titulación o trayectoria investigadora previa). La evaluación en cada pista debe definirse mediante un currículum de investigación basado en CBME, con competencias específicas verificables: lectura crítica de la literatura, bioestadística aplicada, diseño de estudios y comunicación científica[29].

La evaluación de la formación en investigación no debería basarse en el número de publicaciones, dado que ese criterio desfavorece a los residentes de programas con menos recursos y perpetúa inequidades. El BRC II recomendó, en consecuencia, desligar explícitamente la competitividad para los *fellowships* de la exigencia de experiencia investigadora y enfocar la selección en competencias clínicas y de pensamiento crítico.

Evaluación del desempeño docente del cirujano formador

La calidad de la evaluación que recibe el residente quirúrgico depende directamente de la preparación del médico como docente. Sin embargo, la mayoría de los cirujanos que enseñan no han recibido formación sistemática en principios educativos, técnicas de retroalimentación o evaluación de competencias.

El subcomité de Desarrollo Docente del BRC II identificó tres grupos de docentes en la residencia quirúrgica: los directores de programa y supervisores primarios, los cirujanos activamente comprometidos con la educación formal y los cirujanos que enseñan de manera incidental dentro del modelo clásico de *apprenticeship* (aprendizaje). Cada grupo tiene necesidades de desarrollo docente diferenciadas[30].

Las recomendaciones del subcomité incluyeron:

- Establecer una fuerza de tarea multidisciplinaria para definir y validar un sistema de compensación a los cirujanos por su actividad docente.
- Definir el valor económico del residente para el sistema de salud.
- Colaborar para definir requerimientos mínimos de dotación docente en los programas.
- Desarrollar un currículum nacional de formación docente.
- Crear una herramienta de evaluación del desempeño docente[30].

La evaluación del desempeño docente es un área aún subdesarrollada. El ACGME ha publicado recientemente los *milestones* del educador clínico, que permiten la autoevaluación del médico como docente siguiendo la misma lógica de progreso de los *milestones* de los residentes[31]. La implementación de evaluaciones 360° del docente –que incluyan la perspectiva de residentes, pares y pacientes– es una necesidad urgente para garantizar la calidad del proceso evaluativo.

La evaluación en la transición a la práctica independiente

La transición del residente que egresa hacia la práctica independiente –o hacia el *fellowship*– constituye el momento evaluativo de mayor trascendencia en toda la trayectoria formativa y, al mismo tiempo, la fase más deficitaria en supervisión y seguimiento del sistema actual. El BRC II caracterizó esta transición como un "salto cuántico" de responsabilidad individual que ocurre sin una estructura formal de supervisión compartida[10].

La propuesta del BRC II consiste en transformar este modelo en uno de responsabilidad compartida entre el programa formador y el contexto receptor –hospital, grupo quirúrgico o *fellowship*–. Esta reforma implica tres elementos evaluativos:

- La atestación precisa de competencias adquiridas y brechas residuales al momento del egreso.
- La existencia de un mentor del contexto receptor que evalúe y guíe al cirujano novel durante los primeros años de práctica.
- La correlación de *outcomes* clínicos del egresado con los registros de su trayectoria formativa, cerrando el ciclo de retroalimentación del sistema educativo.

El concepto de promoción en el lugar (*promotion in place*) –por el cual un residente que alcanza todos los EPAs puede ser acreditado para práctica supervisada independiente dentro de su propia institución, liberando plazas y generando financiamiento– es una innovación que vincula directamente la evaluación por competencias con la sostenibilidad del sistema de GME[32].

Implicaciones para la educación quirúrgica latinoamericana

Los desafíos descriptos en este capítulo, aunque documentados principalmente en el contexto norteamericano, tienen una relevancia universal y, en muchos casos, aún más aguda en el contexto latinoamericano. La heterogeneidad de los programas de residencia en la región, la escasez de estándares nacionales e internacionales de evaluación quirúrgica, la limitación de recursos para implementar simulación y tecnologías educativas, y la persistencia de culturas programáticas que naturalizan el maltrato y la jerarquía tóxica constituyen obstáculos mayores.

Latinoamérica presenta, no obstante, oportunidades singulares: la existencia de sistemas públicos de salud que atienden grandes volúmenes de pacientes sin límite estricto de horas de trabajo, la rica diversidad epidemiológica y clínica, y la creciente presencia de líderes educativos quirúrgicos comprometidos con la reforma. El diseño de marcos de evaluación adaptados al contexto local, que incorporen los principios de la CBME y de las EPAs pero reconozcan las particularidades de cada sistema de salud, es una tarea urgente y factible.

Las siguientes líneas de acción se proponen, en consecuencia, para los programas de residencia quirúrgica latinoamericanos:

- Adoptar la pirámide de Miller como marco conceptual explícito de evaluación, con instrumentos estandarizados para cada nivel.
- Implementar un portafolio digital de competencias quirúrgicas accesible a evaluadores y evaluados, con herramientas de retroalimentación estructurada.
- Establecer laboratorios de simulación compartidos entre programas para optimizar el uso de recursos y garantizar estándares mínimos de evaluación técnica.
- Desarrollar un currículum regional de formación docente en educación quirúrgica, con énfasis en retroalimentación efectiva y evaluación de competencias.
- Crear mecanismos de denuncia y respuesta ante el maltrato en la residencia, con protección garantizada para el denunciante.
- Generar alianzas con sociedades científicas regionales y con el American College of Surgeons para la adaptación y validación de EPAs al contexto latinoamericano.
- Promover estudios multicéntricos regionales que correlacionen métricas educativas con resultados quirúrgicos de los pacientes.

Conclusiones

La evaluación en la educación quirúrgica se encuentra en un momento de transformación profunda. El tránsito desde modelos basados en tiempo y volumen hacia sistemas centrados en competencias verificables y orientados a resultados en pacientes no es solo una mejora técnica: es un cambio de paradigma que redefine la responsabilidad del sistema educativo ante la sociedad.

El Blue Ribbon Committee II ha provisto el mapa más comprehensivo y actualizado de las prioridades en educación quirúrgica, con recomendaciones basadas en consenso de expertos, fundamentación científica y la voz de los propios residentes. Sus hallazgos centrales en evaluación pueden sintetizarse en cinco ejes:

Las EPAs deben convertirse en el eje del sistema de evaluación formativa y sumativa en la residencia quirúrgica, vinculadas explícitamente a resultados de pacientes.

La tecnología educativa –en particular la inteligencia artificial, la simulación, la evaluación por video y los portafolios digitales– debe implementarse bajo la conducción de un organismo de coordinación nacional con criterios éticos y de equidad.

El bienestar del residente y la cultura del

programa son variables determinantes del aprendizaje y deben ser activamente monitorizadas y mejoradas como parte del sistema de evaluación institucional.

El proceso de selección al posgrado debe reformarse para ser objetivo, multidimensional y libre de sesgos, eliminando la dependencia de métricas poco predictivas del desempeño clínico.

La transición a la práctica independiente debe ser un proceso evaluativo compartido, mentorizado y orientado a *outcomes*, y no una entrega unilateral de responsabilidad.

La educación quirúrgica del siglo XXI tiene la oportunidad de formar cirujanos con un nivel de competencia documentado, verificado y transparente. La sociedad, los pacientes y las generaciones futuras de cirujanos merecen ese estándar.

Referencias bibliográficas

1. Debas HT, Bass BL, Brennan MF, et al. American Surgical Association Blue Ribbon Committee report on surgical education: 2004. Ann Surg. 2005;241(1):1-8.
2. Ellison EC, Stain SC, Lillemoe KD. Introduction to the contemporary assessment and recommendations to enhance surgical education and training. Ann Surg. 2025;281(1):1-2.
3. Nestel D, Dalrymple K, Paige JT, Aggarwal R, editors. Advancing surgical education: theory, evidence and practice. Singapore: Springer; 2021.
4. Awan M, Zagales I, McKenney M, et al. ACGME 2011 duty hours restrictions and their effects on surgical residency training and patient outcomes: a systematic review. J Surg Educ. 2021;78(6):e35-e46.
5. Flynn TC, Brennan MF, Ellison EC, et al. Blue Ribbon Committee I review: findings and impact. Ann Surg. 2025;281(1):3-6.
6. Miller GE. The assessment of clinical skills/competence/performance. Acad Med. 1990;65(9 Suppl):S63-S67.
7. Ten Cate O. Entrustability of professional activities and competency-based training. Med Educ. 2005;39(12):1176-7.
8. American Board of Surgery. Entrustable professional activities (EPAs) [Internet]. Philadelphia: ABS; 2023 [citado 2026 may 18]. Disponible en: https://www.absurgery.org/get-certified/epas/
9. Brasel K, Lindeman B, Jones A, et al. Implementation of entrustable professional activities in general surgery. Ann Surg. 2023;278(4):578-86.
10. Mellinger JD, Brasel K, Elster E, et al. Key issues in surgical residency education: recommendations of the Blue Ribbon II Committee Residency Education Subcommittee. Ann Surg. 2025;281(1):16-20.
11. Ten Cate O, Chen HC, Hoff RG, Peters H, Bok H, van der Schaaf M. Curriculum development for the workplace using Entrustable Professional Activities (EPAs): AMEE Guide No. 99. Med Teach. 2015;37(11):983-1002.
12. Surgical Council on Resident Education (SCORE). General surgery resident curriculum portal [Internet]. [citado 2026 may 18]. Disponible en: https://www.surgicalcore.org.
13. Seymour NE, Gallagher AG, Roman SA, et al. Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study. Ann Surg. 2002;236(4):458-64.
14. Fried GM, Varas J, Telem DA, et al. Opportunities and applications of educational technologies in surgical education and assessment. Ann Surg. 2025;281(1):34-9.
15. Norcini JJ, Blank LL, Duffy FD, Fortna GS. The mini-CEX: a method for assessing clinical skills. Ann Intern Med. 2003;138(6):476-81.
16. Wilkinson JR, Crossley JG, Wragg A, Tapia P, Yates J, Jolly B. Implementing workplace-based assessment across the medical specialties in the United Kingdom. Med Educ. 2008;42(4):364-73.
17. Lockyer J. Multisource feedback in the assessment of physician competencies. J Contin Educ Health Prof. 2003;23(1):4-12.
18. Driessen E, van Tartwijk J, van der Vleuten C, Wass V. Portfolios in medical education: why do they meet with mixed success? A systematic review. Med Educ. 2007;41(12):1224-33.
19. GlobalData Plc. The complexities of physician supply and demand: projections from 2021 to 2036. Washington, DC: AAMC; 2024.
20. Padilla E, Stahl C, Jung S, et al. Gender differences in entrustable professional activity evaluations of general surgery residents. Ann Surg. 2022;275(1):222-9.
21. Hashimoto DA, Rosman G, Rus D, et al. Artificial intelligence in surgery: promises and perils. Ann Surg. 2018;268(1):70-6.
22. Elmore LC, Jeffe DB, Jin L, et al. National survey of burnout among US general surgery residents. J Am Coll Surg. 2016;223(3):440-51.
23. Figari MF, Beskow AF. Síndrome de burnout en la práctica quirúrgica. Rev Argent Cirug [Internet]. 2024 [citado 2026 jun 1];116(Supl):169-226. Disponible en: https://revista.aac.org.ar/index.php/RevArgentCirug/article/view/690.
24. Conrad-Schnetz K, Prabhu A, Johnson WR, et al. Blue Ribbon Committee II reports of the subcommittees on the optimization of surgical education and training: work-life integration, resilience, and wellness. Ann Surg. 2025;281(1):11-5.
25. Maslow AH. A theory of human motivation. Psychol Rev. 1943;50(4):430-7.
26. Hu YY, Ellis RJ, Hewitt DB, et al. Discrimination, abuse, harassment, and burnout in surgical residency training. N Engl J Med. 2019;381(18):1741-52.
27. Alseidi AA, Craver HW, Dennis AJ, et al. Surgery and surgical training before graduate medical education: a Blue Ribbon Committee II, Medical Student Education Subcommittee report. Ann Surg. 2025;281(1):7-10.
28. Nehemiah A, Roberts SE, Fowler JC, et al. Enhancing inclusive excellence in the surgical workforce: the dos and don'ts of successful visiting student clerkship programs. Ann Surg. 2025;281(1):74-7.
29. Hawn MT, Matthews JB, Bumgardner GL, et al. Roadmap for research and scholarship in general surgery residency training: report of the Research Subcommittee of Blue Ribbon Committee II. Ann Surg. 2025;281(1):29-33.
30. Damewood R, Michelassi F, Mansour A, et al. Blue Ribbon Committee II faculty development: report of the Subcommittee on Faculty Development and Educational Support. Ann Surg. 2025;281(1):26-8.
31. Accreditation Council for Graduate Medical Education (ACGME). Program requirements for graduate medical education in general surgery [Internet]. Chicago: ACGME; 2023 [citado 2026 may 18]. Disponible en: https://www.acgme.org.
32. Klingensmith ME, Minter RM, Fisher K, et al. Goals, structure, and financing of surgical residency training: a subcommittee report of the Blue Ribbon Committee II. .Ann Surg. 2025;281(1):21-5.

7. Seguridad del paciente y educación quirúrgica en residencias de cirugía general

Agustín Dietrich, Martín Palavecino, Roberto Badra

No podemos cambiar la condición humana, pero sí podemos cambiar las condiciones bajo las cuales los humanos trabajan.

James Reason

RESUMEN

La seguridad del paciente constituye una dimensión inseparable de la educación quirúrgica contemporánea y uno de los indicadores más relevantes de calidad asistencial dentro de los sistemas sanitarios modernos. Desde la publicación del informe *To Err is Human* por el Institute of Medicine en 2000, la disciplina evolucionó desde modelos centrados en la responsabilidad individual hacia enfoques sistémicos que reconocen el papel determinante de los factores organizacionales, humanos y educativos en la génesis de los eventos adversos. Este capítulo analiza los marcos conceptuales fundamentales –modelo del queso suizo de Reason, Organizaciones de Alta Confiabilidad, factores humanos, *Just Culture* y seguridad psicológica–, la epidemiología y tipología de los errores quirúrgicos según etapa formativa, el papel diferencial de los hospitales universitarios, la integración de la educación basada en competencias y las recomendaciones del Blue Ribbon Committee II, el impacto de la simulación quirúrgica sobre la reducción de eventos adversos y la realidad argentina y latinoamericana de la seguridad del paciente en ámbitos formativos. Se revisan herramientas operativas –*Surgical Safety Checklist*, NSQIP, análisis de causa raíz, *Crisis Resource Management*– y se proponen líneas de acción para su implementación sostenible en residencias quirúrgicas de la región.

Palabras clave: *seguridad del paciente, educación quirúrgica, residencia quirúrgica, simulación clínica, cultura de seguridad.*

Introducción

La seguridad del paciente es hoy uno de los pilares de la medicina contemporánea y un indicador clave de calidad asistencial. Desde el informe *To Err is Human* del Institute of Medicine (2000), se reconoce que una proporción significativa de los eventos adversos es prevenible y responde a factores organizacionales, humanos y educativos más que individuales[1].

En cirugía, esta problemática es particularmente crítica por la complejidad técnica, la toma de decisiones bajo presión y el impacto inmediato de los errores intraoperatorios sobre la morbimortalidad. Diversos estudios muestran que una proporción sustancial de los eventos adversos hospitalarios ocurre en pacientes quirúrgicos y que muchos podrían prevenirse mediante supervisión, simulación y una cultura institucional de seguridad[2,3].

Durante gran parte del siglo XX, la formación quirúrgica se sustentó en modelos tradicionales de observación progresiva y experiencia acumulativa, pero las crecientes demandas de calidad y reducción de errores impulsaron una transición hacia sistemas centrados en competencias, evaluación objetiva y simulación[4]. En este marco, el Blue Ribbon Committee II (BRC II) –desarrollado por el American College of Surgeons, el American Board of Surgery y otras organizaciones– propuso una transformación integral de la educación quirúrgica, priorizando la seguridad del paciente, el bienestar del residente, la cultura institucional, las competencias no técnicas y la integración tecnológica[5,6].

El siguiente capítulo analiza la evolución del enfoque de seguridad en cirugía y los modelos de error, con énfasis en el impacto de los residentes en hospitales universitarios, la distribución de los errores según el momento formativo y las estrategias preventivas, destacando el aporte positivo de la educación por competencias y la simulación quirúrgica.

Seguridad del paciente: evolución histórica y marco conceptual

La seguridad del paciente evolucionó desde modelos centrados exclusivamente en el individuo hacia enfoques sistémicos y organizacionales orientados a comprender la complejidad de los eventos adversos dentro de los sistemas sanitarios modernos. Los distintos modelos conceptuales desarrollados durante las últimas décadas permitieron transformar la forma de analizar el error médico y diseñar estrategias preventivas más eficaces.

Modelo punitivo tradicional

Durante gran parte del siglo XX predominó un modelo centrado en la responsabilidad individual. Dentro de este paradigma, los errores médicos eran interpretados principalmente como consecuencia de negligencia, desatención o insuficiente capacidad técnica del profesional.

Este enfoque promovía respuestas institucionales basadas en la sanción, culpabilización y castigo individual. Aunque permitía identificar conductas claramente negligentes, presentaba importantes limitaciones para comprender la complejidad de los eventos adversos modernos.

Las principales críticas a este modelo incluyen su incapacidad para reconocer factores organizacionales, la generación de culturas defensivas y la tendencia a desalentar el informe de incidentes[1,7].

Modelo sistémico del error

A partir de las investigaciones provenientes de la aviación, la ingeniería industrial y la psicología organizacional comenzó a desarrollarse una visión sistémica de la seguridad del paciente[7,8].

Este enfoque propone que los eventos adversos rara vez dependen exclusivamente de una única falla humana. Por el contrario, suelen surgir como consecuencia de múltiples factores interrelacionados: problemas organizacionales, deficiencias de comunicación, limitaciones tecnológicas, fatiga, sobrecarga cognitiva y fallas de supervisión.

El modelo sistémico permitió desplazar el foco desde la culpabilización individual hacia el análisis de procesos y estructuras institucionales. A partir de este cambio conceptual comenzaron a desarrollarse protocolos de seguridad, sistemas de información y estrategias de mejora continua[1,7]. El Hospital Italiano de Buenos Aires ha implementado, a punto de partida de la acreditación por la Joint Commission International (JCI), un sistema de información anónimo de incidentes, que es direccionado automáticamente al Departamento de Calidad. Dicho departamento evalúa caso por caso y, de ser necesario (generalmente cuando se vulnera alguna de las metas internacionales de la JCI), se realiza un análisis de causa raíz para determinar el error y cómo modificar (de ser necesario) el proceso para que no se repita.

Modelo del queso suizo de James Reason

El modelo del "queso suizo" desarrollado por James Reason constituye probablemente el marco conceptual más influyente dentro de la seguridad del paciente contemporáneo[7,8](Fig. 1).

Según este modelo, los sistemas sanitarios poseen múltiples barreras defensivas destinadas a prevenir daños al paciente. Cada barrera presenta debilidades u "orificios" que representan vulnerabilidades potenciales. Cuando varias de estas fallas se alinean simultáneamente, las defensas institucionales se vuelven insuficientes y ocurre el evento adverso.

Reason diferenció además entre fallas activas y fallas latentes. Las fallas activas corresponden a errores cometidos directamente por operadores clínicos, mientras que las fallas latentes se relacionan con problemas organizacionales subyacentes, como protocolos inadecuados, déficit de personal o sistemas de supervisión deficientes.

Este modelo resultó particularmente útil para comprender eventos adversos complejos dentro de cirugía, anestesia y cuidados críticos.

High Reliability Organizations *(HRO)*

El concepto de *High Reliability Organizations* surgió a partir del estudio de industrias de alto riesgo como aviación, energía nuclear y control aéreo[9].

Las HRO son organizaciones capaces de mantener niveles extremadamente bajos de error a pesar de operar dentro de entornos altamente complejos y potencialmente peligrosos.

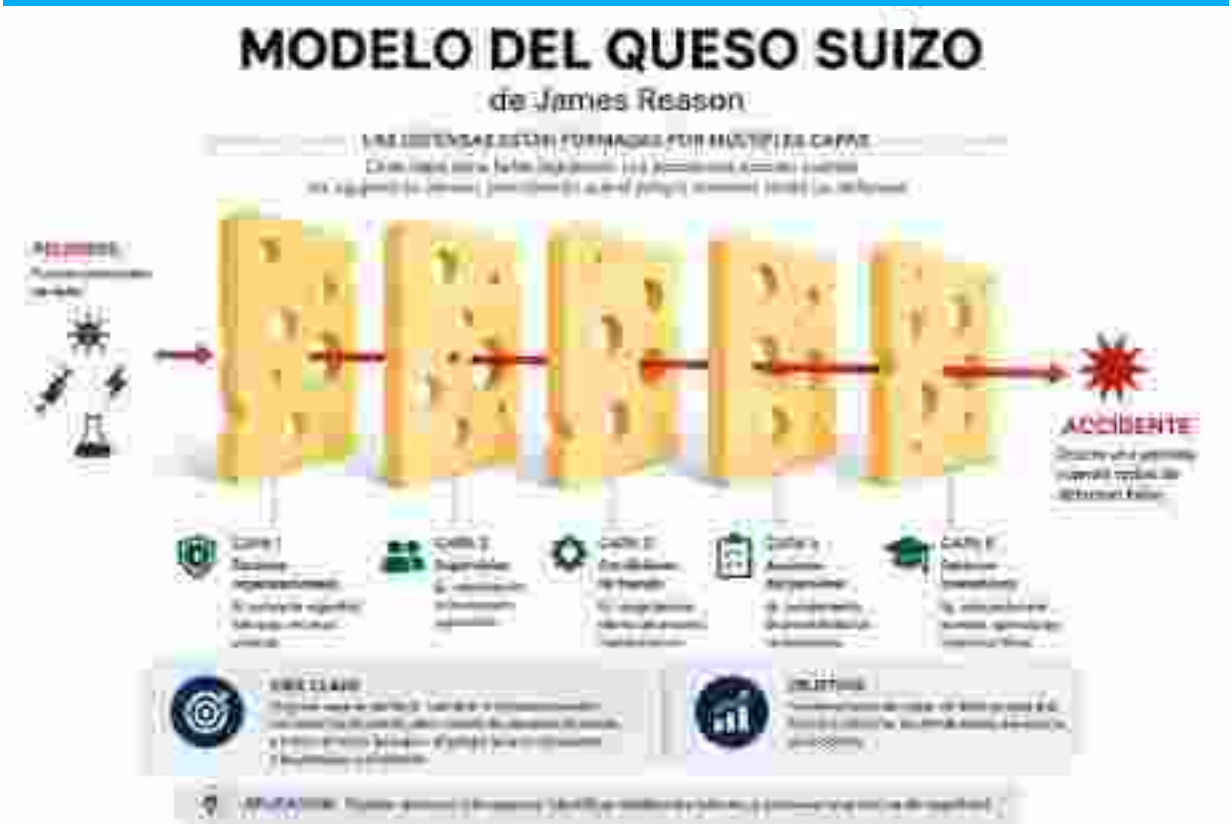
Sus características principales incluyen vigilancia permanente frente al error, comunicación abierta, cultura de aprendizaje continuo y capacidad de respuesta rápida ante eventos inesperados[9].

La adaptación de este modelo al ámbito sanitario impulsó el desarrollo de listas de verificación (*checklists*) quirúrgicas, protocolos de crisis y sistemas de simulación interdisciplinaria.

La traducción más exitosa de los principios de las HRO al ámbito quirúrgico fue la *Surgical Safety Checklist* desarrollada por la Organización Mundial de la Salud como parte del programa *Safe Surgery Saves Lives* en 2008. Se trata de una lista de verificación de 19 ítems estructurada en tres momentos –*sign-in* (antes de la inducción anestésica), *time-out* (antes de la incisión) y *sign-out* (antes de cerrar el quirófano)– diseñada para asegurar identificación correcta del paciente y sitio quirúrgico, profilaxis antibiótica adecuada, disponibilidad de hemoderivados y comunicación interdisciplinaria en momentos críticos[10,11](Fig. 2).

El estudio multicéntrico de Haynes y cols., publicado en el *New England Journal of Medicine* en 2009, evaluó la implementación de la *checklist* en ocho hospitales de países con distinto nivel de desarrollo y demostró una reducción del 36% en complicaciones mayores y del 47% en mortalidad operatoria. Estos resultados consolidaron a la herramienta como una de las intervenciones de mayor impacto poblacional en seguridad del paciente y motivaron su adopción por la Organización

■ FIGURA 1



Modelo del queso suizo de James Reason. Las distintas barreras defensivas del sistema sanitario (representadas como lonjas de queso) presentan fallas latentes y activas (los orificios); un evento adverso ocurre cuando estos orificios se alinean y permiten que el peligro atraviese todas las defensas

Panamericana de la Salud y por el Ministerio de Salud de la Nación en la Argentina. La utilización adecuada de la *checklist* exige, no obstante, una cultura institucional que evite su transformación en un trámite formal vacío de contenido: requiere participación activa de todos los miembros del equipo y disponibilidad de tiempo protegido durante cada fase del procedimiento[10-13].

Modelo de factores humanos

El modelo de factores humanos analiza cómo las capacidades y limitaciones cognitivas, físicas y emocionales de las personas interactúan con el entorno de trabajo[14].

Este enfoque estudia elementos como fatiga, estrés, sobrecarga cognitiva, interrupciones, ergonomía y comunicación interdisciplinaria.

Dentro de la cirugía, el análisis de factores humanos permitió comprender que muchos errores ocurren no por falta de conocimiento técnico sino por interacción compleja de personas, tecnología y ambiente operatorio[14,15].

El desarrollo del modelo NOTSS (*Non-Technical Skills for Surgeons*) surgió directamente de esta perspectiva (Fig. 3).

Just Culture

El modelo de *Just Culture* representa una evolución intermedia entre los enfoques exclusivamente punitivos y aquellos completamente libres de responsabilidad individual[16].

Este paradigma diferencia errores humanos involuntarios de conductas negligentes o imprudentes. El objetivo consiste en promover ambientes institucionales donde los profesionales puedan informar incidentes sin temor a represalias desproporcionadas, manteniendo simultáneamente estándares adecuados de responsabilidad profesional[16].

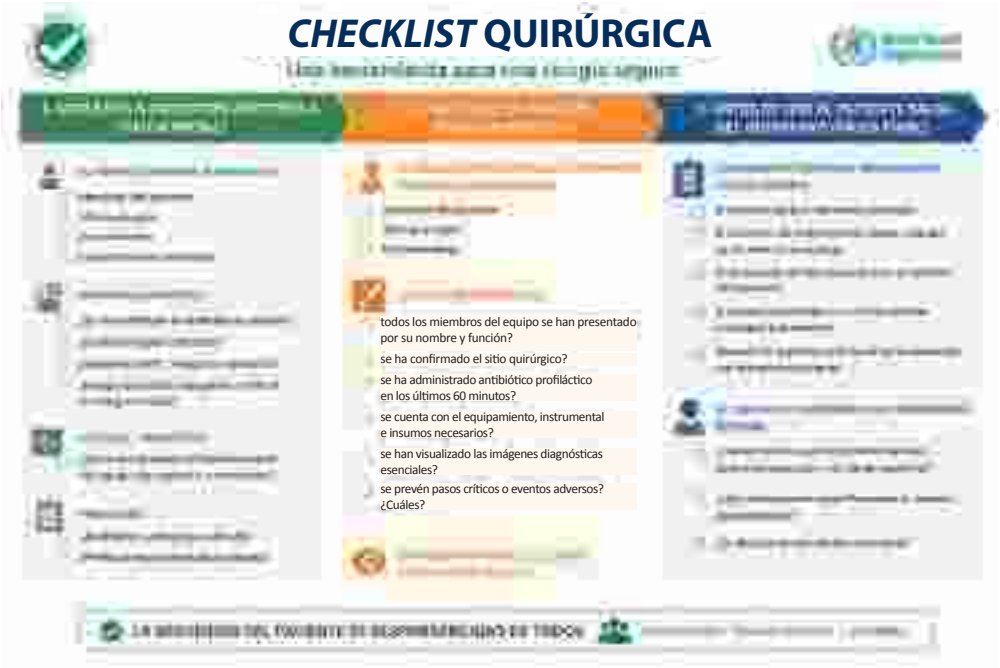
La *Just Culture* favorece aprendizaje organizacional, análisis sistémico y prevención futura de eventos adversos.

Seguridad psicológica

La seguridad psicológica constituye un concepto desarrollado principalmente por Amy Edmondson y posteriormente incorporado a la literatura sobre seguridad del paciente[17].

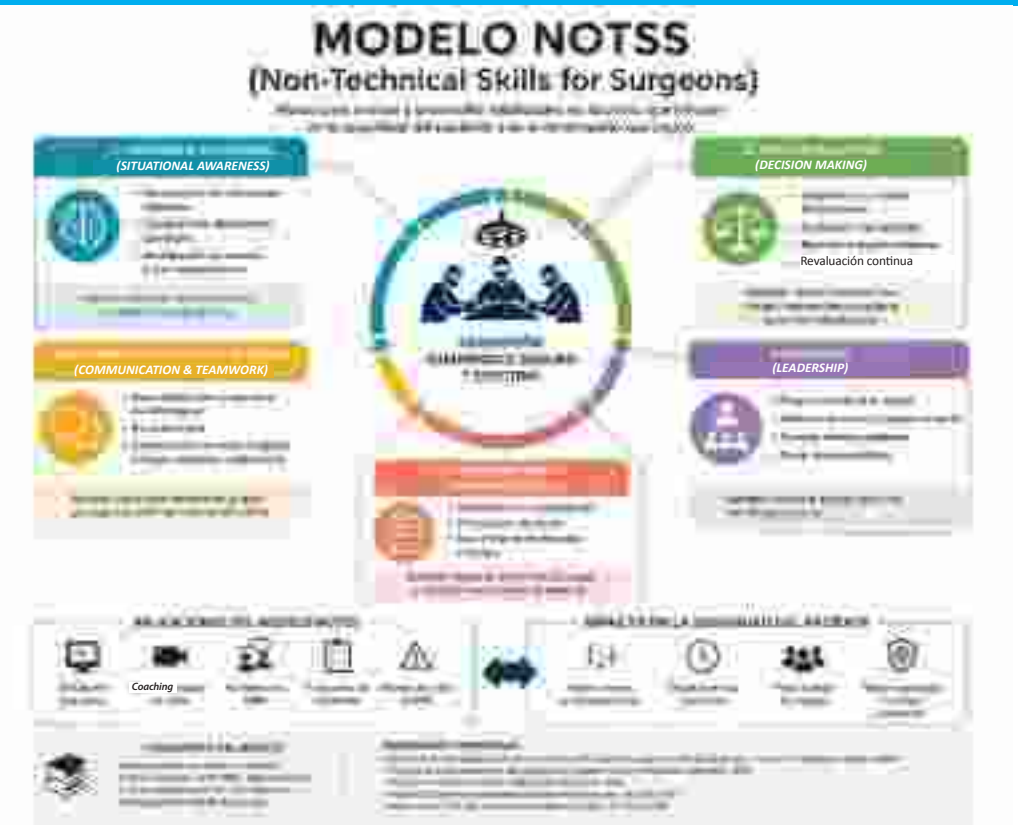
Se refiere a la percepción de que un integrante del equipo puede expresar dudas, reconocer errores

■ FIGURA 2



Lista de verificación de la seguridad de la cirugía (*Surgical Safety Checklist*) de la Organización Mundial de la Salud. Incluye tres fases de control –antes de la inducción anestésica (entrada), antes de la incisión cutánea (pausa quirúrgica) y antes de que el paciente abandone el quirófano (salida)– destinadas a reforzar la comunicación del equipo y prevenir eventos adversos prevenibles

■ FIGURA 3



Modelo NOTSS (*Non-Technical Skills for Surgeons*). Sistema de evaluación de las competencias no técnicas del cirujano, organizado en cuatro categorías –conciencia situacional, toma de decisiones, comunicación y trabajo en equipo, y liderazgo–, cada una con sus elementos y comportamientos observables que permiten estructurar la observación y el *feedback* en quirófano

o solicitar ayuda sin riesgo de humillación o castigo.

Diversos estudios demostraron que los equipos con mayor seguridad psicológica presentan mejor comunicación interdisciplinaria, mayor informe de incidentes y menor incidencia de eventos adversos[17](Tabla 1).

Epidemiología de los errores quirúrgicos

En cirugía, el estudio de Gawande y cols. sobre 15 000 internaciones en Colorado y Utah documentó que los eventos adversos ocurren en el 2,9% de las hospitalizaciones y que el 44,9% de los eventos adversos hospitalarios son de origen quirúrgico[3]; cifras de magnitud similar fueron informadas por la *Harvard Medical Practice Study*[2]. Múltiples investigaciones concluyeron, además, que una elevada proporción de estas complicaciones serían potencialmente prevenibles mediante intervenciones educativas, organizacionales y sistémicas.

La incidencia de eventos adversos quirúrgicos varía considerablemente según complejidad institucional, tipo de procedimiento, experiencia del equipo quirúrgico y perfil clínico de los pacientes. Las cirugías de urgencia, los procedimientos oncológicos complejos y las intervenciones cardiovasculares presentan tasas particularmente elevadas de complicaciones.

Entre los factores epidemiológicos asociados a incremento del riesgo quirúrgico se destacan:

- Complejidad técnica del procedimiento
- Duración operatoria prolongada
- Múltiples comorbilidades
- Urgencia quirúrgica
- Fatiga del equipo
- Interrupciones intraoperatorias
- Déficit de supervisión
- Sobrecarga cognitiva
- Problemas organizacionales

Varias estimaciones de la Organización Mundial de la Salud, basadas en datos globales, calculan que se realizan aproximadamente 234 millones de cirugías mayores al año en el mundo, con más de 7 millones de complicaciones perioperatorias y alrededor de un millón de muertes asociadas; aproximadamente la mitad de estas complicaciones serían potencialmente prevenibles mediante implementación de protocolos básicos de seguridad[10,11].

Otro aspecto epidemiológico particularmente relevante es la subnotificación de errores. Diversos estudios demostraron que los sistemas tradicionales de información capturan solamente una fracción de los eventos adversos reales. Las principales causas de subregistro incluyen temor a sanciones, culturas institucionales punitivas, falta de tiempo y ausencia de sistemas estructurados de información[1].

TABLA 1

Principales modelos conceptuales de seguridad del paciente

Modelo	Características principales	Aplicación en cirugía
Modelo punitivo tradicional	Responsabilidad centrada en el individuo	Escaso aprendizaje organizacional
Modelo sistémico	Errores multifactoriales	Desarrollo de barreras y protocolos
Modelo del queso suizo	Alineación de fallas	Prevención multifactorial
HRO	Vigilancia permanente	*Checklists* y simulación
Factores humanos	Interacción persona-sistema	NOTSS y ergonomía
Just Culture	Diferencia error y negligencia	Informe no punitivo
Seguridad psicológica	Comunicación abierta	Mejor trabajo en equipo

Existe una categoría especial de eventos quirúrgicos definida como never events o eventos centinela: complicaciones graves consideradas inaceptables porque no deberían ocurrir nunca en un sistema sanitario seguro. Esta lista, codificada por el National Quality Forum en Estados Unidos y adoptada con variantes por el National Health Service británico y por organismos sanitarios de otros países, incluye la cirugía en el sitio incorrecto, la cirugía en el paciente incorrecto, el procedimiento incorrecto, el cuerpo extraño retenido, la muerte intraoperatoria de un paciente ASA I por causa anestésica y la administración incorrecta de hemoderivados, entre otras. Cada uno de estos eventos exige análisis institucional formal e informe obligatorio; su frecuencia constituye un indicador de calidad sanitaria altamente sensible[18].

Desde el punto de vista formativo, la epidemiología de los errores quirúrgicos presenta características particulares dentro de hospitales universitarios. Los residentes participan activamente en procedimientos quirúrgicos complejos y desarrollan autonomía progresiva a lo largo de su entrenamiento. Esto genera patrones específicos de errores según etapa formativa.

Los residentes iniciales presentan mayor frecuencia de errores técnicos relacionados con coordinación motora, disección anatómica y reconocimiento espacial. En etapas más avanzadas predominan errores cognitivos, relacionados con toma de decisiones, liderazgo y manejo simultáneo de múltiples demandas clínicas.

Las reuniones de morbimortalidad y los sistemas institucionales de análisis de complicaciones permitieron comprender mejor la distribución epidemiológica de los eventos adversos quirúrgicos. Actualmente, muchos programas quirúrgicos utilizan análisis

prospectivos de riesgo, auditorías clínicas y revisión sistemática de resultados como herramientas centrales de seguridad.

La clasificación de los errores quirúrgicos posee enorme importancia conceptual y educativa, ya que permite comprender mecanismos fisiopatológicos, identificar factores de riesgo y diseñar estrategias preventivas específicas.

Errores técnicos

Los errores técnicos comprenden fallas de ejecución operatoria vinculadas con habilidades psicomotoras, disección anatómica, hemostasia y manipulación instrumental[19].

Entre los ejemplos más frecuentes se incluyen:

- Lesión vascular inadvertida
- Lesión de órganos vecinos
- Hemostasia insuficiente
- Errores de sutura
- Problemas de anastomosis
- Utilización incorrecta de instrumental

Este tipo de error predomina especialmente durante los primeros años de residencia, cuando el cirujano en formación aún no alcanzó automatización motora suficiente.

Errores cognitivos

Los errores cognitivos incluyen fallas relacionadas con razonamiento clínico, interpretación diagnóstica y toma de decisiones intraoperatorias[20].

Croskerry describió múltiples sesgos cognitivos capaces de interferir con el juicio clínico[20]:

- Anclaje diagnóstico
- Cierre prematuro
- Exceso de confianza
- Sesgo de confirmación
- Disponibilidad heurística

Dentro de cirugía, estos errores pueden manifestarse como indicaciones quirúrgicas incorrectas, demora diagnóstica, incapacidad para reconocer complicaciones o interpretación errónea de hallazgos intraoperatorios.

Errores de comunicación

Las fallas de comunicación representan una de las principales causas contribuyentes de eventos adversos quirúrgicos[21].

Diversos estudios demostraron que una proporción considerable de las complicaciones graves se relaciona con problemas de transferencia de información, coordinación interdisciplinaria o jerarquías excesivamente rígidas[21].

Entre los ejemplos más frecuentes se destacan:

- omisión de información relevante
- errores de lateralidad
- problemas durante el pase de guardia
- *checklist* incompleta
- fallas de coordinación entre cirugía, anestesia y enfermería

Errores sistémicos

Los errores sistémicos corresponden a problemas organizacionales y estructurales que favorecen la aparición de eventos adversos[7].

Incluyen:

- Déficit de personal
- Ausencia de protocolos
- Problemas logísticos
- Equipamiento insuficiente
- Fallas institucionales
- Sistemas de supervisión inadecuados

Errores latentes y errores activos

Como se desarrolló previamente, Reason diferenció errores activos –cometidos directamente por operadores clínicos, con consecuencias inmediatas sobre el paciente– de errores latentes, que permanecen ocultos dentro de la organización y se relacionan con problemas estructurales o decisiones institucionales previas.

Esta distinción es particularmente útil para el análisis de eventos adversos quirúrgicos: muchos de los incidentes que en superficie aparecen como fallas técnicas individuales tienen, al analizarse en profundidad, raíces organizacionales –protocolos inadecuados, sistemas de supervisión deficientes, déficit de personal–que el análisis sistémico permite identificar (Tabla 2).

Tipología de errores y relación con el proceso formativo

La relación entre tipo de error y etapa formativa constituye uno de los aspectos más relevantes de la seguridad del paciente dentro de los programas de residencia quirúrgica. Los errores cometidos por los residentes no presentan una distribución aleatoria, sino que se relacionan estrechamente con el nivel de experiencia, el grado de autonomía operatoria, la carga

TABLA 2

Clasificación de errores quirúrgicos

Tipo de error	Características	Ejemplos	Estrategias preventivas
Técnicos	Fallas de ejecución operatoria	Lesión vascular	Simulación y supervisión
Cognitivos	Problemas de juicio clínico	Indicación incorrecta	CTA y *debriefing*
Comunicación	Fallas de coordinación	*Checklist* omitido	NOTSS y *briefing*
Sistémicos	Problemas organizacionales	Ausencia de protocolos	Cultura institucional

cognitiva y las responsabilidades clínicas asumidas durante cada etapa del entrenamiento.

La comprensión de esta progresión posee enorme importancia educativa porque permite diseñar estrategias preventivas específicas, adaptar modelos de supervisión y desarrollar currículos orientados a las necesidades reales de cada nivel formativo.

Históricamente, la cirugía interpretó el error como consecuencia inevitable de la curva de aprendizaje. Los enfoques contemporáneos de seguridad del paciente proponen, en cambio, comprender estos eventos desde una perspectiva sistémica y educativa, y reconocen que la formación quirúrgica constituye un proceso progresivo donde los distintos tipos de errores reflejan diferentes etapas del desarrollo profesional[4].

Errores predominantes durante los primeros años de residencia

Los residentes de los primeros años (R1–R2) presentan principalmente errores relacionados con la ejecución técnica y adaptación inicial al entorno quirúrgico.

Durante esta etapa, el residente debe desarrollar simultáneamente:

- Reconocimiento anatómico
- Coordinación psicomotora
- Habilidades instrumentales
- Adaptación al ambiente operatorio
- Manejo inicial del estrés quirúrgico

Los errores técnicos representan el grupo predominante dentro de este período formativo.

Entre los errores más frecuentes se incluyen:

- Lesiones inadvertidas de estructuras anatómicas
- Dificultades de hemostasia
- Utilización incorrecta de instrumental
- Errores de sutura
- Problemas de exposición operatoria
- Dificultades relacionadas con la percepción espacial laparoscópica

La inexperiencia técnica genera, además, aumento significativo del tiempo operatorio y mayor dependencia de supervisión directa.

Otro aspecto importante durante esta etapa es la elevada carga emocional asociada al ingreso en el quirófano. La ansiedad operatoria, el temor al error y la presión jerárquica pueden afectar significativamente el desempeño técnico y cognitivo.

Diversos estudios demostraron que los residentes iniciales presentan también mayor susceptibilidad a interrupciones intraoperatorias y dificultades para mantener conciencia situacional durante procedimientos complejos[20]. A modo de ejemplo, el grado de participación que tienen los residentes de Cirugía General en el Hospital Italiano, está detallado en el Curriculum de la Residencia[22].

Errores durante etapas intermedias de formación

A medida que el residente progresa hacia etapas intermedias (R3–R4), disminuye progresivamente la frecuencia de errores puramente técnicos y adquieren mayor relevancia los errores cognitivos y de juicio clínico.

Durante esta etapa formativa, el residente desarrolla mayor autonomía operatoria y comienza a participar activamente en la toma de decisiones perioperatorias.

Los errores característicos de este período incluyen:

- Indicaciones quirúrgicas inadecuadas
- Interpretación errónea de estudios complementarios
- Dificultad para reconocer complicaciones tempranas
- Errores de priorización clínica
- Toma de decisiones bajo sobrecarga cognitiva

Croskerry describió cómo distintos sesgos cognitivos influyen sobre el razonamiento clínico durante escenarios complejos. Entre ellos se destacan el anclaje diagnóstico, el cierre prematuro y el exceso de confianza[20].

En etapas intermedias también comienzan a observarse errores relacionados con liderazgo y coordinación del equipo quirúrgico. El residente pasa progresivamente de ejecutar tareas específicas a coordinar múltiples procesos simultáneos dentro del entorno operatorio.

La transición entre dependencia y autonomía constituye uno de los períodos más críticos desde el punto de vista de seguridad del paciente. Diversos autores describieron este momento como una "zona de vulnerabilidad cognitiva", donde el residente posee suficiente experiencia para asumir responsabilidades

complejas, pero aún carece de experiencia consolidada frente a escenarios inesperados.

Errores durante los últimos años de residencia y transición a la práctica independiente

En los años finales de residencia y durante la transición hacia práctica independiente predominan errores relacionados con liderazgo, manejo organizacional y toma de decisiones complejas.

Los residentes avanzados suelen desempeñarse como coordinadores del equipo quirúrgico, supervisores de residentes menores y referentes clínicos durante guardias.

Entre los errores característicos de esta etapa se encuentran:

- Fallas de priorización clínica
- Problemas de comunicación interdisciplinaria
- Errores relacionados con delegación de tareas
- Retrasos diagnósticos
- Dificultades para manejar múltiples demandas simultáneas

La fatiga y el *burnout* adquieren además enorme relevancia durante este período. Diversos estudios demostraron que la privación de sueño deteriora significativamente el rendimiento cognitivo, velocidad de procesamiento y capacidad de toma de decisiones [23,24].

La transición hacia la práctica independiente representa otro momento particularmente vulnerable. Tradicionalmente, el residente operaba bajo supervisión hasta finalizar el programa y luego asumía autonomía completa de manera abrupta. El Blue Ribbon Committee II identificó esta transición como uno de los principales desafíos contemporáneos de la educación quirúrgica (Fig. 4). El comité propuso desarrollar sistemas progresivos de mentoría y acompañamiento durante los primeros años posteriores a la graduación[5,25].

Relación entre supervisión y tipo de error

El nivel de supervisión constituye uno de los factores más importantes relacionados con la aparición de errores durante la residencia.

La supervisión puede clasificarse en:

- Supervisión directa
- Supervisión indirecta
- Práctica autónoma supervisada

Durante los primeros años, la supervisión directa resulta fundamental para prevenir errores técnicos y facilitar la adquisición segura de habilidades básicas.

En etapas avanzadas, la supervisión debe orientarse más hacia razonamiento clínico, toma de decisiones y liderazgo.

■ **FIGURA 4**



Transición de la residencia a la práctica independiente. El paso del entorno supervisado de la residencia al ejercicio autónomo constituye un período de mayor vulnerabilidad, en el que la reducción progresiva de la supervisión, la asunción plena de responsabilidad y la carga cognitiva y emocional aumentan el riesgo de errores; la delegación progresiva de responsabilidades y los programas de mentoría buscan atenuar esta brecha

La evidencia contemporánea demuestra que los programas quirúrgicos con supervisión estructurada, retroalimentación continua y evaluación objetiva presentan menor incidencia de eventos adversos[26].

Factores institucionales asociados a errores durante la residencia

Los errores cometidos por residentes no dependen exclusivamente de las capacidades individuales. Diversos factores institucionales influyen significativamente sobre el riesgo de eventos adversos.

Entre los principales factores asociados se destacan:

- Exceso de carga laboral
- Fatiga acumulada
- Culturas jerárquicas rígidas
- Déficit de supervisión
- Interrupciones intraoperatorias
- Falta de simulación previa
- Ausencia de protocolos estructurados

La cultura institucional desempeña un papel particularmente importante. Los entornos que favorecen seguridad psicológica permiten que los residentes reconozcan incertidumbre clínica, soliciten ayuda y refieran errores tempranamente[17].

En contraste, las culturas excesivamente punitivas favorecen subnotificación de incidentes y conductas defensivas.

Estrategias preventivas según etapa formativa

La comprensión de la relación entre tipología del error y momento formativo permitió desarrollar estrategias preventivas específicas para cada nivel de residencia.

Entre las principales intervenciones actualmente utilizadas se destacan:

- Simulación quirúrgica temprana
- *Bootcamps* iniciales
- Entrenamiento basado en competencias
- *Video-feedback*
- *Coaching* quirúrgico
- Entrenamiento en factores humanos
- *Debriefing* estructurado
- Evaluación basada en EPAs

La simulación posee especial utilidad durante los primeros años, cuando permite disminuir errores técnicos antes del contacto con pacientes reales.

En etapas avanzadas adquieren mayor relevancia las estrategias orientadas a liderazgo, manejo de crisis, toma de decisiones complejas y coordinación interdisciplinaria (Tabla 3).

TABLA 3

Relación entre tipo de error y momento formativo

Nivel formativo	Errores predominantes	Factores asociados	Estrategias preventivas
R1–R2	Técnicos	Inexperiencia y ansiedad	Simulación y supervisión directa
R2–R3	Técnicos-cognitivos	Sobrecarga cognitiva	*Debriefing* y *coaching*
R3–R4	Cognitivos	Mayor autonomía	*Video-feedback* y EPAs
Jefatura	Organizacionales y liderazgo	Fatiga y coordinación	NOTSS y mentoría
Transición a práctica independiente	Decisiones complejas	Estrés profesional	Supervisión progresiva

Hospitales universitarios versus hospitales no docentes

La comparación entre hospitales universitarios y hospitales no docentes constituye uno de los temas más debatidos dentro de la literatura contemporánea sobre seguridad del paciente y resultados quirúrgicos. Históricamente existió preocupación con respecto al potencial impacto negativo que la participación de residentes podría generar sobre morbimortalidad, complicaciones y duración operatoria. La evidencia acumulada durante las últimas décadas demostró, no obstante, que la relación entre docencia y calidad asistencial es considerablemente más compleja.

Los hospitales universitarios poseen características estructurales particulares que los diferencian claramente de otras instituciones asistenciales. La coexistencia simultánea de asistencia, docencia e investigación genera una dinámica organizacional específica donde el análisis crítico, la supervisión continua y la discusión académica forman parte habitual de la práctica clínica.

Diversos estudios demostraron que los hospitales docentes concentran pacientes con patologías más complejas, procedimientos quirúrgicos avanzados y mayor proporción de cirugías de urgencia. Por este motivo, las comparaciones simples de mortalidad o complicaciones suelen resultar metodológicamente inadecuadas si no se ajustan correctamente por riesgo[27].

A pesar de esta mayor complejidad, múltiples investigaciones demostraron que los hospitales universitarios alcanzan resultados equivalentes o incluso superiores a los de instituciones no docentes cuando se consideran variables epidemiológicas y de gravedad clínica[27].

Los hospitales universitarios presentan además mayor frecuencia de:

▪ Revisión de videos quirúrgicos
▪ Auditorías clínicas
▪ Análisis prospectivos de riesgo
▪ Seguimiento longitudinal de resultados

Complejidad asistencial y perfil epidemiológico

Los hospitales universitarios funcionan frecuentemente como centros terciarios de derivación y referencia regional. Esto implica recepción de pacientes críticamente enfermos, patologías poco frecuentes y procedimientos técnicamente complejos.

La mayor disponibilidad de subespecialistas, unidades de cuidados críticos avanzadas y recursos diagnósticos complejos favorece el abordaje multidisciplinario de pacientes de alta complejidad.

Los centros académicos suelen concentrar, por su parte, programas de trasplante, cirugía oncológica compleja, cirugía hepatobiliopancreática y procedimientos cardiovasculares avanzados.

Esta realidad explica por qué numerosos estudios iniciales que mostraban mayor morbimortalidad en hospitales universitarios se encontraban influenciados por diferencias sustanciales de complejidad clínica[28].

Beneficios de la supervisión quirúrgica estructurada

La supervisión constituye probablemente uno de los principales mecanismos protectores presentes dentro de los hospitales universitarios.

En los programas quirúrgicos modernos, la progresión de autonomía ocurre de manera gradual y supervisada. Los residentes avanzan progresivamente desde la observación inicial hacia una participación operatoria compleja bajo distintos niveles de acompañamiento.

La supervisión puede clasificarse en:

▪ Supervisión directa presencial
▪ Supervisión indirecta inmediata
▪ Supervisión diferida

Durante los primeros años de residencia predomina la supervisión presencial estricta, orientada principalmente a prevenir errores técnicos y garantizar la adquisición segura de habilidades básicas.

En etapas avanzadas, la supervisión adquiere un perfil más cognitivo y organizacional, focalizado sobre toma de decisiones, priorización clínica y liderazgo quirúrgico.

La evidencia contemporánea demuestra que los programas con supervisión estructurada presentan:

▪ Menor incidencia de eventos adversos
▪ Reducción de complicaciones prevenibles
▪ Mayor adherencia a protocolos
▪ Mejores resultados operatorios

La presencia continua de cirujanos experimentados favorece además identificación temprana de complicaciones intraoperatorias y facilita la corrección inmediata de errores técnicos.

Otro aspecto relevante es la retroalimentación inmediata. Los hospitales universitarios suelen integrar mecanismos permanentes de *feedback* intraoperatorio y discusión posoperatoria que permiten transformar cada procedimiento en una oportunidad educativa.

Impacto de los ateneos de morbimortalidad

Los ateneos de morbimortalidad representan históricamente uno de los pilares educativos más importantes de la cirugía académica.

Originalmente desarrollados por William Halsted y luego incorporados sistemáticamente dentro de los programas de residencia quirúrgica, estos espacios permitieron institucionalizar el análisis crítico de complicaciones y resultados operatorios[29].

En sus primeras etapas, los ateneos se encontraban predominantemente orientados a revisión retrospectiva de errores individuales. Con el tiempo, la evolución conceptual de la seguridad del paciente transformó estas reuniones hacia modelos centrados en el aprendizaje sistémico y la mejora continua.

Actualmente, los ateneos modernos poseen múltiples funciones:

▪ Análisis estructurado de complicaciones
▪ Identificación de factores contribuyentes
▪ Revisión de procesos asistenciales
▪ Discusión interdisciplinaria
▪ Desarrollo de estrategias preventivas

Uno de los principales beneficios de estas reuniones es la generación de cultura institucional orientada al aprendizaje. La discusión abierta de complicaciones permite disminuir conductas defensivas y favorece el reconocimiento temprano de problemas sistémicos.

Diversos estudios demostraron que los programas con ateneos estructurados presentan mejor adherencia a protocolos institucionales y mayor capacidad para implementar cambios organizacionales derivados del análisis de complicaciones.

Los ateneos modernos suelen integrar metodologías formales de análisis de eventos adversos. El Análisis de Causa Raíz (*Root Cause Analysis*, RCA) constituye una herramienta retrospectiva que reconstruye sistemáticamente la cadena de factores –humanos, organizacionales, tecnológicos– que confluyeron en el evento, permitiendo identificar fallas latentes según el marco de Reason. De manera complementaria, el

Análisis Modal de Fallas y Efectos (*Failure Mode and Effects Analysis*, FMEA) opera en sentido prospectivo: anticipa puntos de vulnerabilidad de un proceso antes de que el evento ocurra y prioriza intervenciones preventivas. La adopción de ambas metodologías dentro de las residencias quirúrgicas ha permitido transformar la reunión de morbimortalidad en un espacio orientado a mejora de procesos más que a evaluación individual del cirujano[7].

Cultura académica y mejora continua

La cultura académica constituye otro de los elementos diferenciales más importantes de los hospitales universitarios.

La necesidad permanente de enseñar obliga a revisar críticamente indicaciones quirúrgicas, decisiones clínicas y resultados operatorios. Este proceso genera ambientes institucionales donde la práctica médica se encuentra sometida a evaluación continua.

Las actividades docentes, la investigación clínica y la participación en congresos científicos favorecen una actualización permanente y rápida incorporación de nuevas evidencias.

Asimismo, los hospitales universitarios suelen implementar con mayor rapidez:

- Protocolos de seguridad
- *Checklists* quirúrgicas
- Programas de simulación
- Estrategias de entrenamiento en factores humanos
- Sistemas institucionales de informe de errores

La integración entre asistencia, docencia e investigación favorece además la producción científica orientada específicamente a calidad asistencial y seguridad del paciente. La metodología, los modelos de integración curricular y los aspectos éticos de la investigación clínica en residencias quirúrgicas se desarrollan en el capítulo sobre investigación en las residencias de cirugía.

Una herramienta de particular relevancia en este ámbito es el *National Surgical Quality Improvement Program* (NSQIP) del American College of Surgeons, un programa de auditoría de calidad ajustada por riesgo que permite a las instituciones comparar sus tasas de complicaciones contra *benchmarks* nacionales. Su modelo de retroalimentación de datos y de revisión interdisciplinaria ha demostrado reducciones significativas en morbilidad y mortalidad posoperatoria en los hospitales participantes. En América Latina, programas equivalentes –impulsados por sociedades científicas regionales y por iniciativas nacionales de calidad–comienzan a consolidarse, aunque su penetración aún es heterogénea[28].

Limitaciones y desafíos de los hospitales universitarios

A pesar de sus múltiples fortalezas, los hospitales universitarios también presentan desafíos específicos.

La rotación constante de residentes puede dificultar la continuidad asistencial y la comunicación interdisciplinaria.

La fatiga relacionada con guardias prolongadas, el estrés académico y la autonomía progresiva constituyen, también, factores potencialmente asociados con un incremento de errores si no existe supervisión adecuada.

Otro desafío importante es el equilibrio entre aprendizaje y seguridad. Los residentes necesitan desarrollar autonomía operatoria progresiva, pero simultáneamente debe garantizarse máxima seguridad para los pacientes.

El Blue Ribbon Committee II identificó esta tensión como uno de los principales desafíos contemporáneos de la educación quirúrgica[5].

Hospitales no docentes: fortalezas y limitaciones

Los hospitales no docentes presentan ventajas particulares relacionadas con estabilidad de equipos quirúrgicos y menor rotación de personal.

La continuidad operatoria favorece el conocimiento profundo de dinámicas institucionales y puede mejorar la coordinación interdisciplinaria.

Múltiples estudios sugieren, en contraste, que estas instituciones poseen menor frecuencia de análisis estructurado de complicaciones, menor desarrollo de simulación y menor integración formal de programas educativos[30].

La ausencia de actividades académicas sistemáticas puede disminuir, además, las oportunidades de revisión crítica y actualización permanente (Tabla 4).

Educación basada en competencias y Blue Ribbon Committee II

El Blue Ribbon Committee II (BRC II) representó uno de los hitos más relevantes dentro de la evolución contemporánea de la educación quirúrgica. Desarrollado conjuntamente por el American College of Surgeons, el American Board of Surgery y múltiples organizaciones académicas norteamericanas, este comité surgió como respuesta a los profundos cambios epidemiológicos, tecnológicos y educativos que comenzaron a transformar la cirugía durante las últimas décadas[5,6].

A diferencia de modelos educativos tradicionales centrados predominantemente sobre volumen operatorio y tiempo de entrenamiento, el BRC II propuso

■ TABLA 4

Comparación entre hospitales universitarios y no docentes

Aspecto	Hospitales universitarios	Hospitales no docentes
Complejidad asistencial	Alta	Variable
Supervisión académica	Permanente y estructurada	Menor formalización
Ateneos de morbimortalidad	Frecuentes y estructurados	Variables
Simulación	Mayor desarrollo	Menor frecuencia
Investigación clínica	Intensa	Menor producción científica
Rotación de personal	Alta	Baja
Cultura académica	Permanente	Variable
Implementación de protocolos	Más temprana	Más heterogénea

una transformación integral orientada hacia seguridad del paciente, educación basada en competencias, bienestar profesional y calidad asistencial[5,25].

El comité identificó múltiples factores contemporáneos capaces de afectar negativamente tanto la formación de los residentes como la seguridad quirúrgica:

- Incremento de complejidad asistencial
- Reducción de horas laborales
- Expansión tecnológica acelerada
- Aumento de subespecialización
- *Burnout* (agotamiento) profesional
- Transición insegura hacia práctica independiente
- Necesidad de evaluación objetiva de competencias

El principal aporte conceptual del BRC II consistió en reconocer que la seguridad del paciente y la formación quirúrgica no representan objetivos opuestos, sino dimensiones profundamente interdependientes.

Educación basada en competencias y seguridad del paciente

Uno de los pilares fundamentales del BRC II fue la consolidación de modelos de *Competency-Based Medical Education* (CBME)[31,32].

Este enfoque propone que el avance del residente no dependa exclusivamente del tiempo transcurrido dentro del programa formativo sino de la demostración objetiva de competencias clínicas, técnicas y no técnicas.

El modelo tradicional basado en volumen quirúrgico presentaba importantes limitaciones desde el punto de vista de la seguridad del paciente. La simple exposición acumulativa a procedimientos no garantizaba adquisición homogénea de habilidades ni aseguraba capacidad para enfrentar escenarios complejos.

El BRC II propuso desarrollar sistemas de evaluación continua capaces de identificar tempranamente debilidades formativas y prevenir progresión insegura hacia niveles crecientes de autonomía.

Las E*ntrustable Professional Activities* o Actividades Profesionales Confiables (EPAs) adquirieron un papel central dentro de esta transformación. Las EPAs permiten dividir la práctica quirúrgica en actividades observables y evaluables, facilitando la progresión gradual y segura de autonomía operatoria[33,32].

Desde la perspectiva de la seguridad del paciente, este enfoque ofrece múltiples beneficios:

- Reducción de variabilidad formativa
- Supervisión adaptada al nivel real de competencia
- Identificación temprana de deficiencias técnicas
- Progresión estructurada hacia práctica independiente

Supervisión progresiva y autonomía segura

La progresión de autonomía constituye uno de los aspectos más complejos de la formación quirúrgica.

Tradicionalmente, los residentes avanzaban en forma progresiva hacia la independencia operatoria basándose principalmente en la percepción subjetiva de sus supervisores y el volumen acumulado de casos.

El BRC II identificó este modelo como potencialmente inseguro debido a la heterogeneidad significativa entre residentes y la ausencia de criterios objetivos estandarizados[26,32].

Como respuesta, el comité propuso sistemas de supervisión progresiva estructurada donde el nivel de autonomía dependa de evaluación objetiva de competencias y no exclusivamente del año de residencia.

La supervisión fue conceptualizada como un mecanismo central de seguridad del paciente.

Durante las primeras etapas formativas, la supervisión directa permite:

- Prevenir errores técnicos
- Detectar precozmente dificultades cognitivas
- Reducir complicaciones intraoperatorias
- Facilitar el aprendizaje seguro

En etapas avanzadas, la supervisión adquiere un perfil más orientado hacia liderazgo, toma de decisiones y manejo organizacional.

El comité enfatizó, además, que la autonomía progresiva no debe interpretarse como disminución de seguridad, sino como transición cuidadosamente planificada y evaluada.

Impacto sobre factores humanos y competencias no técnicas

Otro de los aportes fundamentales del BRC II fue reconocer el enorme impacto de las habilidades no técnicas sobre la seguridad quirúrgica.

Históricamente, gran parte de la educación quirúrgica se concentró predominantemente sobre entrenamiento técnico. Sin embargo, la evidencia contemporánea demostró que una proporción significativa de los eventos adversos graves se relaciona con:

- Fallas de comunicación
- Liderazgo inadecuado
- Pérdida de conciencia situacional
- Errores de toma de decisiones
- Problemas de coordinación interdisciplinaria

El comité propuso incorporar formalmente entrenamiento en factores humanos dentro de los currículos de residencia.

Modelos como NOTSS (*Non-Technical Skills for Surgeons*) comenzaron a integrarse progresivamente dentro de simulaciones quirúrgicas, *debriefings* y evaluaciones estructuradas[14,15].

El marco conceptual subyacente en la mayor parte de estas intervenciones es el *Crisis Resource Management* (CRM), originalmente desarrollado por la aviación comercial a partir de la década de 1980 y adaptado al ámbito médico –primero a la anestesiología por David Gaba– a finales de la misma década. El CRM organiza las competencias no técnicas en torno a la conciencia situacional, la comunicación de equipo, el manejo del estrés, la toma de decisiones y la utilización óptima de los recursos disponibles. Su valor en cirugía es particularmente relevante en escenarios de crisis intraoperatoria, donde la simulación interdisciplinaria con *debriefing* estructurado constituye actualmente el principal método de entrenamiento[34]. Como mencionamos previamente, el TeamSTEPPS® es una herramienta que entrena, mediante la simulación, la práctica de estas destrezas comunicacionales.

La incorporación de estas competencias posee impacto directo sobre seguridad del paciente porque mejora:

- Comunicación intraoperatoria
- Coordinación del equipo
- Reconocimiento temprano de complicaciones
- Capacidad de respuesta frente a crisis quirúrgicas
- Funcionamiento coordinado del equipo operatorio

La simulación interdisciplinaria adquirió enorme relevancia dentro de este contexto. Los escenarios de crisis permiten entrenar simultáneamente liderazgo, comunicación y toma de decisiones bajo presión, disminuyendo posteriormente la incidencia de errores reales dentro del quirófano.

Bienestar del residente y seguridad del paciente

El BRC II otorgó especial importancia al bienestar físico y psicológico de los residentes quirúrgicos.

Diversos estudios demostraron asociación directa entre *burnout*, privación de sueño, fatiga y aumento de errores médicos. El comité reconoció que la seguridad del paciente no puede analizarse aisladamente del estado emocional y cognitivo de los profesionales en formación[23,35].

Entre los principales factores asociados a *burnout* quirúrgico se destacan:

- Exceso de carga laboral
- Privación de sueño
- Presión académica
- Estrés financiero
- Culturas jerárquicas rígidas

El agotamiento profesional produce deterioro de:

- Atención sostenida
- Velocidad de procesamiento
- Memoria operativa
- Regulación emocional
- Capacidad de toma de decisiones

Como respuesta, el comité propuso desarrollar programas institucionales de bienestar orientados a:

- Prevención de *burnout*
- Apoyo psicológico
- Mentoría profesional
- Equilibrio entre formación y vida personal
- Desarrollo de culturas institucionales más saludables[35]

Seguridad psicológica y cultura institucional

La seguridad psicológica constituye otro concepto central incorporado por el BRC II.

Los entornos quirúrgicos tradicionales históricamente estuvieron caracterizados por estructuras jerárquicas rígidas donde reconocer errores o solicitar ayuda podía interpretarse como signo de debilidad.

El comité propuso transformar esta cultura hacia modelos orientados a aprendizaje, colaboración y comunicación abierta[17,35].

La seguridad psicológica permite que los residentes:

- Expresen dudas
- Informen errores
- Reconozcan incertidumbre
- Soliciten ayuda tempranamente

Diversos estudios demostraron que los equipos con mayor seguridad psicológica presentan:

- Menor incidencia de eventos adversos
- Mejor comunicación interdisciplinaria
- Mayor adherencia a protocolos
- Mejor capacidad de aprendizaje organizacional

Simulación y entrenamiento seguro

El BRC II también impulsó la expansión de la simulación quirúrgica como herramienta central de seguridad del paciente[36,5].

La simulación permite entrenar habilidades técnicas y no técnicas dentro de ambientes controlados libres de riesgo para pacientes reales.

El comité destacó particularmente:

- Simulación laparoscópica
- Simulación robótica
- Escenarios interdisciplinarios de crisis
- *Video-feedback*
- *Coaching* quirúrgico
- Entrenamiento basado en *Proficiency-Based Progression*.

La posibilidad de cometer errores y analizarlos dentro de ambientes simulados constituye uno de los principales mecanismos contemporáneos de prevención de eventos adversos.

Transición hacia práctica independiente

La transición entre residencia y práctica autónoma fue identificada por el BRC II como uno de los períodos de mayor vulnerabilidad para seguridad del paciente[25,37].

Tradicionalmente, el residente operaba bajo supervisión hasta finalizar el programa y después asumía la práctica independiente de manera abrupta.

El comité propuso modelos progresivos de transición donde los nuevos cirujanos reciban[25]:

- Mentoría estructurada
- Acompañamiento inicial
- Supervisión progresiva
- Evaluación continua durante los primeros años de práctica profesional

Esta estrategia busca reducir complicaciones asociadas al denominado “shock de transición” entre residencia y autonomía completa (Tabla 5).

Simulación quirúrgica y entrenamiento técnico

La simulación quirúrgica representa una de las transformaciones educativas más importantes de las últimas décadas y constituye actualmente una de las herramientas con mayor evidencia de impacto sobre seguridad del paciente[4,38,39]. Las modalidades, fundamentos teóricos, limitaciones y evidencia de transferencia al quirófano se desarrollan en detalle en el capítulo sobre simulación en la formación de cirujanos.

■ TABLA 5

Principales aportes del Blue Ribbon Committee II sobre seguridad del paciente

Área	Impacto sobre seguridad del paciente
CBME y EPAs	Evaluación objetiva y progresión segura
Supervisión progresiva	Reducción de errores técnicos y cognitivos
Factores humanos	Mejor comunicación y liderazgo
Bienestar del residente	Disminución de *burnout* y fatiga
Seguridad psicológica	Mayor informe de errores
Simulación	Entrenamiento libre de riesgo
Mentoría posresidencia	Transición segura a autonomía
Cultura institucional	Aprendizaje organizacional continuo

Realidad argentina y latinoamericana respecto de la seguridad del paciente en ámbitos formativos

La seguridad del paciente en la Argentina experimentó un crecimiento progresivo durante las últimas dos décadas, particularmente a partir de la incorporación de iniciativas institucionales relacionadas con calidad asistencial, simulación clínica y educación basada en competencias. El desarrollo de políticas y estructuras orientadas específicamente a la seguridad del paciente dentro de los ámbitos formativos continúa siendo heterogéneo entre distintas instituciones y regiones del país[13,12].

Los hospitales universitarios argentinos poseen históricamente una fuerte tradición docente y asistencial. Las residencias médicas constituyen el principal sistema de formación de especialistas y representan uno de los pilares organizacionales de numerosos hospitales públicos y privados. Durante muchos años, la seguridad del paciente no desempeñó un papel explícitamente central dentro de los programas formativos. La enseñanza se encontraba predominantemente orientada a adquisición de experiencia clínica y volumen asistencial, con menor desarrollo de estrategias estructuradas relacionadas con análisis de errores, factores humanos y cultura institucional.

En las últimas décadas comenzó a observarse una transformación progresiva impulsada por la influencia de organismos internacionales, sociedades científicas y programas académicos vinculados con calidad asistencial. El Ministerio de Salud de la Nación desarrolló manuales y programas orientados a la

seguridad del paciente y calidad en salud, incorporando progresivamente conceptos relacionados con prevención de eventos adversos, cultura de seguridad y mejora continua[13,40].

Uno de los principales avances observados en la Argentina fue el crecimiento de la simulación clínica como herramienta educativa vinculada directamente con la seguridad del paciente. Diversas universidades, hospitales universitarios y centros académicos comenzaron a desarrollar laboratorios de simulación destinados al entrenamiento técnico y no técnico de residentes[41,42].

Varias instituciones como el Hospital Italiano de Buenos Aires, el CEMIC (Centro de Educación Médica e Investigaciones Clínicas) y distintos hospitales universitarios nacionales incorporaron progresivamente programas de simulación laparoscópica, entrenamiento interdisciplinario y escenarios de crisis orientados a disminuir errores durante la curva de aprendizaje quirúrgica. Paralelamente, la Sociedad Argentina de Simulación en Ciencias de la Salud y Seguridad del Paciente (SASIM) comenzó a promover recomendaciones formativas y espacios de investigación vinculados con simulación y seguridad asistencial[42,41].

La provincia de Buenos Aires desarrolló además iniciativas institucionales recientes como la Red Provincial de Simulación y Seguridad del Paciente, orientada a fortalecer formación basada en simulación dentro de residencias y otros espacios educativos sanitarios. Esta estrategia reconoce explícitamente la relación entre simulación clínica, calidad asistencial y disminución de riesgos asociados al aprendizaje sobre pacientes reales[43].

A pesar de estos avances, persisten importantes desafíos estructurales. La realidad argentina presenta gran heterogeneidad entre instituciones en relación con:

- Acceso a simulación avanzada
- Disponibilidad de supervisión estructurada
- Desarrollo de programas de seguridad
- Cultura institucional
- Capacidad de análisis sistemático de eventos adversos

Muchos hospitales continúan enfrentando limitaciones relacionadas con infraestructura, recursos humanos y financiamiento educativo. Las cargas asistenciales elevadas, el déficit de personal y las condiciones laborales complejas pueden dificultar la implementación sostenida de programas orientados a seguridad del paciente.

Otro aspecto relevante es la persistencia de modelos jerárquicos tradicionales dentro de algunas residencias quirúrgicas. Estas estructuras pueden dificultar el desarrollo de seguridad psicológica, reconocimiento temprano de errores y comunicación interdisciplinaria efectiva. La transición desde culturas predominantemente punitivas hacia modelos orientados a aprendizaje organizacional continúa siendo uno de los principales desafíos contemporáneos.

Un dato local de particular relevancia proviene del Relato Oficial del 94.° Congreso Argentino de Cirugía (2024), elaborado por los Dres. Macelo Figari y Axel Beskow sobre una muestra de 872 profesionales argentinos que ejercen la cirugía. El estudio –que aplicó el *Maslach Burnout Inventory* en su versión validada para profesionales de la salud en Argentina– informó una prevalencia global del síndrome de *burnout* del 26,7%, con tasas significativamente mayores en residentes de cirugía (42,1%), profesionales menores de 42 años (41,1%) y mujeres (39,6%). Al analizar las dimensiones individuales del síndrome, las prevalencias fueron aún más elevadas: 69,3% de agotamiento emocional y 57% de despersonalización en la muestra global, ascendiendo en residentes a 94,4% y 85,7%, respectivamente [44].

Particularmente preocupante fue el dato sobre recursos institucionales: el 72,2% de los encuestados consideró que no existen recursos de seguridad y capacitación brindados por la institución donde trabaja, y solo el 6,2% conocía alguna experiencia institucional exitosa para el manejo del *burnout*[44]. Estos hallazgos confirman que el bienestar profesional y, por extensión, la seguridad del paciente constituyen áreas con una brecha de implementación significativa en el sistema sanitario argentino, y refuerzan la necesidad de políticas institucionales explícitas alineadas con las recomendaciones del BRC II.

Las reuniones de morbimortalidad continúan representando uno de los principales espacios de análisis crítico dentro de las residencias argentinas. Sin embargo, su estructura y profundidad varían considerablemente entre instituciones. En algunos centros académicos evolucionaron hacia modelos orientados a análisis sistémico y mejora continua, mientras que en otros persisten enfoques centrados predominantemente sobre responsabilidad individual.

La investigación argentina sobre seguridad del paciente en ámbitos formativos continúa siendo relativamente limitada en comparación con Norteamérica y Europa. Gran parte de la evidencia nacional proviene de experiencias institucionales aisladas, estudios descriptivos y programas locales de simulación. Esto resalta la necesidad de fortalecer la producción científica regional y desarrollar redes multicéntricas orientadas a investigación educativa y seguridad quirúrgica[45,39].

La integración de conceptos contemporáneos como *Competency-Based Medical Education* (CBME), E*ntrustable Professional Activities* (EPAs), factores humanos y entrenamiento interdisciplinario continúa desarrollándose progresivamente dentro de algunas residencias quirúrgicas argentinas. Su implementación, en cambio, aún no es homogénea en el ámbito nacional.

En este contexto, el principal desafío futuro para las residencias argentinas consiste en consolidar modelos formativos donde seguridad del paciente,

simulación, supervisión progresiva y cultura institucional orientada al aprendizaje se integren estructuralmente dentro del proceso educativo. La adaptación de recomendaciones internacionales –como las propuestas por el BRC II– a la realidad sanitaria argentina representa una oportunidad estratégica para fortalecer simultáneamente calidad asistencial y formación quirúrgica[5,12].

Experiencia del Hospital Italiano de Buenos Aires en seguridad del paciente

Supervisión directa e indirecta progresiva

El Hospital Italiano de Buenos Aires ha desarrollado un modelo formativo centrado en la seguridad del paciente y en la adquisición progresiva de autonomía quirúrgica. La supervisión de los residentes se organiza de manera escalonada según el nivel de formación, la complejidad del procedimiento y las competencias demostradas por cada residente.

En los primeros años predomina la supervisión directa, con presencia permanente del médico de planta en quirófano y acompañamiento continuo durante la toma de decisiones. A medida que el residente progresa, se implementa una supervisión indirecta, permitiendo mayor autonomía operatoria, aunque manteniendo disponibilidad inmediata del *staff* para intervenir ante situaciones complejas.

Este sistema busca equilibrar aprendizaje y seguridad, evitando tanto la autonomía prematura como la sobreprotección formativa. El modelo se encuentra alineado con los conceptos modernos de *graded autonomy* y formación basada en competencias promovidos internacionalmente[5, 26, 31, 32].

Delegación progresiva de responsabilidades

La residencia de Cirugía General del Hospital Italiano utiliza un esquema de delegación progresiva de responsabilidades, donde la autonomía no depende únicamente de la antigüedad sino del desempeño demostrado.

Los residentes iniciales participan principalmente en ayudantías, procedimientos básicos y entrenamiento en simulación. Los residentes intermedios comienzan a realizar pasos operatorios específicos y procedimientos laparoscópicos básicos bajo supervisión. Finalmente, los residentes avanzados adquieren mayor protagonismo quirúrgico, conducción operatoria parcial o completa y liderazgo del equipo.

Este modelo permite desarrollar habilidades técnicas y juicio clínico en un entorno controlado, disminuyendo riesgos asociados a la inexperiencia y fortaleciendo la seguridad del paciente[31-33].

Ateneos de morbimortalidad

Los ateneos de morbimortalidad constituyen uno de los pilares académicos y de seguridad del paciente del Hospital Italiano. El enfoque utilizado se aleja del modelo punitivo clásico y prioriza un análisis sistémico de los eventos adversos y complicaciones quirúrgicas.

Durante estos ateneos se revisan complicaciones, errores diagnósticos, fallas de comunicación y problemas organizacionales, promoviendo la discusión multidisciplinaria y el aprendizaje colectivo. El análisis incorpora conceptos modernos de factores humanos, cultura justa y modelo sistémico del error[7,14,16]. El objetivo principal es identificar oportunidades de mejora, reconocer tempranamente complicaciones y reducir la recurrencia de eventos adversos, fortaleciendo la cultura institucional de calidad y seguridad (Fig. 5).

DOPS, debriefing *y evaluación basada en observación*

El Hospital Italiano incorporó herramientas modernas de evaluación basadas en competencias, entre ellas el DOPS (*Direct Observation of Procedural Skills*). Este método consiste en la observación directa de procedimientos clínicos o quirúrgicos, seguida de una devolución estructurada e inmediata[31,32].

La evaluación incluye aspectos técnicos, comunicación, organización y criterios de seguridad.

■ FIGURA 5



Ateneo de morbimortalidad del Servicio de Cirugía General del Hospital Italiano, que es coordinado por el Jefe de Residentes con colaboración de los residentes de 3.er Año y se realiza de rutina una vez por semana

Complementariamente, el *debriefing* posterior a procedimientos complejos permite reflexionar sobre la toma de decisiones, analizar errores potenciales y consolidar el aprendizaje[34].

Estas estrategias favorecen el *feedback* continuo y permiten detectar tempranamente dificultades formativas, promoviendo una cultura de aprendizaje seguro –los instrumentos clásicos y emergentes de evaluación basada en competencias (OSATS, Mini-CEX, EPAs, portafolios) se desarrollan en el capítulo sobre evaluación en la educación del cirujano–.

Evaluación posrotación y feedback

Las rotaciones finalizan habitualmente con evaluaciones formales acompañadas de *feedback* estructurado. Estas devoluciones buscan identificar fortalezas, áreas de mejora y objetivos formativos futuros.

El modelo de evaluación utilizado prioriza competencias clínicas, habilidades técnicas, profesionalismo, comunicación y trabajo en equipo. El *feedback* frecuente y específico constituye una herramienta fundamental para mejorar el desempeño del residente y fortalecer la seguridad del paciente[26,31,32].

Aplicación de la checklist *quirúrgica*

El Hospital Italiano implementa la *checklist* quirúrgica siguiendo recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud y estándares internacionales de calidad. La *checklist* se aplica en distintos momentos del procedimiento quirúrgico: antes de la anestesia, antes de la incisión y antes de abandonar el quirófano[10,11].

Entre los aspectos evaluados se incluyen la correcta identificación del paciente, confirmación del procedimiento, profilaxis antibiótica, marcación del lado correcto en casos de cirugías con lateralidad, disponibilidad de estudios e instrumental y control de muestras quirúrgicas.

Más allá de su función administrativa, la *checklist* constituye una herramienta central de comunicación y trabajo en equipo, contribuyendo significativamente a la reducción de errores y eventos adversos en cirugía.

Apoyo psicológico y bienestar del residente

El Hospital Italiano reconoce la importancia del bienestar profesional dentro de las residencias quirúrgicas. La elevada carga horaria, el estrés emocional y la exposición permanente a situaciones críticas convierten el *burnout* y la fatiga en factores relevantes para la seguridad del paciente[23,44].

Por este motivo, la institución promueve estrategias de acompañamiento que incluyen apoyo psicológico, tutorías académicas y espacios de contención frente a eventos críticos o complicaciones quirúrgicas. El bienestar del residente es entendido actualmente como un componente esencial de la calidad asistencial y de la prevención del error médico[35].

Sistema de descanso posguardia

Otro aspecto importante dentro de la política institucional es la implementación de sistemas de descanso posguardia. Estas medidas buscan disminuir el impacto de la privación de sueño sobre el rendimiento cognitivo y técnico de los residentes.

La evidencia demuestra que la fatiga aumenta el riesgo de errores médicos, afecta la toma de decisiones y disminuye la capacidad de concentración. Por ello, el descanso posterior a la guardia constituye una estrategia de seguridad tanto para el profesional como para el paciente, alineada con recomendaciones internacionales sobre formación médica segura[24,35].

Conclusiones

La seguridad del paciente constituye actualmente una dimensión inseparable de la educación quirúrgica moderna. La evidencia disponible demuestra que la simulación, la educación basada en competencias, las habilidades no técnicas y las culturas institucionales orientadas al aprendizaje permiten reducir significativamente eventos adversos y mejorar resultados clínicos[1,5].

El BRC II propuso una transformación integral de la cirugía contemporánea integrando bienestar del residente, tecnologías educativas avanzadas, supervisión progresiva y evaluación objetiva como pilares centrales del entrenamiento[5,6].

El desafío futuro consiste en implementar estos modelos de manera sustentable dentro de contextos sanitarios heterogéneos, particularmente en América Latina.

Referencias bibliográficas

1. Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson MS, editors. To err is human: building a safer health system. Washington, DC: National Academies Press; 2000.
2. Brennan TA, Leape LL, Laird NM, et al. Incidence of adverse events and negligence in hospitalized patients. Results of the Harvard Medical Practice Study I. N Engl J Med. 1991;324(6):370-6.
3. Gawande AA, Thomas EJ, Zinner MJ, Brennan TA. The incidence and nature of surgical adverse events in Colorado and Utah in 1992. Surgery. 1999;126(1):66-75.
4. Reznick RK, MacRae H. Teaching surgical skills—changes in the wind. N Engl J Med. 2006;355(26):2664-9.
5. Stain SC, Ellison EC, Farmer DL; Blue Ribbon Committee II. The Blue Ribbon Committee II report and recommendations on surgical education and training in the United States: 2024. Ann Surg. 2024;280(4):535-46.
6. Ellison EC, Stain SC, Lillemoe KD. Introduction to the contemporary assessment and recommendations to enhance surgical education and training. Ann Surg. 2025;281(1):1-2.
7. Reason J. Human error: models and management. BMJ. 2000;320(7237):768-70.
8. Reason J. Human error. Cambridge: Cambridge University Press; 1990.
9. Weick KE, Sutcliffe KM. Managing the unexpected: resilient performance in an age of uncertainty. 2nd ed. San Francisco: Jossey-Bass; 2007.
10. Haynes AB, Weiser TG, Berry WR, et al. A surgical safety checklist to reduce morbidity and mortality in a global population. N Engl J Med. 2009;360(5):491-9.
11. World Health Organization. WHO guidelines for safe surgery: safe surgery saves lives [Internet]. Geneva: WHO; 2009 [citado 2026 may 18]. Disponible en: https://www.who.int/publications/i/item/9789241598552.
12. Organización Panamericana de la Salud. Seguridad del paciente y calidad de atención en América Latina y el Caribe. Washington, DC: OPS; 2021.
13. Ministerio de Salud de la Nación. Manual para la implementación de estrategias de seguridad del paciente. Buenos Aires: Ministerio de Salud de la Nación; 2022.
14. Yule S, Flin R, Paterson-Brown S, Maran N. Non-technical skills for surgeons in the operating room: a review of the literature. Surgery. 2006;139(2):140-9.
15. Flin R, Yule S, Paterson-Brown S, Maran N, Rowley D, Youngson G. Teaching surgeons about non-technical skills. Surgeon. 2007;5(2):86-9.
16. Marx D. Patient safety and the "just culture": a primer for health care executives. New York: Columbia University; 2001.
17. Edmondson AC. Psychological safety and learning behavior in work teams. Adm Sci Q. 1999;44(2):350-83.
18. National Quality Forum. Serious reportable events in healthcare: 2011 update [Internet]. Washington, DC: NQF; 2011 [citado 2026 may 18].
19. Regenbogen SE, Greenberg CC, Studdert DM, Lipsitz SR, Zinner MJ, Gawande AA. Patterns of technical error among surgical malpractice claims: an analysis of strategies to prevent injury to surgical patients. Ann Surg. 2007;246(5):705-11.
20. Croskerry P. The importance of cognitive errors in diagnosis and strategies to minimize them. Acad Med. 2003;78(8):775-80.
21. Lingard L, Espin S, Whyte S, et al. Communication failures in the operating room: an observational classification of recurrent types and effects. Qual Saf Health Care. 2004;13(5):330-4.
22. Hospital Italiano de Buenos Aires. Programa de la Residencia de Cirugía General [Internet]. Buenos Aires: Hospital Italiano de Buenos Aires; 2020 [citado 2026 may 29]. Disponible en: https://www.cirugiageneralhiba.com.ar/wp-content/uploads/2023/10/Programa_de_Residencia_de_Cirugia_Gral_2020.pdf.
23. Elmore LC, Jeffe DB, Jin L, Yu J, Dixon-Brown S, Cabrera D, et al. National survey of burnout among US general surgery residents. J Am Coll Surg. 2016;223(3):440-51.
24. Awan M, Zagales I, McKenney M, Kinslow K, Elkbuli A. ACGME 2011 duty hours restrictions and their effects on surgical residency training and patient outcomes: a systematic review. J Surg Educ. 2021;78(6):e35-e46.
25. Klingensmith ME, Minter RM, Fisher K, et al. Goals, structure, and financing of surgical residency training: a subcommittee report of the Blue Ribbon Committee II. Ann Surg. 2025;281(1):21-5.
26. Mellinger JD, Brasel K, Elster E, et al. Key issues in surgical residency education: recommendations of the Blue Ribbon II Committee Residency Education Subcommittee. Ann Surg. 2025;281(1):16-20.
27. Ayanian JZ, Weissman JS. Teaching hospitals and quality of care: a review of the literature. Milbank Q. 2002;80(3):569-93.
28. Khuri SF, Daley J, Henderson W, et al. The Department of Veterans Affairs' NSQIP: the first national, validated, outcome-based, risk-adjusted, and peer-controlled program for the measurement and enhancement of the quality of surgical care. Ann Surg. 1998;228(4):491-507.
29. Codman EA. A study in hospital efficiency: as demonstrated by the case report of the first five years of a private hospital. Boston: Thomas Todd; 1916.
30. Moore L, Lavoie A, Bourgeois G, Lapointe J. Quality improvement practices used by teaching versus non-teaching trauma centres: analysis of a multinational survey of adult trauma centres in the United States, Canada, Australia, and New Zealand. World J Emerg Surg. 2015;10:9.
31. Ten Cate O, Chen HC, Hoff RG, Peters H, Bok H, van der Schaaf M. Curriculum development for the workplace using Entrustable Professional Activities (EPAs): AMEE Guide No. 99. Med Teach. 2015;37(11):983-1002.
32. Brasel K, Lindeman B, Jones A, et al. Implementation of entrustable professional activities in general surgery. Ann Surg. 2023;278(4):578-86.
33. Ten Cate O. Entrustability of professional activities and competency-based training. Med Educ. 2005;39(12):1176-7.
34. Howard SK, Gaba DM, Fish KJ, Yang G, Sarnquist FH. Anesthesia crisis resource management training: teaching anesthesiologists to handle critical incidents. Aviat Space Environ Med. 1992;63(9):763-70.
35. Conrad-Schnetz K, Prabhu A, Johnson WR, et al. Blue Ribbon Committee II reports of the subcommittees on the optimization of surgical education and training: work-life integration, resilience, and wellness. Ann Surg. 2025;281(1):11-5.
36. Fried GM, Varas J, Telem DA, et al. Opportunities and applications of educational technologies in surgical education and assessment. Ann Surg. 2025;281(1):34-9.
37. Johnson WR, Mainali BB, Chen X, et al. Recommendations of the Blue Ribbon Committee II for the optimization of surgical education and training in the United States: the surgical trainee perspective. Ann Surg. 2025;281(1):40-5.
38. Seymour NE, Gallagher AG, Roman SA, et al. Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study. Ann Surg. 2002;236(4):458-63.
39. Brea-Gómez C, García-García J, et al. Simulación quirúrgica y seguridad del paciente en Latinoamérica. Rev Argent Cir. 2020;112(4):420-8.
40. World Health Organization. Global patient safety action plan 2021–2030: towards eliminating avoidable harm in health care. Geneva: WHO; 2021.
41. Vassallo JC, Orqueda J. Simulación, calidad y seguridad del paciente. En: En J. C. Vassallo, J. A. Neira, y N. Tauro editores, Educación y simulación clínica en ciencias de la salud. Buenos Aires; 2020.
42. Sociedad Argentina de Simulación en Ciencias de la Salud y Seguridad del Paciente (SASIM). Recomendaciones institucionales para simulación y seguridad del paciente. Buenos Aires: SASIM; 2020.
43. Gobierno de la Provincia de Buenos Aires. Red Provincial de Simulación y Seguridad del Paciente [Internet]. La Plata; 2024 [citado 2026 may 18].
44. Figari MF, Beskow AF. Síndrome de burnout en la práctica quirúrgica. Rev Argent Cirug. 2024;116(Supl 1):S169-S226.
45. Vacaro CA. Investigación clínica y cirugía basada en la evidencia. Rev Argent Cirug. 2021;113(supl 1):1-50.

8. Impacto de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y la Telemedicina en la formación de residentes de Cirugía General

Marco integral de innovación, competencias digitales, evaluación objetiva y seguridad del paciente

Eduardo J. Cassone, Roberto Badra

No dejemos pasar la oportunidad ahora que nos dimos cuenta, de cambiar en nuestra materia, la cirugía. Pero atención, cambiar para mejor de todos y de la sociedad, no sólo de la medicina, de la cirugía o de nosotros mismos.

J. J. Moirano

RESUMEN

Las tecnologías de la información y la comunicación, la telemedicina y los entornos digitales de aprendizaje han dejado de ser recursos accesorios para convertirse en componentes estructurales de la formación quirúrgica moderna. En las residencias de Cirugía General, su valor no reside solamente en transmitir contenidos a distancia, sino en hacer posible un currículo trazable, evaluable, seguro y adaptable a la heterogeneidad de los escenarios clínicos. Este capítulo integra la evidencia y los marcos normativos vigentes sobre *e-learning* (aprendizaje electrónico), simulación, video educativo, *video-based coaching* (entrenamiento basado en video), telementoría, aprendizaje analítico, inteligencia artificial generativa, aplicaciones móviles, redes sociales académicas, gamificación, pacientes virtuales, *wearables* y telecirugía remota. El objetivo es proponer un marco práctico para que las tecnologías digitales se incorporen a la educación quirúrgica basada en competencias sin aumentar la fragmentación curricular ni desplazar la supervisión clínica responsable.

El texto diferencia las funciones educativas de las TIC según su impacto esperado: adquisición cognitiva, entrenamiento psicomotor, evaluación longitudinal, mejora de la calidad, supervisión remota y democratización del acceso a expertos. Además, incorpora un análisis específico para la Argentina y Latinoamérica, considerando brecha de infraestructura, conectividad, protección de datos personales, teleasistencia, historia clínica digital, gobernanza institucional y sostenibilidad económica. La tesis central es que la transición digital solo mejora la formación y la seguridad del paciente cuando se integra pedagógicamente, se evalúa con métricas verificables y se implementa mediante una política institucional deliberada.

Palabras clave:*educación quirúrgica, telemedicina, TIC, inteligencia artificial generativa,* video-based coaching*, telementoría, aprendizaje analítico, competencias digitales, seguridad del paciente, Argentina.*

Introducción: de la exposición casual a la competencia trazable

La formación en Cirugía General se ha desplazado progresivamente desde un modelo centrado en volumen, tiempo de permanencia y exposición oportunista hacia modelos basados en competencias observables. Los requisitos comunes del Accreditation Council for Graduate Medical Education (ACGME) consolidaron una arquitectura educativa organizada por dominios de desempeño y con énfasis en supervisión, evaluación y responsabilidad progresiva[1]. Esta transición coincide con los principios de la educación médica basada en competencias, que exige definir resultados, observar desempeño real, ofrecer *feedback* (retroalimentación) y documentar progresión longitudinal[2].

La transformación digital no puede entenderse como una simple modernización instrumental. Su relevancia deriva de un problema ético y pedagógico: la curva de aprendizaje quirúrgica no debería recaer innecesariamente sobre el paciente. El informe *To Err is Human* instaló la noción de que muchos daños no derivan de individuos aislados, sino de sistemas mal diseñados[3]. En consecuencia, cualquier tecnología que permita desplazar entrenamiento básico fuera del quirófano, anticipar errores, mejorar comunicación o auditar desempeño debe ser evaluada como intervención de seguridad del paciente, no solo como herramienta educativa (Fig. 1).

La estrategia global de salud digital de la Organización Mundial de la Salud enfatiza que las iniciativas digitales requieren gobernanza, recursos financieros, capacidades humanas, infraestructura y alineación con sistemas de salud nacionales[4]. Esta advertencia es especialmente pertinente para la educación quirúrgica latinoamericana: una plataforma aislada, un simulador sin currículo o una red de teleconsulta sin estándares de protección de datos pueden ampliar brechas en lugar de reducirlas. El desafío para 2026 no es decidir si la residencia debe usar tecnología, sino cómo incorporarla con propósito, equidad y evaluación de resultados.

En este capítulo se utiliza el término TIC en sentido amplio para abarcar plataformas de aprendizaje, sistemas audiovisuales, telemedicina, registros electrónicos, analítica de datos, simuladores, realidad virtual, inteligencia artificial y dispositivos conectados. El foco no es describir de manera exhaustiva cada tecnología, sino ubicarla dentro del currículo quirúrgico y definir para qué competencia sirve, qué evidencia la respalda, qué riesgos introduce y qué condiciones institucionales requiere.

■ FIGURA 1



Del modelo "ver uno, hacer uno" a la educación quirúrgica basada en competencias y seguridad

Alcance del capítulo y remisiones internas dentro de la obra

Las TIC atraviesan varios capítulos de la obra y, por lo tanto, el mayor riesgo editorial es la repetición. Este capítulo no reemplaza los desarrollos específicos de inteligencia artificial, simulación, realidad virtual, seguridad del paciente, evaluación o educación basada en competencias. Su aporte diferencial es mostrar cómo esos componentes se integran en una arquitectura digital común para la residencia de Cirugía General (Tabla 1).

Esta delimitación también orienta el sistema de citas: las referencias listadas al final pertenecen a los argumentos desarrollados aquí. Las fuentes que corresponden al tratamiento profundo de otros capítulos deben mantenerse en sus respectivos apartados para preservar coherencia bibliográfica y evitar entradas huérfanas.

TIC y educación quirúrgica basada en competencias

Ecosistema digital y dominios de competencia

El modelo del ACGME[1] constituye uno de los marcos regulatorios más influyentes en la educación quirúrgica contemporánea. Este sistema organiza la formación en seis dominios fundamentales, a través de los cuales las herramientas digitales actúan de manera transversal, sin estar circunscriptas a ninguno en particular (Tabla 2).

Ellaway y Masters definieron el *e-learning* médico como un conjunto de tecnologías, prácticas y diseños educativos que facilitan o enriquecen el aprendizaje, no como la mera presencia de computadoras o plataformas[5]. En cirugía, esta definición es clave porque una misma herramienta puede servir a finalidades distintas. Un video puede utilizarse para preparación cognitiva, evaluación diferida, *feedback* experto o auditoría de seguridad. Del mismo modo, un registro electrónico puede ser una historia clínica, una fuente de datos para mejora de calidad o un insumo para aprendizaje analítico.

La lógica de mejora continua se vincula de forma directa con *Practice-Based Learning and Improvement*. Las guías SQUIRE 2.0 proponen informar intervenciones de mejora de calidad con descripción del contexto, mecanismos, mediciones y resultados[6]. Trasladado a la residencia, esto implica que el residente no solo debe aprender a operar, sino también a leer datos de su propia práctica, reconocer variabilidad, identificar fallas de sistema y participar en rediseños de procesos.

La telemedicina y la salud digital agregan un conjunto propio de competencias. El marco de competencias de *telehealth* (telesalud) de la AAMC organiza el aprendizaje a lo largo del continuo formativo e incluye uso apropiado de la teleconsulta, comunicación mediada por tecnología, seguridad, equidad y profesionalismo[7]. A su vez, DigComp 2.2 permite traducir la alfabetización digital general en habilidades observables: búsqueda y evaluación de información, comunicación, creación de contenido, seguridad y resolución de

■ TABLA 1

Matriz de remisiones internas para evitar duplicaciones temáticas

Tema	Tratamiento en este capítulo	Remisión interna sugerida
Inteligencia artificial	Se aborda como herramienta educativa, de *feedback*, tutoría y soporte de diseño curricular, con advertencias sobre sesgos, privacidad y verificación humana	Cap. 2: inteligencia artificial y aplicaciones clínicas
Simulación y realidad virtual	Se resume su función como puente entre aprendizaje cognitivo y destreza psicomotora; no se repite la taxonomía técnica completa	Cap. 3: simulación quirúrgica. Cap. 6: realidad virtual y aumentada
Seguridad del paciente	Se analiza la tecnología como barrera sistémica contra errores y como medio para desplazar la curva de aprendizaje fuera del paciente	Cap. 4: seguridad del paciente y cultura de calidad
Evaluación quirúrgica	Se desarrollan *case logs*, e-portfolios, OSATS, GOALS, *video-based coaching* y analítica digital como fuentes de evidencia longitudinal	Cap. 8: evaluación del residente y herramientas psicométricas
Educación basada en competencias	Se vinculan las TIC con PBLI, sistemas, supervisión y progresión; no se duplica el marco conceptual general	Cap. 10: educación basada en competencias

■ TABLA 2

Relación entre dominios ACGME y herramientas tecnológicas

Dominio ACGME	Aplicaciones TIC	Impacto educativo
Patient Care	Simulación, telemedicina, telementoría	Mejora de habilidades técnicas en entorno seguro
Medical Knowledge	Plataformas *e-learning*, videos quirúrgicos, bases de datos biomédicas	Acceso inmediato a la Medicina Basada en la Evidencia (EBM).
PBLI	EHR, *analytics*, auditorías digitales, *case logs*	Mejora continua y aprendizaje autodirigido
Communication Skills	Telemedicina, plataformas colaborativas	Comunicación efectiva interdisciplinaria y en la relación médico- paciente
Professionalism	Seguridad digital, manejo ético de datos	Uso responsable de información clínica
Systems-Based Practice	Sistemas digitales de salud, notificación electrónica de eventos adversos	Integración organizacional y seguridad del paciente

problemas, con ejemplos actualizados para tecnologías basadas en inteligencia artificial[8].

En una residencia de Cirugía General, estas competencias no deben añadirse como un curso aislado. Deben incorporarse en actividades habituales: preparación de casos, ateneos, simulación, teleconsulta preoperatoria y posoperatoria, seguimiento de complicaciones, revisión de videos, presentación de indicadores, consentimiento informado y comunicación con equipos interprofesionales. La competencia digital madura se verifica cuando el residente usa herramientas digitales para tomar mejores decisiones, no cuando simplemente domina una plataforma (Tabla 3).

Taxonomía funcional de herramientas digitales

La discusión sobre TIC suele confundirse cuando se comparan herramientas con objetivos distintos. Un LMS mejora acceso, organización curricular y seguimiento de actividades; un simulador busca transferencia psicomotora; una plataforma de video puede enseñar anatomía, evaluar técnica o sostener *coaching* (entrenamiento); una red de telementoría modifica la disponibilidad de supervisión experta. La pregunta correcta no es cuál tecnología es mejor, sino qué problema educativo resuelve y con qué evidencia (Tabla 4) (Fig. 2).

Inteligencia artificial generativa, LLMs y aprendizaje analítico

IA generativa en educación quirúrgica

La aparición de modelos de lenguaje y modelos multimodales obliga a actualizar el capítulo. La guía de la OMS sobre modelos multimodales grandes subraya que estas herramientas pueden mejorar acceso a información y soporte educativo, pero requieren gobernanza, transparencia, supervisión humana y control de riesgos[9]. En educación médica, las revisiones recientes muestran expansión rápida de aplicaciones de IA para enseñanza, evaluación, *feedback* y soporte al aprendizaje, aunque con heterogeneidad metodológica y necesidad de validación rigurosa[10].

En cirugía, la IA generativa puede producir guiones de casos clínicos, *checklists* preoperatorias, preguntas de repaso, mapas conceptuales, simulaciones conversacionales con pacientes virtuales y

■ TABLA 3

Competencias digitales mínimas del residente de Cirugía General

Competencia	Desempeño observable	Riesgo si no se entrena
Alfabetización informacional	Formula preguntas clínicas, busca evidencia en fuentes fiables, diferencia opinión de guía o revisión y registra trazabilidad de fuentes	Uso acrítico de contenidos de baja calidad o desactualizados
Comunicación digital clínica	Realiza teleconsulta con encuadre profesional, verifica identidad, documenta hallazgos y reconoce límites de la evaluación remota	Errores por información incompleta, mala documentación o falsa sensación de equivalencia con presencialidad
Protección de datos	Identifica datos sensibles, aplica minimización, evita canales inseguros y solicita consentimientos específicos cuando corresponde	Exposición de información clínica, sanciones legales y pérdida de confianza
Evaluación digital	Registra casos, videos y escalas de desempeño con criterios estandarizados y participa en *feedback* estructurado	Evaluaciones subjetivas, incompletas o no comparables entre servicios
Uso responsable de IA	Verifica salidas, reconoce alucinaciones, documenta uso educativo y no delega decisiones clínicas sin supervisión	Errores de contenido, sesgos, plagio, dependencia cognitiva o uso no autorizado de datos
Mejora basada en datos	Interpreta *dashboards*, indicadores e informes de calidad para proponer cambios de proceso	Tecnología reducida a carga administrativa sin impacto educativo ni clínico

■ TABLA 4

Taxonomía operativa de TIC aplicadas a residencias de Cirugía General

Categoría	Aplicación educativa principal	Indicadores de impacto
LMS y aulas virtuales	Organización curricular, módulos asincrónicos, evaluaciones formativas, repositorio de guías, foros y seguimiento de avance	Completitud de módulos, resultados de pruebas, participación, satisfacción, puntualidad y adherencia curricular
Video educativo	Preparación preoperatoria, revisión de anatomía, pasos críticos, variaciones técnicas y errores frecuentes	Mejora de conocimiento, preparación cognitiva, reducción de variabilidad en contenidos y calidad de discusión intraoperatoria
Simulación y RV	Entrenamiento psicomotor, reconocimiento de anatomía, práctica deliberada, habilidades no técnicas y escenarios de crisis	Curvas de aprendizaje, métricas de precisión, tiempo, errores, transferencia al entorno clínico y reducción de eventos evitables
E-portfolios y *case logs*	Registro longitudinal de actividades, hitos, procedimientos, complicaciones, reflexión y *feedback*	Trazabilidad, suficiencia de exposición, progresión por competencias y alertas tempranas de déficit formativo
Video-based coaching (VBC)	Análisis diferido del desempeño operatorio y *feedback* experto estructurado	Mejoría en OSATS/GOALS, reducción de errores, economía de movimientos y cumplimiento de planes de mejora
Telemedicina y telementoría	Acceso a expertos, supervisión remota, consultas preoperatorias y posoperatorias, discusión multidisciplinaria y educación distribuida	Accesibilidad, calidad de comunicación, seguridad, latencia, adherencia a protocolos y resultados clínicos seleccionados
Learning analytics	*Dashboards* de aprendizaje, detección de residentes en riesgo, personalización y evaluación de programas	Uso de datos para intervención temprana, validez de indicadores, equidad, impacto en resultados educativos y carga administrativa
IA generativa	Tutoría, generación de casos, *feedback* preliminar, simulación conversacional, resúmenes y apoyo a diseño curricular	Exactitud verificada, utilidad docente, ahorro de tiempo, trazabilidad, sesgos y cumplimiento de privacidad

borradores de *feedback*. También puede transformar una guía extensa en objetivos de aprendizaje por año de residencia, crear rúbricas preliminares o adaptar material para residentes con diferentes niveles de experiencia. Las revisiones sobre IA generativa en educación quirúrgica destacan este potencial, pero enfatizan que no debe sustituir a docentes, mentores ni evaluación humana de desempeño técnico[11].

En la educación médica de posgrado, el uso de IA generativa plantea desafíos específicos: confidencialidad de información clínica, dependencia cognitiva, sesgos, alucinaciones, autoría académica, evaluación justa y responsabilidad profesional[12]. Por ello, el estándar mínimo debe ser un modelo de uso asistido, no autónomo. Todo *output* (resultado) empleado en actividades formativas debe ser verificado por un docente o residente responsable, y toda información clínica debe anonimizarse antes de ingresar en herramientas externas.

Los principios de inteligencia aumentada de la AMA son útiles como marco operacional: la IA debe diseñarse y utilizarse de manera ética, equitativa, responsable, transparente, segura y basada en evidencia[13]. En términos curriculares, esto se traduce en tres reglas simples: el residente debe saber cuándo puede usar IA, cuándo no debe usarla y cómo debe declarar su uso.

■ FIGURA 2



Taxonomía de evidencia digital: cada herramienta tiene un objetivo y una limitación diferente

Ningún modelo generativo debe recibir datos identificables de pacientes sin autorización institucional, contrato adecuado y evaluación de seguridad (Tabla 5).

Learning analytics *y* Big Data *educativo*

El aprendizaje analítico (*learning analytics*) transforma rastros digitales en información útil para el aprendizaje. No se limita a contar clics en un aula virtual. En educación quirúrgica puede integrar *case logs*, resultados de simulación, evaluaciones OSATS/GOALS, asistencia a ateneos, participación en módulos asincrónicos, cumplimiento de hitos, exposición operatoria, complicaciones, *feedback* recibido y reflexión del residente. Las revisiones de *learning analytics* en profesiones de la salud describen su utilidad para personalización, identificación temprana de necesidades y mejora de programas, pero advierten sobre validez de datos, privacidad y equidad[14].

La implementación no es puramente técnica. Los consensos sobre *learning analytics* señalan dimensiones críticas: gestión de datos, gobernanza, resultados educativos, aceptabilidad, intervención derivada del dato y evaluación del impacto[15]. Un *dashboard* que muestra que un residente tiene pocos procedimientos no resuelve nada si no existe un mecanismo para modificar rotaciones, asignar simulación, revisar supervisión o planificar *coaching*. La analítica solo tiene valor cuando dispara una intervención pedagógica concreta.

Para evitar uso punitivo, los programas deben definir desde el inicio quién ve los datos, con qué finalidad, por cuánto tiempo se conservan, qué indicadores son formativos y cuáles son sumativos. La transparencia es fundamental: el residente debe conocer qué se mide, cómo se interpreta y cómo puede corregir trayectorias. En contextos con desigualdad de volumen quirúrgico, el análisis de datos también puede revelar inequidades estructurales entre sedes y permitir redistribuir oportunidades.

Ecosistema de aprendizaje digital: *e-learning* (aprendizaje en línea), video, simulación, *mHealth* (salud móvil) y redes

Blended learning, MOOCs y educación asincrónica

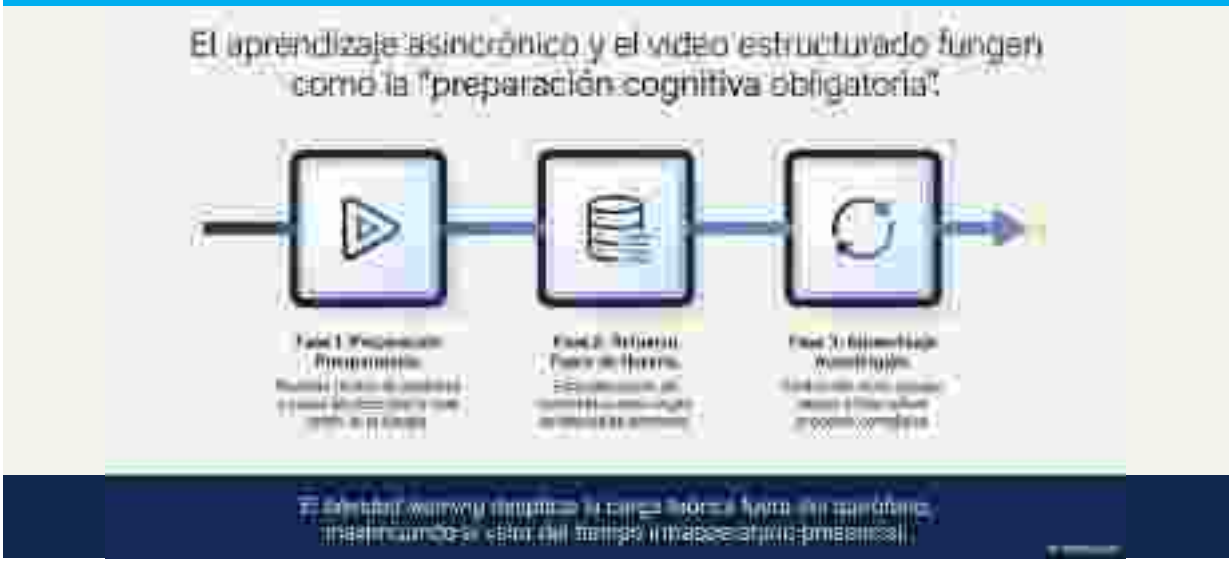
La educación asincrónica no debe entenderse como sustituto barato de la enseñanza presencial. Su mayor contribución es liberar tiempo clínico para actividades de mayor valor: discusión de decisiones, práctica supervisada, *debriefing* y *feedback*. En un modelo de *blended learning*, los contenidos conceptuales se estudian antes de la cirugía mediante módulos, videos (Fig. 3), lecturas guiadas, *podcasts* o microlecciones. El encuentro presencial se reserva para resolver dudas, practicar maniobras y tomar decisiones.

■ TABLA 5

Aplicaciones de IA generativa y controles mínimos en educación quirúrgica

Aplicación	Valor educativo	Control de seguridad y calidad
Tutor socrático de anatomía y técnica	Permite preguntas iterativas, repaso adaptativo y explicación de pasos quirúrgicos antes de la práctica	Validación docente de contenidos y restricción de uso para decisiones clínicas reales
Generación de casos y pacientes virtuales	Facilita escenarios de guardia, trauma, sepsis, abdomen agudo y comunicación de malas noticias	Plantillas revisadas, objetivos explícitos y *debriefing* humano
Feedback preliminar sobre notas o planes	Ayuda a estructurar razonamiento, identificar omisiones y mejorar redacción clínica	No usar datos identificables; verificar exactitud con fuentes clínicas
Diseño de rúbricas y preguntas	Reduce tiempo docente y permite variaciones de dificultad	Revisión psicométrica y alineación con competencias del programa
Resumen de videos o transcripciones	Organiza observaciones y puntos de discusión para VBC	No reemplaza escala validada ni juicio experto; resguardo del material audiovisual
Apoyo a investigación educativa	Facilita revisión preliminar de literatura, síntesis y análisis cualitativo asistido	Declaración de uso, control de sesgo y respeto por normas de autoría

■ FIGURA 3



El video quirúrgico es fundamental en tres fases estratégicas

Los cursos masivos abiertos en línea (MOOC) y las plataformas universitarias permiten democratizar contenidos de anatomía, epidemiología, investigación clínica, seguridad del paciente, bioestadística y fundamentos de procedimientos. Su límite es evidente: no garantizan competencia técnica. Por ello deben articularse con actividades locales, supervisión directa y evaluación de desempeño. Para una residencia, un MOOC puede ser componente de un plan de aprendizaje, pero no certificado suficiente de competencia operatoria.

La estructura recomendada para módulos digitales incluye objetivos por competencia, prerrequisitos, duración máxima razonable, evaluación formativa breve, bibliografía verificable y transferencia explícita al quirófano. Un módulo sobre colecistectomía laparoscópica, por ejemplo, debería concluir con una lista de pasos críticos, errores frecuentes, criterios de visión crítica de seguridad y preguntas que el residente discutirá con su tutor antes del procedimiento.

Simulación, realidad virtual, pacientes virtuales y gamificación

La simulación y la realidad virtual (RV) son tratadas en profundidad en otros capítulos, pero aquí se las ubica dentro del ecosistema digital de la residencia. El estudio clásico de Seymour y cols. demostró que el entrenamiento con realidad virtual podía mejorar el desempeño en quirófano, estableciendo la idea de transferencia del entrenamiento fuera del paciente al entorno real[16]. Diversas revisiones posteriores sobre simulación en educación

médica mostraron que las intervenciones bien diseñadas pueden influir no solo en habilidades, sino también en resultados de pacientes, aunque la calidad y el contexto de implementación son determinantes[17].

Los pacientes virtuales y los juegos serios amplían el entrenamiento hacia razonamiento clínico, toma de decisiones, priorización, comunicación y habilidades no técnicas. Las revisiones sobre juegos serios en educación quirúrgica señalan potencial para entrenar habilidades técnicas y no técnicas, especialmente cuando se integran en modelos de aprendizaje interactivo y con *debriefing*[18]. Algunas experiencias de entornos virtuales de emergencia muestran utilidad para enseñar razonamiento clínico en escenarios de alta presión[19].

La gamificación no consiste en convertir todo aprendizaje en entretenimiento. Consiste en usar elementos como metas claras, progresión, *feedback* inmediato, niveles de dificultad, repetición segura y recompensas formativas para sostener práctica deliberada. Su riesgo es trivializar competencias complejas o premiar velocidad por encima de seguridad. Por eso, todo juego serio debe mapearse a objetivos de competencia y acompañarse de reflexión guiada (Fig. 4).

Aplicaciones móviles y mHealth para residentes

Las aplicaciones móviles (*apps*) son una de las tecnologías más extendidas y menos sistematizadas en residencias. Pueden servir como guías rápidas, calculadoras, *checklists*, repositorios de protocolos, bitácoras, entrenadores de anatomía, plataformas de comunicación o herramientas de microaprendizaje. Una revisión sistemática específica sobre aplicaciones educativas para residentes de cirugía identificó que su uso se asocia a accesibilidad y aprendizaje flexible, pero subrayó necesidad de evaluación de calidad, actualización y alineación curricular[20].

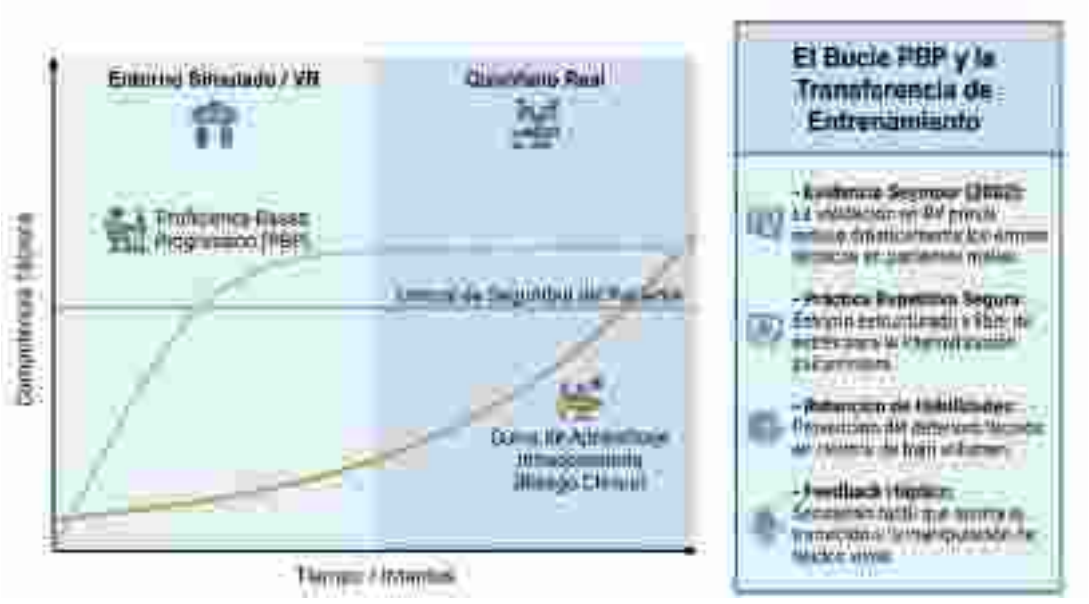
Las revisiones generales de aplicaciones móviles en educación médica muestran efectos favorables en conocimiento y habilidades, pero con heterogeneidad importante entre diseños, resultados y calidad metodológica[21]. Para la residencia, el criterio de adopción debe ser institucional: una app recomendada por el programa debe tener fuente identificable, actualización periódica, política de privacidad, contenido validado por expertos y compatibilidad con la normativa local. Las apps de mensajería no son equivalentes a sistemas clínicos seguros; su uso para datos de pacientes requiere reglas explícitas.

Redes sociales académicas y #SoMe4Surgery

Las redes sociales forman parte de la vida académica quirúrgica contemporánea. Permiten difundir artículos, discutir casos desidentificados, anunciar cursos, crear comunidades de aprendizaje, sostener *journal clubs* virtuales y amplificar voces de residentes de centros periféricos. Las revisiones sobre redes sociales y educación quirúrgica muestran que pueden favorecer el aprendizaje informal y la colaboración, aunque con riesgos de calidad variable, sesgos de popularidad y límites difusos entre identidad profesional y personal[22].

El uso educativo de redes sociales para la cirugía #SoMe4Surgery requiere profesionalismo digital. No deben publicarse imágenes o videos clínicos sin consentimiento y aprobación institucional. Las

■ FIGURA 4



Entrenamiento basado en dominio de competencia y transferencia desde entorno simulado al quirófano real.

discusiones de casos deben ser desidentificadas, con retraso temporal si es necesario para evitar reconocimiento indirecto. Los residentes deben aprender a diferenciar difusión científica de promoción personal, a citar fuentes, a declarar conflictos de interés y a evitar consejos clínicos individualizados en espacios públicos.

Aprendizaje basado en video

El video es probablemente la TIC quirúrgica más versátil. Las revisiones sistemáticas han encontrado que la educación basada en video mejora conocimiento quirúrgico y puede complementar métodos tradicionales, sobre todo cuando se integra con objetivos claros y actividades prácticas[23]. Varias revisiones y metanálisis recientes confirman su utilidad, aunque advierten que su efecto depende de la calidad del material, segmentación, interactividad, *feedback* y transferencia a la práctica[24].

El programa debe distinguir entre ver videos y aprender con videos. La visualización pasiva de procedimientos largos rara vez genera competencia. En cambio, un video educativo eficaz incluye objetivos, edición por pasos, señalización de estructuras críticas, pausas reflexivas, errores frecuentes, preguntas de decisión y relación con escalas de desempeño. Para procedimientos de alta variabilidad, el residente debería comparar más de una técnica y discutir criterios de selección con su tutor (Tabla 6).

Evaluación digital, video-based *coaching* y trazabilidad

De la impresión subjetiva al desempeño observable

La evaluación quirúrgica tradicional se apoyó durante décadas en impresiones globales del tutor. Aunque la observación experta es indispensable, su forma no estructurada produce variabilidad, sesgo de memoria y *feedback* poco accionable. El *video-based coaching* ofrece una alternativa: registrar el procedimiento, revisarlo en un entorno reflexivo y ofrecer *feedback* específico sobre decisiones, economía de movimientos, exposición, manejo de tejidos y momentos críticos. En un ensayo aleatorizado, Bonrath y cols. mostraron que el *coaching* quirúrgico integral puede mejorar habilidades en el quirófano[25].

La evaluación digital no significa automatizar el juicio docente. Significa preservar evidencia y hacer que el juicio sea más transparente. Escalas como OSATS (evaluación objetiva y estructurada de habilidades técnicas.) permiten valorar habilidades técnicas de forma estructurada[26], mientras que GOALS (evaluación operatoria global de habilidades laparoscópicas.) ofrece un marco específico para destrezas laparoscópicas intraoperatorias[27]. Su integración a plataformas digitales facilita análisis longitudinal, comparación entre evaluadores y revisión de discrepancias (Fig. 5).

Los *case logs* (historias de casos) siguen siendo necesarios, pero son insuficientes si se interpretan como equivalentes a competencia. El sistema de *case logs* del ACGME ilustra la importancia del registro de experiencias clínicas en formación[28] Sin embargo, para una residencia basada en competencias, el número de casos debe complementarse con dificultad, papel del residente, grado de supervisión, resultado, *feedback* recibido y evidencia de desempeño técnico.

Arquitectura mínima de un e-portfolio *quirúrgico*

Un *e-portfolio* (portafolio electrónico) quirúrgico no debe ser un repositorio burocrático. Debe funcionar como mapa de progresión. Sus componentes mínimos son: identificación del procedimiento, papel del residente, nivel de supervisión, escala de desempeño, complicaciones o eventos relevantes, *feedback* narrativo, reflexión del residente y plan de acción. Cuando se incorporan videos, debe definirse un circuito de almacenamiento seguro, consentimiento, acceso restringido, tiempo de conservación y criterios de eliminación.

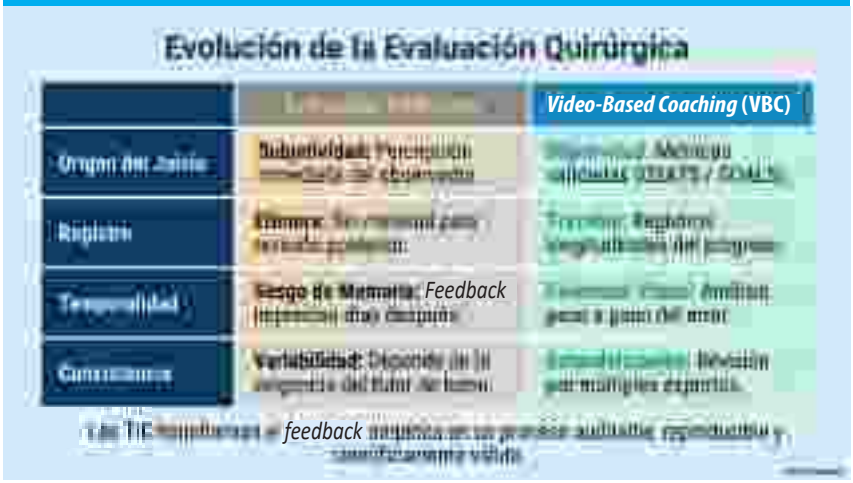
La evaluación digital debe incluir habilidades no técnicas: comunicación, liderazgo, conciencia situacional, manejo de crisis, profesionalismo y trabajo en equipo. Estas competencias son difíciles de medir con sensores o videos aislados, pero pueden documentarse mediante mini-CEX (miniejercicio de evaluación clínica),

■ TABLA 6

Uso progresivo del video en el currículo quirúrgico

Momento	Actividad del residente	Evidencia generada
Antes de la cirugía	Revisión de anatomía, pasos críticos, criterios de seguridad y posibles complicaciones	Lista de preparación y preguntas al tutor
Durante el entrenamiento simulado	Comparación entre video modelo y ejecución propia; pausa y repetición de maniobras	Métricas de práctica, errores recurrentes y plan de mejora
Después del procedimiento	Revisión del video operatorio con escala estructurada y *feedback* de experto	Puntaje, comentarios, objetivos personalizados y seguimiento
Evaluación longitudinal	Selección de videos representativos en *e-portfolio*	Evidencia de progresión y *readiness* para autonomía

■ FIGURA 5



Evolución de la evaluación quirúrgica: de observación subjetiva a evidencia visual trazable

debriefings, observación interprofesional, escalas de equipo y narrativas estructuradas. La tecnología aporta trazabilidad; la interpretación debe permanecer situada en el contexto clínico (Tabla 7).

Wearables, *biosensores y métricas motoras*

Los *wearables* (dispositivos inteligentes portátiles) y biosensores representan una línea emergente para complementar la evaluación quirúrgica. Sensores de movimiento, seguimiento ocular, medición de fuerza, acelerómetros, guantes instrumentados o datos de plataformas robóticas pueden captar aspectos de economía de movimientos, temblor, trayectoria, carga cognitiva o estrés fisiológico. Su valor potencial es transformar patrones invisibles en *feedback* objetivo. Su riesgo es producir métricas seductoras pero no validadas.

Antes de adoptar estas herramientas, el programa debe responder cinco preguntas: si la métrica se relaciona con desempeño clínico, si diferencia expertos de novatos, si cambia con práctica deliberada, si mejora el *feedback* y si su uso respeta privacidad laboral y educativa (Fig. 6). La biometría del residente es dato sensible desde una perspectiva ética, aunque no siempre sea dato clínico. No debe utilizarse para vigilancia punitiva, selección encubierta o comparaciones públicas.

Telemedicina, telementoría, *teleproctoring* y telecirugía remota

Definiciones operativas

La telemedicina es la prestación de servicios de salud a distancia mediante tecnologías de información y comunicación. En educación quirúrgica incluye teleconsulta, ateneos remotos, seguimiento

■ TABLA 7

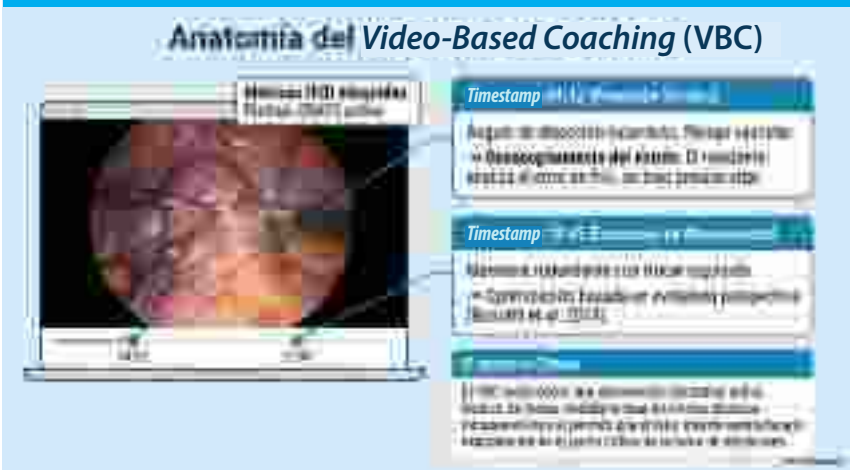
Fuentes digitales de evidencia para evaluación por competencias

Fuente	Qué aporta	Limitación
Case log	Exposición operatoria, variedad de procedimientos, rol y volumen	No mide calidad ni autonomía por sí solo
Video operatorio	Evidencia visual revisable de técnica, decisiones y errores	Requiere consentimiento, almacenamiento seguro y tiempo docente
OSATS/ GOALS digital	Estandarización, comparabilidad y progresión	Necesita entrenamiento de evaluadores y calibración
Dashboard de simulación	Métricas de precisión, tiempo, trayectorias y errores	Puede no transferir automáticamente al paciente real
EHR e informes de calidad	Resultados, complicaciones, reingresos, adherencia a procesos	Riesgo de atribuir al residente resultados condicionados por el sistema
Reflexión del residente	Aprendizaje autorregulado y reconocimiento de brechas	Puede transformarse en trámite si no recibe *feedback*

posoperatorio, discusión interdisciplinaria, supervisión clínica y educación distribuida. La telementoría es una forma específica de supervisión en la que un experto guía en tiempo real a un operador o equipo local. Las revisiones sistemáticas muestran factibilidad y utilidad de la telementoría quirúrgica, con beneficios potenciales en acceso a expertos y aprendizaje de procedimientos complejos[29] (tabla 8).

La educación mediante *telementoring* también ha sido revisada como intervención formativa: puede mejorar experiencia de aprendizaje, superar barreras geográficas y ampliar oportunidades, aunque depende de calidad de comunicación, diseño educativo, claridad de roles y soporte institucional[30]. Esta distinción es

■ FIGURA 6



Anatomía del *video-based coaching* con marcas temporales, métricas y *feedback* técnico

■ TABLA 8

Diferencias entre telemedicina, telementoría, *teleproctoring* y telecirugía

Modalidad	Descripción	Punto crítico
Telemedicina clínica	Consulta, seguimiento o discusión clínica a distancia entre paciente, profesional o equipos	Adecuación del caso, consentimiento, documentación y protección de datos
Telementoría	Guía educativa o técnica en tiempo real por un experto remoto mientras el equipo local ejecuta	Papeles definidos, latencia baja, plan de contingencia y responsabilidad local
Teleproctoring	Observación remota para acreditar, supervisar o validar desempeño de un profesional	Criterios de evaluación, imparcialidad, registro y consecuencias formales
Telecirugía remota	El cirujano opera a distancia mediante plataforma robótica y red de comunicación	Latencia, ciberseguridad, regulación, responsabilidad legal y plan ante falla de conexión

importante: no toda teleconsulta es telementoría y no toda telementoría equivale a autorización para operar sin supervisión local competente (Fig 7).

Telecirugía remota y redes 5G: promesa y prudencia

La telecirugía (*telesurgery*) remota debe diferenciarse de la telementoría. En la primera, el operador controla instrumental a distancia, habitualmente mediante plataforma robótica; en la segunda, el experto guía a un equipo local que mantiene control manual. Las revisiones de telecirugía en seres humanos muestran experiencias factibles, pero aún con números limitados, selección de casos y fuerte dependencia de infraestructura[31]. Las demostraciones con redes 5G y cirugía robótica de larga distancia sugieren que la baja latencia puede ampliar el alcance de estas intervenciones[32].

La latencia es un determinante técnico y educativo. Varios estudios experimentales han explorado cómo el ancho de banda y los retrasos de red afectan el desempeño en *telesurgery*, mostrando que la calidad de imagen y la demora condicionan seguridad y precisión[33]. Algunas revisiones recientes sobre *telesurgery* asistida por 5G describen avances relevantes, pero también enfatizan que la tecnología debe acompañarse de regulación, ciberseguridad, entrenamiento, protocolos de contingencia y selección estricta de casos[34].

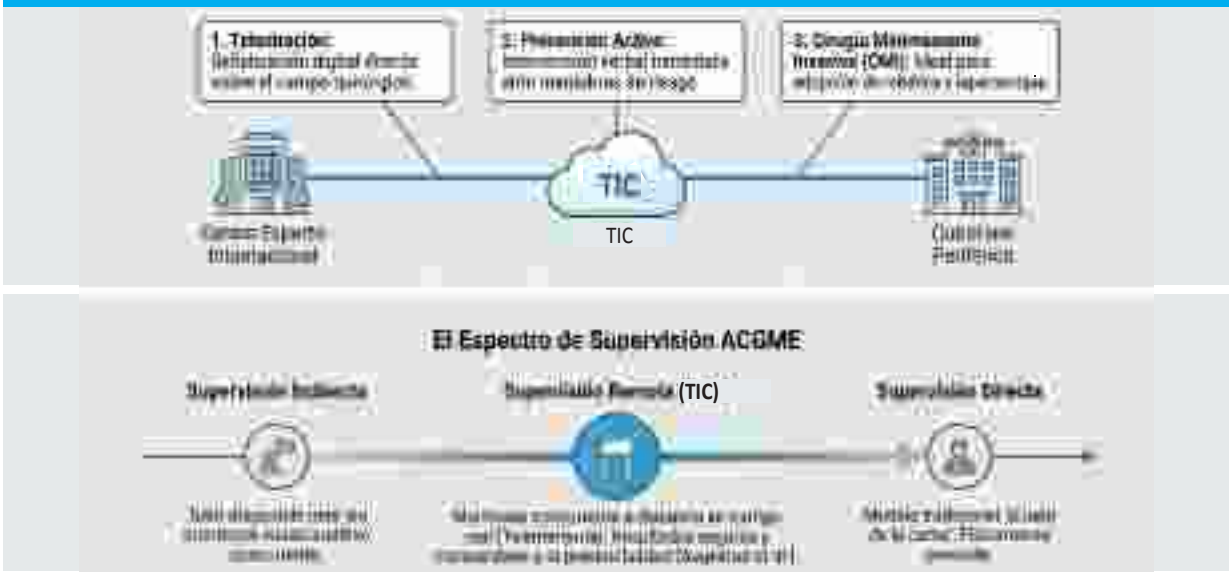
Para residencias argentinas, la telecirugía remota no debe ser presentada como solución inmediata a la brecha formativa. Su implementación exige plataformas robóticas, redes redundantes, soporte técnico, seguros, regulación y equipos locales capaces de resolver fallas. En cambio, la telementoría y la teleeducación distribuida son objetivos más realistas a corto plazo y pueden generar beneficios educativos si se implementan con protocolos.

Supervisión remota: límites regulatorios y educativos

El uso educativo de supervisión remota debe ajustarse a regulaciones locales y a la normativa de cada organismo acreditador. El ACGME actualizó un documento específico sobre el uso permisible de supervisión directa mediante tecnología de telecomunicación; allí se aclara que los requisitos comunes permiten a los comités de revisión habilitar esta modalidad, pero las especialidades quirúrgicas listadas mantienen restricciones y, en cirugía, la tabla de 2025 indica que no se permite para supervisión directa[35].

La enseñanza que surge de esta norma comparada es clara: la telementoría puede ser una herramienta educativa potente, pero no debe confundirse con disminución de responsabilidad institucional. Si un residente realiza un acto quirúrgico, el programa debe

■ FIGURA 7



Telementoría quirúrgica: telestración, supervisión remota y espectro de supervisión

garantizar que la supervisión sea suficiente para la seguridad del paciente. Cuando se use mentor remoto, debe existir un supervisor local, un plan de conversión, criterios de interrupción y documentación de roles.

Privacidad, ciberseguridad y marco legal

Principios de privacidad aplicables a educación digital

La digitalización multiplica superficies de riesgo: plataformas de videoconferencia, almacenamiento de videos quirúrgicos, grupos de mensajería, apps móviles, LMS, repositorios de imágenes, herramientas de IA y sistemas de teleconsulta. En Estados Unidos, la *HIPAA Privacy Rule* (Ley de Portabilidad y Responsabilidad del Seguro Médico) protege información de salud identificable y establece condiciones de uso y divulgación[36]. La *Security Rule* exige salvaguardas administrativas, físicas y técnicas para preservar confidencialidad, integridad y disponibilidad de información electrónica protegida[37]. Aunque HIPAA no rige directamente en la Argentina, ofrece un marco conceptual útil para pensar mínimos de seguridad.

En la Argentina, la Ley 25 326 de Protección de Datos Personales regula el tratamiento de datos personales y reconoce derechos de titulares[38]. En salud digital esto implica que el dato clínico utilizado con fines docentes debe manejarse bajo principios de licitud, finalidad, proporcionalidad, confidencialidad y seguridad. Los videos operatorios, aunque parezcan centrados en técnica, pueden contener datos identificables por fecha, institución, voz, imágenes, historia clínica o circunstancias del caso.

La Ley 27 553 habilitó recetas electrónicas o digitales y plataformas de teleasistencia[39], y el Decreto 98/2023 avanzó en su reglamentación[40]. La Ley 27 706 creó el Programa Federal Único de Informatización y Digitalización de las Historias Clínicas de la República Argentina, con referencia a la protección de derechos del paciente y datos personales[41]. A nivel operativo, la Resolución 581/2022 aprobó recomendaciones de buenas prácticas para teleconsulta y se enmarca en la estrategia nacional de salud digital y el plan nacional de telesalud[42] (Tabla 9).

Consentimiento, minimización y gobernanza de datos

La regla práctica es simple: no todo dato disponible debe usarse. Antes de grabar, compartir o analizar información clínica con fines formativos, el programa debe definir finalidad, base legal o consentimiento, nivel de identificación, acceso, conservación, eliminación y responsable institucional. La anonimización debe ser realista; en cirugía, la combinación de fecha, procedimiento raro, institución y voz puede reidentificar incluso sin nombre.

La gobernanza de datos educativos también debe proteger al residente. Las métricas de desempeño, videos con errores, biomarcadores de estrés o *dashboards* de bajo rendimiento pueden afectar reputación, evaluación y bienestar. Debe existir una distinción explícita entre uso formativo confidencial y uso sumativo. Los residentes deben poder acceder a sus datos, conocer criterios de interpretación y solicitar revisión cuando detecten errores.

■ TABLA 9

Controles mínimos de privacidad y seguridad para TIC educativas

Uso educativo	Dato en riesgo	Control recomendado
Video quirúrgico para VBC	Imagen, voz, fecha, equipo tratante, datos clínicos indirectos	Consentimiento, edición o seudonimización, acceso restringido, retención definida y registro de visualizaciones
IA generativa	Texto clínico, diagnósticos, evolución, datos personales	Prohibir ingreso de datos identificables salvo plataforma aprobada; revisión humana de salidas
Mensajería entre residentes	Fotos, estudios, nombres, camas, números de historia	Política institucional, canales seguros, minimización y eliminación programada
Teleconsulta docente	Imagen y audio del paciente, datos de salud, entorno familiar	Verificación de identidad, consentimiento, documentación y privacidad del espacio físico
Dashboard educativo	Desempeño del residente, biometría, evaluaciones, errores	Separar evaluación formativa de sumativa, acceso por rol, transparencia y derecho a revisión

Contexto argentino y latinoamericano

La incorporación de TIC en residencias quirúrgicas latinoamericanas es heterogénea. Coexisten centros universitarios con simulación, robótica, aulas virtuales y producción audiovisual con hospitales que enfrentan conectividad insuficiente, equipamiento limitado y escasez de docentes con tiempo protegido. La solución no puede ser importar plataformas sin adaptación, sino construir una estrategia por niveles que permita avanzar desde herramientas de bajo costo y alto impacto hasta sistemas más complejos.

La Argentina cuenta con antecedentes de política pública relevantes para sostener una estrategia federal. La Red Federal de Fibra Óptica de ARSAT se originó en el marco de Argentina Conectada y busca ampliar conectividad mayorista en el territorio nacional; su desarrollo es una condición de posibilidad para telemedicina y educación distribuida, aunque no garantiza por sí solo acceso efectivo en cada hospital[43]. En salud, las normas sobre teleconsulta, receta electrónica e historia clínica digital ofrecen un piso legal que puede vincularse con la formación de residentes.

La oportunidad para la educación quirúrgica es construir nodos regionales. Un nodo no necesariamente requiere un centro de simulación de alta fidelidad desde el primer día. Puede iniciar con un aula virtual común, agenda de ateneos federales, biblioteca de videos curados (videos seleccionados), protocolos de teleconsulta, registro uniforme de procedimientos, capacitación docente y sistema de mentoría entre centros. La inversión en simulación avanzada y VBC puede priorizarse por regiones, compartiendo recursos entre residencias. (Tabla 10) (Fig. 8)

Comparación con modelos internacionales y adaptación local

El modelo británico del *Intercollegiate Surgical Curriculum Programme* (ISCP) ofrece un ejemplo de currículo quirúrgico digitalizado, con portfolio, *logbook* y estructura de competencias. El ISCP declara un currículo quirúrgico para formación de especialidad y soporte a la progresión, con foco en capacidades para la práctica independiente[44] El Royal College of Surgeons of England describe el uso del sitio ISCP para e-portfolios, *logbooks* y acuerdos de aprendizaje[45].

■ TABLA 10

Hoja de ruta federal para TIC en residencias de Cirugía General

Horizonte	Objetivo	Acciones prioritarias
0-12 meses	Ordenar y estandarizar lo disponible	Crear comité local de educación digital; auditar conectividad, plataformas y registros; definir política de privacidad; seleccionar LMS común; capacitar docentes en *feedback* digital
1-2 años	Construir evidencia formativa mínima	Implementar *case log* estandarizado, módulos asincrónicos, biblioteca de videos, escalas OSATS/GOALS digitales y pilotos de VBC en procedimientos frecuentes
3-5 años	Escalar redes regionales	Desarrollar nodos de simulación, telementoría entre centros, *dashboards* de aprendizaje, formación de tutores y acuerdos interinstitucionales de datos
5+ años	Integrar política nacional de competencia digital	Acreditar estándares mínimos, plataforma interoperable de evaluación, redes federales de expertos, evaluación de impacto y financiamiento sostenible

■ FIGURA 8



Barreras estructurales regionales para la adopción equitativa de TIC en cirugía

La enseñanza para la Argentina no es copiar el modelo, sino adaptar sus principios: currículo común, evidencia longitudinal, evaluación por múltiples fuentes, roles definidos de supervisor, *e-portfolio* accesible y decisiones de progresión basadas en datos. Un sistema nacional debería permitir heterogeneidad de recursos sin aceptar heterogeneidad de estándares mínimos. La equidad requiere que un residente formado en un hospital periférico tenga acceso a contenidos, *feedback* y supervisión comparables, aunque el dispositivo tecnológico sea diferente.

Ciencia de la implementación y gobernanza

La falla más frecuente de las innovaciones educativas no es técnica, sino organizacional. Se adquiere una plataforma, se ofrece una capacitación inicial y se espera que el cambio ocurra por sí solo. La ciencia de la implementación permite planificar adopción, adaptación, sostenibilidad y evaluación. El marco CFIR (marco consolidado de investigación sobre implementación) actualizado organiza factores en dominios como innovación, entorno externo, entorno interno, individuos y proceso de implementación, integrando además consideraciones de equidad[46]. El sitio CFIR Guide resume estos dominios y constructos como guía práctica para diseñar y evaluar intervenciones[47].

Aplicado a residencias quirúrgicas, CFIR obliga a preguntar: si la intervención es adaptable a recursos locales; si el entorno externo favorece conectividad, financiamiento y regulación; si la cultura del hospital valora docencia y seguridad; si docentes y residentes tienen habilidades digitales; y si existe un proceso explícito de liderazgo, pilotaje, evaluación, *feedback* y escalamiento. Esta mirada evita reducir el problema al comprar tecnología (Tabla 11) (Fig. 9).

Limitaciones, riesgos y mitigación

La tecnología puede mejorar la formación quirúrgica, pero también puede introducir daños. El primer riesgo es la inequidad: programas con más recursos acumulan simuladores, cámaras, tutores y plataformas, mientras otros quedan limitados a soluciones preca-

■ TABLA 11

Indicadores para evaluar implementación de TIC en una residencia

Dimensión	Indicador	Uso recomendado
Adopción	Porcentaje de docentes y residentes activos en LMS, *case log* y VBC	Detectar barreras iniciales y necesidad de capacitación
Fidelidad	Proporción de actividades realizadas según protocolo definido	Evitar que la intervención se diluya o se use de manera variable
Aceptabilidad	Encuestas y entrevistas sobre carga, utilidad y seguridad percibida	Ajustar diseño y prevenir rechazo cultural
Equidad	Comparación de acceso a módulos, simulación y *feedback* entre sedes	Identificar brechas territoriales o institucionales
Eficacia educativa	Mejora en escalas, progresión de hitos, corrección de errores y *readiness*	Vincular tecnología con competencias
Seguridad y calidad	Eventos adversos, informes, cumplimiento de *checklists* y seguimiento de complicaciones	Relacionar educación digital con seguridad del paciente
Sostenibilidad	Costo por residente, tiempo docente, mantenimiento y rotación de líderes	Planificar continuidad más allá de pilotos

■ FIGURA 9



Marco CFIR aplicado a educación quirúrgica digital

rias. La respuesta debe ser una política de escalamiento por niveles y no un estándar imposible de cumplir.

El segundo riesgo es la carga administrativa. Un *e-portfolio* mal diseñado puede convertirse en formulario repetitivo y generar rechazo. La regla de diseño debe ser capturar datos una vez y reutilizarlos para aprendizaje, evaluación y mejora de calidad. Cada campo obligatorio debe tener una finalidad pedagógica o regulatoria clara.

El tercer riesgo es la falsa objetividad. Las métricas digitales pueden parecer neutrales, pero dependen de qué se mide, quién mide, en qué contexto y con qué sesgo. Un residente de un hospital con menor volumen no es necesariamente menos competente; puede estar expuesto a oportunidades distintas. La analítica debe interpretarse junto con contexto y supervisión docente.

El cuarto riesgo es la dependencia tecnológica. La competencia quirúrgica requiere juicio, destreza manual, comunicación y responsabilidad. Ningún sistema de IA, simulador o *dashboard* debe desplazar la presencia de mentores ni la discusión ética del acto quirúrgico. La tecnología más madura es la que hace visible el aprendizaje y mejora el *feedback*, no la que promete reemplazar la formación humana.

El quinto riesgo es legal y reputacional. La filtración de un video quirúrgico, el uso de datos de pacientes en una herramienta externa de IA o la publicación de un caso reconocible en redes puede producir daño real. La mitigación requiere políticas, capacitación, auditoría y sanciones proporcionales, pero sobre todo una cultura de profesionalismo digital.

Propuesta curricular integrada por año de residencia

Una forma práctica de evitar dispersión es organizar las TIC por progresión de autonomía (Tabla 12). El primer año debe enfocarse en alfabetización digital, seguridad de datos, *e-learning* básico, anatomía, *checklists*, comunicación y simulación de habilidades iniciales. El segundo año puede incorporar video preparación, pacientes virtuales, registro de procedimientos y OSATS. El tercer año debe sumar VBC, *dashboards*, aná-

■ TABLA 12

Integración progresiva de TIC por etapa de residencia

Etapa	Foco digital	Producto evaluable
R1	Alfabetización digital, privacidad, búsqueda de evidencia, LMS, módulos de anatomía y simulación básica	Certificación institucional de competencias digitales mínimas y *checklist* de seguridad de datos
R2	Video educativo, *case log*, OSATS en simulación, pacientes virtuales y comunicación en teleconsulta observada	Portfolio con procedimientos observados, reflexión y evaluación formativa
R3	VBC en procedimientos seleccionados, *dashboards*, análisis de complicaciones y participación activa en telemedicina	Plan de mejora individual basado en datos y revisión de video
R4/R5	Telementoría supervisada, liderazgo de ateneos digitales, diseño de módulos, evaluación de pares y proyectos de calidad	Evidencia de autonomía progresiva, docencia digital y mejora de procesos

lisis de complicaciones y participación en teleconsultas. En años superiores, el residente puede actuar como mentor de pares, participar en telementoría, diseñar módulos y liderar proyectos de mejora.

Esta progresión permite que las TIC no sean un conjunto de actividades sueltas, sino un hilo longitudinal. El residente aprende primero a usar herramientas de forma segura, luego a documentar su práctica, después a mejorarla con *feedback* y finalmente a enseñar y liderar entornos digitales. La meta no es formar expertos en informática, sino cirujanos capaces de operar, aprender, enseñar y mejorar sistemas en un entorno digital.

Articulación entre el diagnóstico del análisis del Capítulo III Formación en Cirugía Abierta en la era videoscópica: realidad en la Argentina del Relato Oficial del 87.° Congreso Argentino de Cirugía (2016) y el marco de este capítulo

En el marco de la situación de la Argentina se realizó el análisis del Capítulo III del Relato Oficial del 87.° Congreso Argentino de Cirugía (2016)[48], elaborado por los Dres. Enrique Ortiz, Víctor H. Serafini y Martín M. Duhalde. Este documento constituye una investigación exhaustiva sobre la formación en cirugía abierta en la era videoscópica, con una metodología rigurosa: 168 residencias encuestadas, 17 programas posresidencia, 866 encuestas *online* y 20 centros de simulación.

Analizando este documento a la luz del segundo texto –el índice temático sobre "Educación quirúrgica en el siglo XXI"– emergen tensiones y continuidades muy reveladoras.

Del modelo "ver uno, hacer uno" al currículo trazable: la brecha que el capítulo 8 nombra y Ortiz y cols. documentan

Este capítulo parte de una premisa central: la curva de aprendizaje quirúrgica no debería recaer innecesariamente sobre el paciente. Esta afirmación, anclada en el informe *To Err is Human*, encuentra en el relevamiento de Ortiz su correlato empírico más preciso para la Argentina.

En 2016, el 93% de las residencias evaluaba habilidades y destrezas mediante observación bajo un modelo tradicional de aprendizaje por exposición ("ver, hacer, enseñar"), con evaluaciones predominantemente informales y conceptuales. Solo el 10% utilizaba instrumentos estructurados como EPAs o DOPS. El 1% medía indicadores de calidad como tasas de filtración anastomótica. El 73% de los encuestados consideró indispensable trabajar con objetivos y metas consensuadas, lo que refleja una conciencia colectiva de la necesidad de migrar hacia un currículo basado en competencias, pero sin implementación concreta generalizada.

Esta realidad describe exactamente el sistema que el capítulo 8 propone transformar: uno donde la evaluación es subjetiva, no trazable y desconectada de la seguridad del paciente.

La arquitectura propuesta por el capítulo 8 –*case logs, e-portfolios*, OSATS/GOALS digitales, *video-based coaching* y *learning analytics*–no es solo una modernización instrumental. Es la respuesta sistémica al problema ético que Ortiz documenta: un sistema donde el residente aprende sobre el paciente sin que ese aprendizaje sea visible, medible ni corregible a tiempo.

Un ejemplo concreto: en el relevamiento de Ortiz, solo el 51,1% de los servicios que detectaron déficit formativo mediante ateneos de morbimortalidad implementó medidas de reentrenamiento. El capítulo 8 propone que el *dashboard* de *learning analytics* debe disparar una intervención pedagógica concreta, no limitarse a mostrar un número. La distancia entre ambos textos no es de visión sino de infraestructura y gobernanza.

Tecnología e integración videoscópica: impacto desigual

La penetración laparoscópica resultó profundamente asimétrica según el tipo de institución:

- En hospitales privados, la colecistectomía laparoscópica alcanzó el 92,5%, generando déficit en formación abierta.
- En hospitales estatales, la carencia de insumos en guardia (43,8% sin aparatología) paradójicamente preservó la formación en cirugía abierta.

Esta paradoja ilustra un problema central para la educación quirúrgica del siglo XXI: la tecnología no distribuida equitativamente genera inequidades formativas, no solo asistenciales. El segundo texto aborda esto desde la IA, la realidad virtual y la telemedicina como soluciones potenciales, pero el documento de Ortiz anticipa que sin acceso universal a la infraestructura, cualquier innovación tecnológica replicará o profundizará estas brechas.

Simulación: el eslabón más débil

Los datos son elocuentes con respecto al estado de la simulación en 2016:

- Solo el 7% de los hospitales contaba con laboratorio propio.
- El 88% de quienes no incorporaban simulación lo atribuían a falta de acceso y razones económicas.
- El 76% desconocía la simulación de casos clínicos como metodología.
- La simulación en cirugía abierta era casi inexistente, orientándose casi exclusivamente a técnicas laparoscópicas.

Frente a esto, el segundo documento propone realidad virtual, simuladores avanzados con IA y retroalimentación personalizada. La distancia entre ambos documentos es reveladora: mientras uno describe una realidad donde la mayoría no accede siquiera a simulación básica, el otro diseña el futuro con simuladores de alta fidelidad. El desafío no es solo tecnológico sino de acceso y equidad formativa.

La excepción es de un laboratorio, con su programa de 52 horas de destrezas básicas para residentes de primer año –un modelo de bajo costo, alto impacto y transferible a cualquier institución, que el documento de educación del siglo XXI debería recuperar explícitamente–.

La taxonomía funcional de TIC frente a la realidad de los recursos

El capítulo 8 organiza las herramientas digitales por función educativa, diferenciando LMS, video educativo, simulación, *e-portfolios*, VBC, telemedicina y *learning analytics*. Esta taxonomía es conceptualmente sólida, pero el diagnóstico de Ortiz obliga a preguntarse cuál de estas capas es factible implementar en cada tipo de institución.

La distribución que emerge del relevamiento es la siguiente: el 76% de las residencias estaba concentrado en Buenos Aires, CABA, Córdoba y Santa Fe. El 68% era estatal con dificultades recurrentes de insumos y mantenimiento. Solo el 36% tenía acceso a laboratorios de entrenamiento en su región. El 88% de quienes no incorporaban simulación lo atribuía a falta de acceso y razones económicas.

Frente a esta realidad, la hoja de ruta federal del capítulo 8 –organizada en horizontes de 0-12 meses, 1-2 años, 3-5 años y más de 5 años– gana relevancia estratégica porque establece una progresión por niveles que no exige empezar por simuladores de alta fidelidad. El horizonte inicial propone ordenar lo disponible: auditar conectividad, seleccionar un LMS común, capacitar docentes en *feedback* digital y definir una política de privacidad. Este punto de entrada es compatible con la realidad descripta por Ortiz para la mayoría de las instituciones argentinas.

El riesgo que el propio capítulo 8 identifica –que las TIC amplíen brechas en lugar de reducirlas– está documentado empíricamente en Ortiz: los hospitales privados con mayor desarrollo laparoscópico y tecnológico son precisamente los que presentan mayor déficit en formación abierta, mientras que la precariedad de insumos en hospitales estatales preservó paradójicamente una práctica que los sistemas más equipados perdieron.

Evaluación digital y **video-based coaching***: del dato aislado al circuito pedagógico*

El capítulo 8 propone una arquitectura de evaluación que integra *case logs*, OSATS, GOALS, video operatorio, *e-portfolio* y reflexión del residente. La condición explícita es que cada componente dispare un ciclo pedagógico: datos, interpretación, intervención, seguimiento.

El diagnóstico de Ortiz muestra que en 2016 este circuito estaba fragmentado en sus componentes más básicos. Solo el 12% de las residencias registraba el número total de cirugías por patología por año. Solo el 8% comparaba esos registros con estándares mínimos establecidos por la Asociación Argentina de Cirugía (AAC). La excepción –un hospital de CABA que desde 2009 registraba todas las cirugías mediante una aplicación móvil desarrollada internamente– es exactamente el tipo de solución de bajo costo y alto impacto que el capítulo 8 propone para el horizonte inicial.

El *video-based coaching* merece análisis específico. Bonrath y cols. demostraron en ensayo aleatorizado que el *coaching* quirúrgico integral mejora habilidades en quirófano. El capítulo 8 presenta esta herramienta como componente central de la evaluación longitudinal. En el contexto de Ortiz, su implementación requería resolver primero tres condiciones previas que en 2016 no estaban dadas en la mayoría de los centros: consentimiento informado por procedimiento –solo el 30% lo utilizaba–, infraestructura de almacenamiento seguro y tiempo docente protegido para la revisión.

La tabla 9 del capítulo 8 sobre controles mínimos de privacidad para TIC educativas –específicamente el apartado de video quirúrgico– traduce en protocolo operativo lo que la Ley 25326 y las normas de teleconsulta vigentes exigen en la Argentina. Este puente entre marco legal y práctica educativa es una contribución concreta que el diagnóstico de Ortiz no podía anticipar, pero que su relevamiento hace urgente.

Competencias no técnicas: presencia implícita, desarrollo ausente

Ortiz menciona reiteradamente competencias no técnicas –trabajo en equipo, liderazgo, pensamiento crítico, comunicación– pero el análisis muestra que su desarrollo era no sistematizado. Los ateneos de morbimortalidad (62% de las instituciones) funcionaban como el principal espacio de desarrollo implícito de estas competencias, sin un diseño pedagógico explícito.

El dato sobre *burnout*, renuncias (14,5% de residencias) y quejas por sobrecarga horaria señala un fra-

caso sistémico en la gestión del bienestar del residente, que el segundo documento aborda directamente bajo el ítem de competencias no técnicas y salud del educando.

Telemedicina y telementoría: compensación de brechas geográficas y formativas

Ortiz identifica que solo el 10% de las residencias sin Servicio de Emergencia y Trauma compensaba ese déficit con rotaciones externas. El 20,4% de los centros privados con ausencia de trauma complementaba en hospitales estatales. Estas cifras expresan una inequidad formativa estructural que el capítulo 8 aborda mediante la propuesta de telementoría y nodos regionales de educación distribuida.

La distinción conceptual que el capítulo 8 establece entre telemedicina clínica, telementoría, *teleproctoring* y telecirugía remota es especialmente valiosa para el contexto argentino. Ortiz ya anticipó en 2016 que el *teleproctoring* podía ser una alternativa para transmitir destrezas básicas de cirugía abierta y laparoscópica a centros alejados, citando experiencias de telesimulación en países en desarrollo. El capítulo 8 le da a esa intuición un marco operativo completo, incluyendo la advertencia sobre latencia, roles, planes de contingencia y límites regulatorios.

La norma del ACGME citada en el capítulo 8 –que para Cirugía General no permite la supervisión directa mediante telecomunicación en 2025–debe leerse junto con la Resolución 581/2022 del Ministerio de Salud argentino sobre teleconsulta. Esta regulación local ofrece un piso diferente del estadounidense, lo que abre un espacio de política educativa que la Argentina podría utilizar para diseñar protocolos de telementoría quirúrgica dentro de sus propias condiciones regulatorias, sin copiar restricciones pensadas para otro sistema.

La Red Federal de Fibra Óptica de ARSAT mencionada en el capítulo 8 como condición de posibilidad para educación distribuida conecta directamente con el problema que Ortiz describe: residencias en provincias como Neuquén, La Rioja, Formosa, Catamarca o Misiones sin cursos obligatorios, sin acceso a laboratorios de simulación regionales y con escasa conexión con la AAC. La infraestructura existe; la política educativa que la aproveche, aún no.

Inteligencia artificial generativa: potencial y condiciones para su uso responsable

El capítulo 8 propone aplicaciones concretas de IA generativa para educación quirúrgica: tutoría socrática, generación de casos clínicos, *feedback* preliminar, diseño de rúbricas y resumen de videos. El marco regulatorio que establece –verificación humana, prohibición de datos identificables, declaración de uso– es imprescindible para un sistema donde, como muestra Ortiz, el 65% de los directores no contaba con consentimiento informado por patología y muchos servicios compartían información clínica por canales no formalizados.

La IA generativa podría resolver uno de los problemas estructurales documentados por Ortiz: la heterogeneidad de actividades teóricas. Si el 93% de las residencias tenía alguna actividad teórica pero con frecuencias que variaban de 1 a 5 días semanales y sin currículo estandarizado, las herramientas de tutoría asincrónica y módulos adaptativos pueden reducir esa variabilidad sin requerir docentes adicionales en cada sede.

Sin embargo, el capítulo 8 también advierte sobre el riesgo de dependencia cognitiva y de desplazamiento del mentor. Este riesgo es especialmente relevante en un sistema donde, como documenta Ortiz, el 26% de los responsables de residencias no tenía vinculación universitaria y muchos estaban geográficamente alejados de centros de referencia. La IA puede compensar parcialmente la escasez de docentes con tiempo protegido, pero no puede reemplazar la supervisión directa ni el juicio formado por años de práctica.

Competencias digitales del residente: lo que Ortiz midió sin nombrarlo

La tabla 3 del capítulo 8 define competencias digitales mínimas del residente: alfabetización informacional, comunicación digital clínica, protección de datos, evaluación digital, uso responsable de IA y mejora basada en datos. Ninguna de estas aparece nombrada explícitamente en el relevamiento de Ortiz, pero todas están implícitas en los problemas que describe.

El 84% de los cirujanos encuestados usaba metodologías de enseñanza en Internet y el 81% miraba videos quirúrgicos antes de operar. Esto indica que la alfabetización informacional básica estaba presente, pero sin estructura curricular ni criterios de calidad. El capítulo 8 propone que un módulo sobre colecistectomía laparoscópica no termina en ver el video, sino en una lista de pasos críticos, errores frecuentes y preguntas para discutir con el tutor. Esa diferencia –entre consumo pasivo y aprendizaje estructurado– es exactamente lo que el sistema de Ortiz no había formalizado.

La competencia de mejora basada en datos es quizála más lejana a la realidad de 2016. Que solo el 8% de las residencias comparara sus registros con estándares mínimos significa que la gran mayoría de los residentes terminaba su formación sin haber participado en ningún ciclo formal de mejora continua basado en datos propios. El capítulo 8 propone que esta competencia se desarrolle progresivamente desde el segundo año de residencia. Para que sea posible, primero debe existir el dato: un *case log* estandarizado, una plataforma de registro y un docente que interprete junto con el residente lo que los números muestran.

Seguridad del paciente como hilo integrador

Tanto Ortiz como el capítulo 8 convergen en un punto que define la legitimidad de toda la discusión: la seguridad del paciente. Ortiz documenta que el 13% de los residentes de cuarto año no se sentía seguro al convertir una cirugía laparoscópica, y que el 47% de los directores de programas posresidencia consideraba insuficiente la formación en cirugía abierta de quienes ingresaban en sus *fellowships* (subespecialidades). El capítulo 8 propone que toda tecnología que permita desplazar el entrenamiento básico fuera del quirófano debe evaluarse como intervención de seguridad del paciente, no solo como herramienta educativa.

La síntesis de ambos documentos produce una conclusión operativa: el sistema formativo argentino tiene un déficit de evidencia de desempeño que genera riesgo real. La respuesta no es solo más cirugías ni más tecnología, sino un circuito pedagógico que haga visible lo que hoy es invisible: qué hace el residente, con qué nivel de supervisión, con qué resultado y con qué plan de mejora.

Síntesis comparativa final

|Dimensión | Diagnóstico Ortiz 2016 | Propuesta Capítulo 8 | Condición para la transición |

|Evaluación de competencias | 10% con instrumentos estructurados; 1% mide indicadores de calidad | OSATS, GOALS, VBC, *e-portfolio*, *learning analytics* | Capacitación docente y tiempo protegido para revisión

|Simulación | 7% con laboratorio propio; 88% sin acceso por costo o geografía | Nodos regionales escalonados; simulación como intervención de seguridad | Política federal de financiamiento compartido

|Registro de procedimientos | 12% registra cirugías; 8% compara con estándares | *Case log* estandarizado, *dashboard*, alerta temprana | Plataforma común, conectividad y gobernanza de datos

|Video educativo | 81% mira videos; consumo pasivo sin estructura | VBC con escala validada, reflexión y plan de mejora | Consentimiento, almacenamiento seguro, tiempo docente |

|Telementoría | Intuición anticipada; sin protocolos ni regulación | Marco operativo completo con roles, latencia y contingencia | Regulación local, red de fibra, equipos locales capaces |

|IA generativa | Ausente del diagnóstico | Tutoría, casos, *feedback* preliminar con control humano | Política institucional de uso, privacidad y verificación |

|Equidad territorial | 76% concentrado en 4 jurisdicciones; interior con déficit crítico | Hoja de ruta federal por niveles; nodos regionales | Voluntad política, financiamiento y acuerdos interinstitucionales |

|Marco legal | Bioética reconocida pero no operacionalizada | Ley 25326, teleconsulta, historia clínica digital integradas | Formación docente en normativa y aplicación práctica |

El punto de llegada de ambos textos es el mismo: un cirujano competente formado en un sistema que aprende de sí mismo. El punto de partida que Ortiz documenta y el capítulo 8 debe tener en cuenta es que ese sistema, en la Argentina de 2016, mayoritariamente no tenía los instrumentos para verse a sí mismo. La transformación digital no es un fin; es el medio por el cual el sistema formativo puede, por primera vez, mirarse con evidencia.

Conclusiones y perspectivas futuras

Las TIC, la telemedicina y la inteligencia artificial han redefinido el campo de la educación quirúrgica. Su valor no depende de la novedad tecnológica, sino de su integración con un currículo basado en competencias, supervisión responsable, evaluación trazable y cultura de seguridad del paciente. El capítulo propone abandonar la dicotomía entre presencial y virtual: la formación quirúrgica de calidad será híbrida, deliberada y basada en evidencia.

El principio rector es desplazar todo lo desplazable fuera del paciente real: conocimiento básico, reconocimiento anatómico, toma de decisiones simulada, práctica psicomotora inicial, análisis de errores y *feedback* diferido. El quirófano debe reservarse cada vez más para la integración de juicio, técnica, comunicación y responsabilidad bajo supervisión competente.

En la Argentina y Latinoamérica, la prioridad no es implementar la tecnología más costosa, sino construir una gobernanza que permita estándares mínimos, protección de datos, formación docente, redes de colaboración y evaluación de impacto. La brecha digital solo se reducirá si las TIC se conciben como política educativa y sanitaria, no como iniciativa aislada de algunos servicios.

La perspectiva futura combina IA generativa, *learning analytics*, simulación, *video coaching*, telemedicina y redes federales de expertos. Sin embargo, el centro del sistema sigue siendo humano: un residente que aprende con *feedback*, un docente que supervisa con responsabilidad y un paciente cuya seguridad justifica la innovación (Fig. 10).

■ FIGURA 10



El objetivo final de la transformación digital: cirujano competente y paciente seguro

Referencias bibliográficas

1. Accreditation Council for Graduate Medical Education. Common Program Requirements [Internet]. Chicago: ACGME; 2026 [cited 2026 May 27]. Available from: https://www.acgme.org/programs-and-institutions/programs/common-program-requirements/
2. Frank JR, Snell LS, Cate OT, Holmboe ES, Carraccio C, Swing SR, et al. Competency-based medical education: theory to practice. Med Teach. 2010;32(8):638-45.
3. Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson MS, editors. To Err is Human: Building a Safer Health System. Washington (DC): National Academies Press; 2000.
4. World Health Organization. Global strategy on digital health 2020-2025 [Internet]. Geneva: WHO; 2021 [cited 2026 May 27]. Available from: https://www.who.int/publications/i/item/9789240020924
5. Ellaway R, Masters K. AMEE Guide 32: e-Learning in medical education. Med Teach. 2008;30(5):455-73.
6. Ogrinc G, Davies L, Goodman D, Batalden P, Davidoff F, Stevens D. SQUIRE 2.0 (Standards for QUality Improvement Reporting Excellence): revised publication guidelines from a detailed consensus process. BMJ Qual Saf. 2016;25(12):986-92.
7. Association of American Medical Colleges. Telehealth Competencies across the Learning Continuum [Internet]. Washington (DC): AAMC; 2021 [cited 2026 May 27]. Available from: https://store.aamc.org/downloadable/download/sample/sample_id/412/
8. Vuorikari R, Kluzer S, Punie Y. DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens, with new examples of knowledge, skills and attitudes. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2022.
9. World Health Organization. Ethics and governance of artificial intelligence for health: guidance on large multimodal models [Internet]. Geneva: WHO; 2024 [cited 2026 May 27]. Available from: https://www.who.int/publications/i/item/9789240084759
10. Gordon M, Daniel M, Ajiboye A, et al. A scoping review of artificial intelligence in medical education. Med Teach. 2024;46(4):446-70.
11. Rao L, Shah D, Goyal R, et al. The use of generative artificial intelligence in surgical education: a narrative review. Plast Aesthet Res. 2024;11:47.
12. Janumpally R, Nanua S, Ngo A, Youens K. Generative artificial intelligence in graduate medical education. Front Med (Lausanne). 2025 Jan 10;11:1525604. doi: 10.3389/fmed.2024.1525604. PMID: 39867924; PMCID: PMC11758457.
13. American Medical Association. Principles for Augmented Intelligence Development, Deployment, and Use [Internet]. Chicago: AMA; 2024 [cited 2026 May 27]. Available from: https://www.ama-assn.org/system/files/ama-ai-principles.pdf
14. Bojic I, et al. Empowering health care education through learning analytics: scoping review. JMIR Med Educ. 2023;25:e41671.
15. Thoma B, et al. Next steps in the implementation of learning analytics in medical education: consensus from an international cohort of medical educators. JMIR Med Educ. 2020;6(1).
16. Seymour NE, Gallagher AG, Roman SA, OBrien MK, Bansal VK, Andersen DK, Satava RM. Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study. Ann Surg. 2002;236(4):458-64.
17. Zendejas B, Brydges R, Wang AT, Cook DA. Patient outcomes in simulation-based medical education: a systematic review. J Gen Intern Med. 2013;28(8):1078-89.
18. Graafland M, Schraagen JM, Schijven MP. Systematic review of serious games for medical education and surgical skills training. Br J Surg. 2012;99(10):1322-30.
19. Chon SH, Timmermann F, Dratsch T, Schuelper N, Plum P, Berlth F, et al. Serious games in surgical medical education: a virtual emergency department as a tool for teaching clinical reasoning to medical students. JMIR Serious Games. 2019;7(1):e13028.
20. Dickinson KJ, Bass BL. A systematic review of educational mobile-applications for surgery residents. J Surg Educ. 2020;77(5).
21. Chandran VP, Balakrishnan A, Rashid M, Pai Kulyadi G, Khan S, Devi ES, et al. Mobile applications in medical education: a systematic review and meta-analysis. PLoS One. 2022;17(3):e0265927.
22. Lima DL, Lopes M, Brito AM. Social media: friend or foe in surgical education? A systematic review. J Surg Educ. 2022.
23. Ahmet A, Gamze K, Rustem M, Sezen KA. Is video-based education an effective method in surgical education? A systematic review. J Surg Educ. 2018;75(5):1150-8.
24. Youssef SC, et al. Video-based surgical education: a systematic review and meta-analysis. Surg Innov. 2023.
25. Bonrath EM, Dedy NJ, Gordon LE, Grantcharov TP. Comprehensive surgical coaching enhances surgical skill in the operating room: a randomized controlled trial. Ann Surg. 2015;262(2):205-12.
26. Martin JA, Regehr G, Reznick R, MacRae H, Murnaghan J, Hutchison C, Brown M. Objective structured assessment of technical skill (OSATS) for surgical residents. Br J Surg. 1997;84(2):273-8.
27. Vassiliou MC, Feldman LS, Andrew CG, Bergman S, Leffondre K, Stanbridge D, et al. A global assessment tool for evaluation of intraoperative laparoscopic skills. Am J Surg. 2005;190(1):107-13.
28. Accreditation Council for Graduate Medical Education. Case Log System [Internet]. Chicago: ACGME; 2026 [cited 2026 May 27]. Available from: https://www.acgme.org/data-systems-technical-support/case-log-system/

29. Augestad KM, Chomutare T, Bellika JG, Budrionis A, Lindsetmo RO, Delaney CP. Surgical telementoring: a systematic review. Surg Endosc. 2017;31(10):3835-48.
30. Pfennig M, et al. How does telementoring impact medical education within the surgical field? A scoping review. Am J Surg. 2022;224(3):869-80.
31. Barba P, Stramiello J, Funk EK, Richter F, Yip MC, Orosco RK. Remote telesurgery in humans: a systematic review. Surg Endosc. 2022;36(5):2771-7.
32. Moustris GP, et al. A long-distance telesurgical demonstration on robotic surgery with 5G network. Int J Comput Assist Radiol Surg. 2023;18(9):1577-87.
33. Wang Z, et al. Influence of network latency and bandwidth on robot-assisted telesurgery: an experimental network condition study. Surg Endosc. 2024.
34. Xie Y, et al. Will 5G-based robot-assisted telesurgery redefine modern surgical practice? A review of current progress. Transl Lung Cancer Res. 2025;14(5):1821-9.
35. Accreditation Council for Graduate Medical Education. Permissible use of direct supervision using telecommunication technology [Internet]. Chicago: ACGME; updated 2025 Dec [cited 2026 May 27]. Available from: https://www.acgme.org/globalassets/pdfs/specialty-specific-requirement-topics/dio-direct_supervision_telecommunication_2025.pdf
36. US Department of Health and Human Services. HIPAA Privacy Rule [Internet]. Washington (DC): HHS; [cited 2026 May 27]. Available from: https://www.hhs.gov/hipaa/for-professionals/privacy/index.html
37. US Department of Health and Human Services. HIPAA Security Rule [Internet]. Washington (DC): HHS; [cited 2026 May 27]. Available from: https://www.hhs.gov/hipaa/for-professionals/security/index.html
38. Argentina. Ley 25.326. Protección de los Datos Personales [Internet]. Buenos Aires: InfoLEG; 2000 [cited 2026 May 27]. Available from: https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-25326-64790/actualizacion
39. Argentina. Ley 27.553. Recetas electrónicas o digitales y plataformas de teleasistencia [Internet]. Buenos Aires: InfoLEG; 2020 [cited 2026 May 27]. Available from: https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-27553-340919/actualizacion
40. Argentina. Decreto 98/2023. Reglamentación de la Ley 27.553 [Internet]. Boletín Oficial de la República Argentina; 2023 [cited 2026 May 27]. Available from: https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/281766/20230228
41. Argentina. Ley 27.706. Programa Federal Único de Informatización y Digitalización de las Historias Clínicas de la República Argentina [Internet]. Buenos Aires: InfoLEG; 2023 [cited 2026 May 27]. Available from: https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-27706-380710/texto
42. Ministerio de Salud de la Nación Argentina. Resolución 581/2022: Buenas prácticas para la teleconsulta [Internet]. Boletín Oficial de la República Argentina; 2022 [cited 2026 May 27]. Available from: https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/259481/20220321
43. ARSAT. Red Federal de Fibra Óptica [Internet]. Buenos Aires: ARSAT; [cited 2026 May 27]. Available from: https://www.arsat.com.ar/red-federal-de-fibra-optica/
44. Intercollegiate Surgical Curriculum Programme. ISCP surgical curriculum and portfolio [Internet]. London: ISCP; [cited 2026 May 27]. Available from: https://www.iscp.ac.uk/
45. Royal College of Surgeons of England. Surgical training curriculum and ISCP e-portfolio [Internet]. London: RCS England; [cited 2026 May 27]. Available from: https://www.rcseng.ac.uk/careers-in-surgery/trainees/st3-and-beyond/surgical-training-curriculum/
46. Damschroder LJ, Reardon CM, Opra Widerquist MA, Lowery J. The updated Consolidated Framework for Implementation Research based on user feedback. Implement Sci. 2022;17:75.
47. The Center for Clinical Management Research. CFIR Guide: constructs and domains [Internet]. Ann Arbor: CFIR Research Team; [cited 2026 May 27]. Available from: https://cfirguide.org/constructs/
48. Serafini DVH, Duhalde MA, Ortiz E. Formación en cirugía abierta en la era videoscópica. Rev Argent Cirug. 2021;108(Supl 1):S63-S202.

9. Desarrollo de las habilidades no técnicas en la educación quirúrgica del siglo XXI

Roberto Badra, Martín Palavecino, Eduardo J. Cassone

La cirugía es un deporte de equipo.
Steven Yule, Surgery (2006)

El quirófano es un microcosmos de humanidad bajo presión.
Roger Kneebone, Medical Education (2011)

RESUMEN

Este capítulo presenta una integración crítica de la literatura contemporánea y de los materiales docentes aportados sobre habilidades no técnicas en cirugía. Sostiene que el desempeño quirúrgico de excelencia depende de la convergencia entre destreza operatoria, juicio clínico, comunicación, liderazgo, cultura de seguridad y formación docente. Integra el aporte del Blue Ribbon Committee II1 con el modelo NOTSS, la teoría del aprendizaje situado y la educación basada en competencias. Se propone una mirada curricular e institucional que permita enseñar, evaluar e incorporar estas competencias de manera longitudinal, con especial atención al bienestar del residente, la cultura quirúrgica y el papel formador del docente.

Palabras clave: *habilidades no técnicas (NOTSS), seguridad del paciente, simulación, liderazgo,* mentoring *(mentoría), evaluación, educación basada en competencias, cultura quirúrgica, diversidad, bienestar del residente.*

Introducción

La educación quirúrgica del siglo XXI se encuentra en plena transición. El paradigma centrado casi exclusivamente en la destreza operatoria ha sido reemplazado por una visión más amplia del desempeño profesional, donde la seguridad del paciente, la calidad asistencial, la coordinación del equipo y la solidez del juicio clínico dependen tanto de la pericia técnica como de un conjunto de capacidades cognitivas, sociales y conductuales. En cirugía, operar bien ya no significa solamente ejecutar un procedimiento con precisión: significa también anticipar riesgos, liderar con claridad, comunicarse con eficacia, decidir bajo presión y sostener un entorno de trabajo seguro para pacientes, residentes y colegas.

Este desplazamiento conceptual no es retórico. El análisis contemporáneo de los eventos adversos quirúrgicos ha demostrado que una porción sustancial de los errores no deriva de fallas en el gesto técnico, sino de problemas en la comunicación, la jerarquía mal gestionada, la pérdida de conciencia situacional, la toma de decisiones tardía o la imposibilidad de que alguien del equipo advierta a tiempo una desviación crítica[2-4]. La cirugía puede ser técnicamente correcta y, sin embargo, fracasar por un problema humano. Ese hallazgo obliga a reconsiderar qué entendemos por competencia quirúrgica.

Las denominadas habilidades no técnicas, o *Non-Technical Skills* (NTS), emergen precisamente de esta reconceptualización[4]. No son habilidades blandas ni accesorios de buena educación profesional: son el soporte invisible del acto quirúrgico seguro. Operan en el nivel donde se integran la percepción del contexto, el razonamiento práctico, la interacción del equipo y la regulación emocional. Constituyen, en otras palabras, la arquitectura conductual del quirófano contemporáneo.

El presente capítulo integra el material conceptual, educativo y quirúrgico aportado en los documentos de trabajo –incluidos los informes del Blue Ribbon Committee II publicados en *Annals of Surgery* en 2025[1,5]– y los organiza en una narrativa única, orientada a cirujanos especialistas. Su objetivo es situar el desarrollo de las habilidades no técnicas como un eje estructural de la educación quirúrgica moderna, articulando NOTSS, seguridad del paciente, simulación, mentoría (*mentoring*), evaluación, liderazgo, bienestar profesional e innovación educativa.

Del modelo técnico al desempeño profesional integral

Durante gran parte del siglo XX, la formación quirúrgica se desarrolló bajo la lógica de la exposición progresiva a casos, la repetición supervisada y la adquisición de destrezas manuales en contextos reales. Este modelo produjo generaciones de cirujanos técnicamente sólidos, pero dejaba en la penumbra dimensiones decisivas del desempeño. El residente aprendía a operar, aunque no necesariamente aprendía de modo explícito a comunicar malas noticias, a liderar un equipo heterogéneo, a formular una duda en un entorno jerárquico, a manejar el estrés o a analizar un error sin actitud defensiva.

La expansión de la cirugía mínimamente invasiva, la digitalización del conocimiento, la incorporación de simulación, el surgimiento de quirófanos híbridos y el borramiento progresivo de las fronteras entre especialidades modificaron la naturaleza misma del trabajo quirúrgico. El Blue Ribbon Committee II subraya que la presión sobre los programas de residencia se ha intensificado significativamente desde los primeros informes del año 2005[6]: el cirujano del presente debe ser capaz de comprender la totalidad de la enfermedad, integrarse a equipos multidisciplinarios y asumir responsabilidad simultánea por resultados, seguridad, calidad y costos. En ese escenario, las NTS se vuelven centrales.

La educación basada en competencias (CBME) consolidó este cambio de paradigma [6] (el desarrollo histórico del modelo halstediano en las residencias argentinas se aborda en el capítulo sobre la historia de las residencias, y el marco general de evaluación basada en competencias se desarrolla en el capítulo sobre evaluación). El desempeño ya no puede reducirse al tiempo de permanencia en un programa ni al número de procedimientos realizados. La competencia profesional exige integración: conocimiento, técnica, juicio, conducta y valores. En este marco, las habilidades no técnicas dejan de ser implícitas y pasan a formar parte del currículo visible. Lo que antes se esperaba que surgiera por imitación o maduración ahora debe ser enseñado, observado, practicado y evaluado.

Este cambio también transforma la relación entre el residente y el entorno. El aprendizaje no ocurre solamente en la ejecución técnica, sino en la forma en que se habita el sistema quirúrgico. Se aprende observando cómo se habla en el quirófano, cómo se distribuyen las tareas, cómo se corrige una falla, cómo se comparte la información crítica y cómo se sostiene la serenidad en una situación límite. La formación quirúrgica contemporánea es, por lo tanto, una formación del hacer y del ser.

El quirófano como sistema social complejo

Comprender las habilidades no técnicas exige mirar el quirófano desde una perspectiva sistémica. El entorno operatorio no es un escenario neutral donde individuos técnicamente competentes actúan de manera independiente; es una red densa de interacciones de personas, reglas, tecnología, tiempos, jerarquías, rutinas y expectativas. Por eso, el desempeño quirúrgico real no puede explicarse únicamente por la habilidad del cirujano principal: surge de la calidad del sistema humano en funcionamiento.

Los enfoques actuales de teoría educativa aplicados a cirugía describen al quirófano como una comunidad de práctica y como un sistema de actividad[7]. La primera perspectiva subraya que el residente aprende mediante participación progresiva en una cultura profesional; la segunda muestra que la acción quirúrgica siempre está mediada por herramientas, normas, división del trabajo y objetivos compartidos. En ambos casos, la consecuencia es inequívoca: la competencia no se adquiere fuera del sistema, sino dentro de él.

Desde el primer día, el residente comienza a internalizar reglas que no suelen estar escritas. Aprende quién puede hablar, cuándo se interrumpe, cómo se formula una objeción, qué tono se considera aceptable, qué errores son tolerados y cuáles generan vergüenza. Ese aprendizaje informal es decisivo, porque moldea la identidad profesional mucho antes de consolidarse la autonomía operatoria. Las NTS se viven antes de nombrarse.

Mirar el quirófano como sistema social complejo permite explicar por qué un servicio técnicamente brillante puede ser educativamente pobre, o por qué un episodio adverso no debe atribuirse de manera simplista a un único individuo. Fallas en el sistema –ambigüedad de roles, comunicación vertical, baja seguridad psicológica, mal diseño de rutinas o ausencia de *debriefing*– erosionan silenciosamente el rendimiento del equipo[8]. En cambio, los sistemas que generan claridad, confianza, escucha y propósito común hacen posible que el conocimiento técnico se traduzca en resultados clínicos más seguros.

El modelo NOTSS: origen, consolidación y dominios fundamentales

Origen y consolidación

La sistematización de las habilidades no técnicas en cirugía tiene su raíz en los estudios sobre factores humanos desarrollados inicialmente en la aviación. Allí se comprobó que numerosos accidentes ocurrían no por fallas mecánicas, sino por problemas de comunicación, liderazgo, conciencia situacional y uso ineficiente de los recursos de la tripulación. De esa experiencia surgió el *Crew Resource Management* (CRM), que luego fue adaptado a otros contextos de alto riesgo, incluida la medicina[9].

En cirugía, el punto de inflexión estuvo dado por el desarrollo del sistema NOTSS (*Non-Technical Skills for Surgeons*), diseñado para convertir en observables y enseñables comportamientos que históricamente habían permanecido en el terreno de lo implícito[4]. El modelo permitió pasar del comentario general

–"este cirujano tiene buen criterio" o "neja bien el equipo"– a una descripción estructurada de dominios conductuales, con indicadores precisos y posibilidad de calificación sistemática.

NOTSS organiza las habilidades no técnicas en cuatro grandes áreas: conciencia situacional, toma de decisiones, comunicación y trabajo en equipo/liderazgo, y autocontrol[4,10]. La fortaleza del modelo reside en su operatividad. No se limita a proclamar la importancia de los factores humanos; propone conductas específicas, observables, discutibles y evaluables. Esto abrió la puerta a una enseñanza deliberada de comportamientos que antes se atribuían a la personalidad o a la experiencia acumulada.

La consolidación de NOTSS tuvo un doble efecto. Por un lado, legitimó académicamente el estudio de la conducta quirúrgica. Por otro, ofreció un lenguaje común para docentes, residentes y evaluadores. En la práctica, permitió integrar mejor el análisis del error, la simulación, el *feedback* y la observación del desempeño. El modelo no reemplaza la técnica, pero hace visible el marco conductual que permite que la técnica se despliegue con seguridad y eficacia.

Dominios fundamentales

La conciencia situacional constituye la capacidad de percibir elementos relevantes del entorno, comprender su significado y anticipar cómo pueden evolucionar. En cirugía, esto implica sostener una representación mental actualizada del paciente, del campo operatorio, del estado del equipo y de los riesgos emergentes. La pérdida de conciencia situacional suele manifestarse como fijación en una tarea, visión en túnel o demora en advertir complicaciones incipientes. Es el primer dominio NOTSS porque, sin percepción adecuada del contexto, toda respuesta posterior resulta reactiva y tardía.

La toma de decisiones, segundo dominio, excede la selección entre opciones técnicas. Comprende la interpretación de información incompleta, la ponderación de riesgos, la revaluación de planes ante cambios inesperados y la disposición a pedir ayuda. En el quirófano real, decidir raramente ocurre en condiciones ideales: se decide con presión temporal, incertidumbre y carga cognitiva elevada. Por eso, la calidad de la decisión depende también de la calidad del equipo y del contexto. El Blue Ribbon Committee II enfatiza que la formación en toma de decisiones debe incluir el dominio de herramientas digitales y de inteligencia artificial, cuya integración al entorno quirúrgico ya es una realidad inapelable[11]; la aplicación específica de la inteligencia artificial al acto quirúrgico se desarrolla en el capítulo sobre inteligencia artificial.

La comunicación y el liderazgo, íntimamente ligados, constituyen el plano relacional del desempeño. No basta con emitir indicaciones: es necesario asegurar comprensión, facilitar retroalimentación, promover participación y sostener un clima de respeto. El liderazgo contemporáneo no se define por autoridad unilateral, sino por la capacidad de generar contexto, coordinar recursos, estabilizar emocionalmente al equipo y hacer visible lo importante. Un buen líder quirúrgico no monopoliza la palabra: organiza el espacio de colaboración y asegura que todos los integrantes del equipo puedan contribuir.

El autocontrol y la resiliencia refieren a la autorregulación emocional, al manejo del estrés y a la posibilidad de sostener el rendimiento sin rigidización cognitiva ni deterioro relacional. La cirugía exige responder de manera adaptativa bajo presión. El autocontrol no significa frialdad ni supresión afectiva: implica una forma de regular la emoción para que el juicio y la conducta no colapsen. Estos cuatro dominios no funcionan por separado; interactúan continuamente y configuran el desempeño integral del cirujano (Tabla 1).

TABLA 1

Dominios de las habilidades no técnicas y manifestaciones observables[4,9,10].

Dominio	Finalidad principal	Conductas observables
Conciencia situacional	Percibir, comprender y anticipar cambios clínicos y contextuales	Actualiza información; detecta señales débiles; evita visión en túnel
Toma de decisiones	Elegir cursos de acción prudentes bajo incertidumbre	Prioriza; revalúa planes; solicita ayuda; integra datos del equipo
Comunicación y liderazgo	Coordinar personas y recursos con claridad y respeto	Verbaliza objetivos; escucha; distribuye tareas; confirma mensajes
Autocontrol y resiliencia	Regular emoción, carga cognitiva y fatiga para sostener rendimiento	Reconoce estrés; usa pausas estratégicas; evita reactividad; mantiene foco

Cultura quirúrgica, *belonging* y construcción de identidad profesional

La identidad profesional del cirujano no se forma únicamente mediante la adquisición de una técnica, sino a través de la inmersión en una cultura. Cada servicio transmite, explícita o implícitamente, una idea de qué significa ser cirujano. Esa idea se corporiza en gestos pequeños: la manera de corregir, de escuchar, de conceder autonomía, de tolerar la duda y de tratar a los más jóvenes. De allí que la cultura quirúrgica no sea un tema accesorio; es el principal vehículo de formación conductual.

En los estudios contemporáneos sobre educación quirúrgica, el concepto de *belonging* –pertenencia legítima al equipo– aparece como un determinante mayor del aprendizaje[8]. El residente que se siente parte del sistema pregunta más, solicita ayuda a tiempo, se equivoca menos por omisión y desarrolla una relación más madura con el *feedback*. En cambio, el entorno que naturaliza humillación, silenciamiento o desprecio produce aprendizaje defensivo, agotamiento emocional y deterioro de la seguridad (Fig. 1).

El denominado *mistreatment* no se limita a agresiones abiertas. También se expresa en la omisión sistemática de *feedback*, en la invisibilización del residente, en la exposición pública innecesaria o en la creación de un clima donde hablar entraña riesgo simbólico. Según el Blue Ribbon Committee II, diversos estudios recientes documentan que hasta el 63% de los estudiantes de medicina han experimentado alguna forma de maltrato durante su formación clínica, y la mayoría no lo informa por temor a represalias o por percibir que forma parte de la cultura normal[12,13]. Estas condiciones lesionan el aprendizaje y afectan la seguridad del paciente. Una cultura de excelencia no puede construirse sobre el miedo (Figs. 2 y 3).

La formación de NTS en los aprendices requiere, necesariamente, NTS maduras en los formadores. El docente que no practica comunicación horizontal, que no tolera el disenso, que no modela autocrítica ni apertura al error, inevitablemente transmite esos patrones a sus residentes. Por eso, el desarrollo de NTS es inseparable del trabajo sobre la cultura: no alcanza con enseñar habilidades individuales si el sistema castiga su ejercicio.

Liderazgo, colaboración y trabajo en equipo quirúrgico

Los textos contemporáneos sobre liderazgo en cirugía coinciden en una idea decisiva: colaborar no equivale a que una persona decida y el resto obedezca con eficiencia[14]. El trabajo verdaderamente colaborativo exige propósito compartido, reglas de juego visibles, confianza y una metodología deliberada de interacción. El líder deja de ser un solucionador omnisciente y se transforma en un diseñador de contexto: alguien capaz de crear las condiciones para que el equipo funcione en su nivel más alto.

Desde esta perspectiva, cuatro competencias resultan particularmente relevantes: indagación, escucha, confianza y generación de criterio[14]. Indagar significa buscar datos reales antes de imponer interpretaciones; escuchar implica legitimar la diferencia y comprender climas emocionales; construir confianza requiere competencia, sinceridad y responsabilidad; generar criterio supone explicitar cómo se decidirá y sobre qué valores se actuará. Estas competencias no pertenecen solo a la esfera moral: inciden directamente en la capacidad del equipo para producir resultados seguros (Tabla 2).

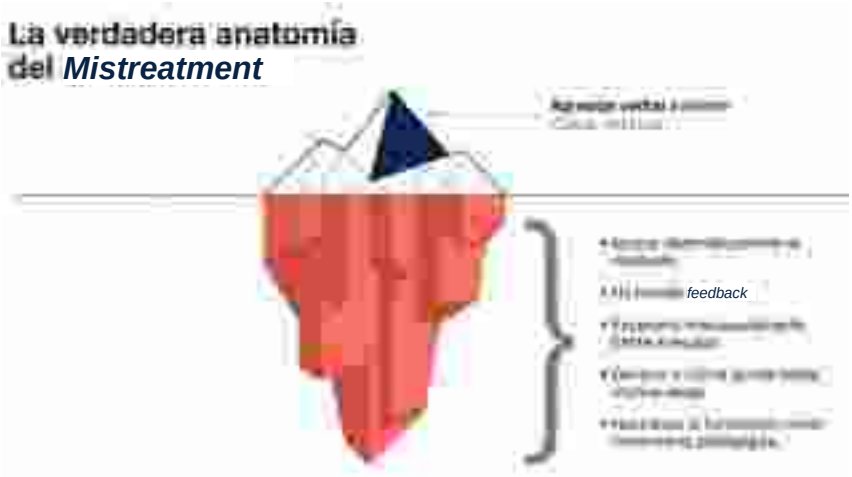
La colaboración efectiva también demanda rutinas. Reuniones bien preparadas, roles definidos, momentos de revisión, espacios para la consideración de alternativas, establecimiento de prioridades y *feedback* rápido conforman la infraestructura invisible del trabajo de alto desempeño. Los rituales tienen aquí una función cultural poderosa: indican quiénes somos, cómo se reconoce a los integrantes y qué conductas se esperan. Sin rituales, el equipo se dispersa; con rituales

■ **FIGURA 1**



Los dos caminos del ecosistema quirúrgico: *belonging* vs. *mistreatment*. Las conductas observadas en el entorno formativo configuran un estándar profesional progresivo (camino del *belonging*) o naturalizan patrones tóxicos (camino del *mistreatment*)[12,13].

■ FIGURA 2



La anatomía oculta del *mistreatment* (modelo iceberg). La agresión verbal explícita representa solo la porción visible; bajo la superficie operan formas silenciosas y normalizadas de maltrato que erosionan el aprendizaje y la seguridad[12,13].

■ FIGURA 3



El ciclo virtuoso del *belonging*. La pertenencia legítima al equipo se correlaciona directamente con el desempeño técnico y cognitivo del residente: reconoce errores sin ocultarlos, solicita ayuda a tiempo, participa activamente en decisiones clínicas y aprende con mayor profundidad[8].

inteligentes, la memoria colectiva y la identidad institucional se fortalecen.

En cirugía, donde la presión asistencial es constante, estas prácticas pueden parecer secundarias. No lo son. Equipos que trabajan sin metodología colaborativa tienden a perder información, duplicar tareas, excluir voces relevantes y aumentar conflictos tácitos. En cambio, los servicios que estructuran su colaboración de forma intencional desarrollan resiliencia organizacional: pueden adaptarse mejor, aprender más rápido y sostener calidad en contextos complejos. La herramienta TeamSTEPPS, desarrollada por la Agencia para la Investigación en Calidad de la Salud de los Estados Unidos, ofrece un marco validado para estructurar este tipo de colaboración en entornos de alta presión[15]; la formación docente y la evaluación de competencias colaborativas se profundiza en el capítulo sobre evaluación.

Estrés, fatiga, bienestar y resiliencia en el cirujano en formación

La tradición quirúrgica tendió durante décadas a romantizar la resistencia al cansancio, la disponibilidad irrestricta y la aparente invulnerabilidad emocional. Sin embargo, la literatura contemporánea ha demostrado con claridad que el estrés crónico, la fatiga acumulada y el *burnout* (agotamiento laboral) no son meros costos colaterales del oficio, sino variables que deterioran el juicio clínico, la comunicación y la seguridad asistencial[16]. El Blue Ribbon Committee II, en su subcomité de bienestar e integración trabajo-vida, informa tasas de *burnout* en residentes quirúrgicos de entre el 40y el 70%, cifras que obligan a repensar estructuralmente las condiciones de la formación[17,18].

TABLA 2

Competencias del trabajo colaborativo aplicadas al entorno quirúrgico[14,15].

Competencia	Descripción operativa	Impacto en el equipo
Indagación	Buscar hechos y datos antes de imponer interpretaciones	Mejor diagnóstico de situación y menor sesgo jerárquico
Escucha activa	Legitimar perspectivas distintas y captar el clima emocional	Más participación, menos omisiones y mayor seguridad psicológica
Confianza	Conjugar competencia, sinceridad y responsabilidad	Cooperación sostenida y posibilidad de delegación efectiva
Generación de criterio	Explicitar cómo se decidirá y sobre qué valores se actuará	Reuniones útiles, prioridades claras y acciones consistentes

El estrés agudo moderado puede mejorar temporalmente el foco atencional. Pero cuando la activación se vuelve excesiva o sostenida, aparecen rigidez cognitiva, visión en túnel, disminución de la memoria operativa y empeoramiento del trato interpersonal. La fatiga, por su parte, reduce vigilancia, enlentece el procesamiento y afecta la capacidad de anticipar y coordinar. En términos de NTS, ambos fenómenos lesionan exactamente las competencias que sostienen el rendimiento seguro: la conciencia situacional se empobrece, la toma de decisiones se vuelve precipitada o excesivamente conservadora, la comunicación pierde claridad y el autocontrol cede ante la reactividad.

La resiliencia no debe entenderse como una virtud individual heroica, sino como una competencia y como un atributo del sistema. Exige autorregulación emocional, espacios de apoyo, mentoría, *debriefing*, cultura no punitiva y liderazgo sensible al bienestar. No se trata de volver más duros a los cirujanos, sino de crear entornos donde puedan mantenerse lúcidos, conectados y funcionales ante la presión.

El BRC II recomienda explícitamente desarrollar un marco nacional de seguridad en el lugar de trabajo para los residentes, que abarque desde condiciones salariales dignas hasta protocolos claros de denuncia de maltrato, pasando por políticas de licencia parental, protección ante lesiones por exposición y ergonomía en el quirófano[17]. Estas recomendaciones no son concesiones periféricas: responden a la evidencia de que el bienestar del cirujano y la seguridad del paciente son dos expresiones del mismo problema sistémico.

Error humano, seguridad del paciente y aprendizaje institucional

Uno de los avances más importantes de la seguridad del paciente fue abandonar la mirada moralizante del error para sustituirla por una comprensión sistémica[2]. En cirugía, esto implica reconocer que los eventos adversos rara vez son la consecuencia lineal de una única incompetencia individual. Más frecuentemente emergen de la alineación de fallas latentes, omisiones de comunicación, rutinas frágiles y condiciones organizacionales adversas, lo que James Reason denominó el modelo del queso suizo del error humano[19]. El marco general de seguridad del paciente, gestión de eventos adversos, WHO *Safe Surgery Checklist*, análisis de causa raíz y cultura justa se desarrolla específicamente en el capítulo sobre seguridad del paciente.

Las habilidades no técnicas funcionan como barreras activas frente al error. Una buena conciencia situacional permite detectar una desviación antes de que se convierta en daño; la comunicación cerrada reduce malentendidos; el liderazgo eficaz facilita que alguien señale un riesgo; el trabajo en equipo compensa limitaciones individuales. De allí que la seguridad no pueda reducirse a listas de verificación, aunque estas sean valiosas. La seguridad es también una cultura y una forma de interacción.

Las discusiones de morbilidad y mortalidad, el análisis de causa raíz y los *debriefings* posevento son instrumentos privilegiados para convertir el error en aprendizaje[3]. Pero su valor depende del clima institucional. En culturas punitivas, estos espacios se vuelven defensivos; en culturas maduras, permiten revisar procesos, nombrar vulnerabilidades y rediseñar prácticas. El error deja entonces de ser un estigma individual para transformarse en información crítica para el sistema.

La educación quirúrgica debería formar residentes capaces de analizar errores con rigor y sin humillación. Esa competencia –mirar una falla con honestidad, identificar sus determinantes, distinguir entre responsabilidad y culpa, y proponer cambios sostenibles– es una de las manifestaciones más sofisticadas de las NTS. Aprender cirugía incluye aprender a aprender del error.

Simulación, *debriefing* e innovación educativa

La simulación clínica ocupa un lugar central en la formación contemporánea porque permite ensayar conductas complejas en entornos seguros y controlados[20]; su desarrollo como pilar de la educación quirúrgica se aborda en profundidad en el capítulo sobre simulación, y la aplicación específica de realidad virtual en residencias en el capítulo sobre realidad virtual. En

cirugía, su valor no se limita al entrenamiento técnico. La simulación es especialmente potente para el desarrollo de NTS: permite recrear escenarios de crisis, fallas de coordinación, comunicación difícil, decisiones bajo presión y errores potenciales sin poner en riesgo al paciente.

Su fase más fértil no es necesariamente la ejecución del escenario, sino el *debriefing* posterior. Allí se hace visible lo que durante la acción permaneció implícito: cómo se percibió la situación, qué sesgos intervinieron, cómo se distribuyó la palabra, qué señales no fueron escuchadas, qué emociones circularon y qué alternativas podrían haberse ensayado. El *debriefing* bien conducido transforma la experiencia en conocimiento profesional.

El Blue Ribbon Committee II identifica, entre las tecnologías educativas con mayor potencial, la realidad virtual y aumentada, los pacientes estandarizados, los simuladores con métricas incorporadas, los juegos serios para entrenamiento de decisiones, y las plataformas de video con análisis asistido por inteligencia artificial[11]; estas últimas se desarrollan junto con *video-based coaching* (entrenamiento basado en video) en cirugía robótica en el capítulo sobre robótica. La telesimulación y la virtualidad ampliaron además el acceso a estas estrategias, especialmente en contextos geográficos dispersos o con restricciones de movilidad.

La innovación educativa, sin embargo, no debe confundirse con fascinación tecnológica. Las herramientas valen en la medida en que sirvan al aprendizaje y estén integradas a un marco pedagógico coherente. Simular sin *debriefing*, medir sin interpretación o digitalizar sin criterio no mejora la educación. El desafío no es incorporar tecnología por novedad, sino utilizarla para profundizar aprendizaje, seguridad y juicio profesional. El BRC II recomienda la creación de un Consejo Educativo Quirúrgico Multidisciplinario que, entre otras funciones, evalúe, certifique y actualice permanentemente el arsenal tecnológico disponible[11,21].

Evaluación, educación basada en competencias y desarrollo docente

La educación basada en competencias (CBME) obligó a repensar la evaluación quirúrgica. Ya no alcanza con contabilizar tiempo de residencia o número de procedimientos. Los programas deben demostrar que el residente integra conocimiento, técnica y comportamiento profesional en contextos reales. En ese marco, las Actividades Profesionales Confiables (*Entrustable Professional Activities*, EPAs) y la evaluación programática ofrecen un lenguaje útil para incluir las NTS en el centro del *assessment*; el marco completo de herramientas de evaluación basada en competencias –Mini-CEX, DOPS, OSATS, portafolios, retroalimentación 360°– se desarrolla en el capítulo sobre evaluación. El *American Board of Surgery* lanzó en julio de 2023 un marco de EPAs que se convertirá en obligatorio para todos los residentes que obtengan habilitación a partir de 2028[6].

Una actividad profesional fiable no se reduce a que un residente complete una maniobra técnica. Implica también que pueda realizarla comunicándose bien, reconociendo límites, pidiendo ayuda cuando corresponde, coordinando al equipo y tomando decisiones razonables. Esto obliga a observar conductas antes consideradas 'intangibles'. La evaluación deja de ser una sentencia episódica y pasa a convertirse en una conversación longitudinal sustentada en múltiples observaciones, con datos provenientes de evaluadores múltiples, herramientas de observación directa y registros sistemáticos.

Este movimiento tiene una implicancia decisiva: no es posible enseñar ni evaluar NTS sin docentes preparados para ello. El *faculty development* se vuelve, entonces, una prioridad institucional. El cirujano docente debe aprender a observar comportamientos, a brindar *feedback* específico, a facilitar *debriefing*s, a mentorizar y a modelar cultura. La excelencia técnica, por sí sola, no garantiza calidad educativa. El BRC II propone el desarrollo de un currículo nacional de formación docente que incluya enseñanza en el quirófano, evaluación de competencias, *coaching* (entrenamiento), mentoría, liderazgo, inteligencia emocional, diversidad e inclusión[22,23] (Tabla 3).

En servicios que avanzan hacia esta lógica, los residentes también evalúan el clima docente y la calidad del *feedback* recibido. Esto cambia el equilibrio clásico de la formación: el aprendizaje deja de depender exclusivamente del esfuerzo individual del residente y pasa a ser también una responsabilidad medible del sistema docente. La formación de NTS en los aprendices requiere, necesariamente, NTS maduras en los formadores.

Mentoría, *sponsorship* y diversidad en la formación quirúrgica

La mentoría constituye una de las intervenciones educativas con mayor impacto documentado en el desarrollo de NTS (las transformaciones específicas del rol del mentor en cirugía robótica –*video-based coaching*, *dual-console*, supervisión digital– se desarrollan en el capítulo sobre robótica). Va más allá de la transmisión de conocimiento técnico: involucra acompañamiento en la construcción de identidad profesional, orientación frente a dilemas éticos, soporte emocional en momentos de crisis y apertura del acceso a redes que de otro modo permanecerían inaccesibles. En cirugía, donde las jerarquías son pronunciadas y los entornos pueden resultar hostiles para determinados grupos, la figura del mentor cumple una función de amortiguación cultural.

■ TABLA 3

Estrategias institucionales para enseñar y evaluar habilidades no técnicas[22-24].

Nivel	Herramienta	Propósito	Frecuencia sugerida
Pregrado	Simulación básica y reflexión guiada	Introducir comunicación, trabajo en equipo y profesionalismo	Semestral
Residencia	Observación estructurada + *debriefing*	Hacer visibles conducta, juicio y liderazgo en contexto real	Semanal
Servicio	Morbimortalidad con enfoque sistémico	Aprender del error y rediseñar procesos	Mensual
Docentes	*Faculty development* y *mentoring*	Mejorar *feedback*, clima educativo y modelado cultural	Trimestral
Institución	Evaluación programática/EPAs	Integrar NTS en promoción, autonomía y calidad	Longitudinal

Es importante distinguir conceptualmente la mentoría de otras intervenciones educativas relacionadas pero distintas. Sachdeva ha sistematizado estas diferencias: el *preceptoring* consiste en una interacción estructurada de preceptor y *preceptee* (alumno) orientada a la adquisición de habilidades nuevas y a su transferencia segura desde el ámbito del curso hacia la práctica clínica; el preceptor participa activamente en los procedimientos, incluyendo asistencia técnica directa, y transfiere progresivamente responsabilidades al *preceptee*. El *proctoring*, en contraste, es una evaluación sumativa con métodos válidos y fiables: el *proctor* observa sin participar ni guiar, y refiere resultados a la autoridad institucional responsable de *credentialing* (acreditación) y privilegios. La mentoría constituye una relación profesional intensa, multidimensional y prolongada que aborda simultáneamente habilidades cognitivas, técnicas y no técnicas, y que impacta también la progresión de carrera del *mentee* (aprendiz). El *coaching*, por su parte, es un proceso fuertemente centrado en el aprendiz, iniciado y dirigido por el propio *coachee* (cliente), orientado a la motivación, el empoderamiento y la mejora deliberada del desempeño en dominios específicos[24].

El *sponsorship* (patrocinio o auspicio) –modalidad más activa e intervencionista que la mentoría tradicional– implica que el acompañante no solo orienta al aprendiz, sino que lo presenta activamente a colegas, lo recomienda para oportunidades, defiende su candidatura y acelera su visibilidad institucional. El BRC II reconoce que la diversidad en la fuerza quirúrgica no surge espontáneamente: requiere intervenciones estructurales que incluyan programas de mentoría específica para grupos históricamente subrepresentados, acceso equitativo a rotaciones subespecializadas y revisión de sesgos en los procesos de selección de residentes[12,25,26].

La Universidad de Pensilvania informa, a partir de la implementación de un programa de rotaciones visitantes orientado a candidatos de minorías étnicas subrepresentadas, que el porcentaje de nuevos residentes provenientes de esos grupos casi se triplicó entre 2015 y 2022[25]. Este tipo de intervención muestra que la excelencia y la inclusión no son objetivos contradictorios: cuando se diseñan con rigor, se refuerzan mutuamente.

Desde la perspectiva de las NTS, la diversidad del equipo –de género, origen, trayectoria clínica y perspectiva cultura– fortalece la toma de decisiones colectiva, enriquece la conciencia situacional y reduce el efecto de los sesgos cognitivos individuales. Un equipo homogéneo tiende a confirmar sus propios supuestos; un equipo diverso tiene más probabilidades de detectar puntos ciegos. Por eso, la inclusión no es solo un imperativo ético: es también una estrategia de seguridad.

Integración curricular longitudinal y perspectivas futuras

Integrar las habilidades no técnicas al currículo quirúrgico no significa añadir un módulo aislado ni organizar talleres esporádicos. Significa construir una secuencia longitudinal que acompañe al estudiante y al residente desde el ingreso en el entorno clínico hasta la práctica independiente. En las etapas iniciales, el foco puede ponerse en profesionalismo, comunicación y trabajo colaborativo; en fases avanzadas, en liderazgo situacional, manejo del error, toma de decisiones bajo presión y mentoría.

La integración curricular debe ser explícita, progresiva y alineada con métodos de enseñanza y evaluación. Esto exige que las NTS estén presentes en objetivos, escenarios simulados, rutinas de servicio, conversaciones de *feedback* y dispositivos de evaluación. También requiere coherencia entre discurso y cultura. No se puede enseñar colaboración en el aula si el quirófano recompensa silencio defensivo; no se puede enseñar reflexión si el error se castiga con humillación.

El horizonte futuro muestra varias líneas de desarrollo convergentes. La inteligencia artificial probablemente aportará nuevas formas de análisis del desempeño, permitiendo identificar patrones conductuales a partir del análisis de video quirúrgico y de datos de *performance* en tiempo real (la aplicación de IA al acto quirúrgico se desarrolla en el capítulo sobre inteligencia artificial, y el diseño metodológico de

estudios sobre eficacia de currículos educativos en el capítulo sobre investigación). La educación híbrida ampliará acceso y flexibilidad, especialmente en contextos geográficamente dispersos. Los programas de mentoría y auspicio temprano podrán influir sobre identidad profesional y pertenencia desde etapas previas a la residencia. Y la agenda de bienestar seguirá ganando centralidad, no como concesión, sino como condición de posibilidad del aprendizaje.

El BRC II plantea que la implementación de estas reformas requiere cooperación entre organismos hasta ahora fragmentados: el American Board of Surgery, el ACGME, el American College of Surgeons, las sociedades de especialidades, los directores de programa y los propios residentes[5,27,28]. La voz de los "formandos" –documentada en el subcomité de residentes del BRC II con altísimo nivel de consenso en temas de bienestar, evaluación docente y diversidad– resulta imprescindible para diseñar reformas que funcionen en la práctica[29]. Ninguna arquitectura curricular prospera sin la legitimidad que proviene de quienes la habitarán.

Conclusiones

Las habilidades no técnicas han dejado de ser una periferia conceptual para convertirse en un eje central del desempeño quirúrgico contemporáneo. No se superponen con la técnica ni la reemplazan: la hacen posible en condiciones reales de complejidad. Allí donde el quirófano exige atención distribuida, decisiones rápidas, jerarquías funcionales y coordinación fina, las NTS determinan en gran medida el resultado clínico, el aprendizaje del residente y la salud del sistema.

El capítulo ha mostrado que estas competencias deben ser entendidas en una doble dimensión. Son capacidades individuales –percibir, decidir, comunicar, regular emociones–, pero también propiedades de la cultura y de la organización. Por eso, enseñar NTS implica intervenir sobre currículos, docentes, rutinas, evaluaciones y climas institucionales. La excelencia quirúrgica no puede sostenerse en un entorno que empobrece la palabra, invisibiliza al aprendiz o naturaliza el desgaste.

El Blue Ribbon Committee II ofrece, en este sentido, un marco institucional de enorme relevancia. Sus recomendaciones –sobre bienestar del residente, *faculty development*, evaluación basada en competencias, cultura de pertenencia, diversidad e innovación tecnológica– representan no solo un diagnóstico del estado actual de la educación quirúrgica, sino una agenda de transformación que pone las NTS en el centro de la formación quirúrgica del siglo XXI.

La formación del cirujano del futuro exige un equilibrio de técnica, cognición y humanismo. El desafío no consiste solo en formar mejores operadores, sino profesionales capaces de liderar con serenidad, aprender del error, trabajar en red y sostener seguridad bajo presión. En ese sentido, la educación quirúrgica será más rigurosa cuanto más consciente sea de su dimensión humana.

Referencias bibliográficas

1. Stain SC, Ellison EC, Farmer DL, et al. The Blue Ribbon Committee II report and recommendations on surgical education and training in the United States: 2024. Ann Surg. 2024;280:535-46.
2. Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson MS, editors. To Err Is Human: Building a Safer Health System. Washington, DC: National Academy Press; 2000.
3. World Health Organization. WHO Guidelines for Safe Surgery 2009: Safe Surgery Saves Lives. Ginebra: WHO; 2009.
4. Yule S, Flin R, Maran N, Rowley D, Youngson G, Paterson-Brown S. Non-technical skills for surgeons in the operating room: a review of the literature. Surgery. 2006;139:140-9.
5. Ellison EC, Satin SC, Lillemoe KD. Introduction to the contemporary assessment and recommendations to enhance surgical education and training: reports of the subcommittees of the Blue Ribbon Committee II. Ann Surg. 2025;281:1-2.
6. Mellinger JD, Brasel K, Elster E, et al. Key issues in surgical residency education: recommendations of the Blue Ribbon II Committee residency education subcommittee. Ann Surg. 2025;281:16-20.
7. Nestel D, Dalrymple K, Paige JT, Aggarwal R, editores. Advancing Surgical Education: Theory, Evidence and Practice. Singapur: Springer; 2019.
8. Edmondson AC. The Fearless Organization: Creating Psychological Safety in the Workplace for Learning, Innovation, and Growth. Hoboken: Wiley; 2019.
9. Flin R, Mitchell L, editors. Safer Surgery: Analysing Behaviour in the Operating Theatre. Farnham: Ashgate; 2009.
10. Royal College of Surgeons of Edinburgh. NOTSS: Non-Technical Skills for Surgeons. Edimburgo: RCSEd; 2022.
11. Fried GM, Varas J, Telem DA, et al. Opportunities and applications of educational technologies in surgical education and assessment. Ann Surg. 2025;281:34-9.
12. Alseidi AA, Craver HW, Dennis AJ, et al. Surgery and surgical training before graduate medical education: a Blue Ribbon Committee II medical student education subcommittee report. Ann Surg. 2025;281:7-10.
13. Hu YY, Ellis RJ, Hewitt DB, et al. Discrimination, abuse, harassment, and burnout in surgical residency training. N Engl J Med. 2019;381:1741-52.
14. Losano M, Giménez M, Dimarco V. Liderazgo en cirugía: el arte de colaborar (coaching & teamwork). En: Programa de Actualización de Cirugía. Buenos Aires: Asociación Argentina de Cirugía; 2023.
15. Agency for Healthcare Research and Quality. TeamSTEPPS 3.0: Strategies and Tools to Enhance Performance and Patient Safety. Rockville: AHRQ; 2023.
16. Shanafelt TD, Dyrbye LN, West CP. Addressing physician burnout: the way forward. JAMA. 2017;317:901-2.
17. Conrad-Schnetz K, Prabhu A, Johnson WR, et al. Blue Ribbon Committee II reports of the subcommittees on the optimization of surgical education and training: work-life integration, resilience, and wellness. Ann Surg. 2025;281:11-5.
18. Elmore LC, Jeffe DB, Jin L, et al. National survey of burnout among US general surgery residents. J Am Coll Surg. 2016;223:440-51.
19. Reason J. Human Error. Cambridge: Cambridge University Press; 1990.
20. Kneebone R. Simulation, safety and surgery. Med Educ. 2011;45:843-4.
21. Gorodner A, Rodríguez GM, Lescano MF. Nuevas modalidades en la enseñanza de la medicina. En: Programa de Actualización de Cirugía. Buenos Aires: Asociación Argentina de Cirugía; 2023.
22. Pugh CM, Sippel RS, editors. Success in Academic Surgery: Developing a Career in Surgical Education. Cham: Springer; 2017.
23. Damewood R, Michelassi F, Mansour A, et al. Blue Ribbon Committee II faculty development: report of the subcommittee

on faculty development and educational support. Ann Surg. 2025;281:26-8.
24. Sachdeva AK. Preceptoring, proctoring, mentoring, and coaching in surgery. J Surg Oncol. 2021;124(5):711-21.
25. Nehemiah A, Roberts SE, Fowler JC, Aarons CB, Butler PD. Enhancing inclusive excellence in the surgical workforce: the dos and don'ts of successful visiting student clerkship programs. Ann Surg. 2025;281:74-7.
26. Butler PD, Aarons CB, Ahn J, et al. Leading from the front: an approach to increasing racial and ethnic diversity in surgical training programs. Ann Surg. 2019;269:1012-5.
27. Klingensmith ME, Minter RM, Fisher K, et al. Goals, structure, and financing of surgical residency training: a subcommittee report of the Blue Ribbon Committee II. Ann Surg. 2025;281:21-5.
28. Hawn MT, Matthews JB, Bumgardner GL, et al. Roadmap for research and scholarship in general surgery residency training: report of the research subcommittee of Blue Ribbon Committee II. Ann Surg. 2025;281:29-33.
29. Johnson WR, Mainali BB, Chen X, et al. Recommendations of the Blue Ribbon Committee II for the optimization of surgical education and training: the surgical trainee perspective. Ann Surg. 2025;281:40-5.

10. Investigación en las residencias de cirugía

Agustín Dietrich, Martín Palavecino

Todo hospital debería seguir a cada paciente que trata el tiempo suficiente para determinar si el tratamiento fue exitoso, y luego preguntar: "Si no, ¿por qué no?".

Ernest A. Codman, A Study in Hospital Efficiency (1916)

RESUMEN

La investigación clínica se ha consolidado como un componente esencial de la formación quirúrgica contemporánea. Su incorporación a las residencias de Cirugía General responde a múltiples necesidades: el desarrollo del pensamiento crítico, la apropiación de la medicina basada en la evidencia (MBE), la generación de conocimiento adaptado a contextos locales y la mejora continua de la calidad y la seguridad del paciente. Este capítulo recorre los fundamentos conceptuales de la MBE y de la cirugía basada en la evidencia, las razones por las que el cirujano debe publicar, las barreras y los facilitadores estructurales que condicionan la actividad académica en las residencias, y seis modelos de integración de la investigación clínica: longitudinal integrado, rotación dedicada, basado en competencias, trayectoria académica, infraestructura institucional y mejora de la calidad. Se discuten luego las dimensiones e instrumentos de evaluación de la actividad investigadora –indicadores bibliométricos clásicos, guías metodológicas (CONSORT, STROBE, PRISMA), métricas alternativas (*altmetrics*) y modelos integrales que incorporan calidad metodológica e impacto clínico– y la transición desde un paradigma de investigación obligatoria hacia uno de investigación motivada, basado en gamificación, aprendizaje basado en proyectos, mentoría estructurada, *bootcamps* y herramientas digitales emergentes. El capítulo cierra con un análisis del contexto argentino y latinoamericano y una experiencia institucional del Hospital Italiano de Buenos Aires.

Palabras clave: *investigación clínica, residencia quirúrgica, educación quirúrgica, medicina basada en la evidencia, mentoría académica, bibliometría, calidad asistencial, gamificación.*

Introducción

Históricamente, la práctica clínico-quirúrgica se sustentó en la experiencia individual, en usos y costumbres, y en la transmisión de conocimientos no siempre respaldados por evidencia científica rigurosa. En las últimas décadas, en cambio, la consolidación de la medicina basada en la evidencia (MBE) transformó el paradigma de la toma de decisiones en salud, imponiendo la necesidad de integrar la mejor evidencia disponible con la experiencia clínica y los valores del paciente. En este contexto, la cirugía basada en la evidencia emergió como una extensión necesaria, con particularidades propias derivadas de la complejidad técnica, la variabilidad operatoria y las limitaciones metodológicas inherentes a la investigación quirúrgica.

La toma de decisiones fundamentada en evidencia es promovida por la comunidad científica y, además, exigida por instituciones sanitarias, financiadores y pacientes; esto obliga al cirujano moderno a desarrollar competencias específicas en lectura crítica, interpretación de resultados y aplicación de la evidencia en escenarios clínicos complejos. A esto se suma el creciente carácter multidisciplinario de la cirugía, que requiere profesionales capaces de interactuar con distintas áreas del conocimiento y de comprender metodologías de investigación cada vez más sofisticadas.

En este escenario, la investigación clínica adquiere un papel central en la formación y el ejercicio profesional del cirujano. La participación en actividades de investigación durante la residencia contribuye al desarrollo de habilidades analíticas y del pensamiento crítico, y fomenta además la generación de conocimiento, la innovación y el liderazgo académico. Diversas organizaciones internacionales recomiendan la incorporación formal de la investigación en los programas de formación quirúrgica, estableciendo objetivos progresivos que van desde la comprensión básica de la metodología científica hasta la producción de trabajos originales.

La implementación de la investigación en cirugía enfrenta múltiples barreras: la falta de tiempo, la escasa formación metodológica y la limitada disponibilidad de tutores. A estos factores se suman características propias del entorno quirúrgico, donde la dinámica asistencial y la cultura institucional pueden dificultar la reflexión crítica y la producción científica. En contraposición, se han identificado diversos facilitadores: programas estructurados de capacitación, tiempo protegi-

do para investigación, apoyo institucional, motivación liderada desde los jefes de servicio y disponibilidad de recursos económicos.

En este capítulo desarrollaremos los aspectos centrales de la investigación clínica en la formación de los residentes de cirugía, con especial énfasis en las herramientas utilizadas para promoverla y en las estrategias institucionales orientadas a fortalecer esta dimensión fundamental de su formación.

Medicina basada en la evidencia: fundamentos conceptuales y relevancia en la práctica clínica

Fundamentos conceptuales de la MBE

La MBE –cuyos orígenes filosóficos pueden rastrearse hasta la medicina parisina del siglo XIX– se consolidó en las últimas décadas como un paradigma central de la práctica clínica moderna. Su desarrollo fue impulsado por la creciente necesidad de fundamentar las decisiones médicas en información científica rigurosa, en un contexto de expansión exponencial del conocimiento biomédico y de mayor demanda de calidad asistencial por parte de pacientes, instituciones y sistemas de salud[1,2].

A pesar de su creciente aceptación, la MBE ha sido objeto de diversas críticas. Una de ellas sostiene que no representa un cambio real, dado que los médicos siempre utilizaron evidencia en su práctica. Sackett y cols.[1] señalan que existen importantes variaciones en la aplicación de intervenciones y en la incorporación de los valores del paciente, lo que evidencia la necesidad de un enfoque más sistemático. Otra crítica frecuente refiere a su supuesta impracticabilidad, dado el volumen de literatura científica disponible. Se ha estimado que un clínico debería revisar aproximadamente 19 artículos por día para mantenerse actualizado; aun así, los autores destacan que mediante estrategias eficientes de búsqueda y evaluación crítica es posible aplicar la MBE incluso en entornos con limitaciones de tiempo.

Otro aspecto relevante es la discusión sobre el tipo de evidencia. Aunque los ensayos clínicos aleatorizados y los metanálisis son considerados el estándar para evaluar intervenciones terapéuticas, la MBE no se limita a estos diseños. Dependiendo de la pregunta clínica, pueden ser más apropiados otros tipos de estudios –como diseños transversales para evaluar pruebas diagnósticas o cohortes para analizar el pronóstico de una enfermedad–, lo cual constituye uno de los pilares de la flexibilidad metodológica de este enfoque.

Cirugía basada en la evidencia y el marco IDEAL

En cirugía, la aplicación de la MBE presenta dificultades particulares debido a características propias de la disciplina, como la imposibilidad de cegamiento del cirujano, la influencia de la curva de aprendizaje, la variabilidad técnica entre operadores e instituciones y la evolución constante de los procedimientos quirúrgicos. Frente a estas limitaciones, McCulloch y cols.[3] desarrollaron en 2009 el marco IDEAL, un modelo progresivo para la evaluación de innovaciones quirúrgicas que contempla cinco etapas: Idea, *Development* (Desarrollo), *Exploration, Assessment* (Evaluación) y *Long-term study.* Este marco permitió adaptar la investigación clínica a la realidad metodológica de la cirugía y se transformó en una referencia internacional para la validación de nuevas técnicas y tecnologías quirúrgicas.

Posteriormente, la actualización IDEAL 2.0 incorporó aspectos como la transparencia, el uso de registros prospectivos, la participación temprana de pacientes y la estandarización del informe científico, ampliando además su aplicación a cirugía mínimamente invasiva, robótica y procedimientos endoscópicos. Desde el punto de vista formativo, el modelo IDEAL posee un importante valor pedagógico para los residentes, ya que facilita comprender el grado de madurez metodológica de una innovación quirúrgica y orienta la selección del diseño de estudio más apropiado. Además, contribuye a evitar la extrapolación prematura de resultados iniciales a la práctica clínica, promoviendo una cirugía basada en la evidencia adaptada a la complejidad inherente de la disciplina quirúrgica[4].

¿Por qué un cirujano debe publicar?

La investigación clínica constituye actualmente un componente esencial en la formación y en la práctica del cirujano moderno. Históricamente, muchas decisiones quirúrgicas estuvieron sustentadas en la experiencia individual, los dogmas y las costumbres, pero el desarrollo de la medicina basada en la evidencia y posteriormente de la cirugía basada en la evidencia transformó este paradigma, promoviendo una práctica apoyada en evidencia científica rigurosa y en la lectura crítica de la literatura médica[5].

En este contexto, la investigación no debe entenderse únicamente como una actividad académica adicional, sino como una herramienta fundamental para el desarrollo intelectual, crítico y ético del cirujano. Diversas sociedades científicas recomiendan incorporar formalmente la investigación dentro de los programas de residencia debido a que favorece el razonamiento científico, mejora la capacidad de análisis crítico y fortalece la participación del cirujano en equipos multidisciplinarios. Además, el entrenamiento metodológico permite comprender estudios clínicos cada vez más complejos y aplicar adecuadamente la evidencia en la práctica diaria.

La publicación científica representa una parte fundamental de este proceso formativo. Publicar

permite comunicar hallazgos relevantes y contribuir al avance del conocimiento; también mejora el pensamiento crítico, desarrolla vínculos académicos y favorece el crecimiento profesional del cirujano. Incluso los casos clínicos o estudios retrospectivos pueden constituir herramientas valiosas para iniciar a los residentes en la producción científica. Los artículos técnicos y las innovaciones quirúrgicas, por su parte, suelen generar gran interés en la literatura especializada.

Barreras y facilitadores para la investigación clínica en las residencias de Cirugía General

La incorporación de la investigación clínica en las residencias de Cirugía General constituye un componente esencial para la formación del cirujano moderno, aunque su implementación efectiva continúa enfrentando múltiples desafíos estructurales, culturales y organizacionales. Diversos estudios han demostrado que, si bien existe consenso amplio sobre su importancia, la participación activa de los residentes en investigación sigue siendo heterogénea y, en muchos casos, limitada[1,5].

Barreras

- La falta de tiempo representa el obstáculo más frecuentemente referido. La elevada carga asistencial característica de los programas de residencia quirúrgica restringe significativamente la disponibilidad para actividades académicas que requieren continuidad y dedicación sostenida, como la investigación. Yeo y cols.[6] demostraron que la carga horaria asistencial es uno de los principales determinantes de la baja productividad científica en residentes de cirugía[7].
- Otra barrera relevante es la insuficiente formación en metodología de la investigación. Muchos residentes carecen de herramientas básicas para el diseño de estudios, el análisis estadístico y la interpretación crítica de la literatura, lo que limita su capacidad para desarrollar proyectos de calidad. Esta deficiencia se vincula, en parte, con la ausencia de programas estructurados de enseñanza científica dentro de los currículos de formación.
- En relación con lo anterior, Ahn y cols[8] analizaron las oportunidades de formación disponibles para estudiantes de Medicina y residentes dentro de programas quirúrgicos académicos en Estados Unidos, y observaron una importante heterogeneidad entre instituciones con respecto a la enseñanza formal de metodología científica, bioestadística y desarrollo de proyectos. Los principales obstáculos identificados fueron:
  - falta de tiempo protegido
  - escasa mentoría académica
  - insuficiente entrenamiento metodológico
  - baja integración de la investigación en la actividad clínica cotidiana

El trabajo concluye que la formación en investigación debe incorporarse de manera temprana, progresiva y estructurada durante la educación quirúrgica, promoviendo competencias en análisis crítico, diseño de estudios y MBE, con el fin de desarrollar futuros líderes académicos en cirugía.

- La falta de mentores o tutores capacitados constituye también un factor limitante clave. Bingmer y cols.[9] realizaron una revisión sistemática sobre el papel de la mentoría en la formación quirúrgica y demostraron que constituye uno de los factores más importantes para el éxito de los residentes, asociándose con:
  - mayor productividad científica
  - incremento de publicaciones y presentaciones en congresos
  - mejor desarrollo técnico y académico
  - mayor satisfacción profesional
  - orientación en la carrera quirúrgica.

Los autores identificaron como barreras para una mentoría efectiva la falta de tiempo, la elevada carga asistencial, la escasez de mentores capacitados y la ausencia de estructuras institucionales específicas. La revisión concluye que la mentoría debe considerarse un componente central de la educación quirúrgica moderna y recomienda el desarrollo de programas estructurados, longitudinales y apoyados institucionalmente.

- A estas barreras se suman factores culturales propios del entorno quirúrgico. Históricamente, la cirugía privilegió la destreza técnica y la actividad asistencial por sobre la producción científica, lo que genera una percepción de la investigación como actividad secundaria o no prioritaria. Souba y Wilmore[10] analizaron el papel de la investigación en los hospitales universitarios y advirtieron sobre una progresiva pérdida de interés por la carrera de cirujano-investigador en las últimas décadas. Entre las causas identificadas destacan:
  - prolongada duración del entrenamiento
  - dificultad para obtener financiamiento
  - falta de tiempo protegido
  - ausencia de mentoría adecuada
  - incertidumbre con respecto a la estabilidad laboral y económica de la carrera académica

Los autores enfatizan que los hospitales universitarios tienen la responsabilidad central de revertir esta tendencia, fortaleciendo estructuras institucionales orientadas a la investigación mediante programas formales de mentoría, tiempo protegido, formación metodológica, acceso a financiamiento y modelos colaborativos multidisciplinarios.

Facilitadores

- El tiempo protegido emerge como uno de los más relevantes. Robertson y cols.[11] evaluaron el impacto a largo plazo de realizar un período formal de investigación durante la residencia de Cirugía General y demostraron que los residentes que lo cumplieron presentaron una producción científica significativamente mayor, reflejada en:
  - mayor número de publicaciones indexadas
  - más participación en proyectos de investigación
  - mayor obtención de financiamiento competitivo
  - mayor probabilidad de continuar carreras académicas

El tiempo protegido permitió además desarrollar competencias fundamentales en metodología científica, análisis crítico y redacción académica, habilidades que luego impactaron positivamente en la práctica clínica y en la capacidad de generar conocimiento original.

- La implementación de programas estructurados de investigación –que incluyan formación en metodología, desarrollo progresivo de proyectos y objetivos claramente definidos– también se asocia con mejores resultados académicos. Ahn y cols.[8] observaron que los residentes expuestos a estos programas presentan mayor participación en actividades científicas, más publicaciones y mejor preparación para carreras académicas futuras. Los autores sostienen que no todos los residentes deben convertirse en investigadores de tiempo completo, pero todos los cirujanos deben adquirir competencias básicas en investigación y MBE, incluyendo lectura crítica, interpretación de resultados, comprensión metodológica y aplicación racional de la evidencia en la práctica clínica.
- La mentoría activa y sostenida constituye otro pilar fundamental. La presencia de tutores comprometidos mejora la calidad de los proyectos y, a la vez, incrementa la probabilidad de publicación y presentación en congresos[9]. Los modelos que promueven la supervisión longitudinal han demostrado ser particularmente eficaces.
- El apoyo institucional desempeña también un papel clave. La disponibilidad de recursos, financiamiento, infraestructura y políticas que incentiven la investigación favorecen el desarrollo de una cultura académica sólida. Debas y cols.[12] sostienen que las instituciones académicas deben garantizar tiempo protegido, infraestructura metodológica, programas formales de mentoría, currículos estructurados y reconocimiento académico de la producción científica. También remarcan la importancia de los incentivos explícitos –becas, premios, reconocimiento curricular– y de modelos colaborativos y multidisciplinarios que integren a estadísticos, epidemiólogos, especialistas en ciencias básicas y expertos en calidad asistencial.

En síntesis, la investigación clínica en las residencias de Cirugía General está condicionada por una compleja interacción de barreras y facilitadores. La superación de estos obstáculos requiere un enfoque integral que combine cambios estructurales, fortalecimiento de la formación metodológica, desarrollo de programas formales y promoción de una cultura académica que valore la investigación como parte esencial de la práctica quirúrgica (Tabla 1).

■ TABLA 1

Barreras y facilitadores en investigación clínica en residencias quirúrgicas

Categoría	Barreras	Facilitadores
Organizacionales	Elevada carga asistencial/ falta de tiempo	Tiempo protegido para investigación
Académicas	Insuficiente formación metodológica	Programas estructurados con currículo formal
Recursos humanos	Escasez de mentores capacitados	Mentoría activa y longitudinal
Culturales	Baja priorización de la investigación	Cultura académica orientada a la evidencia
Institucionales	Falta de financiamiento e infraestructura	Apoyo institucional y reconocimiento académico

Modelos de integración de la investigación clínica en residencias de Cirugía General

La integración de la investigación clínica en los programas de residencia de Cirugía General constituye un componente esencial para la formación del cirujano moderno en el marco de una práctica basada en la evidencia. Diversos modelos han sido desarrollados en el ámbito internacional con el objetivo de incorporar la investigación como parte estructural del proceso formativo (Tabla 2).

*Modelo integrado longitudinal (*embedded research model*)*

Este modelo se caracteriza por la incorporación de la investigación clínica a lo largo de toda la residencia, de manera transversal y progresiva. Los residentes participan en proyectos de investigación desde etapas tempranas, desarrollando habilidades en formulación de preguntas clínicas, diseño de estudios, análisis de datos y redacción científica.

El modelo longitudinal permite una integración continua entre práctica clínica e investigación, favoreciendo la generación de preguntas relevantes a partir de la experiencia asistencial. Además, facilita la adquisición progresiva de competencias en evaluación crítica de la literatura, lo cual es fundamental en el marco de la MBE [1].

■ TABLA 2

Modelos de integración de la investigación clínica en residencias quirúrgicas

Modelo	Características	Ventajas principales	Limitaciones
Longitudinal integrado	Transversal durante toda la residencia	Desarrollo continuo de habilidades	Requiere tutores y tiempo protegido
Rotación dedicada	Bloques de tiempo exclusivo para investigación	Mayor productividad científica	Prolonga el tiempo de formación
Basado en competencias	Competencia transversal certificable	Aplicable con recursos limitados	No exige producción científica extensa
Trayectoria académica	Itinerario diferenciado para residentes con vocación investigadora	Forma cirujanos-investigadores	Requiere recursos institucionales significativos
Proyectos institucionales	Inserción en registros, ensayos y programas de calidad	Aprendizaje contextualizado y colaborativo	Depende de la infraestructura disponible
Mejora de calidad	Auditorías, análisis de eventos adversos y protocolos	Impacto directo en seguridad del paciente	Puede no generar publicaciones indexadas

Resumen comparativo de los modelos de integración de investigación clínica en residencias de Cirugía General

Entre sus principales ventajas se destacan el desarrollo sostenido de habilidades en este campo, la mayor producción científica y la integración real entre asistencia e investigación. Requiere, eso sí, una fuerte estructura institucional, con tutores capacitados, tiempo protegido y acceso a recursos metodológicos.

*Modelo de rotación dedicada en investigación (*research block model*)*

El modelo de rotación dedicada constituye una de las estrategias más utilizadas en programas académicos de cirugía, particularmente en Estados Unidos. Se basa en la asignación de períodos específicos –que pueden extenderse desde algunos meses hasta uno o más años– destinados exclusivamente al desarrollo de actividades científicas, separadas transitoriamente de las responsabilidades asistenciales habituales[13].

Durante estos períodos protegidos, los residentes participan en proyectos de investigación clínica, básica o traslacional bajo supervisión estructurada y con objetivos académicos definidos. Según Robertson y cols., esta modalidad permite una inmersión profunda en metodología científica, análisis estadístico, interpretación crítica de la literatura y redacción académica, favoreciendo el desarrollo de competencias fundamentales para la práctica basada en evidencia[11].

Diversos estudios demostraron que los residentes que realizan períodos dedicados a investigación presentan productividad científica significativamente superior: mayor número de publicaciones indexadas, presentaciones en congresos, participación en proyectos multicéntricos y mayor probabilidad de continuar carreras académicas[13]. El American Surgical Association Blue Ribbon Committee (BRC) destacó que este tipo de formación resulta esencial para sostener el desarrollo de la cirugía académica moderna[12].

El modelo, de todos modos, también presenta limitaciones. La prolongación del tiempo total de formación puede representar una dificultad para algunos residentes, especialmente en contextos de alta demanda asistencial o limitaciones económicas; además, la separación temporal prolongada de la práctica clínica puede generar dificultades de reintegración al entrenamiento quirúrgico habitual[11]. A pesar de estas restricciones, la evidencia disponible sugiere que los beneficios académicos y formativos superan sus desventajas, particularmente en instituciones con fuerte orientación universitaria.

*Modelo basado en competencias (*competency-based research training*)*

Este enfoque está alineado con los modelos actuales de educación médica basada en competencias. La investigación se incorpora como una competencia transversal que el residente debe adquirir durante su formación, e incluye el desarrollo de habilidades en lectura crítica de la literatura, interpretación de resultados, aplicación de evidencia en la práctica clínica y diseño básico de estudios.

Este modelo no requiere necesariamente una producción científica extensa, sino la adquisición de competencias aplicables a la práctica clínica. Es particularmente relevante en contextos donde los recursos son limitados, y se fundamenta en la necesidad de que todos los cirujanos, independientemente de su perfil académico, puedan ejercer una práctica basada en evidencia[1].

Harden[14] desarrolló los fundamentos de la educación médica basada en competencias y resultados (*outcome-based education*), proponiendo un cambio de paradigma respecto de los modelos tradicionales centrados en contenidos teóricos o tiempo de entrenamiento. El autor concluye que la educación médica basada en competencias representa una evolución

necesaria para responder a las demandas actuales de los sistemas de salud, ya que permite formar profesionales más preparados para integrar conocimiento científico, habilidades clínicas y pensamiento crítico, promoviendo una práctica más segura, eficaz y centrada en el paciente.

*Modelo académico con trayectoria de investigación (***academic track model***)*

Algunos programas ofrecen trayectorias diferenciadas dentro de la residencia, en las cuales ciertos residentes optan por una orientación académica con mayor énfasis en investigación. Estos programas incluyen mentoría intensiva, formación formal en metodología de la investigación, participación en ensayos clínicos y registros institucionales, y la posibilidad de obtener títulos adicionales (como maestrías). Su objetivo es formar cirujanos-investigadores capaces de liderar proyectos científicos y contribuir al desarrollo del conocimiento quirúrgico. Aun así, su implementación puede generar desigualdades dentro del programa y requiere recursos institucionales significativos.

Souba y Wilmore[10] destacan que la cirugía moderna enfrenta una tensión creciente entre productividad asistencial e investigación académica, y que las instituciones universitarias deben crear estructuras específicas que permitan identificar y formar residentes con interés en carreras científicas. El BRC[12] profundizó este concepto proponiendo modelos formativos capaces de integrar investigación, docencia y asistencia dentro de la residencia quirúrgica, con estrategias que incluyen mentoría intensiva y longitudinal, formación formal en metodología, participación en ensayos clínicos, acceso a financiamiento y posibilidad de obtener títulos complementarios. Dos décadas después, el BRC II actualizó estas recomendaciones en el contexto contemporáneo[15,16]. El subcomité dedicado específicamente a educación residencial profundizó los lineamientos sobre currículos investigativos progresivos, mentoría estructurada y evaluación por competencias en la residencia, enfatizando la necesidad de articular tiempo protegido, formación metodológica y competencias evaluables[17].

Ahn y cols.[8] observaron que las residencias con trayectorias académicas diferenciadas presentan mayores niveles de productividad científica y mejor preparación de futuros cirujanos-investigadores. No obstante, estos modelos también presentan limitaciones: requieren importantes recursos institucionales y pueden generar desigualdades entre residentes con perfiles académicos y aquellos con perfiles predominantemente asistenciales. A pesar de ello, la evidencia disponible sugiere que las trayectorias académicas constituyen una herramienta fundamental para sostener el desarrollo de la cirugía académica moderna.

*Modelo basado en proyectos institucionales (***research infrastructure model***)*

En este enfoque, la investigación se integra a partir de la participación de los residentes en proyectos institucionales en curso: registros prospectivos, bases de datos quirúrgicas, ensayos clínicos multicéntricos y programas de calidad y seguridad del paciente. Este modelo facilita la inserción del residente en entornos reales de investigación, promoviendo el aprendizaje práctico y la producción científica colaborativa. Además, favorece la generación de evidencia local, lo cual es especialmente relevante en contextos como América Latina, donde la producción científica propia resulta clave para adaptar las recomendaciones internacionales.

Souba y Debas[10,12] destacan que el desarrollo de la investigación quirúrgica no depende únicamente del interés individual del residente, sino principalmente de la existencia de estructuras institucionales sólidas. Los programas exitosos comparten elementos organizacionales fundamentales: acceso a bases de datos y registros clínicos, participación en proyectos prospectivos, infraestructura metodológica y estadística, comités de ética activos, financiamiento y cultura institucional orientada a la producción académica.

El BRC recomienda incorporar a los residentes en proyectos institucionales reales –registros quirúrgicos, ensayos clínicos multicéntricos y programas de calidad– ya que este enfoque permite desarrollar competencias en metodología científica, interpretación crítica de resultados, manejo de bases de datos, análisis de *outcomes* (resultados) y MBE. A diferencia de modelos puramente teóricos, la integración en proyectos institucionales facilita un aprendizaje práctico y contextualizado, vinculado directamente con problemas clínicos reales.

*Modelo orientado a la mejora de la calidad (***quality improvement model***)*

Este modelo integra la investigación clínica con iniciativas de mejora de la calidad asistencial y seguridad del paciente. Los residentes participan en auditorías clínicas, análisis de eventos adversos, estudios de resultados quirúrgicos e implementación de protocolos basados en evidencia.

Gawande y cols.[18] sostienen que la participación activa de los residentes en estos procesos constituye una herramienta educativa fundamental: la integración en auditorías y estudios de resultados permite desarrollar pensamiento crítico, capacidad de análisis y comprensión de los factores sistémicos que influyen en la seguridad del paciente. Plantean, además, la necesidad de transformar la cultura institucional hacia modelos que favorezcan la discusión abierta de complicaciones, el aprendizaje a partir de los errores y la mejora continua de los procesos asistenciales.

Este enfoque resulta particularmente relevante en cirugía, donde la relación entre formación, error médico y resultados clínicos es estrecha. La investigación aplicada a la mejora de la calidad permite reducir la variabilidad en la práctica y optimizar los resultados en salud, dimensión que se desarrolla con mayor profundidad en el capítulo sobre seguridad del paciente y educación quirúrgica.

Consideraciones para la implementación

Independientemente del modelo adoptado, la integración efectiva de la investigación en residencias requiere tiempo protegido, mentoría estructurada, acceso a formación metodológica, infraestructura institucional (bases de datos, comités de ética, apoyo estadístico) y una cultura institucional orientada a la evidencia.

También es fundamental adaptar los modelos a los contextos locales. En países como la Argentina, donde muchas residencias tienen una alta carga asistencial, los modelos híbridos –que combinen integración longitudinal con participación en proyectos institucionales– pueden ser los más viables.

Evaluación de la actividad de investigación

La evaluación de la actividad de investigación clínica en las residencias de Cirugía General representa un desafío metodológico y conceptual. A diferencia de otras áreas del conocimiento, la investigación quirúrgica combina producción científica, desarrollo de competencias y aplicación clínica, lo que dificulta su medición mediante un único indicador. Tradicionalmente, la evaluación se ha basado en métricas bibliométricas, como el número de publicaciones o el factor de impacto de las revistas, aunque estos indicadores presentan limitaciones significativas. En los últimos años se ha propuesto un enfoque más integral que incorpore tanto la productividad científica como la calidad metodológica, el impacto clínico y el desarrollo de competencias en investigación durante la formación.

La evaluación de la producción científica continúa siendo un desafío. El factor de impacto de las revistas ha sido ampliamente utilizado para valorar investigadores e instituciones, aunque presenta importantes limitaciones, ya que no refleja necesariamente la calidad individual de un artículo ni el verdadero aporte de un investigador. Por este motivo, surgieron iniciativas como la *San Francisco Declaration on Research Assessment* (DORA)[19], que promueven evaluaciones más integrales y cualitativas. DORA cuestiona el uso del factor de impacto como principal criterio de evaluación académica y propone desarrollar modelos más amplios, capaces de reconocer múltiples dimensiones de la actividad científica: rigor metodológico, relevancia clínica, impacto social, reproducibilidad, innovación y contribución real al conocimiento. Si bien existen otros indicadores bibliométricos, como el índice H o el índice M, impresiona que ningún sistema logra reemplazar completamente la valoración crítica y contextualizada de la producción científica.

Indicadores bibliométricos clásicos

Los indicadores bibliométricos han sido históricamente las herramientas más utilizadas para evaluar la actividad científica.

El *impact factor* mide la frecuencia de citación de una revista y ha sido ampliamente empleado para estimar la calidad de la producción científica. Presenta, no obstante, importantes limitaciones: no refleja el aporte individual del autor ni la calidad intrínseca del estudio. Garfield[20], pionero de la bibliometría moderna, reconoció que este indicador evalúa fundamentalmente a la revista y no la calidad individual de cada artículo o investigador. Además, una pequeña proporción de artículos altamente citados puede elevar artificialmente el factor de impacto global de una revista, y el sistema puede verse influenciado por autocitas, revisiones narrativas muy citadas y diferencias entre disciplinas científicas.

El índice H evalúa simultáneamente la productividad y el impacto de un investigador, considerando el número de artículos y sus citas. Hirsch[21] lo desarrolló para superar algunas limitaciones del factor de impacto, permitiendo evaluar directamente la trayectoria científica de un autor. Tiende, además, a favorecer a investigadores con mayor trayectoria, ya que el número de publicaciones y citaciones aumenta naturalmente con los años de actividad académica. Para corregir parcialmente este sesgo, Hirsch propuso el índice M, que ajusta el índice H según el tiempo de carrera científica del investigador. A pesar de su utilidad, estas métricas no capturan aspectos fundamentales como la calidad metodológica o la aplicabilidad clínica.

Evaluación de la calidad metodológica

Una dimensión clave es la evaluación de la calidad de los estudios producidos, para la cual existen guías internacionales ampliamente utilizadas:

- CONSORT: para ensayos clínicos aleatorizados
- STROBE: para estudios observacionales
- PRISMA: para revisiones sistemáticas y metanálisis

Estas guías permiten evaluar el diseño del estudio, la transparencia en el informe y el riesgo de sesgo. Su utilización en residencias puede mejorar la calidad de la producción científica y fomentar buenas prácticas de investigación.

Schulz y cols.[22] desarrollaron CONSORT 2010 con el objetivo de mejorar la calidad y transparencia en la publicación de ensayos clínicos aleatorizados. La declaración propone una lista de verificación con ítems esenciales para garantizar transparencia metodológica –incluyendo descripción del diseño, criterios de inclusión/exclusión, método de asignación aleatoria, procedimientos de cegamiento, definición de *outcomes* y análisis estadístico– así como el conocido diagrama de flujo que permite visualizar el recorrido de los participantes a lo largo del ensayo. Los autores también enfatizan el valor educativo de CONSORT: su utilización durante la formación médica favorece el aprendizaje de principios metodológicos fundamentales y promueve buenas prácticas de investigación clínica (Fig. 1).

Von Elm y cols.[23] desarrollaron STROBE para mejorar la calidad y transparencia en el informe de estudios observacionales –cohortes, casos y controles, y estudios transversales–, proponiendo una lista de verificación de 22 ítems que abarca título, introducción, metodología, resultados, discusión y financiamiento. Los autores advierten que este tipo de investigaciones es particularmente vulnerable a sesgos y errores metodológicos, por lo que la transparencia en el informe es indispensable para que lectores y clínicos puedan interpretar adecuadamente la calidad y fiabilidad de los resultados (Fig. 2).

Moher y cols.[24] desarrollaron PRISMA como actualización y expansión de la iniciativa QUOROM, proponiendo una lista de verificación de 27 ítems y un diagrama de flujo que representa de manera transparente el proceso de identificación, selección e inclusión

■ **FIGURA 1**

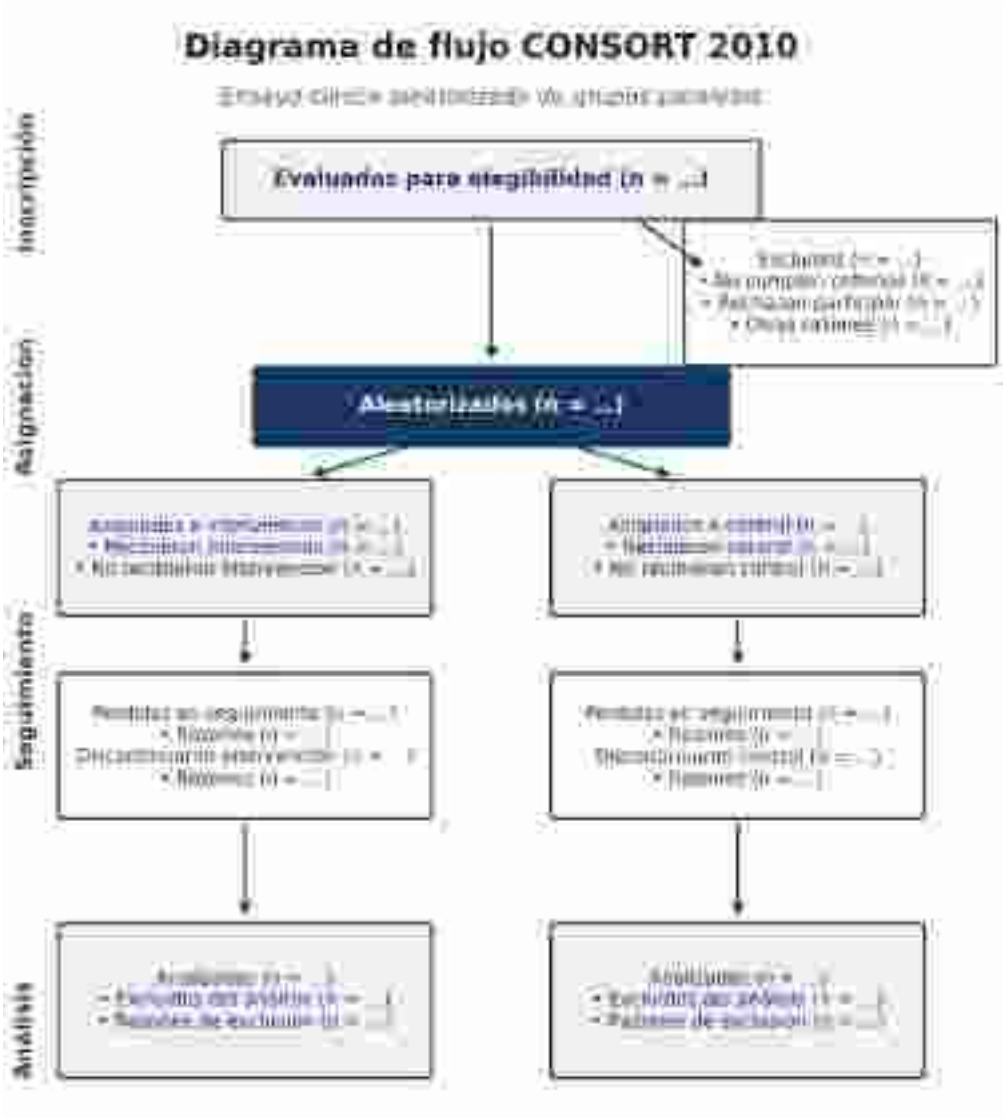


Diagrama de flujo CONSORT 2010 para ensayos clínicos aleatorizados de grupos paralelos. Adaptada de Schulz[22]

■ FIGURA 2



Lista de verificación STROBE (22 ítems) para el informe de estudios observacionales. Adaptada de Von Elm[23]

de estudios dentro de la revisión. Los autores enfatizan que la validez de una revisión sistemática depende tanto de la cantidad de estudios incorporados como de la calidad metodológica de la evidencia analizada. Con el tiempo, PRISMA se convirtió en uno de los estándares internacionales más importantes para revisiones sistemáticas y metanálisis.

Evaluación de competencias en investigación

Más allá de los resultados, es fundamental evaluar las competencias adquiridas por los residentes. Se han propuesto diferentes herramientas: evaluación de lectura crítica, capacidad de formular preguntas clínicas (PICO), diseño de protocolos de investigación y participación en proyectos[10]. Algunos programas utilizan portfolios académicos, evaluaciones estructuradas y sistemas de tipo OSATS adaptados a investigación. Estos enfoques permiten medir el proceso formativo y no solo el producto final.

Harden[14] plantea que la evaluación de competencias constituye uno de los pilares centrales de la educación médica basada en resultados. Propone un modelo de evaluación amplio e integrado, orientado a valorar conocimientos y, junto con ellos, habilidades, actitudes y capacidad de aplicación práctica, utilizando múltiples métodos complementarios: evaluaciones estructuradas, observación directa, portfolios académicos, evaluaciones longitudinales, simulación, OSCE/OSATS, análisis de desempeño real y autoevaluación supervisada. El autor otorga gran importancia a la evaluación formativa continua: el *feedback* frecuente y estructurado permite identificar fortalezas y debilidades, orientar el aprendizaje y favorecer el desarrollo progresivo de competencias complejas.

■ FIGURA 3

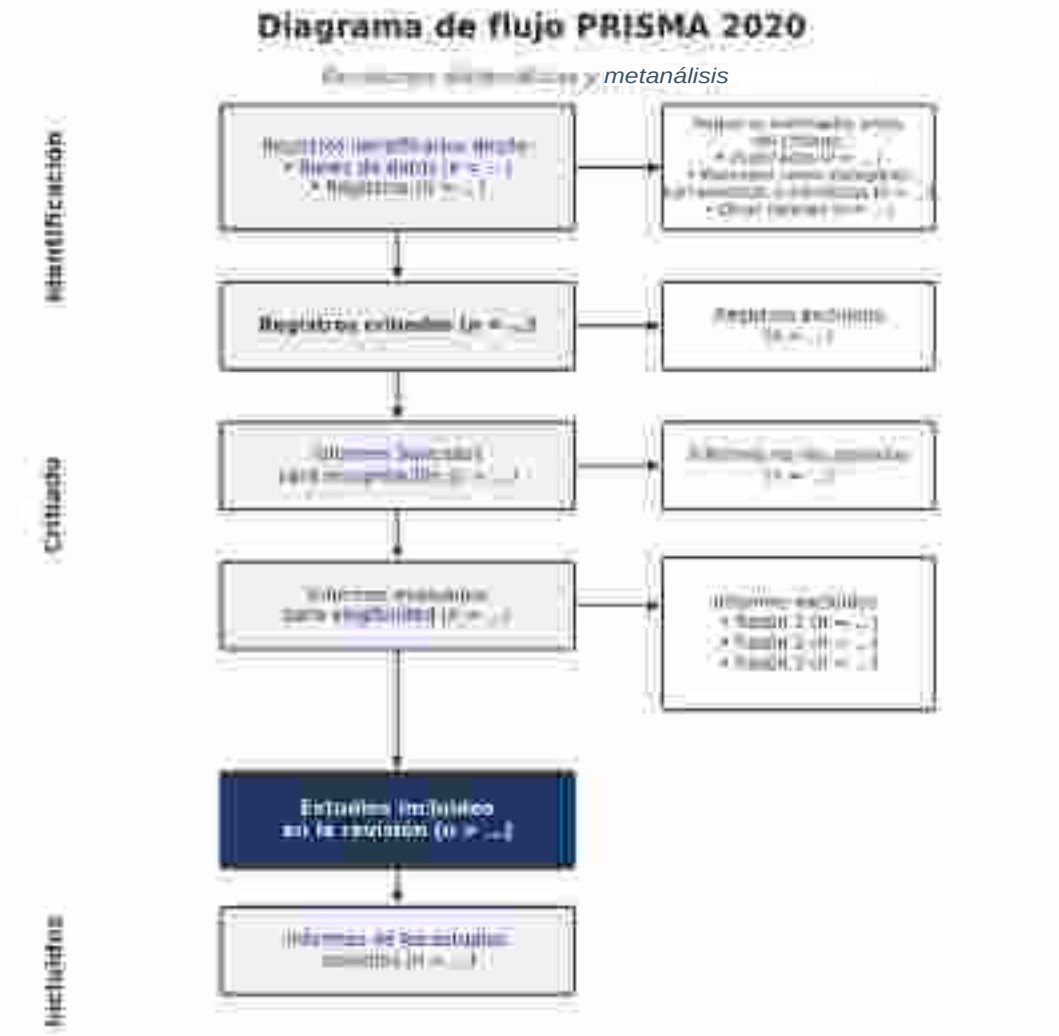


Diagrama de flujo PRISMA 2020 para revisiones sistemáticas y metanálisis. Adaptada de Page[25]. Versión clásica original: Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG; PRISMA Group. BMJ. 2009; 339:b2535

Straus y cols.[26] desarrollan el modelo PICO como herramienta fundamental de la MBE, ya que transforma problemas clínicos complejos en preguntas concretas y orientadas a la toma de decisiones. El acrónimo representa cuatro componentes esenciales: P (paciente o problema clínico), I (intervención o exposición), C (comparación o alternativa) y O (resultado clínico de interés). Los autores destacan que el modelo PICO también posee utilidad metodológica para el diseño de protocolos, la definición de *outcomes*, la elaboración de revisiones sistemáticas y la construcción de hipótesis de investigación.

*Métricas alternativas (*Altmetrics*)*

Las *altmetrics* representan una nueva forma de evaluar la difusión del conocimiento, a través de menciones en redes sociales, descargas, uso en guías clínicas y referencias en documentos educativos. Estas métricas permiten evaluar el impacto más allá de la academia tradicional.

Priem y cols.[27] introdujeron el concepto de *altmetrics* (*alternative metrics*) como un conjunto de indicadores alternativos capaces de medir el impacto científico a través de la actividad digital generada alrededor de una publicación. Las *altmetrics* permiten rastrear en tiempo real cómo circula y se utiliza el conocimiento científico, identificando interés clínico, difusión educativa, impacto social y transferencia del conocimiento hacia otros ámbitos.

Sin embargo, los autores reconocen limitaciones importantes: las *altmetrics* pueden verse influenciadas por popularidad o actividad en redes sociales que no necesariamente reflejan calidad metodológica. Por ello, sostienen que no deben reemplazar a los indicadores tradicionales, sino complementarlos dentro de modelos de evaluación más amplios e integrales(Fig. 4 y Tabla 3).

■ FIGURA 4



Fuentes de atención digital de las altmetrics y su complementariedad con las métricas tradicionales. Adaptada de Priem[27]

■ TABLA 3

Herramientas para evaluar la investigación en residencias quirúrgicas

Dimensión	Herramienta	Ventajas	Limitaciones
Productividad	N.º de publicaciones	Fácil medición y comparación	No refleja calidad ni relevancia clínica
Impacto académico	Índice H/Índice M	Integra productividad y citas	Sesgo hacia investigadores con mayor trayectoria
Calidad metodológica	CONSORT/STROBE/ PRISMA	Estandariza el informe científico	Requiere capacitación específica
Competencias	Portfolios/OSATS adaptado	Evalúa el proceso formativo	Difícil estandarización
Difusión ampliada	*Altmetrics*	Captura impacto más allá de la academia	Falta de validación formal

Dimensiones e instrumentos de evaluación de la actividad de investigación en residencias quirúrgicas

Aspectos éticos y normativos de la investigación quirúrgica

La investigación clínica en cirugía se desarrolla dentro de un marco ético, legal y normativo cuya comprensión resulta indispensable para todo residente que participe en proyectos científicos. Más allá del rigor metodológico, la legitimidad del conocimiento generado depende del cumplimiento de principios éticos universalmente aceptados, de la transparencia sobre las condiciones de producción del estudio y del respeto irrestricto a los derechos de los participantes. Esta sección revisa cinco ejes centrales: los comités de ética y el consentimiento informado, los criterios ICMJE de autoría, la integridad académica, el prerregistro y la transparencia metodológica, y los conflictos de interés y el financiamiento.

Comités de ética en investigación y consentimiento informado

Toda investigación clínica que involucre seres humanos requiere la aprobación previa de un Comité de Ética en Investigación (CEI) o, según la nomenclatura anglosajona, *Institutional Review Board* (IRB). Estos comités tienen la responsabilidad de evaluar el diseño metodológico, los riesgos potenciales, los beneficios esperados, el proceso de consentimiento informado, el manejo de datos personales y el equilibrio entre la búsqueda de conocimiento y la protección de los participantes. En residencias quirúrgicas, la familiarización con los procesos de evaluación por CEI constituye una competencia central que el residente debe adquirir durante su formación.

El consentimiento informado constituye el pilar ético fundamental de la investigación clínica moderna. Sus principios fueron formalizados por el Código de Núremberg (1947) en respuesta a los abusos médicos cometidos durante la Segunda Guerra Mundial, y posteriormente desarrollados por la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial, cuya última actualización refleja las realidades contemporáneas de la investigación multicéntrica internacional y digital[28]. El consentimiento debe ser informado, voluntario, comprensible y revocable en cualquier momento.

En cirugía, el consentimiento para investigación presenta particularidades. Cuando una técnica se encuentra en fases tempranas de desarrollo –etapas *Idea* o *Development* del marco IDEAL–, el residente y el paciente deben comprender claramente que se trata de una intervención cuyo balance riesgo-beneficio está aún siendo establecido. Los CEI suelen requerir además la documentación de la curva de aprendizaje del operador y la existencia de mentoría supervisada por cirujanos con experiencia previa en la técnica.

Criterios ICMJE de autoría científica

El International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE) define cuatro criterios que deben cumplirse simultáneamente para ser considerado autor de un trabajo científico[29]: contribución sustancial al diseño del estudio, a la adquisición, análisis o interpretación de los datos; participación en la redacción del manuscrito o en su revisión crítica con aportes intelectuales significativos; aprobación de la versión final que será publicada, y compromiso de responsabilidad sobre todos los aspectos del trabajo, garantizando que las preguntas sobre la exactitud o integridad de cualquier parte del estudio sean adecuadamente investigadas y resueltas.

Estos criterios buscan evitar prácticas inapropiadas, frecuentes históricamente en la literatura biomédica. La autoría honoraria o de regalo asigna autoría a personas que no participaron sustancialmente en el trabajo, generalmente por motivos de jerarquía o reciprocidad. La autoría fantasma, por el contrario, omite a personas que sí contribuyeron sustancialmente, con frecuencia por razones políticas o comerciales. La autoría por intercambio asigna autoría recíproca entre investigadores sin contribución real, inflando artificialmente la producción individual.

En las residencias quirúrgicas, donde existen relaciones jerárquicas pronunciadas y dinámicas de mentoría intensiva, estos riesgos requieren atención explícita. El cumplimiento estricto de los criterios ICMJE protege tanto al residente como al programa, y constituye una práctica académica de integridad. Adicionalmente, las contribuciones que no alcanzan el umbral de autoría deben ser reconocidas en la sección de agradecimientos con descripción específica del aporte realizado.

Integridad académica

Tres formas de mala conducta en investigación son universalmente reconocidas como inaceptables: la fabricación (inventar datos o resultados), la falsificación (modificar u omitir datos selectivamente para favorecer una conclusión) y el plagio (presentar trabajo ajeno como propio sin atribución)[30]. En las últimas décadas, la disponibilidad de *softwares* de detección como *Turnitin, iThenticate y Crossref Similarity Check* ha aumentado significativamente la capacidad de las revistas y las instituciones para identificar tales prácticas.

Más allá de estos casos extremos, existen prácticas cuestionables de investigación (*questionable research practices*) más sutiles pero igualmente problemáticas[31]: el *p-hacking* (análisis estadísticos repetidos hasta obtener significancia estadística), HARKing *(hypothesizing after results are known*, formular hipó-

tesis posteriores a los resultados como si hubieran sido previas), la fragmentación de un mismo estudio en múltiples publicaciones (*salami slicing*) y la omisión selectiva de resultados negativos o no significativos.

La formación temprana en estos conceptos es esencial. Las residencias deben incorporar discusión explícita de casos de mala conducta científica, transparencia sobre las dudas metodológicas y promoción de una cultura de honestidad intelectual donde informar un resultado negativo o una limitación metodológica sea valorado y no penalizado.

Prerregistro de ensayos clínicos y transparencia metodológica

El prerregistro consiste en depositar el protocolo de un estudio en un registro público antes de iniciar la recolección de datos. Esta práctica, formalizada para ensayos clínicos por la ICMJE en 2005 a partir del caso Vioxx y otros precedentes de publicación selectiva, busca evitar varios sesgos: la modificación retrospectiva de *outcomes* primarios, la publicación selectiva de estudios con resultados positivos, y la duplicación involuntaria de esfuerzos investigativos[32]. Los principales registros internacionales son ClinicalTrials.gov, EU *Clinical Trials Register* y la WHO *International Clinical Trials Registry Platform* (ICTRP).

En cirugía, el prerregistro presenta consideraciones particulares. La evolución técnica frecuente del procedimiento puede requerir enmiendas al protocolo registrado, que deben documentarse de manera transparente. Los registros también acomodan ahora protocolos de estudios observacionales y revisiones sistemáticas –en este último caso a través de PROSPERO–, ampliando el alcance del principio de transparencia a múltiples diseños de investigación.

El movimiento de *Open Science* (ciencia abierta) ha extendido estos principios más allá del prerregistro hacia el acceso abierto a publicaciones (open access), la disponibilidad pública de datos (*open data*) bajo principios FAIR (*Findable, Accessible, Interoperable, Reusable*), y el código y materiales de investigación reproducibles. Su adopción en cirugía ha sido más gradual que en otras disciplinas, pero progresa de manera sostenida y configura un horizonte normativo emergente.

Conflictos de interés y financiamiento

Los conflictos de interés (CdI) en investigación médica surgen cuando consideraciones secundarias –financiamiento de la industria, relaciones personales, ambición de carrera– pueden influir o ser percibidas como influyendo sobre el juicio profesional vinculado al interés primario del estudio. La ICMJE requiere la declaración explícita de todos los CdI relevantes, tanto financieros como no financieros, en cada publicación[29]. Esta declaración no implica necesariamente que el conflicto invalide el trabajo, pero permite al lector evaluar críticamente las conclusiones a la luz del contexto.

En cirugía, los CdI vinculados con la industria de dispositivos médicos, plataformas robóticas y herramientas tecnológicas constituyen un capítulo particularmente sensible. La relación entre los desarrolladores tecnológicos y los cirujanos innovadores requiere un equilibrio entre el legítimo flujo de conocimiento técnico y la independencia del juicio clínico y académico. La transparencia plena de relaciones con la industria, los financiamientos recibidos para conferencias, viajes, consultorías y patentes, y el cumplimiento de políticas institucionales sobre CdI son requisitos crecientemente exigidos por las revistas y los reguladores.

Para los residentes quirúrgicos en formación, la incorporación temprana de criterios éticos sobre CdI configura una competencia esencial. Una práctica profesional de integridad reconoce que la legitimidad del conocimiento generado depende tanto de su rigor metodológico como de la transparencia sobre las condiciones en que fue producido.

De la investigación obligatoria a la investigación motivada

Del modelo obligatorio al modelo motivado

La formación quirúrgica moderna atraviesa actualmente una transición conceptual profunda: desde un modelo de investigación "obligatoria", centrado principalmente en requisitos curriculares y producción académica exigida institucionalmente, hacia un paradigma de "investigación motivada", basado en la participación activa, el compromiso personal y el aprendizaje significativo de los residentes[33]. Históricamente, muchas residencias de Cirugía General incorporaron la investigación como una obligación formal dentro del programa de entrenamiento, frecuentemente asociada al cumplimiento de requisitos para promoción, presentación en congresos o finalización de la residencia[34]. Diversos estudios, no obstante, han demostrado que la obligatoriedad por sí sola no garantiza ni calidad metodológica ni motivación sostenida para la producción científica[35]. Por el contrario, la evidencia contemporánea sugiere que la motivación intrínseca, la mentoría efectiva y las nuevas estrategias pedagógicas pueden incrementar significativamente la participación académica y el desarrollo de competencias vinculadas con la medicina basada en evidencia y la mejora continua de la práctica clínica[36].

Pilares tradicionales: tiempo protegido, mentoría y currículos

En el modelo tradicional, los principales pilares para promover investigación durante la residencia han sido el *protected time* o tiempo protegido para actividades académicas, la mentoría formal y la incorporación de currículos de metodología de la investigación[37]. Estos enfoques continúan siendo fundamentales y múltiples trabajos muestran que los residentes que disponen de tiempo específico para investigación presentan mayor cantidad de publicaciones y participación científica[38]. La presencia de mentores activos constituye, además, uno de los factores más fuertemente asociados con la productividad académica y la continuidad posterior en carreras académicas[39]. Aun en programas con adecuada infraestructura, muchos residentes continúan percibiendo la investigación como una carga adicional más que como una herramienta formativa integrada a la práctica quirúrgica diaria[40].

Estrategias innovadoras: "gamificación" y aprendizaje basado en proyectos

En este contexto comenzaron a surgir nuevas estrategias educativas orientadas no solamente a "obligar" a investigar, sino a generar compromiso genuino, participación activa y aprendizaje significativo. Estas estrategias se apoyan en conceptos provenientes de la educación digital, la teoría de la motivación, el aprendizaje colaborativo y la simulación educativa[41].

Una de las estrategias emergentes más estudiadas en los últimos años es la gamificación (*gamification*). La gamificación consiste en incorporar elementos característicos de los videojuegos en contextos educativos no recreativos, incluyendo sistemas de puntos, *rankings*, niveles, insignias (*badges*), competencias entre participantes y *feedback* inmediato. En el ámbito de las residencias quirúrgicas, estas herramientas comenzaron a aplicarse tanto en entrenamiento técnico como en actividades académicas y de investigación. Por ejemplo, algunos programas desarrollaron competencias de lectura crítica entre residentes, desafíos de elaboración de protocolos, *rankings* de productividad científica o sistemas de recompensas académicas asociados a publicaciones y presentaciones en congresos. Diversos estudios muestran que la gamificación puede aumentar el compromiso, la adherencia a tareas educativas y la motivación intrínseca, particularmente en generaciones jóvenes acostumbradas a entornos digitales interactivos. Además, favorece la práctica deliberada y el aprendizaje repetitivo mediante retroalimentación inmediata.

Otra estrategia innovadora es el aprendizaje basado en proyectos (*project-based learning*). En este modelo, el residente no participa pasivamente en clases teóricas sobre metodología, sino que desarrolla desde etapas tempranas un proyecto real de investigación vinculado con problemas clínicos concretos de su práctica cotidiana. El aprendizaje ocurre a través de la resolución progresiva de obstáculos metodológicos reales: formulación de preguntas PICO, búsqueda bibliográfica, diseño del estudio, recolección de datos y escritura científica. Este enfoque favorece la percepción de utilidad práctica de la investigación y mejora la integración entre actividad asistencial y producción científica.

Mentoría estructurada y formación intensiva

La mentoría estructurada moderna también evolucionó significativamente respecto de los modelos tradicionales. Actualmente se propone un sistema de mentoría longitudinal con objetivos definidos, reuniones periódicas y participación multidisciplinaria[36]. En algunos programas se incorporan mentores metodológicos, bioestadísticos y tutores de escritura científica además del tutor clínico habitual. Este modelo permite acompañar de manera más eficaz el progreso académico del residente y reducir una de las principales barreras descriptas en la literatura: la sensación de aislamiento y falta de dirección durante el proceso de investigación[39].

Los llamados *research bootcamps* representan otra herramienta emergente. Se trata de programas intensivos de corta duración destinados a enseñar habilidades específicas de investigación, como metodología científica, lectura crítica, bioestadística básica, utilización de bases de datos y redacción de manuscritos. Estos cursos suelen desarrollarse en formato altamente interactivo y práctico. Algunos estudios muestran que mejoran la autoconfianza de los residentes en investigación y facilitan el inicio temprano de proyectos académicos.

En paralelo, comenzaron a difundirse estrategias de *flipped classroom* o "aula invertida". En este modelo, el contenido teórico se revisa previamente mediante plataformas digitales asincrónicas –videos cortos, *podcasts*, módulos interactivos o material *online*– mientras que el tiempo presencial se destina a discusión crítica, resolución de problemas y análisis de artículos científicos[41]. Esto favorece el aprendizaje activo y permite utilizar el tiempo institucional de manera más eficiente [41].

Otra herramienta particularmente interesante es el *microlearning digital*, basado en cápsulas educativas breves y altamente focalizadas. En lugar de extensos cursos formales, los residentes reciben contenidos cortos sobre aspectos específicos como búsqueda bibliográfica, interpretación estadística, elaboración de *abstracts* o utilización de guías PRISMA y STROBE[41]. Este modelo se adapta mejor a los limitados tiempos disponibles durante la residencia quirúrgica y facilita el aprendizaje continuo.

Aprendizaje colaborativo y plataformas digitales

Se han desarrollado experiencias de *peer-learning* y comunidades de práctica, donde residentes mayores supervisan y acompañan proyectos de residentes más jóvenes. Este sistema genera aprendizaje colaborativo, fortalece el sentido de pertenencia académica y disminuye la dependencia exclusiva del cuerpo docente formal. Además, promueve liderazgo y habilidades docentes entre los residentes avanzados.

En los últimos años también surgieron los llamados *research sprints* o "hackathons académicos", encuentros intensivos y colaborativos donde grupos de residentes trabajan durante períodos cortos y estructurados para resolver tareas específicas como desarrollar protocolos, completar bases de datos o redactar manuscritos. Estas experiencias buscan transformar la investigación en una actividad dinámica, colectiva y motivadora.

Finalmente, las plataformas digitales con *dashboards* de progreso académico permiten seguimiento en tiempo real de proyectos, publicaciones y objetivos individuales. La visualización concreta del progreso y el *feedback* inmediato constituyen herramientas motivacionales importantes, especialmente cuando se integran con elementos de gamificación (Tabla 4).

■ **TABLA 4**

Estrategias modernas para aumentar la motivación y producción académica

Estrategia	Características principales	Potenciales beneficios
Gamificación	*Rankings*, puntos, *badges*, desafíos	Mayor compromiso y motivación
Aprendizaje basado en proyectos	Desarrollo de proyectos reales	Integración práctica-investigación
Mentoría estructurada	Tutorías periódicas multidisciplinarias	Mayor productividad y acompañamiento
Research bootcamps	Cursos intensivos prácticos	Inicio temprano de proyectos
Flipped classroom	Teoría asincrónica + discusión presencial	Aprendizaje activo
Microlearning digital	Cápsulas educativas breves	Flexibilidad y aprendizaje continuo
Peer-learning	Residentes enseñan a residentes	Colaboración y liderazgo
Research sprints	Jornadas intensivas colaborativas	Aceleración de producción científica
Dashboards académicos	Seguimiento digital de objetivos	*Feedback* inmediato y motivación

Limitaciones y perspectivas futuras

A pesar de sus ventajas potenciales, estas estrategias innovadoras también presentan desafíos y limitaciones. Existe preocupación respecto de la posibilidad de trivializar la investigación científica mediante excesiva competitividad o sobreestimular la productividad cuantitativa en detrimento de la calidad metodológica[40]. Asimismo, muchas de estas herramientas requieren infraestructura tecnológica, capacitación docente y cambios culturales institucionales que no siempre están disponibles, especialmente en sistemas de salud con recursos limitados[40].

La evidencia actual sugiere que el futuro de la educación quirúrgica probablemente combine elementos tradicionales —como tiempo protegido, mentoría y currículos formales— con nuevas metodologías centradas en motivación, participación activa y aprendizaje digital. La transición desde una "investigación obligatoria" hacia una "investigación motivada" representa no solamente un cambio pedagógico, sino también una transformación cultural en la forma de entender el rol académico del residente de cirugía general dentro de los sistemas modernos de formación médica.

Inteligencia artificial aplicada a la investigación

La irrupción de la inteligencia artificial (IA) generativa, y en particular de los modelos de lenguaje a gran escala (LLM) como ChatGPT® y similares, ha transformado en pocos años el ecosistema de la investigación científica[42]. Estas herramientas pueden asistir en múltiples fases del trabajo investigativo: búsqueda y síntesis bibliográfica, formulación de preguntas de investigación, redacción de manuscritos, traducción técnica, análisis estadístico preliminar y elaboración de figuras y materiales suplementarios.

En el ámbito específico de la búsqueda bibliográfica, plataformas emergentes como Elicit®, Consensus® y Scite® combinan búsqueda semántica con procesamiento de lenguaje natural, permitiendo identificar estudios relevantes que las búsquedas tradicionales por *keywords* pueden pasar por alto. Estas herramientas pueden además resumir hallazgos, identificar concordancias y discordancias entre estudios, y orientar al investigador hacia revisiones sistemáticas existentes. Para residentes con limitaciones de tiempo, este tipo de apoyo puede acelerar significativamente las primeras fases de un proyecto.

La asistencia en redacción científica es probablemente el uso más extendido. Los LLM pueden mejo-

rar la claridad gramatical y la estructura de los párrafos, sugerir reformulaciones más concisas, traducir entre idiomas –particularmente relevante para autores no anglófonos– y proponer alternativas estilísticas. El riesgo de alucinación –generación de afirmaciones plausibles pero incorrectas, incluso referencias bibliográficas inexistentes– exige, en cambio, verificación humana sistemática. La integridad del manuscrito sigue siendo responsabilidad exclusiva del autor humano[43].

Las políticas editoriales internacionales han avanzado rápidamente para regular el uso de IA generativa en investigación. La ICMJE estableció que los modelos de lenguaje no pueden ser listados como autores, dado que no pueden asumir la responsabilidad sobre el trabajo ni dar su consentimiento informado[43]. Revistas como *Nature, Science* y JAMA han adoptado políticas explícitas que exigen declarar el uso de IA en cualquier fase del manuscrito y describir su contribución específica. Lee, Bubeck y Petro analizaron en el *New England Journal of Medicine* los beneficios, límites y riesgos del uso de GPT-4 en medicina, advirtiendo sobre la necesidad de marcos regulatorios y supervisión humana explícita[44].

Otro frente activo es el análisis estadístico asistido por IA. Las plataformas que combinan LLM con interpretación estadística pueden orientar al residente sobre la elección de la prueba apropiada, la verificación de supuestos y la interpretación de resultados. No obstante, este apoyo no sustituye la formación metodológica básica: la dependencia acrítica de la IA para decisiones estadísticas puede ocultar sesgos de selección, errores conceptuales o malinterpretaciones del diseño del estudio.

Como en otras aplicaciones de la IA en medicina, el balance crítico es esencial. Las herramientas amplían las capacidades del investigador y democratizan parcialmente el acceso a metodologías sofisticadas, pero su uso indebido –desde la fabricación de manuscritos completos hasta el plagio asistido o la generación de revisiones bibliográficas con citas inventadas– amenaza la integridad académica. La formación temprana en alfabetización crítica sobre IA, junto con políticas institucionales explícitas, configura un pilar emergente de la educación contemporánea en investigación quirúrgica.

Enfoque argentino

Históricamente, la formación de residentes estuvo orientada principalmente a la actividad asistencial y al aprendizaje técnico, mientras que la investigación clínica ocupaba un lugar secundario y dependía frecuentemente del interés individual de algunos docentes o residentes motivados. El avance de la MBE, el crecimiento de la cirugía académica y la creciente relevancia de la seguridad del paciente impulsaron, con el tiempo, una mayor integración de la actividad científica dentro de los programas formativos.

Actualmente, algunos centros universitarios y hospitales de alta complejidad han desarrollado modelos estructurados de investigación durante la residencia, incorporando formación metodológica, participación en registros prospectivos, análisis de resultados quirúrgicos y elaboración de proyectos científicos supervisados. Instituciones como el Hospital Italiano de Buenos Aires, entre otras, han implementado programas con acompañamiento metodológico, tutorías académicas y espacios formales destinados a la producción científica y a la MBE.

Lamentablemente, aún persisten limitaciones vinculadas a la elevada carga asistencial, la falta de tiempo protegido, la escasez de financiamiento, la ausencia de infraestructura metodológica en muchos hospitales y la limitada disponibilidad de mentores con formación académica. Estas dificultades resultan particularmente evidentes fuera de los grandes centros universitarios, donde la investigación suele depender del esfuerzo individual y carece de estructuras institucionales consolidadas.

A pesar de estas barreras, múltiples experiencias locales demostraron que incluso en contextos con recursos limitados es posible desarrollar programas efectivos de formación en investigación. La implementación de currículos estructurados, ateneos metodológicos, rotaciones específicas y participación en proyectos institucionales permitió mejorar significativamente la producción científica y el desarrollo de competencias en residentes argentinos.

La creciente incorporación de programas de calidad asistencial, seguridad del paciente y análisis de *outcomes* quirúrgicos abrió, a la vez, nuevas oportunidades para integrar investigación y práctica clínica cotidiana. La investigación aplicada a resultados clínicos adquiere especial relevancia en el contexto argentino, donde la generación de evidencia local resulta fundamental para adaptar recomendaciones internacionales a las particularidades epidemiológicas, organizacionales y económicas del sistema de salud nacional.

Otro aspecto importante es el progresivo fortalecimiento de la cultura académica dentro de algunas residencias quirúrgicas. La participación en congresos, publicaciones multicéntricas y redes colaborativas nacionales favoreció una mayor inserción científica de los residentes y estimuló el desarrollo de nuevas generaciones de cirujanos con formación en investigación y MBE.

El desafío actual no radica únicamente en aumentar la cantidad de publicaciones, sino en consolidar modelos formativos integrales que permitan desarrollar competencias metodológicas, pensamiento crítico y capacidad de evaluación de resultados clínicos. La investigación debe entenderse como una herramienta orientada a producir conocimiento y, sobre todo, a

mejorar la calidad asistencial, optimizar la seguridad del paciente y fortalecer la toma de decisiones basada en evidencia.

En este contexto, el futuro de la investigación en las residencias argentinas dependerá de la capacidad de las instituciones para integrar de manera equilibrada asistencia, docencia e investigación dentro de programas formativos sostenibles. El fortalecimiento de estructuras académicas, la generación de redes colaborativas y la incorporación progresiva de modelos basados en competencias y calidad asistencial representan elementos fundamentales para consolidar una cirugía académica moderna, crítica y orientada a mejorar los resultados de los pacientes.

Experiencia del Hospital Italiano de Buenos Aires

Durante las dos últimas décadas, el Servicio de Cirugía General del Hospital Italiano de Buenos Aires implementó una estrategia innovadora orientada a transformar la formación académica y científica de los residentes mediante la creación de distintas estrategias:

- Rotación exclusiva con tiempo protegido en actividad académica.
- Participación de proyectos institucionales entre distintos servicios.
- Implementación de una Secretaría académica que tutoriza el desarrollo de los distintos proyectos.
- Sistema de selección de mentores para una colaboración más directa entre el experto y el residente.
- Jefatura de Residentes Académica. Esta iniciativa surgió como respuesta a la necesidad de integrar de manera estructurada la investigación clínica dentro del recorrido formativo de la residencia, promoviendo la adquisición de habilidades técnicas y asistenciales junto con el desarrollo del pensamiento crítico, la interpretación de la evidencia científica y la generación de conocimiento aplicable a la práctica quirúrgica diaria. En el último año, se incorporó por primera vez la figura de un Jefe de Residentes Académico con dedicación longitudinal durante todo el período. Este rol tuvo la responsabilidad de coordinar integralmente las actividades académicas, organizar el seguimiento metodológico de los proyectos y articular el trabajo entre residentes, tutores y el Grupo de Apoyo Académico. El objetivo central fue transformar la investigación de una actividad ocasional u obligatoria en un proceso continuo, guiado y motivador.
- Uno de los aspectos más originales de la iniciativa fue la incorporación de elementos de gamificación académica. El eje principal del proyecto fueron las llamadas “Olimpíadas Académicas”, concebidas como un programa longitudinal de investigación quirúrgica basado en cinco pilares: formación metodológica progresiva, tutoría académica permanente, desarrollo de proyectos científicos reales, evaluación objetiva por etapas y una dinámica de competencia colaborativa entre equipos. La propuesta buscó que cada residente atravesara todas las fases del proceso científico, desde la formulación de una pregunta de investigación hasta la elaboración de un manuscrito completo con potencial de publicación y presentación en congresos. Para ello se organizaron tres *famiglie* académicas –Bonadeo, Beveraggi y Loyudice– integradas por residentes de distintos años, jefes de residentes y cirujanos del *staff* que actuaban como padrinos académicos. Cada *famiglia* acumulaba puntajes mediante el avance de sus proyectos, publicaciones y participación académica, generando una dinámica de competencia sana orientada a estimular la participación y el sentido de pertenencia institucional. Este modelo de gamificación aporta valor en dos niveles complementarios:
  - Seguimiento longitudinal individual: los puntos se acumulan a lo largo de toda la residencia y se traducen, al finalizarla, en un *score* académico para cada residente.
  - Refuerzo del trabajo entre pares: además de sumarse al total de cada *famiglia*, los puntajes individuales también contribuyen al desempeño del grupo de residentes del mismo año. Esto favorece la colaboración entre compañeros, estimula la producción académica y promueve una competencia saludable.
- Se desarrolló una estrategia de capacitación progresiva en metodología de la investigación. El módulo de Metodología del Curso Superior de Cirugía General fue reorganizado y distribuido a lo largo del año, acompañando las distintas etapas de los proyectos. Las actividades incluyeron formación en búsqueda bibliográfica, formulación de preguntas PICO, diseño de estudios, elaboración de bases de datos, definición de variables y fundamentos de análisis estadístico. Esta reorganización permitió que la enseñanza teórica estuviera directamente vinculada con problemas concretos surgidos de los proyectos en desarrollo.
- Otro componente central fue la creación del Grupo de Apoyo Académico, integrado por cirujanos con experiencia en investigación clínica y producción científica. Este grupo acompañó de manera continua a los residentes mediante reuniones periódicas destinadas a evaluar el progreso metodológico de cada proyecto. Las distintas etapas incluyeron revisión de la pregunta de investigación, desarrollo del protocolo, confección de bases de datos, análisis estadístico preliminar y elaboración de abstracts científicos. El sistema funcionó como un verdadero circuito longitudinal de formación académica, con evaluación progresiva y retroalimentación constante (Tabla 5)

■ TABLA 5

Estrategias implementadas por el Servicio de Cirugía del Hospital Italiano para fomentar las actividades de investigación de los residentes del Servicio.

Estrategia	Descripción breve	Objetivo
Rotación académica con tiempo protegido	Período exclusivo del residente dedicado a la investigación	Garantizar dedicación efectiva a actividades científicas
Participación en proyectos institucionales	Integración del residente en proyectos colaborativos entre servicios	Promover la investigación interdisciplinaria
Secretaría Académica	Estructura institucional que tutoriza el desarrollo de los proyectos	Brindar soporte administrativo y metodológico continuo
Sistema de selección de mentores	Asignación de tutores staff y jefes de residentes a cada proyecto	Favorecer la colaboración directa entre experto y residente
Jefe de Residentes Académico	Coordinación longitudinal del programa académico durante todo el año	Organizar y sostener la actividad científica del grupo
Olimpíadas Académicas (gamificación)	Programa anual con competencia colaborativa entre famiglie (Bonadeo, Beveraggi, Loyudice)	Aumentar la motivación, la participación y el sentido de pertenencia
Formación metodológica progresiva	Módulo de Metodología distribuido a lo largo del año (PICO, diseño, bases de datos, estadística)	Enseñar metodología aplicada a los proyectos en curso
Grupo de Apoyo Académico	Cirujanos con experiencia que supervisan etapas del proyecto y dan retroalimentación	Guiar metodológicamente y acompañar la producción científica

Conclusiones

La investigación clínica ha dejado de ser una actividad opcional dentro de la residencia quirúrgica para convertirse en un componente estructural de la formación contemporánea. Su valor no se reduce a la producción académica medible en publicaciones e índices bibliométricos: se extiende a la apropiación del razonamiento crítico, el desarrollo del juicio clínico fundamentado en evidencia y la capacidad de generar conocimiento adaptado a contextos locales.

En el contexto argentino y latinoamericano, las heterogeneidades estructurales son significativas, pero las experiencias institucionales demuestran que es posible desarrollar programas efectivos cuando existen compromiso académico, mentoría sostenida y objetivos claros.

El desafío futuro consiste en transformar la investigación de actividad ocasional en práctica continua e integrada, capaz de articular asistencia, docencia y producción científica dentro de un proyecto formativo coherente. Esa será, probablemente, una de las características distintivas de la educación quirúrgica del siglo XXI.

Referencias bibliográficas

1. Sackett DL, Rosenberg WMC, Gray JAM, Haynes RB, Richardson WS. Evidence based medicine: what it is and what it isn't. BMJ. 1996;312(7023):71-2.
2. Wente MN, Seiler CM, Uhl W, Büchler MW. Perspectives of evidence-based surgery. Dig Surg. 2003;20(4):263-9.
3. McCulloch P, Altman DG, Campbell WB, Flum DR, Glasziou P, Marshall JC, et al. No surgical innovation without evaluation: the IDEAL recommendations. Lancet. 2009;374(9695):1105-12.
4. Hirst A, Philippou Y, Blazeby J, Campbell B, Campbell M, Feinberg J, et al. No surgical innovation without evaluation: evolution and further development of the IDEAL framework and recommendations. Ann Surg. 2019;269(2):211-20.
5. Raimondi JC, Vaccaro CA. Investigación científica y cirugía. Rev Arg Cirug. 2014;106:3-52.
6. Yeo H, Viola K, Berg D, et al. Attitudes, training experiences, and professional expectations of US general surgery residents: a national survey. JAMA. 2009;302(12):1301-8.
7. Davidoff F, Haynes B, Sackett D, Smith R. Evidence based medicine: a new journal to help doctors identify the information they need. BMJ. 1995;310(6987):1085-6.
8. Ahn J, Watt CD, Man LX, Greeley SA, Shea JA. Educating future leaders of medical research: analysis of student and resident research training opportunities in surgery. J Surg Educ. 2014;71(2):184-90.
9. Bingmer K, Ofshteyn A, Blitzer D, et al. Mentorship in surgical training: a systematic review. HPB (Oxford). 2020;22(1):88-94.
10. Souba WW, Wilmore DW. Surgical research and the university hospital. Arch Surg. 2000;135(1):33-41.
11. Robertson CM, Klingensmith ME, Coopersmith CM. Long-term outcomes of performing a postdoctoral research fellowship during general surgery residency. Ann Surg. 2007;245(4):516-23.
12. Debas HT, Bass BL, Brennan MF, et al. American Surgical Association Blue Ribbon Committee Report on Surgical Education: 2004. Ann Surg. 2005;241(1):1-8.
13. Kao LS, Klingensmith ME. Are dedicated research years during surgery residency worthwhile? Arch Surg. 2008;143(6):558-65.
14. Harden RM. Outcome-based education: the future is today. Med Teach. 2007;29(7):625-9.
15. Stain SC, Ellison EC, Farmer DL; Blue Ribbon Committee II. The Blue Ribbon Committee II report and recommendations on surgical education and training in the United States: 2024. Ann Surg. 2024;280(4):524-45.
16. Ellison EC, Stain SC, Lillemoe KD. Introduction to the contemporary assessment and recommendations to enhance surgical education and training. Ann Surg. 2025;281(1):1-2.
17. Mellinger JD, Brasel K, Elster E, et al. Key issues in surgical

residency education: recommendations of the Blue Ribbon II Committee Residency Education Subcommittee. Ann Surg. 2025;281(1):16-20.
18. Gawande AA, Thomas EJ, Zinner MJ, Brennan TA. The incidence and nature of surgical adverse events in Colorado and Utah in 1992. Surgery. 1999;126(1):66-75.
19. San Francisco Declaration on Research Assessment (DORA). 2012.
20. Garfield E. The history and meaning of the journal impact factor. JAMA. 2006;295(1):90-3.
21. Hirsch JE. An index to quantify an individual's scientific research output. Proc Natl Acad Sci U S A. 2005;102(46):16569–72.
22. Schulz KF, Altman DG, Moher D; CONSORT Group. CONSORT 2010 Statement: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. BMJ. 2010;340:c332.
23. Von Elm E, Altman DG, Egger M, et al. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. Lancet. 2007;370(9596):1453–7.
24. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG; PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. BMJ. 2009;339:b2535.
25. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ. 2021;372:n71.
26. Straus SE, Richardson WS, Glasziou P, Haynes RB. Evidence-Based Medicine: How to Practice and Teach EBM. 4th ed. Churchill Livingstone; 2010.
27. Priem J, Taraborelli D, Groth P, Neylon C. Altmetrics: A manifesto. 2010.
28. World Medical Association. Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. JAMA. 2025;333(1):71-4.
29. International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE). Recommendations for the Conduct, Reporting, Editing, and Publication of Scholarly Work in Medical Journals. Updated 2024. Disponible en: http://www.icmje.org/recommendations/
30. Resnik DB, Master Z. Policies and initiatives aimed at addressing research misconduct in high-income countries. PLoS Med. 2013;10(3):e1001406.
31. John LK, Loewenstein G, Prelec D. Measuring the prevalence of questionable research practices with incentives for truth telling. Psychol Sci. 2012;23(5):524-32.
32. De Angelis C, Drazen JM, Frizelle FA, Haug C, Hoey J, Horton R, et al. Clinical trial registration: a statement from the International Committee of Medical Journal Editors. N Engl J Med. 2004;351(12):1250-1.
33. Ludmerer KM. Time to Heal: American Medical Education from the Turn of the Century to the Era of Managed Care. Oxford University Press; 1999.
34. ACGME. Common Program Requirements. Chicago: Accreditation Council for Graduate Medical Education; 2023.
35. Ledley FD, Lovejoy FH. Research during residency: problems and rewards. Am J Dis Child. 1993;147(9):1043--6.
36. Sambunjak D, Straus SE, Marusic A. Mentoring in academic medicine. JAMA. 2006;296(9):1103-1115.
37. Levine RB, Hebert RS, Wright SM. Resident research and scholarly activity. J Gen Intern Med. 2005;20(2):155--9.
38. Hill KA, et al. Protected time and academic productivity in surgical residency. J Surg Educ. 2014;71(6):e87-e94.
39. Straus SE, Johnson MO, Márquez C, Feldman MD. Characteristics of successful and failed mentoring relationships. Acad Med. 2013;88(1):82-9.
40. Rothberg MB. Overcoming barriers to resident scholarly activity. JAMA. 2011;306(11):1220-2.
41. Ellaway RH, Masters K. AMEE Guide 32: e-Learning in medical education. Med Teach. 2008;30(5):455-73.
42. Sallam M. ChatGPT utility in healthcare education, research, and practice: systematic review on the promising perspectives and valid concerns. Healthcare (Basel). 2023;11(6):887.
43. Flanagin A, Bibbins-Domingo K, Berkwits M, Christiansen SL. Nonhuman 'authors' and implications for the integrity of scientific publication and medical knowledge. JAMA. 2023;329(8):637-9.
44. Lee P, Bubeck S, Petro J. Benefits, limits, and risks of GPT-4 as an AI chatbot for medicine. N Engl J Med. 2023;388(13):1233-9.

11. Robótica y residencia de cirugía general

Agustín Dietrich, Martín Palavecino

Estamos asistiendo a la transición desde la era de la cirugía manual hacia la era de la cirugía digital; la próxima generación de cirujanos será necesariamente una generación digital.

Richard M. Satava, Surgical Clinics of North America (2010)

RESUMEN

La incorporación progresiva de la cirugía robótica en los programas de residencia de Cirugía General representa una transformación paradigmática que modifica simultáneamente la adquisición de habilidades técnicas, los modelos de supervisión docente, las estrategias de evaluación del desempeño y la relación entre el residente, el paciente y la tecnología. A diferencia de cambios tecnológicos previos, la plataforma robótica introduce características fundacionales –reducción del feedback háptico, mediación digital, visión tridimensional y telemanipulación– que exigen nuevos modelos de entrenamiento basados en simulación avanzada, delibérate practice, *proficiency-based progression* y evaluación objetiva mediante GEARS, OSATS adaptado y herramientas de inteligencia artificial. El presente capítulo examina la transición desde el modelo halstediano hacia un paradigma híbrido de educación basada en datos, las implicancias curriculares de la integración progresiva en las residencias argentinas y latinoamericanas, y los dilemas éticos asociados –seguridad del paciente durante la curva de aprendizaje, justicia distributiva, dependencia tecnológica, responsabilidad profesional frente a sistemas autónomos– en el horizonte emergente del *digital surgeon*.

Palabras clave: *cirugía robótica, educación quirúrgica, residencia de cirugía general, simulación, entrenamiento basado en competencias, inteligencia artificial, ética quirúrgica,* digital surgeon.

Introducción

La educación quirúrgica ha atravesado profundas transformaciones durante las últimas décadas, impulsadas por la incorporación progresiva de tecnologías mínimamente invasivas y plataformas digitales. La introducción de la cirugía robótica representa uno de los cambios más disruptivos en la formación de los residentes de Cirugía General, modificando la adquisición de habilidades técnicas y, con ella, la estructura curricular, los modelos de supervisión y los marcos éticos vinculados al entrenamiento quirúrgico.

La incorporación de la cirugía robótica exige nuevamente a los cirujanos salir de su zona de confort. Implica dejar de lado aquellos abordajes mínimamente invasivos –laparoscopia, videotoracoscopia, entre otros– en los que se habían formado y obtenido buenos resultados, para adoptar un nuevo estándar que se presenta, *a priori*, como el próximo procedimiento de referencia (*gold standard*). Más allá de la actualización de los profesionales ya entrenados, este cambio plantea un desafío específico con respecto al papel que desempeñarán los residentes en este nuevo escenario.

Surgen así interrogantes fundamentales: ¿Cómo adaptar los programas de residencia a este nuevo estándar? ¿Cómo compensar la disminución de casos realizados mediante otros abordajes, en los que los residentes tenían una participación activa? ¿Qué implicancias éticas conlleva la participación de residentes en procedimientos donde incluso los cirujanos formados aún se encuentran transitando su propia curva de aprendizaje? Y, por último, ¿resulta ya necesario incorporar la cirugía robótica dentro del ámbito formativo de la Cirugía General? En el presente capítulo, intentaremos responder estos interrogantes.

La laparoscopia como antecedente

La introducción de la cirugía laparoscópica a finales del siglo XX representó una de las transformaciones más profundas en la historia de la educación quirúrgica moderna. A diferencia de la cirugía abierta tradicional, la laparoscopia introdujo un entorno operatorio completamente diferente, caracterizado por visión bidimensional, pérdida de percepción táctil directa, movimientos contrarios al eje visual, limitación en los grados de libertad instrumentales y una marcada

dependencia de la coordinación visuoespacial. Estas modificaciones generaron inicialmente una verdadera crisis educativa dentro de los programas de formación quirúrgica, ya que los modelos tradicionales de enseñanza basados en la exposición progresiva en quirófano comenzaron a demostrar importantes limitaciones para garantizar una adquisición segura y eficiente de habilidades técnicas[1,2].

El paradigma halstediano de *see one, do one, teach one* (véase el capítulo sobre la historia de las residencias), que durante décadas había constituido la base del entrenamiento quirúrgico, comenzó a resultar insuficiente frente a la creciente complejidad técnica de los procedimientos mínimamente invasivos. Numerosos estudios demostraron que la curva de aprendizaje laparoscópica se asociaba a un aumento inicial de complicaciones operatorias, mayor tiempo quirúrgico y potencial impacto sobre la seguridad del paciente, particularmente durante las etapas tempranas de entrenamiento de los residentes[3,4]. En consecuencia, emergió la necesidad de desarrollar nuevos modelos educativos que permitieran trasladar parte sustancial del aprendizaje fuera del paciente real.

En este contexto, la simulación quirúrgica adquirió un papel central dentro de la educación en cirugía general. Los laboratorios de habilidades, los simuladores físicos (*box trainers*), los modelos animales y posteriormente los simuladores de realidad virtual comenzaron a consolidarse como herramientas fundamentales para el entrenamiento laparoscópico seguro y estructurado[5]. A diferencia del modelo tradicional basado exclusivamente en experiencia intraoperatoria, la simulación permitió introducir conceptos de práctica deliberada, repetición estandarizada y adquisición progresiva de competencias técnicas en entornos controlados y libres de riesgo para el paciente[6].

Uno de los hitos más importantes en esta transición educativa fue el desarrollo del programa *Fundamentals of Laparoscopic Surgery* (FLS) por parte de la Society of American Gastrointestinal and Endoscopic Surgeons y el American College of Surgeons. El FLS constituyó el primer programa ampliamente validado para la enseñanza y evaluación estandarizada de habilidades laparoscópicas básicas, integrando entrenamiento cognitivo y técnico mediante ejercicios simulados y métricas objetivas de desempeño[7]. Diversos trabajos demostraron que las habilidades adquiridas mediante FLS se correlacionaban con una mejora significativa del rendimiento intraoperatorio, consolidando el concepto de que la simulación podía transferir efectivamente competencias al quirófano real[3,8].

En la Argentina, la incorporación de la cirugía laparoscópica durante la década de 1990 representó un importante punto de inflexión para los programas de residencia en Cirugía General. La rápida expansión de la cirugía mínimamente invasiva generó inicialmente desafíos significativos vinculados al entrenamiento técnico, la curva de aprendizaje y la necesidad de nuevas estrategias educativas. La colecistectomía laparoscópica fue el procedimiento modelo: su desarrollo permitió mejorar rápidamente los resultados de la colecistectomía convencional, reduciendo complicaciones, días de internación y costos. A este procedimiento le siguieron otros del tubo digestivo, urológicos, ginecológicos y de cirugía torácica, hasta convertir tanto la laparoscopia como la toracoscopia en estándares indiscutidos.

Diversos centros quirúrgicos argentinos –como el Hospital Italiano, el Hospital Alemán y el Hospital de Clínicas, entre otros– comenzaron progresivamente a incorporar laboratorios de simulación, entrenamiento en caja laparoscópica y programas de capacitación específicos, reconociendo las limitaciones del modelo tradicional de enseñanza frente a las nuevas demandas tecnológicas. También modificaron rápidamente sus programas de residencia para otorgar un papel protagónico a la participación de los residentes en cirugías laparoscópicas, como eje central de su formación[9].

La experiencia acumulada durante la transición hacia la laparoscopia resulta particularmente relevante en la actualidad, ante la expansión de la cirugía robótica. Muchos de los desafíos observados durante la adopción inicial de la cirugía mínimamente invasiva –curvas de aprendizaje prolongadas, necesidad de simulación, redefinición curricular y preocupación por la seguridad del paciente– resurgen ahora bajo un escenario tecnológico aún más complejo. Ahora bien, la cirugía robótica no representa simplemente una evolución técnica de la laparoscopia, sino un cambio paradigmático más profundo, donde la interacción humano-máquina, la digitalización del acto quirúrgico y la incorporación creciente de inteligencia artificial comienzan a redefinir la propia naturaleza del entrenamiento quirúrgico contemporáneo.

Cirugía robótica y la transición a un nuevo paradigma

La necesidad de transferir destrezas y habilidades al mundo de la cirugía robótica conlleva adaptarse a nuevas formas de interacción con los distintos órganos y tejidos durante el acto operatorio. Las plataformas robóticas modernas introducen características fundacionales que modifican profundamente la relación cirujano-paciente-instrumento.

Aunque la plataforma *da Vinci®* (*Intuitive Surgical*) ha dominado el mercado durante las últimas dos décadas, el escenario tecnológico actual se caracteriza por una creciente diversificación de sistemas robóticos. Plataformas como *Hugo® RAS* (Medtronic), *Toumai® (Med Bot Microport), Versius® (CMR Surgical), Senhance® (Asensus Surgical)* y *MIRA™ (Virtual Incision)* se han incorporado progresivamente al ámbito quirúrgico, cada una con características técnicas, ergonómicas, modelos de retroalimentación táctil y curvas de

aprendizaje propias. Esta heterogeneidad creciente plantea nuevos desafíos para la educación quirúrgica, dado que las competencias adquiridas en un sistema no son completamente transferibles a otros y exigen estrategias formativas plataforma-específicas dentro de los programas de residencia[10,11].

Disminución del feedback *háptico*

En los inicios de la cirugía robótica, la ausencia de *feedback* háptico constituía una de sus principales limitaciones y representaba un aspecto central en la discusión sobre entrenamiento quirúrgico. A diferencia de la cirugía abierta convencional, donde el cirujano recibe información táctil continua sobre tensión, resistencia y características tisulares, en cirugía robótica gran parte de esta información se pierde o se encuentra significativamente reducida debido a la mediación tecnológica de la interfaz quirúrgica. Como consecuencia, el operador depende predominantemente de estímulos visuales para estimar la fuerza aplicada sobre los tejidos y orientar sus movimientos intraoperatorios. En este contexto, la adquisición de competencias deja de depender exclusivamente de la interacción manual directa con los tejidos para pasar a sustentarse en una compleja integración entre percepción visual, interpretación espacial y control digital de instrumentos telemanipulados[12].

Interfaz digital

El concepto de interfaz digital implica que la interacción quirúrgica deja de producirse de manera puramente manual para pasar a estar mediada por sistemas electrónicos, sensores, *software* y plataformas de procesamiento de datos. En cirugía robótica, el operador ya no manipula directamente los tejidos, sino que controla instrumentos telemanipulados a través de una consola computarizada[12]. Esta mediación tecnológica modifica profundamente la percepción espacial, la coordinación motora y la adquisición de habilidades psicomotoras. El acto quirúrgico comienza entonces a depender tanto de las destrezas manuales tradicionales como de la capacidad de interpretar información visual compleja y adaptarse a entornos digitales altamente tecnificados.

Otro aspecto relevante es que las interfaces digitales permiten capturar grandes volúmenes de información sobre el desempeño operatorio. Los movimientos del cirujano, tiempos operatorios, trayectorias instrumentales y errores técnicos pueden registrarse y analizarse automáticamente, generando métricas objetivas de rendimiento. Esto representa un cambio trascendental respecto de los modelos tradicionales de evaluación subjetiva, ya que abre la posibilidad de desarrollar sistemas de entrenamiento basados en análisis cuantitativos y retroalimentación automatizada.

Visión tridimensional

La visión tridimensional constituye una de las principales innovaciones introducidas por la cirugía robótica moderna y representa uno de los avances más relevantes respecto de la laparoscopia convencional. Durante el desarrollo inicial de la cirugía mínimamente invasiva, una de las mayores limitaciones técnicas estaba relacionada con la pérdida de percepción de profundidad generada por la visualización bidimensional del campo operatorio. La incorporación de sistemas ópticos tridimensionales permitió modificar significativamente esta experiencia operatoria[13]. Las plataformas robóticas actuales ofrecen imágenes magnificadas de alta definición con percepción espacial inmersiva, facilitando una relación más intuitiva entre visión y movimiento instrumental.

Desde el punto de vista técnico, la percepción tridimensional reduce parte de la carga cognitiva asociada a la cirugía mínimamente invasiva tradicional. En laparoscopia, el operador debía interpretar información espacial utilizando referencias indirectas para compensar la ausencia de profundidad real. La cirugía robótica modifica este escenario al proporcionar una representación visual más cercana a la percepción natural humana, permitiendo una interacción más fluida con el entorno operatorio digital. Este cambio adquiere especial importancia en el ámbito educativo, ya que la recuperación de profundidad visual transforma la forma en que los residentes desarrollan habilidades psicomotoras y competencias visuoespaciales.

Telemanipulación

La telemanipulación constituye uno de los conceptos centrales de la cirugía robótica moderna y representa una de las principales diferencias respecto de la cirugía abierta y laparoscópica convencional. En este modelo, el cirujano deja de interactuar directamente con los instrumentos dentro del campo operatorio y pasa a controlar los movimientos quirúrgicos a distancia mediante una consola computarizada. Así, el acto quirúrgico queda mediado por una interfaz digital capaz de traducir los movimientos de las manos del operador en movimientos precisos de los instrumentos robóticos ubicados en el paciente.

Uno de los principales beneficios de este modelo es la posibilidad de optimizar la precisión quirúrgica. Los sistemas robóticos permiten filtrar el temblor fisiológico, escalar movimientos y mejorar la estabilidad operatoria, facilitando tareas complejas como sutura intracorpórea, disección fina y reconstrucciones

delicadas. La articulación avanzada de los instrumentos, además, proporciona mayores grados de libertad que los disponibles en la laparoscopia, y reproduce parcialmente la movilidad natural de la muñeca humana dentro del espacio reducido del abdomen.

Sin embargo, la telemanipulación implica también importantes desafíos educativos y perceptuales. La separación física entre el operador y el paciente transforma el proceso de adquisición de habilidades técnicas, obligando al residente a adaptarse a un entorno completamente digitalizado. En este contexto, el aprendizaje quirúrgico comienza a incorporar competencias vinculadas con navegación digital, interacción humano-máquina y control de plataformas tecnológicas complejas. La telemanipulación también plantea implicancias conceptuales relevantes sobre el futuro de la cirugía, abriendo la posibilidad de integrar inteligencia artificial, automatización parcial, asistencia computacional y eventualmente cirugía remota.

Nuevos modelos de adquisición de habilidades

La expansión de la cirugía robótica ha modificado profundamente el perfil de habilidades requeridas para la formación de los residentes de Cirugía General. A diferencia de la cirugía abierta tradicional e incluso de la laparoscopia, las plataformas robóticas contemporáneas exigen el desarrollo de competencias técnicas, cognitivas y visuoespaciales específicas, estrechamente vinculadas a la interacción humano-máquina y al entorno digital operatorio. En consecuencia, el entrenamiento quirúrgico actual ya no se centra exclusivamente en la destreza manual clásica, sino también en la capacidad del cirujano para operar interfaces digitales complejas, interpretar información visual avanzada y adaptarse a sistemas automatizados de asistencia quirúrgica[13,14].

Uno de los cambios más relevantes introducidos por la cirugía robótica es la necesidad de desarrollar coordinación bimanual avanzada dentro de un entorno telemanipulado. Las plataformas robóticas permiten movimientos articulados de alta precisión mediante instrumentos con múltiples grados de libertad, lo que mejora la destreza operatoria pero simultáneamente exige un aprendizaje motor diferente del observado en cirugía abierta o laparoscópica[13]. La navegación tridimensional constituye otra diferencia fundamental respecto de la laparoscopia, pues requiere el desarrollo de nuevas capacidades de procesamiento visuoespacial que algunos autores han comenzado a denominar "digital spatial awareness"[10].

La cirugía robótica introduce, además, el concepto de dominio de consola (*console mastery*), entendido como la capacidad de controlar simultáneamente la cámara, la energía, el instrumental y el campo operatorio desde una estación remota. La ergonomía robótica también representa un aspecto central: aunque las plataformas robóticas reducen la fatiga física y mejoran la postura operatoria en comparación con la laparoscopia convencional[11], esta ventaja requiere entrenamiento específico en posicionamiento, *docking*, conciencia espacial de los brazos robóticos y prevención de colisiones instrumentales.

La economía de movimiento representa además uno de los principales objetivos de los programas modernos de entrenamiento robótico. Las plataformas actuales permiten registrar métricas objetivas relacionadas con trayectorias instrumentales, eficiencia motora, movimientos innecesarios y tiempos operatorios, favoreciendo la transición hacia modelos de evaluación cuantitativa y entrenamiento basado en competencias objetivas[14]. Herramientas como GEARS, OSATS robótico y sistemas automatizados de análisis de movimiento permiten evaluar de forma reproducible la progresión técnica de los residentes[14,15](Tabla 1).

TABLA 1

Nuevas habilidades técnicas requeridas en cirugía robótica

Dominio	Habilidades principales	Implicancias educativas
Habilidades motoras	Coordinación bimanual avanzada, precisión gestual, economía de movimiento	Necesidad de simulación repetitiva y entrenamiento deliberado
Competencias visuoespaciales	Navegación tridimensional, percepción de profundidad, digital *spatial awareness*	Adaptación cognitiva a interfaces inmersivas
Interacción humano-máquina	Dominio de consola, telemanipulación, control remoto instrumental	Entrenamiento específico en plataformas robóticas
Ergonomía operatoria	Posicionamiento, *docking*, prevención de colisiones	Inclusión de módulos ergonómicos en currículos
Evaluación objetiva	*Motion tracking*, GEARS, métricas automatizadas	Transición hacia evaluación basada en competencias
Percepción tisular	Adaptación a pérdida parcial de *feedback* háptico	Desarrollo de entrenamiento visual compensatorio

Simulación robótica y nuevos modelos de entrenamiento quirúrgico

La simulación se ha convertido en uno de los pilares fundamentales de la formación contemporánea en cirugía robótica. A diferencia del paradigma tradicional basado predominantemente en el aprendizaje intraoperatorio progresivo, los currículos modernos de entrenamiento robótico buscan trasladar una parte significativa de la curva de aprendizaje fuera del paciente real, utilizando entornos simulados capaces de reproducir escenarios técnicos complejos en condiciones

controladas y seguras[11,14]. La simulación como pilar de la educación quirúrgica se desarrolla con mayor profundidad en el capítulo sobre simulación, y la aplicación específica de realidad virtual en residencias se aborda en el capítulo sobre realidad virtual.

La expansión de la cirugía robótica ha impulsado el desarrollo de múltiples modalidades de simulación, cada una orientada al entrenamiento de competencias específicas. Entre las herramientas más utilizadas se encuentran los simuladores de realidad virtual (*Virtual Reality Simulation*®), los *drylabs*, *wetlabs*, entrenamiento cadavérico, plataformas *dual-console* y programas intensivos tipo *robotic bootcamp* [14,16].

Los simuladores de realidad virtual representan actualmente una de las modalidades más difundidas dentro del entrenamiento robótico. Plataformas como *Da Vinci Skills Simulator*® o *SimNow*® permiten al residente practicar ejercicios progresivos relacionados con sutura, disección, transferencia de objetos y control de energía mediante métricas objetivas de desempeño[14,17]. Los modelos contemporáneos de entrenamiento comienzan progresivamente a incorporar principios de *Simulation-Based Mastery Learning* (SBML), modelo educativo de alta exigencia basado en simulación, donde el avance curricular depende del cumplimiento de objetivos predefinidos de competencia más que del simple tiempo de exposición[18].

Uno de los avances educativos más importantes de los últimos años ha sido la incorporación de plataformas *dual-console*. Estos sistemas permiten que instructor y residente operen simultáneamente desde consolas independientes, facilitando supervisión en tiempo real, transferencia progresiva de autonomía y *takeover* inmediato ante situaciones complejas[19,20]. En paralelo, los *robotic bootcamps* han emergido como estrategias intensivas de entrenamiento acelerado, combinando simulación virtual, *drylabs, wetlabs* y ejercicios supervisados durante períodos cortos pero altamente estructurados[21].

La integración de inteligencia artificial, análisis automatizado de movimiento y plataformas digitales de evaluación dentro de los sistemas de simulación robótica ha dado origen al concepto de *Surgical Data Science*, donde la adquisición y análisis masivo de datos quirúrgicos comienzan a transformar no solo la práctica operatoria, sino también los procesos de enseñanza y evaluación de residentes. La simulación robótica resulta así un requisito progresivamente indispensable para garantizar seguridad del paciente y adquisición eficiente de competencias(Tabla 2).

Deliberate practice *y* proficiency-based progression *en cirugía robótica*

La incorporación de la cirugía robótica dentro de los programas de residencia ha favorecido la transición hacia modelos educativos basados en competencias objetivas, práctica deliberada y evaluación cuantificable del desempeño técnico. A diferencia del paradigma quirúrgico tradicional sustentado predominantemente en exposición operatoria progresiva y aprendizaje artesanal, la cirugía robótica ofrece un entorno particularmente favorable para la implementación de estrategias educativas estructuradas basadas en deliberate practice y *proficiency-based progression* (PBP) (progresión basada en el dominio)[6,14].

El concepto de *deliberate practice* fue desarrollado inicialmente por K. Anders Ericsson, quien postuló que la adquisición de experticia (*expertise*) no depende únicamente de la experiencia acumulada, sino del entrenamiento repetitivo, estructurado, supervisado y orientado a objetivos específicos[6]. Este modelo se basa en cuatro componentes centrales: repetición deliberada, *feedback* inmediato, identificación sistemática de errores y progresión gradual hacia niveles superiores de desempeño. La cirugía robótica representa actualmente uno de los escenarios quirúrgicos donde estos principios pueden aplicarse con mayor precisión, gracias a la capacidad de las plataformas digitales para registrar métricas objetivas y reproducibles del rendimiento operatorio.

Las plataformas robóticas contemporáneas facilitan este enfoque al generar métricas automatizadas

■ TABLA 2

Modalidades contemporáneas de simulación en cirugía robótica

Modalidad	Objetivos principales	Ventajas educativas	Limitaciones
Virtual Reality Simulation	Coordinación psicomotora, sutura, manejo instrumental	Métricas objetivas, repetición ilimitada, entrenamiento seguro	Alto costo tecnológico
Dry Labs	Habilidades básicas, familiarización con consola	Práctica deliberada, accesibilidad	Baja fidelidad tisular
Wet Labs	Disección y manipulación tisular	Mayor realismo biológico	Costos elevados, limitaciones éticas
Cadaveric Training	Anatomía y procedimientos complejos	Alta fidelidad anatómica	Infraestructura limitada
Dual-console training	Supervisión y autonomía progresiva	Seguridad y *feedback* inmediato	Alto costo institucional
Robotic Bootcamps	Entrenamiento intensivo estructurado	Curva acelerada de aprendizaje	Requiere recursos especializados

relacionadas con economía de movimiento, precisión instrumental, trayectorias quirúrgicas, errores técnicos, tiempos operatorios y eficiencia motora[14]. Diversos estudios recientes han demostrado que los programas de entrenamiento robótico basados en PBP logran mejorar significativamente la adquisición de habilidades técnicas y acelerar la curva de aprendizaje operatoria. Rahimi y cols., en una revisión sistemática publicada en 2024, observaron que los currículos robóticos más eficaces integraban simulación estructurada, métricas objetivas y progresión basada en competencia demostrada más que en tiempo de exposición quirúrgica[14].

La integración de inteligencia artificial y *Surgical Data Science* probablemente profundice aún más esta transformación educativa en los próximos años. Las plataformas emergentes comienzan a incorporar sistemas automatizados capaces de analizar patrones de movimiento, identificar errores técnicos recurrentes y generar modelos predictivos de desempeño quirúrgico[22]. En este escenario, el entrenamiento quirúrgico evoluciona desde modelos predominantemente subjetivos hacia sistemas digitales de evaluación continua basados en datos cuantificables y algoritmos de análisis de *performance* (Tabla 3).

Evaluación objetiva del desempeño en cirugía robótica

La expansión de la cirugía robótica ha favorecido el desarrollo de nuevos sistemas de evaluación objetiva del desempeño quirúrgico, transformando profundamente la manera en que se valoran las competencias técnicas de los residentes. A diferencia de los modelos tradicionales de enseñanza quirúrgica, donde la evaluación dependía predominantemente de la observación subjetiva del instructor, las plataformas robóticas actuales permiten registrar y analizar múltiples variables cuantificables relacionadas con el rendimiento operatorio[23,24].

Uno de los instrumentos más ampliamente utilizados es GEARS (*Global Evaluative Assessment of Robotic Skills*), desarrollado como una adaptación específica de las escalas globales de evaluación quirúrgica al entorno robótico[23]. GEARS evalúa dominios técnicos fundamentales como percepción de profundidad, coordinación bimanual, eficiencia, sensibilidad de fuerza, autonomía y control robótico. Paralelamente, múltiples programas han incorporado versiones adaptadas de OSATS (*Objective Structured Assessment of Technical Skills*) al entrenamiento robótico. Revisiones recientes sugieren que la combinación de escalas globales subjetivas con métricas objetivas automatizadas ofrece mejores resultados educativos y mayor precisión evaluativa que cualquiera de las modalidades utilizadas aisladamente[25,26]; el marco general de herramientas de evaluación basada en competencias se desarrolla en el capítulo sobre evaluación.

La incorporación de inteligencia artificial (*AI-based assessment*) representa probablemente el desarrollo más innovador dentro de la evaluación quirúrgica contemporánea. Diversos grupos de investigación comenzaron a desarrollar modelos de *machine learning* y *computer vision* capaces de analizar automáticamente videos quirúrgicos, trayectorias instrumentales y patrones de movimiento para estimar niveles de habilidad técnica[22,27,28]. Algunos trabajos recientes demostraron que los modelos de inteligencia artificial pueden alcanzar niveles de precisión comparables a evaluadores humanos expertos en determinadas tareas de simulación robótica[27]. Persisten, no obstante, desafíos metodológicos y éticos relacionados con la validación externa, la privacidad de los datos quirúrgicos, la transparencia de los algoritmos y el posible reemplazo parcial de la evaluación docente tradicional por sistemas automatizados(Tabla 4).

TABLA 3

Principios del entrenamiento basado en *deliberate practice* y *proficiency-based progression* en cirugía robótica

Principio educativo	Aplicación en cirugía robótica	Impacto formativo
Repetición deliberada	Simulación repetitiva de tareas técnicas	Consolidación psicomotora
Feedback inmediato	Métricas automatizadas y evaluación en tiempo real	Corrección temprana de errores
Objetivos cuantificables	*Benchmarks* y *proficiency targets*	Evaluación objetiva
Progression basada en competencia	Avance curricular según desempeño	Mayor seguridad operatoria
Economía de movimiento	*Motion analysis* y eficiencia instrumental	Optimización técnica
Simulation-Based Mastery Learning	Entrenamiento hasta competencia demostrada	Estandarización educativa
Surgical Data Science	Análisis automatizado de performance	Evaluación digital continua

TABLA 4

Herramientas contemporáneas de evaluación objetiva en cirugía robótica

Herramienta	Características principales	Aplicación educativa
GEARS	Escala global específica para cirugía robótica	Evaluación técnica estructurada
OSATS adaptado	Evaluación global + *checklist* procedimental	Validación de competencias
Motion tracking	Análisis cinemático instrumental	Economía de movimiento y precisión
Error analysis	Identificación estructurada de errores técnicos	Prevención y *feedback* educativo
AI-based assessment	*Machine learning* y *computer vision*	Evaluación automatizada
Surgical Data Science	Integración de datos quirúrgicos y analítica avanzada	Entrenamiento personalizado

Integración curricular progresiva en las residencias de Cirugía General

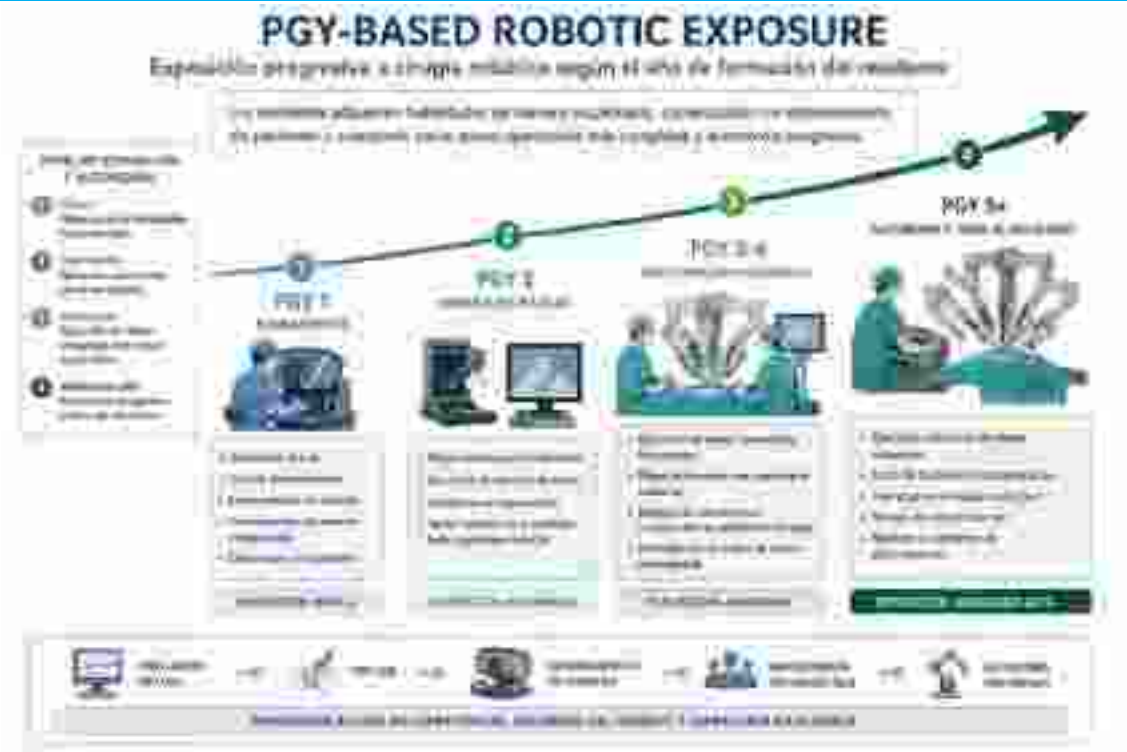
La incorporación de la cirugía robótica dentro de los programas de residencia ha generado la necesidad de rediseñar progresivamente los currículos tradicionales de formación quirúrgica. A diferencia de la cirugía abierta convencional, donde el aprendizaje históricamente se desarrollaba mediante exposición operatoria gradual relativamente no estructurada, la cirugía robótica requiere trayectorias educativas específicas, estandarizadas y basadas en competencias objetivas [14,29].

Uno de los conceptos más relevantes dentro de este nuevo paradigma es el denominado *PGY-based robotic exposure* (Fig. 1), que hace referencia a la exposición progresiva a cirugía robótica según el año de formación del residente (*Postgraduate Year, PGY*). Bajo este modelo, los residentes en los primeros años de formación (PGY iniciales) comienzan adquiriendo habilidades básicas mediante simulación virtual, *drylabs* y entrenamiento de consola, mientras que los residentes avanzados participan progresivamente en tareas operatorias de mayor complejidad y autonomía[29]. Esta exposición temprana refleja el creciente reconocimiento de la cirugía robótica como componente estructural –y no simplemente complementario– de la formación quirúrgica moderna[29,30] (véase Fig. 1).

La educación robótica contemporánea ha comenzado a adoptar modelos curriculares basados en *milestones* y *competency-based medical education* (CBME). Dentro de este marco, las Actividades Profesionales Confiables (EPAs, por sus siglas en inglés) constituyen unidades funcionales del ejercicio profesional que pueden delegarse al residente cuando demuestra competencia suficiente para ejecutarlas con autonomía supervisada; este constructo articula evaluación, supervisión y autonomía progresiva, y resulta particularmente aplicable a la formación robótica, donde la confianza otorgada al residente debe sustentarse en evidencia objetiva de desempeño. Los *milestones* representan objetivos progresivos de desempeño que permiten evaluar el avance del residente mediante competencias específicas observables y cuantificables[30]. En cirugía robótica, estos milestones pueden incluir desde habilidades básicas de consola y coordinación visuoespacial hasta disección avanzada, sutura intracorpórea y autonomía operatoria supervisada. Esta filosofía se encuentra estrechamente vinculada con los principios de *proficiency-based progression* y *simulation-based mastery learning*.

Otro componente fundamental es el desarrollo de programas formales de *credentialing* robótico. Actualmente, múltiples instituciones internacionales exigen el cumplimiento de requisitos específicos antes de permitir la participación autónoma en cirugía

■ FIGURA 1



Exposición progresiva a cirugía robótica según el año de formación del residente (*PGY-based robotic exposure*). Adaptada de los modelos curriculares estructurados de cirugía robótica en residencias de Cirugía General[29].

robótica, incluyendo entrenamiento en simuladores, módulos teóricos, evaluación objetiva de habilidades, participación supervisada en procedimientos y validación final de competencia técnica[11,31]. La incorporación de *dual-console training* ha permitido además redefinir parcialmente el concepto tradicional de autonomía quirúrgica, favoreciendo nuevas estrategias pedagógicas basadas en autonomía progresiva supervisada (Fig. 2 y Tabla 5).

Entrenamiento fuera del quirófano: desplazamiento del aprendizaje inicial fuera del paciente real

Uno de los cambios más trascendentes introducidos por la cirugía mínimamente invasiva y profundizado posteriormente por la cirugía robótica es el desplazamiento progresivo de la adquisición inicial de habilidades técnicas fuera del paciente real. El modelo halstediano clásico asumía que gran parte de la adquisición de destrezas ocurría durante la práctica clínica asistencial, bajo supervisión escalonada del cirujano instructor. La creciente complejidad tecnológica de la

■ TABLA 5

Componentes de la integración curricular progresiva en cirugía robótica

Componente curricular	Objetivo educativo	Aplicación práctica
PGY-based robotic exposure	Exposición progresiva según año de residencia	Incremento gradual de complejidad operatoria
Milestones	Evaluación por competencias observables	Progresión basada en desempeño
Credentialing robótico	Certificación formal de habilidades	Seguridad operatoria y estandarización
Robotic curriculum	Trayectoria educativa estructurada	Integración longitudinal del entrenamiento
Simulation-based training	Entrenamiento fuera del paciente real	Reducción de curva de aprendizaje
Dual-console training	Supervisión y autonomía progresiva	*Feedback* inmediato y seguridad

■ FIGURA 2



Esquema didáctico de una plataforma *dual-console* en cirugía robótica. Las dos consolas independientes permiten que instructor y residente operen simultáneamente, con control compartido y posibilidad de *swap/takeover* en tiempo real.

laparoscopia y, después, de la cirugía robótica evidenció, en cambio, importantes limitaciones de este paradigma, particularmente en términos de seguridad del paciente, eficiencia operatoria y control de la curva de aprendizaje[2,32].

Actualmente, la mayoría de los currículos contemporáneos de cirugía robótica consideran que el contacto inicial del residente con la plataforma debe ocurrir fuera del quirófano mediante simulación estructurada y entrenamiento progresivo en ambientes controlados[14]. Este modelo busca disminuir la exposición temprana del paciente real a operadores en fases iniciales de aprendizaje, favoreciendo simultáneamente un proceso educativo más seguro, reproducible y cuantificable[11,14,18,33].

Este desplazamiento se vincula estrechamente con los principios contemporáneos de *patient safety* y *competency-based medical education*. La simulación quirúrgica reduce el impacto negativo de las curvas de aprendizaje iniciales sobre resultados clínicos y complicaciones operatorias[32,34], pero no reemplaza completamente la experiencia operatoria real: la integración de competencias no técnicas, toma de decisiones intraoperatorias, manejo del estrés quirúrgico y adaptación a escenarios clínicos complejos continúa requiriendo experiencia directa en quirófano[34]. En consecuencia, los modelos educativos contemporáneos buscan integrar simulación y práctica clínica supervisada dentro de currículos híbridos progresivos.

Autonomía del residente en cirugía robótica: participación real y tensión entre eficiencia y enseñanza

Uno de los debates más importantes surgidos con la expansión de la cirugía robótica dentro de las residencias se relaciona con el grado real de autonomía operatoria que adquieren los residentes durante su formación. El concepto de *console time* ha adquirido creciente relevancia dentro de la literatura educativa contemporánea, haciendo referencia al tiempo efectivo que el residente pasa operando activamente desde la consola robótica durante un procedimiento quirúrgico. Diversos estudios recientes demostraron que existe una importante variabilidad entre programas con respecto al acceso real de los residentes a participación robótica activa, incluso dentro de instituciones académicas de alto volumen[35,36].

Esta problemática se vincula directamente con la tensión permanente entre eficiencia operatoria y objetivos educativos. La cirugía robótica representa una tecnología costosa, con tiempos quirúrgicos frecuentemente monitorizados y fuerte presión institucional relacionada con productividad y utilización eficiente de recursos[37]. En consecuencia, muchos cirujanos *staff* priorizan eficiencia técnica y reducción de tiempo operatorio por sobre participación prolongada del residente en consola. Esto genera una paradoja educativa: aunque la cirugía robótica ofrece herramientas tecnológicas ideales para entrenamiento estructurado, simultáneamente puede limitar la autonomía real del residente.

La introducción de plataformas *dual-console* ha intentado parcialmente resolver este problema, permitiendo que instructor y residente operen simultáneamente desde consolas independientes y facilitando transferencia progresiva de autonomía, supervisión continua y *takeover* inmediato[19]. Este fenómeno ha dado origen al concepto de *supervised graduated autonomy*, ampliamente discutido en currículos contemporáneos. Persisten, con todo, interrogantes sobre si la cirugía robótica realmente facilita una autonomía progresiva o si, por el contrario, favorece modelos operatorios más centralizados y dependientes del experto[36,38].

Desde una perspectiva ética, la tensión entre autonomía educativa y seguridad del paciente constituye uno de los principales desafíos contemporáneos de la formación robótica. Los programas de residencia deben equilibrar simultáneamente la necesidad de entrenamiento progresivo, la eficiencia operatoria, la seguridad asistencial, los costos institucionales y el desarrollo de independencia quirúrgica. En este escenario, la simulación, el *proficiency-based progression* y las métricas objetivas de desempeño adquieren un papel fundamental, al permitir disminuir parte de la curva de aprendizaje antes del contacto operatorio real[39](Tabla 6).

■ TABLA 6

Factores que influyen sobre la autonomía del residente en cirugía robótica

Factor	Impacto sobre autonomía	Implicancias educativas
Console time limitado	Menor exposición operatoria	Curvas de aprendizaje prolongadas
Presión por eficiencia	Reducción de participación activa	Conflicto educación-productividad
Dual-console training	Mayor supervisión progresiva	Seguridad y autonomía gradual
Experiencia del *staff*	Mayor capacidad docente	Mejor integración curricular
Simulation-based training	Reducción de curva inicial	Mayor preparación preoperatoria
Credentialing progresivo	Avance según competencia	Estandarización educativa
AI-based assessment	Evaluación objetiva de autonomía	Nuevos modelos de supervisión

Papel del mentor quirúrgico en la era robótica: supervisión, coaching *y* video-based feedback

La expansión de la cirugía robótica ha modificado la adquisición de habilidades técnicas y la estructura curricular de las residencias, y también el papel tradicional del mentor quirúrgico. Históricamente, la enseñanza operatoria se desarrollaba mediante supervisión presencial directa dentro del campo quirúrgico, donde el instructor guiaba progresivamente al residente a través de observación, corrección verbal inmediata y demostración técnica manual. La cirugía robótica ha transformado profundamente esta dinámica educativa al introducir un entorno operatorio mediado digitalmente, donde la interacción de docente y aprendiz ocurre a través de consolas, plataformas visuales y sistemas de registro audiovisual[16,40].

Uno de los cambios más importantes es la transición desde modelos tradicionales de supervisión reactiva hacia estrategias educativas más estructuradas basadas en *coaching* quirúrgico. En este contexto, el mentor deja de actuar exclusivamente como supervisor técnico intraoperatorio y comienza a desempeñar un papel más cercano al de entrenador, orientado a optimizar progresivamente el rendimiento del residente mediante *feedback* sistemático, análisis de desempeño y acompañamiento longitudinal[40].

La cirugía robótica facilita particularmente esta transformación debido a la capacidad de registrar digitalmente la totalidad del procedimiento quirúrgico. Esto ha favorecido el desarrollo de *Video-Based Coaching* (VBC), estrategia que consiste en la grabación sistemática de procedimientos quirúrgicos seguida de revisión estructurada entre mentor y residente, utilizando herramientas objetivas de análisis técnico y discusión reflexiva del desempeño operatorio[41]. Diversos estudios recientes demostraron que el VBC mejora significativamente habilidades técnicas, precisión operatoria y retención de competencias quirúrgicas en comparación con modelos tradicionales de *feedback* exclusivamente intraoperatorio[41-43](Tabla 7).

■ TABLA 7

Transformación del papel del mentor quirúrgico en cirugía robótica

Modelo tradicional	Modelo robótico contemporáneo
Supervisión intraoperatoria directa	Supervisión mediada digitalmente
Feedback verbal inmediato	*Feedback* estructurado y longitudinal
Enseñanza basada en observación	*Coaching* basado en desempeño
Corrección intraoperatoria puntual	*Video-review* y análisis retrospectivo
Evaluación subjetiva	Métricas objetivas y *video-analytics*
Aprendizaje exclusivamente en quirófano	Entrenamiento híbrido intraoperatorio y extraoperatorio
Mentor como supervisor técnico	Mentor como coach quirúrgico

Implicancias éticas

La incorporación progresiva de la cirugía robótica en los programas de residencia de Cirugía General ha generado importantes transformaciones técnicas y educativas, pero también ha abierto un amplio debate ético sobre la formación de los futuros cirujanos en entornos crecientemente mediados por tecnología. La expansión de las plataformas robóticas modifica la manera en que se realizan los procedimientos quirúrgicos y, con ellos, las formas de enseñanza, supervisión, adquisición de habilidades y la relación entre el residente, el paciente y el sistema de salud.

Los principales dilemas éticos identificados en este escenario incluyen: la seguridad del paciente durante la curva de aprendizaje; el impacto de la robótica sobre la autonomía progresiva del residente; la desigualdad en el acceso a tecnología como problema de justicia distributiva; la transformación de la identidad profesional del cirujano ante la creciente digitalización del acto quirúrgico; y los nuevos desafíos relacionados con responsabilidad profesional, toma de decisiones automatizada y evaluación objetiva del desempeño. Estos aspectos se desarrollan en detalle en las subsecciones siguientes[44].

Seguridad del paciente y curva de aprendizaje en la formación robótica

La seguridad del paciente constituye uno de los principales ejes éticos vinculados a la incorporación de la cirugía robótica dentro de los programas de residencia. La introducción de nuevas tecnologías quirúrgicas históricamente se ha acompañado de períodos iniciales de curva de aprendizaje, durante los cuales pueden incrementarse tiempos operatorios, errores técnicos y complicaciones perioperatorias[2,32]. En este contexto, la expansión de la cirugía robótica ha reabierto un debate ético fundamental: ¿Es éticamente aceptable que los residentes adquieran habilidades robóticas directamente sobre pacientes reales durante etapas iniciales de aprendizaje? (los marcos contemporáneos de seguridad del paciente, gestión de eventos adversos y cultura de seguridad quirúrgica se desarrollan en el capítulo sobre seguridad del paciente).

Diversos autores sostienen que permitir que operadores en etapas tempranas de entrenamiento realicen procedimientos robóticos complejos sin preparación previa suficiente podría entrar en conflicto con principios fundamentales de beneficencia y no maleficencia médica[2,34]. En este escenario, la simulación

quirúrgica ha adquirido una relevancia ética además de educativa, ya que permite trasladar parte sustancial de la curva de aprendizaje fuera del paciente real[14]. Algunas instituciones internacionales ya incorporan procesos formales de *credentialing* y *simulation-based mastery learning* como requisito previo para acceso a consola operatoria[11].

El consentimiento informado representa otro aspecto particularmente complejo. Algunos trabajos sugieren que los pacientes frecuentemente desconocen el grado real de participación de residentes durante procedimientos robóticos, particularmente debido a la percepción pública de que la cirugía robótica es realizada predominantemente por el "robot" más que por el cirujano[37]. La supervisión quirúrgica, fortalecida por los sistemas *dual-console*, constituye también un componente central[19].

Más allá de los aspectos vinculados con consentimiento informado y supervisión, la curva de aprendizaje constituye uno de los principales desafíos asociados a la incorporación de nuevas tecnologías quirúrgicas y representa uno de los temas éticos más relevantes dentro de la formación robótica contemporánea. Múltiples estudios evidenciaron que las etapas iniciales de adopción tecnológica pueden asociarse a aumento de tiempos quirúrgicos, variabilidad técnica y mayor riesgo de eventos adversos durante el proceso de aprendizaje[45,46].

La prolongación operatoria inicial suele disminuir progresivamente con la experiencia acumulada, pero persiste preocupación por sus potenciales implicancias sobre anestesia prolongada y utilización de recursos hospitalarios; diversos autores describieron además asociaciones entre fases tempranas de aprendizaje y mayor riesgo de complicaciones intraoperatorias[46].

Surge entonces una pregunta fundamental desde una perspectiva ética: ¿Quién asume el riesgo asociado al aprendizaje de nuevas tecnologías quirúrgicas? El desarrollo de nuevas generaciones de cirujanos robóticos resulta indispensable para la evolución de la práctica quirúrgica; sin embargo, este proceso no puede desligarse de la obligación ética de minimizar riesgos evitables para los pacientes[37].

La formación robótica debería sustentarse sobre principios de *simulation-first training*, *competency-based progression* (progresión basada en competencias), supervisión estructurada, evaluación objetiva y *credentialing* (certificación) progresivo, con el objetivo de reducir al mínimo posible la transferencia de riesgo educativo hacia el paciente real durante etapas iniciales de aprendizaje. Probablemente, la integración futura de inteligencia artificial y *Surgical Data Science* permita además monitorizar desempeño técnico y riesgo operatorio en tiempo real, identificando tempranamente patrones asociados a inexperiencia o deterioro técnico[22].

Justicia distributiva y desigualdad en el acceso a la formación robótica

La expansión de la cirugía robótica ha introducido importantes interrogantes relacionados con justicia distributiva, acceso equitativo a la formación quirúrgica y distribución de recursos tecnológicos dentro de los sistemas de salud contemporáneos. El elevado costo económico de las plataformas robóticas –que incluye adquisición de consola, instrumental específico, mantenimiento técnico, licencias de *software*, simuladores, infraestructura quirúrgica y entrenamiento especializado del personal[47]– ha generado una distribución marcadamente desigual tanto de la tecnología como de las oportunidades educativas asociadas a ella.

Desde la perspectiva de la formación quirúrgica, esta situación produce una distribución desigual de oportunidades de entrenamiento entre residentes pertenecientes a diferentes programas e instituciones. Mientras algunos centros cuentan con currículos robóticos estructurados, simulación avanzada y acceso progresivo a consola operatoria, otros programas continúan sin disponibilidad significativa de entrenamiento robótico formal[29]. El problema adquiere particular relevancia en países de ingresos medios y sistemas sanitarios fragmentados. En la Argentina y gran parte de Latinoamérica, el acceso a cirugía robótica continúa limitado a un número reducido de centros privados y hospitales universitarios de alta complejidad[48], reproduciendo desigualdades estructurales preexistentes dentro de los sistemas de salud regionales.

Desde una perspectiva bioética, estos problemas pueden analizarse mediante el principio de justicia distributiva, entendido como la distribución equitativa de recursos sanitarios y oportunidades formativas dentro de la sociedad. En respuesta a estos problemas, diversos programas comenzaron a explorar modelos colaborativos de formación robótica, incluyendo simulación compartida, entrenamiento regionalizado, *telementoring*, currículos interinstitucionales y plataformas remotas de educación quirúrgica[14]. La telesimulación y el entrenamiento digital podrían eventualmente disminuir algunas barreras geográficas y económicas asociadas a la formación robótica, aunque persisten limitaciones relacionadas con infraestructura tecnológica y conectividad (Tabla 8).

Dependencia tecnológica e inteligencia artificial en la formación robótica

Otro aspecto particularmente relevante es el riesgo de sobreespecialización tecnológica. Algunos autores advierten que los residentes altamente entrenados en plataformas robóticas podrían desarrollar de-

■ **TABLA 8**

Problemas de justicia distributiva asociados a cirugía robótica

Problema	Consecuencia educativa	Impacto ético
Alto costo de plataformas	Acceso restringido a entrenamiento	Desigualdad formativa
Concentración tecnológica	Centralización en pocos centros	Inequidad regional
Brecha público-privada	Diferencias curriculares	Exclusión tecnológica
Acceso desigual a simulación	Variabilidad en competencias	Disparidad educativa
Concentración académica	Producción científica desigual	Asimetría institucional
Limitaciones presupuestarias	Menor exposición operatoria	Restricción de oportunidades
Dependencia tecnológica	Brecha entre países y regiones	Inequidad global

pendencia excesiva de determinados sistemas tecnológicos, dificultando su adaptación posterior a entornos con recursos limitados[37]. En este contexto surge una pregunta central: ¿Qué ocurre cuando un residente entrenado predominantemente en cirugía robótica debe enfrentarse a escenarios clínicos donde la tecnología no se encuentra disponible? Desde esta perspectiva, la cirugía robótica debería complementar –y no reemplazar completamente– la formación en habilidades abiertas y laparoscópicas fundamentales.

En los últimos años ha comenzado a discutirse la necesidad de desarrollar "resiliencia tecnológica" dentro de la formación quirúrgica, concepto que hace referencia a la capacidad del cirujano para mantener seguridad operatoria y adaptabilidad técnica incluso frente a fallas de equipamiento, limitaciones de recursos o necesidad de conversión intraoperatoria[49]. Probablemente, el futuro de la educación quirúrgica requiera encontrar un equilibrio entre innovación tecnológica y preservación de competencias fundamentales tradicionales, evitando generar dependencia excesiva de plataformas específicas.

Como ya se expresó anteriormente, uno de los desarrollos más importantes en este campo es la aplicación de *machine learning* (aprendizaje automático) para evaluación técnica operatoria. Diversos grupos de investigación comenzaron a desarrollar algoritmos capaces de analizar trayectorias instrumentales, economía de movimiento, patrones de sutura y videos quirúrgicos completos para estimar niveles de habilidad técnica de manera automatizada[27]. En los últimos años, múltiples estudios demostraron que determinados algoritmos de inteligencia artificial pueden alcanzar niveles de precisión comparables a evaluadores humanos expertos en tareas específicas de simulación y cirugía robótica[27,50].

Uno de los desarrollos más novedosos es el concepto de AI *coaching*, entendido como la posibilidad de proporcionar *feedback* automatizado durante entrenamiento robótico mediante análisis en tiempo real de movimientos instrumentales y desempeño técnico[50]. La incorporación de inteligencia artificial dentro de la educación quirúrgica genera, además, importantes desafíos éticos: transparencia algorítmica, responsabilidad profesional, privacidad de los datos quirúrgicos, sesgos algorítmicos y una potencial dependencia excesiva de los sistemas automatizados [49,51](Tabla 9).

Responsabilidad profesional en la era de la cirugía robótica y la inteligencia artificial

La incorporación progresiva de inteligencia artificial, automatización y sistemas inteligentes de asistencia quirúrgica ha generado uno de los debates éticos y jurídicos más complejos de la cirugía contemporánea: la redefinición de la responsabilidad profesional dentro del quirófano digitalizado. A medida que las plataformas robóticas comienzan a integrar algoritmos de *machine learning*, sistemas de a*utonomous assistance* (asistencia autónoma) y herramientas automatizadas de soporte intraoperatorio, surge una pregunta central: Si una decisión quirúrgica es influenciada parcial o totalmente por sistemas automatizados, ¿dónde reside la responsabilidad profesional final?[49,51].

Actualmente, la mayoría de las plataformas robóticas continúan funcionando bajo modelos de control humano directo (*human-in-the-loop*), donde el cirujano mantiene supervisión y control final sobre cada movimiento instrumental. El desarrollo reciente de sistemas de *autonomous assistance* ya permite automatizar parcialmente determinadas funciones intraoperatorias, incluyendo control de cámara, estabilización instrumental, reconocimiento anatómico, guía visual y asistencia técnica durante sutura o disección[52]. Esto plantea interrogantes inéditos sobre distribución de responsabilidad frente a errores o eventos adversos[53].

Uno de los principales problemas es la llamada *automation bias*, fenómeno por el cual los operadores humanos tienden a confiar excesivamente en recomendaciones automatizadas incluso cuando estas son incorrectas[54]. En cirugía robótica, este riesgo adquiere especial relevancia debido al creciente desarrollo de plataformas de asistencia intraoperatoria basadas en inteligencia artificial. Persiste además el denominado

■ TABLA 9

Dependencia tecnológica e inteligencia artificial en cirugía robótica

Problema	Consecuencia potencial	Implicancia educativa
Reducción de exposición a cirugía abierta	Pérdida de habilidades tradicionales	Currículos desequilibrados
Dependencia de plataformas robóticas	Dificultad de adaptación a otros contextos	Sobreespecialización tecnológica
Pérdida parcial de *feedback* háptico	Menor percepción tisular	Cambios en aprendizaje manual
Automatización creciente	Reducción de toma de decisiones manuales	Dependencia cognitiva
Concentración tecnológica	Limitación de práctica fuera de centros especializados	Inequidad formativa
Fallas técnicas o limitaciones de recursos	Conversión intraoperatoria compleja	Necesidad de resiliencia técnica
Menor entrenamiento laparoscópico convencional	Dificultades de transferencia de habilidades	Formación incompleta
Machine learning	Análisis de desempeño técnico	Evaluación objetiva automatizada
Computervision	Reconocimiento de gestos quirúrgicos	*Feedback* técnico en tiempo real
Surgical Data Science	Integración y análisis de datos operatorios	Currículos adaptativos
Automated assessment	Evaluación automática de habilidades	Estandarización educativa
AI coaching	*Feedback* personalizado automatizado	Entrenamiento individualizado
Autonomous assistance	Control de cámara y asistencia técnica	Modificación del papel operatorio
Predictive analytics	Predicción de errores y complicaciones	Seguridad operatoria y aprendizaje preventivo

black box effect: muchos algoritmos modernos de *deep learning* (aprendizaje profundo) generan resultados altamente precisos pero difíciles de interpretar incluso para expertos en inteligencia artificial, lo que plantea importantes interrogantes con respecto a autonomía profesional y transparencia de la toma de decisiones médicas[55].

A pesar de estos desafíos, diversos autores sostienen que la inteligencia artificial no debería entenderse como reemplazo del cirujano, sino como herramienta complementaria destinada a potenciar seguridad, precisión y capacidad analítica operatoria[49,52]. Probablemente, el futuro inmediato evolucione hacia modelos de *human-centered AI*, donde los sistemas inteligentes funcionen como soporte dinámico de decisión manteniendo supervisión humana permanente[22](Tabla 10).

■ TABLA 10

Desafíos éticos y jurídicos de la responsabilidad profesional en cirugía robótica

Problema	Riesgo potencial	Implicancia ética
Recomendaciones algorítmicas intraoperatorias	Dependencia excesiva de IA	Pérdida de autonomía crítica
Automationbias	Confianza inapropiada en sistemas automáticos	Riesgo de errores no cuestionados
Shared accountability	Dificultad para atribuir responsabilidad	Ambigüedad jurídica
Black box algorithms	Falta de transparencia decisional	Problemas de explicabilidad
Autonomous assistance	Intervención automatizada parcial	Redefinición del papel del cirujano
AI-based assessment	Dependencia de evaluación automatizada	Riesgo de sesgos algorítmicos
Consentimiento informado tecnológico	Comprensión limitada del paciente	Autonomía incompleta

Escenario futuro: hacia el concepto de digital surgeon

La cirugía robótica contemporánea representa probablemente solo una etapa inicial dentro de una transformación tecnológica mucho más profunda de la práctica quirúrgica. La integración progresiva de inteligencia artificial, análisis masivo de datos, automatización, realidad aumentada y conectividad digital está modificando simultáneamente la manera en que los cirujanos operan, aprenden, toman decisiones y se relacionan con la tecnología dentro del quirófano. En este contexto, múltiples autores comenzaron a utilizar el concepto de *digital surgeon* para describir al cirujano del futuro: un profesional que ya no será únicamente un operador técnico manual, sino también un usuario avanzado de inteligencia artificial, gestor de datos clínicos e integrador de ecosistemas tecnológicos complejos[22,56]. Uno de los desarrollos más relevantes será probablemente la consolidación de la *AI-assisted surgery* (cirugía asistida por IA). Las plataformas quirúrgicas contemporáneas ya incorporan algoritmos capaces de analizar imágenes operatorias, reconocer estructuras anatómicas y asistir determinadas tareas intraoperatorias básicas[49]. Los sistemas futuros podrían integrar inteligencia artificial avanzada capaz de proporcionar guía dinámica, predicción de complicaciones, asistencia cognitiva y soporte de decisiones intraoperatorias en tiempo real.

Otro desarrollo con enorme potencial transformador es la *telesurgery*. El avance de conectividad de alta velocidad, redes 5G y plataformas robóticas más sofisticadas podría reactivar significativamente el interés por procedimientos quirúrgicos realizados a distancia[57]. Relacionado con esto, el *telementoring* (tutoría

remota) emerge como una de las aplicaciones más prometedoras de la cirugía digital para educación quirúrgica, facilitando supervisión remota en tiempo real y guía operatoria a distancia[58]. Esto podría facilitar el acceso más equitativo a entrenamiento especializado y reducir parcialmente desigualdades formativas entre diferentes instituciones y regiones (Fig. 3).

La realidad aumentada y los *digital twins* constituyen otros componentes centrales del quirófano del futuro. Los *digital twins* son modelos virtuales dinámicos y personalizados del paciente construidos mediante integración de imágenes, datos clínicos y simulación computacional[59], que podrían permitir planificar procedimientos, simular escenarios intraoperatorios y predecir riesgos quirúrgicos antes de la cirugía real. El desarrollo de *predictive analytics* (análisis predictivo), mediante integración de *machine learning* y análisis masivo de datos clínicos, permitiría asimismo adaptar estrategias quirúrgicas y educativas de manera mucho más precisa y personalizada[49,59,60].

Más allá de las habilidades técnicas tradicionales, el perfil del cirujano emergente exigirá competencias específicas en interpretación de información digital, supervisión crítica de sistemas automatizados, gestión de ecosistemas tecnológicos integrados y comprensión funcional de los algoritmos que asisten la toma de decisiones intraoperatorias[22]. Diversos autores advierten que la incorporación masiva de tecnologías digitales también podría generar riesgos: dependencia tecnológica, pérdida de habilidades tradicionales y deshumanización progresiva del acto médico[51].

Conclusión

La expansión de la cirugía robótica representa mucho más que la incorporación de una nueva herramienta tecnológica: está produciendo una transformación estructural en la manera de concebir la formación del cirujano general. A diferencia de cambios previos, modifica simultáneamente la adquisición de habilidades, la supervisión docente, la evaluación del desempeño y la relación entre residente, paciente y tecnología. Sus ventajas educativas son significativas –entornos de entrenamiento reproducibles y seguros, práctica deliberada con retroalimentación estructurada y sistemas de evaluación más objetivos–, acercando la formación quirúrgica a modelos de educación basada en datos, con indicadores cuantificables de progresión.

No obstante, este escenario introduce desafíos complejos: garantizar la seguridad del paciente durante la curva de aprendizaje, equilibrar eficiencia quirúrgica y autonomía progresiva del residente, evitar la de-

■ FIGURA 3



Esquema de un procedimiento de telecirugía robótica. El cirujano opera desde una consola remota y los comandos se transmiten a través de una red de alta velocidad (5G) hacia el sistema robótico ubicado junto al paciente, posibilitando la cirugía y el telementoring a distancia. Ilustración original

pendencia tecnológica y atender las desigualdades en el acceso a estas plataformas, especialmente en países de ingresos medios como los de América Latina, donde se corre el riesgo de profundizar brechas formativas. En definitiva, el verdadero desafío para las residencias de Cirugía General no radica en incorporar tecnología, sino en lograr una integración pedagógica y ética adecuada dentro de programas centrados en el paciente, la equidad y el desarrollo integral del futuro cirujano. El éxito de esta transición dependerá de la capacidad de las instituciones para equilibrar innovación, excelencia educativa y responsabilidad ética.

Referencias bibliográficas

1. Halsted WS. The training of the surgeon. Bull Johns Hopkins Hosp. 1904;15:267-75.
2. Satava RM. Surgical education and surgical simulation. World J Surg. 2001;25(11):1484-9.
3. Seymour NE, Gallagher AG, Roman SA, et al. Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study. Ann Surg. 2002;236(4):458-64.
4. Aggarwal R, Mytton OT, Derbrew M, et al. Training and simulation for patient safety. Qual Saf Health Care. 2010;19(Suppl 2):i34-i43.
5. Stefanidis D, Korndorffer JR Jr, Sierra R, et al. Skill retention following proficiency-based laparoscopic simulator training. Surgery. 2005;138(2):165-70.
6. Ericsson KA. Deliberate practice and acquisition of expert performance: a general overview. Acad Emerg Med. 2008;15(11):988-94.
7. Peters JH, Fried GM, Swanstrom LL, et al. Development and validation of a comprehensive program of education and assessment of the basic fundamentals of laparoscopic surgery. Surgery. 2004;135(1):21-7.
8. Fried GM, Feldman LS, Vassiliou MC, et al. Proving the value of simulation in laparoscopic surgery. Ann Surg. 2004;240(3):518-28.
9. Hospital Italiano de Buenos Aires. Programa de Residencia en Cirugía General. Buenos Aires: Hospital Italiano; 2024.
10. Keelan S, McConkey S, McCarthy A, et al. Surgeon training in the era of computer-enhanced surgery. J Clin Med. 2025;14(3):21.
11. Kieslich AK, Madani A, Pucher PH, et al. Expert consensus on best content of a robotic surgical curriculum. Surg Endosc. 2025;39:412-25.
12. Bergholz M, Zheng M, Liu X, et al. The benefits of haptic feedback in robot-assisted surgery and their moderators: a meta-analysis. Sci Rep. 2023;13:19089.
13. Lanfranco AR, Castellanos AE, Desai JP, Meyers WC. Robotic surgery: a current perspective. Ann Surg. 2004;239(1):14-21.
14. Rahimi AM, Uluç E, Hardon SF, et al. Training in robotic-assisted surgery: a systematic review. Surg Endosc. 2024;38(7):3547-55.
15. Laga Boul-Atarass I, Pérez-Salazar MJ, Antonijoan-Arbós RM, et al. Role of haptic feedback technologies and novel simulators in robotic surgery training. Front Robot AI. 2025;12:1542789.
16. Satava RM. Emerging trends that herald the future of surgical simulation. Surg Clin North Am. 2010;90(3):623-33.
17. Bric JD, Lumbard DC, Frelich MJ, Gould JC. Current state of virtual reality simulation in robotic surgery training: a review. Surg Endosc. 2016;30(6):2169-78.
18. Guzzetta AA, Scott DJ, Sankaranarayanan G, et al. Comparative effectiveness of two simulation-based mastery learning robotic curricula. Surg Endosc. 2025;39:1845-58.
19. Rahul R, Kumar P, Davey MG, et al. Overview of dual console robotic training for surgical residents. J Robot Surg. 2026;20:18.
20. Cristofari H, Jaffé D, Toso C, et al. Teaching and learning robotic surgery at the dual console: a video-based qualitative analysis. J Robot Surg. 2021;15(5):775-83.
21. Özkan A, Akgün Y, Kayaalp C. Evaluation of robot-assisted surgery simulation skills after intensive hands-on training courses. Front Surg. 2025;12:1487563.
22. Maier-Hein L, Vedula SS, Speidel S, et al. Surgical data science for next-generation interventions. Nat Biomed Eng. 2017;1(9):691-6.
23. Goh AC, Goldfarb DW, Sander JC, Miles BJ, Dunkin BJ. Global evaluative assessment of robotic skills: validation of a clinical assessment tool to measure robotic surgical skills. J Urol. 2012;187(1):247-52.
24. Martin JA, Regehr G, Reznick R, et al. Objective structured assessment of technical skill (OSATS) for surgical residents. Br J Surg. 1997;84(2):273-8.
25. Boal MWE, Anastasiou D, Tesfai F, et al. Evaluation of objective tools and artificial intelligence in robotic surgery technical skill assessment: a systematic review. Br J Surg. 2024;111(1):znad331.
26. Hung AJ, Patil MB, Zehnder P, et al. Concurrent and predictive validation of a novel robotic surgery simulator: a prospective, randomized study. J Urol. 2012;187(2):630-7.
27. Kankanamge D, Eyobu OS, Wickramasinghe N, et al. Artificial intelligence based assessment of minimally invasive surgical skills using motion and instrument tracking: a systematic review. Am J Surg. 2025;229:115845.
28. Atroshchenko GV, Ivanov YV, Stankevich VR. Artificial intelligence-based action recognition and skill assessment in robotic surgery. J Card Surg. 2025;40(2):e15234.
29. Green IC, Chen LM, Khanafer N, et al. Structured robotic surgery training curricula in general surgery residency: a scoping review. J Surg Educ. 2024;81(4):512-25.
30. Accreditation Council for Graduate Medical Education. Milestones Guidebook for Competency-Based Medical Education. Chicago: ACGME; 2023.
31. Satava RM, Stefanidis D, Levy JS, et al. Proving the effectiveness of the Fundamentals of Robotic Surgery (FRS) skills curriculum: a multi-institutional randomized trial. Surg Endosc. 2022;36(3):2229-40.
32. Aggarwal R, Grantcharov T, Moorthy K, Milland T, Darzi A. An evidence-based virtual reality training program for novice laparoscopic surgeons. Ann Surg. 2006;244(2):310-4.
33. Chen R, Zaman JA, Awad MM, et al. Early exposure to robotic surgery in residency training improves psychomotor adaptation. Surg Endosc. 2025;39(3):1654-63.
34. Stefanidis D, Sevdalis N, Paige J, et al. Simulation in surgery: what's needed next? Ann Surg. 2020;271(5):858-65.
35. George BC, Bohnen JD, Williams RG, et al. Readiness of US general surgery residents for independent practice. Ann Surg. 2017;266(4):582-94.
36. Meyerson SL, Sternbach JM, Zwischenberger JB, Bender EM. Resident participation and autonomy in robotic surgery training programs: a national survey. J Surg Educ. 2025;82(1):45-54.
37. Beane M. The Skill Code: How to Save Human Ability in an Age of Intelligent Machines. New York: Harper Business; 2024.
38. Chen R, Zaman JA, Lengmann B, et al. Impact of robotic surgical exposure on resident confidence and preparedness for independent practice. Surg Endosc. 2025;39(5):2456-64.
39. Stefanidis D, Walters KC, Mostafavi A, Heniford BT. Proficiency-based progression training in surgery: state of the science. Surg Clin North Am. 2021;101(4):661-80.
40. Greenberg CC, Ghousseini HN, Pavuluri Quamme SR, Beasley HL, Wiegmann DA. Surgical coaching for individual performance improvement. Ann Surg. 2015;261(1):32-4.
41. Bonrath EM, Dedy NJ, Gordon LE, Grantcharov TP. Comprehensive surgical coaching enhances surgical skill in the operating room: a randomized controlled trial. Ann Surg. 2015;262(2):205-12.
42. Hu YY, Mazer LM, Yule SJ, et al. Complementing operating room teaching with video-based coaching. JAMA Surg. 2023;158(4):379-86.
43. Aggarwal R, Grover A, Aragon M, Darzi A. Toward feasible, valid, and reliable video-based assessments of technical surgical skills in the operating room. Ann Surg. 2008;247(2):372-9.
44. Ranisch R, Buyx A, Ehrenberger I, Hofmann B. Ethical issues of surgical innovation and robotic surgery. Bioethics. 2021;35(7):671-9.
45. Novara G, Ficarra V, Mocellin S, et al. Systematic review and meta-analysis of studies reporting oncologic outcome after robot-assisted radical prostatectomy. Eur Urol. 2012;62(3):382-404.
46. Birkmeyer JD, Finks JF, O'Reilly A, et al. Surgical skill and complication rates after bariatric surgery. N Engl J Med. 2013;369(15):1434-42.
47. Childers CP, Maggard-Gibbons M. Estimation of the acquisition

and operating costs for robotic surgery. JAMA. 2018;320(8):835-6.
48. Ramírez PT, Bonilla R, Lopes A, et al. Robotic surgery training and adoption in Latin America: current status and future perspectives. Int J Med Robot. 2023;19(4):e2541.
49. Hashimoto DA, Rosman G, Rus D, Meireles OR. Artificial intelligence in surgery: promises and perils. Ann Surg. 2018;268(1):70-6.
50. Ward TM, Mascagni P, Madani A, et al. Surgical data science and artificial intelligence for surgical education. J Surg Oncol. 2021;124(2):221-30.
51. Ranisch R, Lutz N, Hofmann B. Ethical challenges of surgical artificial intelligence and automation. Bioethics. 2023;37(8):762-71.
52. Shademan A, Decker RS, Opfermann JD, Leonard S, Krieger A, Kim PCW. Supervised autonomous robotic soft tissue surgery. Sci Transl Med. 2016;8(337):337ra64.
53. Gerke S, Minssen T, Cohen G. Ethical and legal challenges of artificial intelligence-driven healthcare. Artif Intell Healthc. 2020;295-336.
54. Parasuraman R, Riley V. Humans and automation: use, misuse, disuse, abuse. Hum Factors. 1997;39(2):230-53.
55. Topol EJ. Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again. New York: Basic Books; 2019.
56. Satava RM. Surgical robotics: the early chronicles and future perspectives. Surg Clin North Am. 2020;100(2):213-28.
57. Marescaux J, Leroy J, Rubino F, et al. Transcontinental robot-assisted remote telesurgery: feasibility and potential applications. Ann Surg. 2002;235(4):487-92.
58. Augestad KM, Han H, Paige J, et al. Educational implications for surgical telementoring: a current review with recommendations for future practice. Surg Endosc. 2023;37(2):824-31.
59. Corral-Acero J, Margara F, Marciniak M, et al. The 'Digital Twin' to enable the vision of precision cardiology. Eur Heart J. 2020;41(48):4556-64.
60. Condino S, Carbone M, Cutolo F, et al. Augmented reality in surgery: a critical review. Healthcare (Basel). 2024;12(3):301.

12. Perspectivas internacionales en la formación del cirujano: Estados Unidos, Francia, Italia y Japón

El verdadero viaje de descubrimiento no consiste en buscar nuevos paisajes, sino en tener nuevos ojos.

Marcel Proust, En busca del tiempo perdido

RESUMEN

La formación del cirujano se despliega dentro de sistemas nacionales concretos, y cada país ha resuelto de manera distinta cómo selecciona, forma, certifica y retiene a sus cirujanos. Este capítulo reúne cuatro testimonios de primera mano –de cirujanos formados y en ejercicio en Estados Unidos, Francia, Italia y Japón– que describen, desde dentro de cada sistema, el recorrido que va de la escuela de medicina a la práctica autónoma y la subespecialización, conservando la voz y el estilo de cada autor. Del conjunto emergen tensiones compartidas: la competitividad creciente de la selección, el impacto de la regulación de las horas de trabajo y de las nuevas expectativas sobre la calidad de vida, la disminución de la exposición operatoria, el peso cada vez mayor de la investigación, el papel de la simulación y la robótica, y la persistencia de la mentoría como núcleo formativo. Leídos desde la Argentina, estos relatos no se ofrecen como modelos para copiar, sino como espejos que ayudan a pensar las fortalezas y las deudas de la formación quirúrgica local, y a sumarse a una conversación que hoy es, inevitablemente, internacional.

Palabras clave: *educación quirúrgica, formación del cirujano, internado y residencia, competencia clínica, estudio comparativo internacional.*

Introducción

A lo largo de esta obra, la formación del cirujano se ha examinado desde múltiples perspectivas: la evolución histórica de las residencias, el aprendizaje basado en competencias, las tecnologías emergentes, la evaluación, la seguridad del paciente y la investigación. Todas esas dimensiones, con todo, se despliegan dentro de sistemas formativos concretos, y cada país ha resuelto de manera distinta cómo selecciona, forma, certifica y retiene a sus cirujanos.

Este capítulo propone una mirada comparada e internacional, construida a partir de testimonios de primera mano. Cuatro cirujanos formados y en ejercicio en Estados Unidos, Francia, Italia y Japón describen, cada uno desde su propio sistema, el recorrido que conduce desde la escuela de medicina hasta la práctica quirúrgica autónoma y la subespecialización. Se han conservado deliberadamente las voces y los estilos originales de cada autor –desde el relato personal hasta la descripción normativa–, porque esa heterogeneidad de tono forma parte del valor del testimonio.

Aunque los contextos difieren, del conjunto emergen tensiones compartidas que atraviesan a casi todos los sistemas: la competitividad creciente de los procesos de selección, el impacto de la regulación de las horas de trabajo y de las nuevas expectativas sobre la calidad de vida, la preocupación por la disminución de la exposición operatoria, el peso creciente de la investigación y la producción académica, el papel transformador de la simulación y la robótica, y la persistente importancia de la mentoría y del modelo de aprendizaje por inmersión. Leídos desde la Argentina, estos relatos no funcionan como modelos para copiar, sino como espejos que ayudan a pensar las fortalezas y las deudas de la formación quirúrgica local.

Estados Unidos

Matías E. Czerwonko
Cirugía Torácica, Tampa General Hospital (Estados Unidos)

Para un cirujano, el recorrido formativo en los Estados Unidos resulta llamativo tanto por su duración como por el alto grado de estructuración y competitividad que caracteriza a cada etapa. A diferencia de sistemas más lineales, el modelo estadounidense se

apoya en múltiples instancias de selección sucesivas, con evaluaciones académicas, actividades extracurriculares, investigación y entrevistas que cumplen un papel central desde etapas muy tempranas de la formación. El resultado es un trayecto largo y exigente, diseñado para seleccionar candidatos de manera progresiva antes del ingreso en la residencia y, posteriormente, en la subespecialización.

El primer aspecto distintivo es que, en los Estados Unidos, la medicina no constituye una carrera de grado a la que se accede inmediatamente después de la escuela secundaria. Antes de ingresar en la Facultad de Medicina, el estudiante debe completar un ciclo universitario previo, denominado college, que habitualmente dura cuatro años y culmina con la obtención de un bachelor's degree (equivalente a una licenciatura). Durante este período, el alumno puede estudiar prácticamente cualquier disciplina –Biología, Química, Ingeniería, Filosofía o incluso Economía– siempre que complete las materias prerrequisito exigidas por las escuelas de medicina, fundamentalmente Biología, Química, Física y Matemática.

El ingreso al college ya es, en sí mismo, un proceso competitivo. Las universidades consideran el rendimiento académico de la escuela secundaria, actividades extracurriculares, deportes, voluntariados, ensayos personales y cartas de recomendación. En instituciones de alto prestigio, el proceso puede asemejarse al de admisión a posgrados exigentes más que al ingreso universitario tradicional latinoamericano, con tasas de ingreso de un dígito en muchos casos.

La verdadera competencia, en cambio, comienza durante el *college*. Los estudiantes interesados en medicina suelen orientar gran parte de sus actividades hacia la construcción de un perfil académico sólido para aplicar posteriormente a *medical school*. El promedio académico universitario (GPA) adquiere enorme relevancia, así como la participación en investigación científica, publicaciones, actividades de voluntariado clínico y experiencias de liderazgo. En los últimos años se ha vuelto frecuente que algunos aspirantes dediquen uno o más años exclusivamente a investigación antes de aplicar a medicina, particularmente aquellos interesados en universidades de mayor renombre o especialidades altamente competitivas como cirugía. Además del rendimiento universitario, los aspirantes deben rendir el MCAT (*Medical College Admission Test*), un examen estandarizado nacional que evalúa conocimientos científicos, razonamiento crítico y resolución de problemas. El puntaje obtenido constituye uno de los principales criterios de selección para el ingreso en medicina.

La Facultad de Medicina en los Estados Unidos tiene una duración habitual de cuatro años. Los primeros dos años suelen enfocarse en ciencias básicas y formación preclínica, mientras que los últimos dos están centrados en rotaciones clínicas hospitalarias. Durante esta etapa, el estudiante atraviesa servicios de Clínica Médica, Cirugía, Pediatría, Obstetricia y Ginecología, Psiquiatría y otras especialidades. Para quienes desean realizar Cirugía General, el desempeño durante la escuela de medicina resulta particularmente importante. La cirugía se considera una especialidad competitiva, especialmente en programas universitarios. Históricamente, uno de los factores más relevantes fue el rendimiento en el USMLE *Step* 1, examen nacional estandarizado de ciencias básicas. Aunque recientemente este examen pasó de tener una calificación numérica a un sistema de aprobado/reprobado, continúa siendo un requisito fundamental y ha modificado parcialmente la manera en que los programas evalúan candidatos. Como consecuencia, otros elementos –como la investigación, las cartas de recomendación y el desempeño clínico– han adquirido todavía más peso relativo.

En los últimos años también se observó un aumento significativo en la producción científica de los postulantes a Cirugía General. Presentaciones en congresos, publicaciones indexadas y participación en proyectos de investigación se han convertido en componentes habituales de una aplicación competitiva, particularmente en centros académicos.

Durante el último año de medicina, los estudiantes aplican a residencia a través del sistema ERAS (*Electronic Residency Application Service*). Allí presentan antecedentes académicos, publicaciones, curriculum vitae, cartas de recomendación, resultados de exámenes y una carta personal. Posteriormente, los programas seleccionan candidatos para entrevistas. La asignación final de residencias ocurre mediante el denominado Match, administrado por el *National Resident Matching Program* (NRMP). Este sistema representa uno de los rasgos más característicos de la formación médica estadounidense. Tanto los candidatos como los programas elaboran una lista jerarquizada de preferencias, y un algoritmo centralizado determina la asignación final. El proceso busca optimizar la compatibilidad entre ambas partes y evitar mecanismos de selección desorganizados o negociaciones individuales.

La residencia de Cirugía General tiene una duración estándar de cinco años, aunque la mayor parte de los programas universitarios incluyen dos años adicionales para la producción académica, lo que da como resultado un total de siete años. Los años de investigación básica o traslacional son, en la práctica, obligatorios para aquellos interesados en carreras universitarias o *fellowships*. La estructura suele combinar entrenamiento clínico intensivo, creciente autonomía quirúrgica y exposición progresiva a procedimientos de mayor complejidad. El volumen de trabajo es elevado, eficiente e intenso.

Aunque la residencia de Cirugía General habilita formalmente al ejercicio profesional independiente, en la práctica contemporánea una proporción creciente de graduados realiza un *fellowship* posterior.

Estos programas de subespecialización suelen durar entre uno y tres años e incluyen áreas como Cirugía Colorrectal,Hepatobiliar, Trauma, Cirugía mínimamente invasiva, Oncología quirúrgica o Cirugía vascular, entre otras. En muchos centros académicos, el *fellowship* se ha transformado casi en un paso esperado dentro de la trayectoria profesional.

Finalmente, tras completar la residencia –y eventualmente el *fellowship*– el cirujano debe obtener la certificación del American Board of Surgery, proceso que incluye exámenes escritos y orales. La certificación es periódica (es decir, debe renovarse) y la educación médica continua forma parte estable del ejercicio profesional en los Estados Unidos.

Desde una perspectiva argentina, el sistema estadounidense impresiona por la magnitud de sus mecanismos de evaluación sucesiva. Cada etapa funciona como un nuevo filtro competitivo: ingreso en el college, admisión a medicina, exámenes nacionales, selección para residencia y posteriormente acceso a *fellowships*. Es, a la vez, un modelo profundamente orientado a la estandarización, donde el rendimiento académico, la investigación y las evaluaciones objetivas tienen un papel determinante en la progresión profesional del futuro cirujano.

Francia

Stéphane Zalinski
Cirugía Visceral y Digestiva, Saint-Tropez (Francia)

Entre 2001 y 2006, cuando completé mi residencia quirúrgica en París, la formación se basaba en un modelo extremadamente exigente, fundado en una selección académica altamente competitiva, jornadas de trabajo muy prolongadas y, sobre todo, un aprendizaje permanente en el quirófano. Veinte años después, la formación en la residencia de Cirugía Digestiva ha evolucionado profundamente. Algunos cambios representan, sin lugar a dudas, grandes avances sociales y tecnológicos. Otros, en cambio, generan inquietud por un posible declive en la calidad técnica de la formación quirúrgica.

El primer gran cambio concierne a la selección de los residentes. Durante varias décadas, la política restrictiva en materia de formación médica especializada en Francia produjo una dramática escasez de médicos. Para hacer frente a esa crisis, aumentar el número de plazas de residencia se volvió indispensable, lo que condujo inevitablemente a una reducción del nivel de selección. A comienzos de la década de 2000, para obtener una plaza de residencia quirúrgica en París, los candidatos debían generalmente ubicarse entre los primeros 200 de aproximadamente 5000 estudiantes en el examen nacional. Este sistema profundamente elitista alimentaba un fuerte sentido de pertenencia y un deseo constante de mantenerse competitivo. Hoy, el proceso de selección ha cambiado profundamente, y los umbrales de clasificación para las especialidades quirúrgicas se han ampliado considerablemente. En paralelo, las especialidades quirúrgicas más exigentes han perdido progresivamente atractivo entre las generaciones más jóvenes, que legítimamente priorizan especialidades consideradas más compatibles con el equilibrio entre vida personal y profesional. Algunas especialidades quirúrgicas complejas pueden hoy ser elegidas, ocasionalmente, por descarte, algo que habría resultado impensable veinte años atrás.

Otra transformación importante fue la implementación del descanso obligatorio posguardia. Esto representa, sin duda, un gran avance social orientado a proteger a los residentes del agotamiento físico y psicológico. Pero varios estudios han mostrado que la reducción de la presencia hospitalaria también puede reducir la exposición clínica y operatoria de los residentes. Para un residente que realiza diez guardias por mes, el tiempo de recuperación obligatorio representa casi un tercio del tiempo de formación clínica perdido. A lo largo de la residencia, esto probablemente equivale a un año entero de entrenamiento quirúrgico práctico. Y, no obstante, la cirugía sigue siendo ante todo una disciplina técnica en la que la pericia se adquiere mediante la repetición y la exposición diaria a las situaciones operatorias.

La sociedad moderna ya no acepta los métodos de enseñanza que existían hace veinte años. El exceso de horas de trabajo, la presión jerárquica constante y ciertas formas de dureza institucional, con razón, hoy ya no serían tolerados. Pese a su severidad, esos métodos se apoyaban en una inmersión total en la profesión. Los residentes prácticamente vivían en el hospital, y el quirófano constituía un entorno permanente de mentoría, donde el aprendizaje técnico ocurría a diario a través de la interacción directa con los cirujanos de mayor experiencia. Como subrayan Reznick y MacRae, la cirugía se ha apoyado históricamente en un modelo tradicional de aprendizaje (*apprenticeship*) que combina observación, repetición y transmisión directa de habilidades.

Sería simplista, de todos modos, atribuir estos cambios solo a las generaciones más jóvenes. El desinterés que a veces se observa en algunos residentes puede, lamentablemente, ir acompañado de una menor implicación educativa por parte de algunos formadores quirúrgicos, particularmente en lo que respecta a la enseñanza técnica. Esto genera un círculo vicioso en el que la pérdida de motivación de un lado estimula el repliegue del otro, deteriorando inevitablemente la calidad global de la formación quirúrgica dentro de ciertos equipos. Las presiones médico-legales, económicas y organizativas actuales probablemente agravan aún más este fenómeno, al limitar el tiempo disponible para la enseñanza y la mentoría operatoria.

Los desarrollos recientes, sin embargo, representan grandes avances. El auge de la cirugía robótica y

de la simulación quirúrgica está transformando profundamente la educación técnica. Estas tecnologías, que no estaban disponibles hace veinte años, hoy optimizan el tiempo de formación al compensar parcialmente la reducción de la exposición operatoria antes mencionada. Los simuladores modernos permiten a los residentes practicar repetidamente procedimientos complejos en condiciones altamente realistas antes de realizarlos en pacientes.

Sin embargo, este entusiasmo debe matizarse. Las tecnologías avanzadas están disponibles principalmente en los hospitales universitarios y en los centros de referencia, que no siempre reflejan la realidad de la práctica quirúrgica futura. Como resultado, algunos cirujanos jóvenes pueden volverse muy hábiles en cirugía robótica y permanecer, al mismo tiempo, menos experimentados en laparoscopia convencional, incluso para procedimientos frecuentes como la reparación de una hernia. Esto plantea inquietudes sobre una posible discordancia entre la formación brindada en centros muy especializados y las realidades prácticas de la futura práctica quirúrgica, particularmente en Francia, donde las restricciones financieras pueden demorar la implementación de tecnologías innovadoras.

En definitiva, la formación en la residencia de cirugía digestiva ha cambiado profundamente en los últimos veinte años. La calidad de vida de los residentes ha mejorado, y las herramientas educativas se han vuelto más sofisticadas. Aun así, la reducción de la exposición hospitalaria, los cambios en las actitudes frente al trabajo y el debilitamiento progresivo de la mentoría operatoria plantean interrogantes fundamentales sobre la adquisición de la pericia técnica. La cirugía sigue siendo un oficio que requiere tiempo, repetición y una fuerte transmisión humana.

Italia

Matteo Serenari
Cirugía Hepatobiliar y de Trasplantes,
IRCCS Azienda Ospedaliero-Universitaria di Bologna;
Alma Mater Studiorum,
Università di Bologna (Italia)

La formación en Cirugía General en Italia representa hoy un sistema complejo y en continua evolución, influido por las directivas europeas y por las transformaciones organizativas de la sanidad moderna.

En Italia, el recorrido formativo comienza con la obtención de la laurea magistrale en Medicina y Cirugía, de seis años de duración. Al término del trayecto universitario, el médico obtiene la habilitación profesional, hoy integrada directamente en el propio título. Posteriormente es posible acceder a las Escuelas de Especialización médica a través de un concurso nacional anual organizado por el Ministerio de Universidad e Investigación (MUR).

El acceso a las escuelas de especialización está regulado principalmente por el Decreto Legislativo 368/1999, normativa que incorpora las directivas europeas sobre la formación médica especializada. Una de las principales características del sistema italiano moderno es el concurso único nacional. Hasta hace pocos años, en efecto, cada universidad organizaba de manera autónoma su propio examen de admisión, con diferencias en los criterios de selección y en la transparencia.

Con la reforma introducida progresivamente desde 2014, se instituyó una clasificación nacional única, gestionada mediante una plataforma informatizada centralizada. El concurso consiste en una prueba informatizada idéntica para todos los candidatos italianos. El puntaje final deriva tanto del resultado de la prueba como de la evaluación del *curriculum* universitario. Una vez publicada la clasificación nacional, los candidatos eligen la especialidad y la sede universitaria en orden de mérito.

En los últimos años el sistema italiano de formación especializada ha vivido una expansión numérica significativa. Tras la pandemia de COVID-19, el número de contratos de formación especializada financiados por el Estado aumentó considerablemente, pasando de alrededor de 8000 contratos anuales en el período prepandémico a más de 15 000 plazas en los últimos concursos nacionales. A pesar de este incremento, algunas disciplinas como Cirugía General continúan registrando un número elevado de becas vacantes. Datos recientes informan 353 becas no asignadas en el año académico 2024-2025 y 247 en 2025-2026, fenómeno probablemente correlacionado con la elevada carga asistencial, la creciente presión médico-legal y la limitada remuneración económica.

La Escuela de Especialización en Cirugía General tiene una duración de cinco años, de acuerdo con los estándares europeos. Durante este período, el médico residente trabaja mediante un contrato de formación especializada con una retribución neta promedio comprendida entre 1700 y 1800 euros mensuales. El residente no es considerado solamente un estudiante universitario, sino un médico en formación con responsabilidades asistenciales progresivas.

La actividad formativa se desarrolla dentro de redes formativas acreditadas, constituidas por universidades, hospitales universitarios y hospitales convenidos. Estas redes están reguladas por el Decreto Interministerial 402/2017, que define los estándares organizativos, tecnológicos y cuantitativos necesarios para la acreditación de las escuelas. La normativa italiana prevé que las redes formativas garanticen una casuística operatoria suficiente para que al menos el 20% de los procedimientos quirúrgicos sea realizado directamente por los residentes.

Desde el punto de vista práctico, la formación quirúrgica italiana se basa en un modelo progresivo. En los primeros años predomina el aprendizaje clínico

y perioperatorio; en los años sucesivos aumenta gradualmente la participación directa del residente en los procedimientos quirúrgicos. Los decretos ministeriales D.I. 68/2015 y D.I. 402/2017 definen los objetivos profesionalizantes, los requisitos de las redes formativas y los volúmenes operatorios necesarios para la acreditación de las escuelas. Según los estándares ministeriales italianos, el residente de Cirugía General debe participar en al menos 425 procedimientos quirúrgicos clasificados por complejidad, desempeñando el papel de primer operador en alrededor de un tercio de los casos. La actividad operatoria se registra y certifica mediante un libro de formación validado por el Director de la Escuela de Especialización.

Uno de los temas más discutidos en la cirugía italiana contemporánea, en cambio, se refiere a la posibilidad real de alcanzar tales objetivos formativos. Un estudio nacional promovido por la Sociedad Poliespecializada Italiana de Jóvenes Cirujanos (SPIGC) tras la pandemia de COVID-19 mostró que solamente el 18,7% de los residentes de Cirugía General declaraba alcanzar el volumen operatorio mínimo anual previsto por los estándares ministeriales. Una de las principales problemáticas del sistema italiano sigue siendo la heterogeneidad entre las distintas escuelas de especialización, con diferencias en los volúmenes operatorios y en la autonomía concedida a los residentes.

Al término del trayecto especializado, el joven cirujano puede ser contratado por el Servicio Sanitario Nacional a través de los concursos públicos habituales o, en los últimos años de formación, mediante las modalidades previstas por el "Decreto Calabria" (Decreto Ley N.º 35/2019), introducido para hacer frente a la escasez de personal médico en el Servicio Sanitario Nacional. Esta normativa permitió que los residentes de los últimos años fueran contratados con contratos a término en los hospitales públicos, manteniendo al mismo tiempo el trayecto universitario. En cambio, faltan en el sistema italiano *fellowships* estructuradas y coordinadas a nivel universitario tras la conclusión de la especialización. La normativa italiana permite, además, períodos formativos de hasta 18 meses en centros extranjeros o en estructuras fuera de la red durante la especialización, oportunidades consideradas de creciente importancia para la adquisición de competencias avanzadas y para la internacionalización de la formación quirúrgica.

Las sociedades científicas, como la Sociedad Italiana de Cirugía (SIC), la Asociación de Cirujanos Hospitalarios Italianos (ACOI) y la SPIGC, cumplen un papel fundamental en la actualización profesional y en la formación continua de los jóvenes cirujanos, a través de congresos, cursos teórico-prácticos, *fellowships* internacionales y proyectos de investigación multicéntrica.

En conclusión, el modelo italiano de formación en Cirugía General representa hoy un sistema que combina tradición académica, estandarización nacional y progresiva innovación organizativa. Los principales desafíos futuros conciernen a la mejora de la homogeneidad formativa y al incremento de la experiencia operatoria. En este contexto, la comparación internacional entre comunidades quirúrgicas, como la que se da entre Italia y la Argentina, puede representar una importante oportunidad de crecimiento recíproco en la formación de las futuras generaciones de cirujanos.

Japón

Yoji Kishi
Departamento de Cirugía, Facultad de Medicina de Defensa Nacional, Saitama (Japón)

Los planes de carrera habituales de los médicos japoneses comienzan con una formación inicial como residente junior durante dos años, seguida de tres a cinco años de formación como residente senior. Actualmente, los residentes junior rotan por todos los departamentos, incluyendo Clínica Médica, Cirugía y otras disciplinas. Antes de graduarse de la escuela de medicina, cada estudiante elige el hospital para su formación mediante un sistema de matching de alcance nacional, y todo estudiante puede postularse a cualquier hospital, con algunas excepciones. Por ello, la distribución desigual de los médicos ha sido una cuestión crítica. Como era previsible, los jóvenes en formación tienden a postularse para los hospitales de gran escala ubicados en áreas urbanas, y la escasez de médicos en los distritos rurales es grave. La distribución desigual también se observa en la elección de las especialidades clínicas, decidida habitualmente hacia el final de la residencia junior, con menos médicos dispuestos a elegir los departamentos quirúrgicos.

La mayoría de los cirujanos obtiene la calificación de cirujano certificado (*board surgeon*) por la Sociedad Japonesa de Cirugía durante su residencia senior o inmediatamente después. Luego, cada profesional en formación continúa su educación para obtener la certificación en una subespecialidad, como cirugía cardiovascular, cirugía torácica, cirugía mamaria, cirugía gastroenterológica o cirugía pediátrica. Cada sociedad académica impone su propio programa de formación, que regula el número mínimo de experiencias quirúrgicas y los exámenes necesarios para obtener la certificación. Cabe señalar que cada certificación debe renovarse cada cinco años, lo que significa que debemos continuar la práctica clínica de la especialidad hasta el retiro para mantener la calificación.

Para relatar mi propia trayectoria como cirujano hepato-bilio-pancreático (HBP), la formación auténtica comenzó solo después de completar la residencia senior en un hospital municipal como cirujano general, donde realicé cirugías de patologías frecuentes, incluyendo apendicectomía, colecistectomía, gastrectomía, colectomía, cirugía mamaria y cirugía vascular de vári-

ces de miembros inferiores. Elegí la cirugía HBP como área de subespecialidad, por lo que resultó ventajoso formarme en un hospital de referencia terciaria con un gran número de casos HBP. Habitualmente, las opciones viables se limitan a los hospitales universitarios, de modo que regresé a mi *alma mater* para ingresar en la escuela de posgrado. Me dediqué tanto a la formación quirúrgica como a la investigación clínica para obtener el grado de doctor (PhD). Después de eso, conseguir un puesto en un hospital importante con un gran número de casos HBP podía ser motivo de competencia con mis colegas. Para ganar esa rivalidad se espera el perfeccionamiento de las habilidades clínicas y, además, los logros académicos. En mi caso, procuré mantener la publicación de uno o dos artículos en inglés por año. Para ello, es importante pensar en las fuentes de los trabajos. El ejercicio diligente de la práctica clínica diaria a veces nos plantea preguntas clínicas. Tengo por regla anotarlas en mi cuaderno como ideas futuras para estudios clínicos. A la vez, es importante actualizar nuestros conocimientos con los artículos más recientes y los congresos académicos. Como resultado de esos esfuerzos por seguir escribiendo artículos, pude alcanzar la oportunidad de trabajar como cirujano académico en el hospital del Centro Nacional del Cáncer. A continuación, tuve la posibilidad de postularme a mi cargo actual como profesor. Cuando decidí postularme, pensé que sería mi responsabilidad devolver a los futuros jóvenes en formación el favor que recibí de mis mentores. Uno de mis grandes mentores solía decirnos que los cirujanos deben escribir artículos, porque los nuevos hallazgos expuestos en el trabajo serán leídos por médicos de todo el mundo y así podrán beneficiar a sus pacientes. La educación de los jóvenes en formación es importante del mismo modo. Por lo tanto, la responsabilidad de los cirujanos académicos debería incluir no solo la mejora continua de las habilidades quirúrgicas, sino también la investigación y la educación de quienes se forman con ellos.

Por último, y no por ello menos relevante, quisiera enfatizar la importancia de la amistad, especialmente con los colegas o competidores fuera de la propia institución, tanto en el país como en el extranjero. Los amigos pueden ampliar tus conocimientos, perfeccionar tus habilidades y estimular tu motivación. Para mí, tanto mis mentores como mis amigos son los tesoros más preciados para recorrer mi trayectoria profesional.

Consideraciones finales

Leídos en conjunto, estos cuatro testimonios no ofrecen un modelo para imitar, sino un repertorio de respuestas frente a tensiones que la cirugía argentina también enfrenta: la competitividad de la selección, el costo formativo de proteger el bienestar del residente, la caída de la exposición operatoria y el peso creciente de la investigación. Cada sistema intenta resolver esas tensiones a su manera –con estandarización normativa, concursos nacionales, tecnología o mentoría sostenida–, y esa misma diversidad es lo que vuelve fértil la comparación. Para la Argentina, el valor de mirar hacia afuera es reconocer con mayor nitidez las propias fortalezas y debilidades, y asumir que la formación quirúrgica es hoy, inevitablemente, una conversación internacional.

República Argentina
Propuesta para la formación en residencias médicas · especialidad cirugía general

13. Marco curricular por competencias para la residencia de Cirugía General

Perspectivas futuras e integración curricular

Eduardo J. Cassone, Roberto Badra

RESUMEN

Documento marco (versión narrativa). Integra el Marco de Referencia del Ministerio de Salud (2013), el diagnóstico nacional de Ortiz (87.º Congreso Argentino de Cirugía), el General Surgery Curriculum 2021 del ISCP/Royal College of Surgeons, la experiencia de la Residencia del Hospital Italiano de Buenos Aires y el Relato AAC 2026 "Educación Quirúrgica en el siglo XXI" (Caps. 1 a 11). Se complementa con un libro de cálculo (Excel) operativo: matrices de competencias, mapa de rotaciones, *logbook* (cuaderno de bitácora, libro de registro), *e-portfolio* (colección digital de trabajos, logros, reflexiones) e instrumentos de evaluación.

Palabras clave: *Residencia médica; Cirugía general; Educación basada en competencias; Actividades profesionales confiable; Evaluación educacional; Entrenamiento simulado; Mentores; Curriculum; Educación de posgrado en medicina.*

Introducción: qué es este documento, para qué sirve y cómo leerlo

Qué es y con qué propósito

Es la propuesta de un marco de formación basada en competencias (CBME) para la residencia de Cirugía General, con evaluación de resultados formativos definida por el desempeño demostrado y fiable, y no por el tiempo transcurrido ni el volumen de casos (Cap. 2, §3.1; Cap. 6). Persigue tres propósitos: 1) establecer un estándar de resultados formativos para el país, 2) garantizar equidad entre centros de distinta complejidad mediante un núcleo común obligatorio y rutas de compensación en red y 3) integrar la innovación –simulación, IA, telemedicina y robótica– al servicio de una formación trazable, evaluable y segura para el paciente.

Convenciones de lectura

- *Niveles I→IV:* grado de autonomía supervisada (I observa; II-a supervisión directa continua; II-b directa intermitente; III indirecta, con tutor consultable; IV independiente y capaz de supervisar a otros), equivalentes a las escalas de confianza de las EPA del ABS.
- *R1-R4:* año de residencia; en las matrices, la celda indica el nivel esperado para ese año.
- *Cita «Cap. X, §Y»:* remite al capítulo y sección del Relato AAC 2026 que fundamenta la decisión.
- *Núcleo/Ampliación:* el núcleo es lo obligatorio para todo egresado; la ampliación corresponde a competencias de centros de alto volumen o *fellowship*.
- *Instrumentos de evaluación:* DOPS, PBA, CBD, Mini-CEX, MSF (360°), OSATS/GOALS/GEARS (véase Glosario).
- *Regla de oro:* la certificación se decide por el desempeño demostrado y fiable (RPC anual), no por el número de procedimientos realizados.

Cómo está organizado

El documento avanza desde el fundamento hasta el detalle operativo: las secciones 1-4 dan el porqué y la lógica (marco normativo, fundamentación CBME, perfil del egresado y niveles de supervisión), las secciones 5-8 definen el qué y el cuándo (EPAs, áreas de competencia, planificación curricular y rotaciones), las secciones 9-14 describen el cómo (enseñanza, evaluación, progresión de competencias, simulación, investigación y seguridad del paciente) y las secciones 15-19 reúnen la trazabilidad del relato, la certificación, las bases curriculares de la especialidad y las rotaciones obligatorias.

Rutas de lectura sugeridas: responsables de programa (secciones 1-4, 7, 10, 11 y 15); educadores en tecnología y simulación (secciones 6, 9 y 12); residentes (secciones 7, 9, 10 y 11).

Presentación y marco normativo

La presente propuesta plantea las perspectivas futuras e integración curricular para la formación en residencias de Cirugía General y propone una formación basada en competencias –y no en el número de cirugías realizadas– con evaluación de resultados formativos, articulando el Marco de Referencia del Ministerio de Salud (2013), el diagnóstico nacional de Ortiz (Cap. 1), el ISCP *General Surgery Curriculum* 2021, la experiencia de la Residencia del Hospital Italiano de Buenos Aires y el Relato AAC 2026 (Caps. 1 a 11).

La residencia moderna –atribuida a Halsted en el Johns Hopkins– descansa en tres principios: supervisión progresiva, responsabilidad escalonada y exposición prolongada (Cap. 1; Cap. 6). Este programa conserva dichos principios, pero reemplaza el criterio de tiempo y volumen por el de desempeño demostrado y confiable.

Fundamentación: del paradigma temporal al del desempeño

El aprendizaje basado en competencias (CBME) constituye el paradigma central de la educación quirúrgica contemporánea: desplaza el eje desde el tiempo de permanencia y el número de casos hacia el desempeño observable, evaluable y fiable (Cap. 2, §3.1). La meta deja de ser formar residentes que "pasaron por la residencia" para certificar cirujanos que demostraron, de modo fiable, estar preparados para ejercer con competencia, juicio y humanidad.

El Blue Ribbon Committee II (2025) funciona como columna vertebral de referencia, con 31 prioridades de consenso (≥ 80%) sobre bienestar y *burnout*, desarrollo docente, investigación, financiamiento y formación flexible (Cap. 2, §2 y §6.2). Una convicción de fondo atraviesa el programa: el aprendizaje y la seguridad del paciente no son objetivos en tensión, sino expresiones del mismo problema sistémico (Cap. 7).

Perfil del egresado

El perfil de egreso se define por las tareas profesionales que el cirujano puede ejecutar de forma fiable y autónoma al terminar la residencia. Cada tarea integra simultáneamente varios roles (papeles) del marco CanMEDS adaptado y se evalúa a través de las EPA y las áreas de competencia (Cap. 2, §4.1). La matriz cruza las tareas con los roles para hacer demostrable la competencia clínica, en lugar de enumerar los roles por separado (Tabla 1).

Roles CanMEDS (leyenda)

- Experto: integra conocimientos y destrezas clínico-quirúrgicas, opera de forma autónoma la patología prevalente y maneja sus complicaciones.
- Comunicador: establece una relación médico-paciente efectiva e informa beneficios, riesgos y alternativas.
- Colaborador: participa de forma efectiva en el equipo de salud y el trabajo multidisciplinario.
- Gestor: prioriza tareas y asigna recursos sanitarios, gestiona la seguridad del paciente.
- Promotor de la salud: aplica prevención secundaria y terciaria.
- Aprendiz autónomo: reconoce la necesidad de aprendizaje continuo y genera nuevo conocimiento.
- Profesional: demuestra conducta ética, reconoce límites y deriva adecuadamente.

■ TABLA 1

Tarea profesional a confiar al egreso	Exp	Com	Col	Ges	PrS	Apr	Prof	EPA / Área
Evaluar al paciente quirúrgico y decidir la conducta (diagnóstico, indicación e información para el consentimiento)	●	●	○	○	○		●	EPA 1–18 (fase Dx) · Área 1
Resolver con autonomía la patología prevalente y la urgencia (procedimientos índice; conversión o abandono seguro)	●		○	○		○	●	EPA 1–14, 16, 17 · Área 2
Diagnosticar y tratar las complicaciones intra y posoperatorias y activar el rescate	●	●	●	○		○	●	EPA (fase posop) · Área 3
Liderar el equipo quirúrgico y garantizar la seguridad perioperatoria (*checklist*, traspaso, ateneo de M&M)	○	●	●	●			●	Área 4
Gestionar recursos, priorizar y documentar (lista quirúrgica, HCE, referencia y contrarreferencia)	○	○	○	●			●	Área 4
Informar y acompañar al paciente y a la familia (consentimiento, comunicación de malas noticias)		●	○		●		●	Áreas 1 y 3
Indicar prevención y promoción de la salud y decidir según la evidencia	●	○			●	●	○	Área 5
Sostener el aprendizaje autónomo, la investigación y la docencia de pares; reconocer los propios límites	○	○	●			●	●	Áreas 5 y 6

Referencias: ● rol principal · ○ rol contributivo. Exp = Experto · Com = Comunicador · Col = Colaborador · Ges = Gestor · PrS = Promotor de la salud · Apr = Aprendiz autónomo · Prof = Profesional.

Cada dimensión CanMEDS no se evalúa de forma aislada: se operacionaliza dentro de las tareas anteriores, corriendo el foco desde la persona hacia la actividad que se le puede confiar.

Arquitectura del programa y niveles de supervisión

El programa adopta la arquitectura ISCP 2021: Acuerdo de Aprendizaje por rotación, evaluación en el lugar de trabajo (WBA) con *feedback* inmediato, informe de múltiples supervisores, revisión anual de progresión (RPC, adaptación del ARCP), *logbook* digital y *e-portfolio* (Cap. 2; Cap. 6). La autonomía avanza por niveles de supervisión equivalentes a las escalas de confianza de las EPA del American Board of Surgery (Cap. 2, §5.4) (Tabla 2):

La decisión de confiar una actividad no se reduce a la capacidad técnica: integra habilidades profesionales y actitudinales –integridad, confiabilidad y humildad–(Cap. 6). Un residente técnicamente hábil que oculta complicaciones o sobreestima su autonomía no debe ser certificado para la práctica independiente.

TABLA 2

Nivel	Definición operativa	Escala de confianza (ABS)
I	Observa y puede actuar como ayudante; no ejecuta de forma independiente	Nivel 1 Observar
II-a	Ejecuta con supervisión directa y presencial continua del cirujano experto	Nivel 2 Supervisión directa activa
II-b	Ejecuta con supervisión directa parcial o intermitente	Nivel 3 Supervisión directa presente, no activa
III	Ejecuta con supervisión indirecta (tutor consultable)	Nivel 4 Supervisión indirecta
IV	Práctica independiente; capaz de supervisar a otros	Nivel 5 Supervisar a otros

Actividades Profesionales para Confiar (EPAs) del programa

El programa toma como referencia las 18 EPA centrales (core) de Cirugía General del American Board of Surgery (Cap. 2, §5.3). Cada EPA es una unidad de práctica profesional –una tarea clínica completa que se puede encomendar al residente una vez que demostró ser confiable– y se evalúa a lo largo de sus fases de cuidado (evaluación y decisión, acto operatorio y manejo posoperatorio). Las cinco EPA marcadas con asterisco (*) integraron el piloto 2018-2020 (Tabla 3).

TABLA 3

Nº	Actividad Profesional a Confiar (EPA)	Núcleo / piloto
1	Dolor en fosa ilíaca derecha/ apendicitis *	Núcleo · piloto
2	Enfermedad mamaria benigna o maligna	Núcleo
3	Enfermedad colónica benigna o maligna	Núcleo
4	Enfermedad de la vesícula biliar *	Núcleo · piloto
5	Hernia inguinal *	Núcleo · piloto
6	Hernia de la pared abdominal	Núcleo
7	Abdomen agudo	Núcleo
8	Enfermedad anorrectal benigna	Núcleo
9	Obstrucción de intestino delgado	Núcleo
10	Enfermedad tiroidea y paratiroidea	Núcleo
11	Acceso para diálisis	Núcleo
12	Infección de partes blandas	Núcleo
13	Neoplasias cutáneas y subcutáneas	Núcleo
14	Pancreatitis aguda grave o necrosante	Núcleo
15	Cuidado perioperatorio del paciente quirúrgico crítico	Núcleo
16	Endoscopia digestiva flexible	Núcleo
17	Evaluación y manejo inicial del paciente traumatizado *	Núcleo · piloto
18	Provisión de consulta (interconsulta) en Cirugía General *	Núcleo · piloto

EPA por fase de cuidado y su relación con las áreas de competencia

Cada EPA se despliega en fases. La fase de evaluación y decisión se evalúa en el Área 1; el acto operatorio, en el Área 2; el manejo posoperatorio y la continuidad, en el Área 3. Las áreas 4 a 6 (gestión, actividad académica y competencias digitales/profesionalismo) son transversales: habilitan la decisión de confianza en todas las EPA y no se vinculan a un procedimiento único (Tabla 4).

Áreas de competencia

El currículo se organiza en seis áreas, alineadas con las capacidades en la práctica (CiP) del ISCP. Para cada área se distinguen tres planos: los contenidos/competencias, las EPA relacionadas y los instrumentos de evaluación. La planificación operativa por año (niveles I→IV, escenarios, metodología, simulación y

TABLA 4

Nº	EPA	Área 1 (Dx)	Área 2 (Op)	Área 3 (Posop)
1	Dolor en fosa ilíaca derecha / apendicitis	X	X	X
2	Enfermedad mamaria benigna o maligna	X	X	X
3	Enfermedad colónica benigna o maligna	X	X	X
4	Enfermedad de la vesícula biliar	X	X	X
5	Hernia inguinal	X	X	X
6	Hernia de la pared abdominal	X	X	X
7	Abdomen agudo	X	X	X
8	Enfermedad anorrectal benigna	X	X	X
9	Obstrucción de intestino delgado	X	X	X
10	Enfermedad tiroidea y paratiroidea	X	X	X
11	Acceso para diálisis	X	X	X
12	Infección de partes blandas	X	X	X
13	Neoplasias cutáneas y subcutáneas	X	X	X
14	Pancreatitis aguda grave o necrosante	X	X	X
15	Cuidado perioperatorio del paciente quirúrgico crítico	X	—	X
16	Endoscopia digestiva flexible	X	X	X
17	Evaluación y manejo inicial del paciente traumatizado	X	X	X
18	Provisión de consulta (interconsulta) en cirugía general	X	—	—

La EPA 15 (paciente crítico) y la EPA 18 (consulta) son predominantemente cognitivas: la 15 se concentra en las fases de evaluación y posoperatoria/perioperatoria; la 18, en la evaluación y la recomendación. Su componente operatorio directo es marginal.

rotación) se detalla en la sección 7 y en el libro de cálculo, hoja Planificación Curricular.

Área 1 — Diagnóstico clínico-quirúrgico

- *Contenidos y competencias.* Anamnesis y registro en HCE, diagnóstico prequirúrgico, conducta terapéutica, evaluación de riesgo y consentimiento informado (Caps. 2, 6, 7, 9).
- *EPA relacionadas.* Fase de evaluación y decisión de las 18 EPA. Protagonizan el razonamiento diagnóstico la 1 (apendicitis), 7 (abdomen agudo), 9 (obstrucción de intestino delgado), 14 (pancreatitis grave), 15 (paciente crítico), 17 (trauma) y 18 (consulta).
- *Evaluación.* Mini-CEX/CEX y CBD (discusión basada en casos).

Área 2 — Acto operatorio y habilidades técnicas

- *Contenidos y competencias.* Competencias redactadas como Actividades Profesionales para Confiar (la actividad es lo que se confía). Incluye destrezas básicas, procedimientos índice (colecistectomía, apendicectomía, hernioplastia, colectomía), cabeza y cuello, endoscopia digestiva alta (EGD), cirugía hepatobiliopancreática (HPB), tórax, percutáneos, vascular periférico, trauma/control de daño, conversión laparoscópica→abierta y liderazgo intraoperatorio (Caps. 2, 3, 4, 5, 6, 9, 11).
- *EPA relacionadas.* Fase operatoria de las EPA con componente quirúrgico: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16 (endoscopia) y 17 (trauma/control de daño).
- *Evaluación.* DOPS, PBA, OSATS, GOALS (laparoscopia) y GEARS (robótica); registro inmediato tipo SIMPL-OR.

Área 3 — Posoperatorio y continuidad del cuidado

- *Contenidos y competencias.* Nivel de cuidados, manejo de complicaciones (Clavien-Dindo), comunicación con paciente y familia, alta/epicrisis y manejo no operatorio (ERAS) (Caps. 2, 6, 7, 9).
- *EPA relacionadas.* Fase posoperatoria y de continuidad de las EPA quirúrgicas (1-14, 16 y 17), con protagonismo de la 15 (cuidado perioperatorio del paciente crítico) y la 14 (pancreatitis grave o necrosante, de manejo prolongado).
- *Evaluación.* Mini-CEX, CBD, MSF (360°) y revisión de complicaciones en ateneo de morbimortalidad.

Área 4 — Gestión de la actividad quirúrgica

- *Contenidos y competencias.* Planificación de quirófano, registros, seguridad del paciente (*checklist* OMS, informe no punitivo, ateneo de morbimortalidad) y ética profesional (Caps. 2, 7, 8).
- *EPA relacionadas.* Transversal a las 18 EPA en su dimensión de seguridad y sistema. Nexos destacados con la 7 (abdomen agudo), 15 (paciente crítico), 17 (trauma) y 18 (consulta), por su demanda de priorización, coordinación y uso de recursos.
- *Evaluación.* MSF (360°), auditoría de *checklist* y participación evaluada en ateneos de seguridad.

Área 5 — Actividad científico-académica y docencia

- *Contenidos y competencias*. Ateneos, MBE, investigación con tutoría, docencia de pares y educación permanente (ATLS o PECTU (AAC), laparoscopia básica, ecografía) (Caps. 2, 6, 10).
- *EPA relacionadas.* Transversal: no mapea a una EPA-procedimiento del ABS. Se vincula con la docencia de las propias EPA (enseñar y evaluar a pares) y con el juicio basado en evidencia que sostiene toda decisión de confianza.
- *Evaluación.* Portfolio académico, evaluación de presentaciones en ateneo y producción científica (véase sección 13).

Área 6 — Competencias digitales y profesionalismo

- *Contenidos y competencias.* Alfabetización informacional, uso responsable de IA generativa (Ley 25 326), privacidad y video quirúrgico, y profesionalismo digital. Se adoptan las siete competencias del cirujano fren*te a la IA (Cap. 3) y los marcos de TIC (Cap. 8).*
- *EPA relacionadas.* Transversal a las 18 EPA: el profesionalismo y la confiabilidad (integridad, humildad, transparencia ante la complicación) son la base de la decisión de confianza en cualquier EPA.
- *Evaluación.* MSF (360°), *e-portfolio* y progresión digital por año (usar → documentar → mejorar → enseñar).

Planificación curricular por competencias

Modelo ISCP 2021 adaptado · Niveles I→IV · WBA + Portfolio + Logbook · Basado en: Marco de Referencia MSal Nación (2013) · Diagnóstico de Ortiz (2016) · experiencia de Mendoza (UNCuyo y Hospital Central) · Residencia del Hospital Italiano de Buenos Aires.

La planificación organiza los cuatro años como una progresión de autonomía (niveles I→IV) sostenida por la tríada WBA + portfolio + *logbook*. Articula las EPA (sección 5), las áreas de competencia (sección 6) y las rotaciones (sección 8): para cada año define el foco formativo, el nivel de autonomía predominante, las EPA y áreas en foco y los hitos de evaluación. La matriz operativa EPA × año, con el nivel esperado celda por celda, se detalla en el libro de cálculo, hoja "Planificación Curricular" (Tabla 5).

Mapa nacional de rotaciones (referencia)

Estructura sectorial integrada del Hospital Italiano adaptada a un estándar nacional con equidad entre centros. La Central de Emergencias funciona con un sistema rotativo de guardias (una semana cada seis, con descanso posguardia). Los centros que no dispongan de un sector pueden cubrirlo mediante rotación de compensación en la red (Tabla 6).

■ TABLA 5

Año	Foco formativo	Nivel predominante	EPA y áreas en foco	Hitos de evaluación
R1	Bases del oficio, seguridad del paciente y destrezas/procedimientos índice	I → II-a	EPA 1, 4, 5, 8, 12, 13; Áreas 1 y 2	Bootcamp inicial; FLS y simulación; primeras DOPS/PBA; módulo obligatorio de IA
R2	Consolidación técnica y ampliación de la cirugía abdominal	II-a → II-b	EPA 3, 6, 7, 9, 16; Áreas 1–3	OSATS/GOALS; MSF 360°; inicio de la rotación de investigación
R3	Complejidad creciente, abordaje mininvasivo y subespecialidades	II-b → III	EPA 2, 10, 11, 14, 17; Áreas 2–4	Proyecto de investigación; GEARS; liderazgo de casos seleccionados
R4	Autonomía y transición a la práctica independiente	III → IV	EPA 15 y 18 e integración de todas; Áreas 4-6	Examen oral integrador; *e-portfolio* con ≥ 5 áreas en nivel III–IV; rol docente

La progresión no se decide por el tiempo ni por el número de procedimientos, sino por el desempeño demostrado en la Revisión de Progresión de Competencias (sección 11); los requisitos finales se enumeran en la sección 16.

TABLA 6

Año	Rotaciones (11 meses + 1 de licencia)
R1	Paredes abdominales · Coloproctología · Unidad de Cirugía Ambulatoria · Cuidados Intensivos (2 m) · HPB · Sede comunitaria/red (2 m) · Mininvasiva/percutáneo · Vascular periférico
R2	Paredes abdominales (2 m) · Cabeza y cuello y reconstructiva (2 m) · Coloproctología (2 m) · HPB · Investigación clínica · Mininvasiva · Sede comunitaria/red (2 m)
R3	Cabeza y cuello · HPB (2 m) · Coloproctología (2 m) · Mininvasiva/trasplante · Esófago-gastro-duodenal (3 m) · Investigación · Sede comunitaria/red
R4	HPB (2 m) · Coloproctología (2 m) · Cirugía torácica y trasplante pulmonar (3 m) · Sede comunitaria/red · Paredes complejas · Rotación libre/externa (2 m)

Sistema de enseñanza y estrategias didácticas

La enseñanza es el motor que conduce al residente a través de los niveles de supervisión I→IV. Se organiza sobre cuatro principios: aprendizaje del adulto centrado en la tarea; aprendizaje en el lugar de trabajo bajo supervisión progresiva (legado halstediano actualizado); integración explícita entre enseñanza y evaluación formativa (*assessment for learning*); y prioridad estructural del desarrollo docente, en línea con el Blue Ribbon Committee II (Caps. 2, 6, 9).

También adquiere importancia el modelo de rol, principio de la enseñanza clínica, en la que el experto muestra al novato cómo se realizan los procedimientos y, mediante la supervisión y el *feedback*, el novato repite el procedimiento hasta dominarlo.

En el marco de las EPA, la delegación de confianza al residente es clave: requiere considerar los registros de observación y tomar decisiones, de forma periódica, basadas en la interacción del experto con el residente.

Modalidades de enseñanza (Tabla 7)

Roles docentes y desarrollo del cuerpo académico

La función docente se distribuye entre el cirujano de planta/tutor (supervisa, evalúa y da *feedback* en el lugar de trabajo), el Jefe de Residentes (coordina la actividad académica y la enseñanza entre pares) y el mentor (acompaña la trayectoria, el bienestar y el desarrollo profesional). El programa exige formación pedagógica de los docentes (*faculty development*) en *feedback*, evaluación basada en EPA y *debriefing*, condición necesaria para la fiabilidad de la evaluación.

Feedback, debriefing y seguridad psicológica

El *feedback* inmediato y el *debriefing* estructurado son la columna del aprendizaje: convierten cada caso y cada simulación en una oportunidad formativa. Se cultivan en un clima de seguridad psicológica y *Just Culture*, donde declarar la incertidumbre y la complicación es parte del aprendizaje y de la seguridad del paciente, no un demérito (Caps. 7, 9).

Dedicación y articulación curricular

La distribución estimada del tiempo formativo es 70% asistencial, 20% actividades teórico-prácticas, 5% gestión y 5% investigación (sección 18). La enseñanza se articula con la evaluación (sección 10), la simulación (sección 12) y la investigación (sección 13), y queda documentada en el *e-portfolio*, que evidencia la progresión de autonomía y de rol docente a lo largo de R1→R4.

Sistema de evaluación (WBA)

La evaluación es el eje vertebrador del programa y cambia la pregunta desde "¿Qué calificación merece?" hasta una escala de confianza: ¿Requiere que

TABLA 7

Modalidad	Descripción y herramientas
Enseñanza en el lugar de trabajo	El quirófano y la sala como aula. Autonomía progresiva por niveles I→IV; ciclo *briefing* → ejecución supervisada → *debriefing* en cada caso; microenseñanza clínica (*one-minute preceptor*, SNAPPS) y *feedback* inmediato estructurado (Pendleton, R2C2) (Cap. 6).
Simulación y laboratorio de habilidades	Secuencia de seguridad procedimental: ningún procedimiento real sin dominio previo en simulación. *Proficiency-Based Progression*, bootcamps de inicio, práctica deliberada y espaciada, y *video-based coaching* (Caps. 4 y 5; véase sección 12). Procedimientos entrenados: nudos y suturas, anastomosis intestinal y vascular, accesos vasculares y venosos centrales, drenaje pleural, manejo de la vía aérea (cricotiroideotomía/traqueostomía), tareas laparoscópicas (FLS) y endoscópicas (FES), control de daño y exposición en trauma (ASSET), y los procedimientos índice (apendicectomía, colecistectomía, hernioplastia) previos a su ejecución supervisada.
Actividades académicas estructuradas	Currículo teórico por competencias (referencia SCORE): ateneos de morbimortalidad, ateneos bibliográficos y club de revista, discusiones dirigidas por médicos de planta, charlas magistrales de invitados y formación en MBE (Caps. 6, 10).
Enseñanza entre pares y *near-peer*	El residente mayor y el Jefe de Residentes enseñan al menor. El clásico "ver, hacer, enseñar" se reformula como ver → practicar en simulación → hacer bajo supervisión → enseñar, integrando la docencia como competencia evaluable (Cap. 9; Área 5).
Tecnologías y telementoría	*E-portfolio,* recursos digitales, realidad virtual/aumentada y un Programa Nacional de Telementoría para equidad de acceso entre centros (Caps. 5, 8), que incluya trabajos en casos.

el cirujano experto esté presente?, ¿alcanza con supervisión según demanda?, o ¿confiaría este caso a este residente sin estar presente? (Cap. 6). Los instrumentos se ordenan según la pirámide de Miller, a la que se añade un nivel superior de confianza (se le confía/es confiable) (Tabla 8):

TABLA 8

Dominio	Instrumento	Nivel de Miller
Conocimiento	ABSITE/ABS-QE/SCORE	Sabe
Habilidades técnicas	OSATS · GOALS (lap.) · GEARS (robótica)	Muestra cómo/Hace
Competencias no técnicas	NOTSS	Hace
En el lugar de trabajo	Mini-CEX · DOPS	Muestra cómo/Hace
Actitudinal/profesional	Evaluación 360° (MSF)	Hace
Integrador	E-portfolio + EPA	Hace/Se le confía

Se recomienda el registro inmediato en quirófano tipo SIMPL-OR, que separa al evaluador del ambiente y mitiga sesgos (Cap. 6, §5.3). La transición a la práctica independiente –el "salto cuántico"– se concibe como un proceso compartido y mentorizado, no como una entrega unilateral de responsabilidad (Cap. 6, §10).

La revisión anual (RPC) replica los desenlaces del ARCP: progresa/progresa con requisitos/no progresa/egreso anticipado/logro excepcional, y considera además las competencias no técnicas y el bienestar del residente (Cap. 2, §6; Cap. 9). Su composición, insumos y desenlaces se detallan en la sección 11 (Tabla 9).

Revisión de progresión de competencias (RPC) – adaptación ARCP/ISCP 2021

La RPC es el punto de control anual que decide la progresión del residente. Adapta el *Annual Review of Competence Progression del ISCP 2021*: no es un examen aislado, sino una decisión colegiada basada en la triangulación de la evidencia del portfolio, el *logbook* y las evaluaciones en el lugar de trabajo (Cap. 2, §6; Cap. 6).

Periodicidad y propósito

Se realiza una vez al año –con una revisión intermedia si aparecen alertas tempranas– y determina el nivel de autonomía alcanzado frente al esperado para ese año (sección 7), orientando el plan de aprendizaje del período siguiente.

Composición del panel

Un panel integrado por el coordinador o jefe de programa, tutores de las rotaciones y al menos un evaluador externo o independiente; el residente presenta y defiende su portfolio. La independencia del panel reduce sesgos y refuerza la equidad de la decisión.

Insumos (triangulación de la evidencia)

- *E-portfolio* y *logbook* quirúrgico por rol y nivel de supervisión.
- WBA: DOPS, PBA, Mini-CEX y CBD; registro inmediato tipo SIMPL-OR.
- MSF (360°) y evaluación de habilidades no técnicas (NOTSS).
- Conocimiento: ABSITE / ABS-QE / SCORE.
- Informe de múltiples supervisores, evidencia de investigación y de actividad académica, y autoevaluación reflexiva.

Desenlaces (adaptación ARCP) (Tabla 9)

TABLA 9

Desenlace	Significado	Acción
Progresa	Alcanza los niveles esperados para el año	Avanza al año siguiente
Progresa con requisitos	Progreso global adecuado con brechas puntuales	Avanza con un plan de mejora dirigido y plazos definidos
No progresa	No alcanza los niveles esperados pese al apoyo	Refuerzo intensificado y, si corresponde, tiempo adicional en el período
Egreso anticipado/ reorientación	Sin progreso sostenido pese a las intervenciones	Reorientación de la trayectoria formativa
Logro excepcional	Supera lo esperado para el año	Puede asumir mayor responsabilidad o acelerar objetivos

La RPC pondera explícitamente las competencias no técnicas y el bienestar del residente; sus decisiones se documentan y son apelables. La transición a la práctica independiente –el "salto cuántico"– se concibe como un proceso mentorizado, no como una entrega unilateral de responsabilidad (Cap. 6, §10).

Simulación, realidad virtual y tecnologías digitales

La simulación es un pilar estructural, no un complemento: ningún residente debe participar en un procedimiento real sin haber demostrado antes el dominio en simulación (secuencia de seguridad

procedimental) (Cap. 5, §7.1). El diseño sigue la *Proficiency-Based Progression* con *bootcamps* y práctica espaciada (Cap. 4).

- Modalidades: entrenadores de caja y FLS/FES/FUSE, modelos cadavéricos y porcinos, cadáveres frescos perfundidos y cursos ASSET para cirugía abierta, realidad virtual y aumentada, impresión 3D y *video-based coaching* (Caps. 4 y 5).
- Implementación escalonada (CFIR): básico (pelvic trainers, OSATS), intermedio (LapSim, GI Mentor, 3D) y avanzado (háptica, RV inmersiva, IA) (Cap. 5, §7.2).
- Progresión digital por año: usar con seguridad (R1) → documentar (R2) → mejorar con *feedback* (R3) → enseñar y liderar (R4) (Cap. 8, §12).
- IA generativa: módulo obligatorio en R1 con verificación humana de toda salida, dentro de las zonas de confianza humano-IA y el marco de la Ley 25326 (Cap. 3).
- Se proponen una Red Nacional de Centros de Simulación y un Programa Nacional de Telementoría, articulados por la AAC, para garantizar equidad de acceso (Cap. 5, §8.2; Cap. 8).

Investigación

La investigación es un componente estructural, anclado en la Medicina y la Cirugía Basadas en Evidencia y en el marco IDEAL para evaluar innovaciones según su madurez (Cap. 10). El programa adopta un modelo mixto longitudinal + rotación dedicada (R2 y R3), con evaluación por guías metodológicas (CONSORT, STROBE, PRISMA) y bibliometría/*altmetrics* (Cap. 10, Tablas 2 y 3).

Se exige el cumplimiento de los criterios ICMJE de autoría, el prerregistro, la aprobación por comité de ética y la declaración de conflictos (Cap. 10, §7). El "Proyecto Jefatura Académico" y las Olimpíadas Académicas del Hospital Italiano ilustran cómo transitar de una investigación obligatoria a una motivada.

Seguridad del paciente y habilidades no técnicas

La seguridad del paciente es inseparable de la formación. Se adoptan el modelo del "queso suizo" de Reason, las Organizaciones de Alta Confiabilidad, la *Just Culture* y la seguridad psicológica (Cap. 7, §3), con herramientas operativas: *checklist* quirúrgica de la OMS, NSQIP, análisis de causa raíz y *Crisis Resource Management*. La estrategia preventiva se calibra por etapa: error técnico (R1), vulnerabilidad cognitiva (R2-R3) y liderazgo/transición (R4) (Cap. 7).

Las habilidades no técnicas se estructuran con el modelo NOTSS y sus cuatro dominios –conciencia situacional, toma de decisiones, comunicación-liderazgo y autocontrol– (Cap. 9, §4.2), evaluadas con MSF y consolidadas mediante simulación con *debriefing*. La mentoría, el *sponsorship* y la diversidad se asumen como estrategias a la vez éticas y de seguridad (Cap. 9, §11).

Integración del Relato AAC 2026 por capítulo

Cada capítulo del relato queda incorporado y referenciado en el programa. La trazabilidad completa (elemento → ubicación) está en las hojas "Relato → Programa" y "Marcos e Instrumentos" del libro de cálculo (Tabla 10).

TABLA 10

Cap.	Aporte principal	Dónde se incorpora
1	Historia, modelo halstediano, contexto argentino	Marco · niveles I→IV · perfil del egresado
2	CBME, EPA, escalas de confianza, hoja de ruta AR	Planificación · supervisión · RPC
3	IA: zonas de confianza, 7 competencias	Área 6 · módulo R1 · progresión TIC
4	Simulación: FLS, PBP, *bootcamps,* caso HIBA	Simulación · enseñanza
5	Realidad virtual, secuencia de seguridad, 3 niveles	Progresión TIC · simulación
6	Pirámide de Miller, arsenal WBA, transición	Evaluación · enseñanza · RPC
7	Seguridad del paciente, *Just Culture*, *checklist* OMS	Área 4 · ateneo M&M · seguridad
8	TIC, *e-portfolio*, progresión digital por año	*Logbook* · portfolio · progresión TIC
9	HNT; NOTSS; mentoría y diversidad	Enseñanza · MSF · RPC
10	Investigación, IDEAL, 6 modelos, ética ICMJE	Sección 13 · rotación R2-R3
11	Robótica, GEARS, resiliencia técnica	Logbook robótico · Área 2

Requisitos de certificación

- Aprobar cada uno de los cuatro años (RPC anual satisfactoria).
- DOPS/PBA satisfactorios en todos los procedimientos índice.
- Aprobar el examen teórico-práctico oral integrador.
- Trabajo de investigación presentado en congreso o enviado a revista.
- *E-portfolio* completo R1→R4 con autonomía progresiva (≥ 5 áreas en Nivel III-IV).

Bases curriculares de la especialidad (Marco de Referencia, Ministerio de Salud)

Se reproduce el punto II.2 del Marco de Referencia – Especialidad Cirugía General: los bloques propios de la especialidad, con sus contenidos de clínica quirúrgica y de técnicas, ordenados por aparato. En todos los casos, el abordaje de cada tema incluye las complicaciones intraoperatorias y posoperatorias, clínicas y quirúrgicas. Las técnicas señaladas con asterisco (*) son excepcionales o no habitualmente realizadas por el cirujano general en formación. Los bloques transversales 1 a 3 se desarrollan en las secciones 1-14; aquí se reproducen los bloques propios de la especialidad (4 a 18).

Bloque 4 — Afecciones del aparato digestivo (tabla 11)

TABLA 11

Órgano / área	Clínica quirúrgica	Técnicas
Esófago	Métodos de estudio de la función esofágica. Reflujo gastroesofágico. Hernias hiatales. Esofagitis. Esófago de Barrett. Lesión por agentes químicos. Patología por cuerpo extraño. Acalasia y otros trastornos de la motilidad. Divertículos esofágicos. Perforación esofágica. Fístula traqueoesofágica. Tumores benignos. Cáncer de esófago. Cáncer de cardias. Síndrome de Mallory-Weiss.	Endoscopia digestiva alta*. Esofagostomía cervical. Esofagorrafia con parche biologic y sin él. Abordaje del esófago mediastinal y drenaje de mediastinitis. Cirugía antirreflujo*. Esofagectomía con toracotomía* y sin ella.
Estómago y duodeno	Enfermedad úlcero-péptica. Úlcera perforada (incl. en paciente crítico). Vólvulos gástricos. Hemorragia digestiva alta. Bezoares. Cáncer gástrico. GIST. Linfomas. Fístulas duodenales. Traumatismos gastroduodenales. Cirugía bariátrica. Síndrome posgastrectomía.	Gastrostomía (quirúrgica, endoscópica, percutánea). Gastrorrafia. Hemostasia directa de úlcera sangrante. Vaguectomía. Piloroplastia. Gastroenteroanastomosis. Exclusión duodenal. Gastrectomía subtotal. Gastrectomía total*. Gastrectomías atípicas*.
Intestino delgado	Obstrucción intestinal. Enfermedad inflamatoria intestinal. Hemorragia digestiva de origen en intestino delgado. Tumores. Divertículos. Isquemia intestinal. Traumatismos. Fístulas intestinales. Insuficiencia intestinal. Trasplante.	Enterotomía. Enterectomía. Yeyunostomía. Ileostomía. Enterorrafia. Enterolisis. Devolvulación intestinal. Anastomosis enteroentérica.
Colon, recto y ano	Apendicitis aguda. Plastrón apendicular. Enfermedad diverticular. Enfermedad inflamatoria. Colitis. Obstrucción colónica. Pseudoobstrucción intestinal. Hemorragia digestiva colorrectal. Vólvulos de colon. Pólipos colorrectales. Síndromes de poliposis familiar. Traumatismos colónicos. Cáncer colorrectal. Prolapso rectal. Constipación. Megacolon.	Anoscopia. Rectosigmoideoscopia. Colonoscopia*. Apendicectomía (convencional, laparoscópica). Colostomías. Cecostomía. Colectomías total y segmentarias. Resección alta de recto. Colorrafia. Reconstrucciones del tránsito intestinal. Resecciones transanales*. Amputación abdominoperineal*. Descensos colónicos*. Cirugía del prolapso rectal*. Resecciones bajas del recto*.
Patología anal y perianal	Hemorroides. Fisura anal. Absceso y fístula anal. Condilomas. Seno pilonidal. Traumatismos anorrectales. Incontinencia. Celulitis perineal.	Hemorroidectomía y ligadura con banda. Resección de quiste pilonidal. Esfinterotomía anal interna. Drenaje de absceso perianal. Fistulotomía y fistulectomía perianal. Desbridamiento perineal. Anoplastias*. Reconstrucción del esfínter y perineales*.
Hígado	Traumatismo. Absceso. Insuficiencia hepática aguda. Hepatopatías metabólicas e infecciosas. Cirrosis. Hipertensión portal. Tumores primarios y secundarios. Quistes hepáticos.	Control del daño en trauma hepático. Sutura hepática. Resecciones atípicas. Drenaje percutáneo y convencional de abscesos y colecciones. Destechamiento quístico. Hepatectomías*. Quistectomías*. Cirugía de la hidatidosis hepática*.
Vía biliar	Litiasis vesicular y de la vía biliar. Síndrome de colestasis. Colecistitis y colangitis. Quistes del colédoco. Tumores de la vía biliar. Estenosis benigna. Fístulas biliares. Lesión quirúrgica de vía biliar. Traumatismos.	Colecistostomía percutánea y convencional. Colecistectomía. Exploración de vía biliar. Drenaje de la vía biliar. Coledocoduodeno y hepaticoyeyuno anastomosis. Papiloesfinteroplastia. Anastomosis biliodigestivas complejas*. Resecciones de la vía biliar*.
Páncreas	Malformaciones congénitas. Pancreatitis aguda y complicaciones. Pancreatitis crónica. Tumores de páncreas y periampulares. Traumatismos. Insuficiencia pancreática.	Drenaje de absceso pancreático (percutáneo, convencional). Necrosectomía pancreática. Pancreatectomía distal. Anastomosis quistodigestivas. Anastomosis pancreato-digestivas*. Pancreatectomía total*. Ampulectomía*. Duodenopancreatectomía*.
Bazo	Traumatismos esplénicos. Hemopatías con compromiso esplénico. Tumores esplénicos. Abscesos esplénicos.	Esplenorrafia. Drenaje esplénico percutáneo. Esplenectomía. Esplenectomías parciales*.

Bloque 5 — Afecciones de la pared abdominal (Tabla 12)

■ TABLA 12

Clínica quirúrgica	Técnicas
Procesos inflamatorios y/o infecciosos. Abscesos. Celulitis. Defectos parietales: hernias, eventraciones y manejo del abdomen abierto. Tumores. Traumatismos.	Drenaje de abscesos. Plásticas parietales (hernias y eventraciones con prótesis y sin ella). Técnicas de separación de componentes*. Resección de tumores de pared. Abdominoplastias*. Colgajos*.

Bloque 6 — Afecciones de la cabeza y el cuello (Tabla 13)

■ TABLA 13

Clínica quirúrgica	Técnicas
Manejo de la vía aérea superior. Planificación de incisiones cervicales. Quiste tirogloso. Nódulo tiroideo. Cáncer de tiroides. Sialadenitis submaxilar. Tumores de glándulas salivales. Tumores laterales de cuello. Abscesos cervicales. Cáncer de la vía aerodigestiva superior. Hiperparatiroidismo primario y secundario. Trauma facial y cervical.	Intubación oro/nasotraqueal. Cricotiroideotomía. Traqueostomía quirúrgica y percutánea. Cierre plástico de heridas. Resección de quiste tirogloso. Lobectomía tiroidea y tiroidectomía total. Parotidectomía y submaxilectomía*. Biopsia de ganglios cervicales. Resección de quiste branquial. Drenaje de abscesos cervicales. Resecciones oncológicas y vaciamientos de cuello*. Plásticas de reconstrucción*. Paratiroidectomía subtotal o total*.

Bloque 7 — Afecciones de piel y partes blandas (Tabla 14)

■ TABLA 14

Clínica quirúrgica	Técnicas
Lesiones benignas de piel. Lipomas y quistes sebáceos. Carcinoma basocelular y espinocelular. Melanoma. Heridas (seguimiento y cuidados). Cicatrización hipertrófica y queloides. Quemaduras. Úlceras. Picaduras y mordeduras. Granuloma por cuerpo extraño. Infecciones de partes blandas localizadas o extendidas.	Biopsia incisional y escisional. Exéresis de lipomas y quistes sebáceos. Técnicas atraumáticas de reconstrucción cutánea. Sutura subdérmica, intradérmica y cutánea. Escarotomía y escarectomía. Drenajes de abscesos. Resección ampliada con injertos y colgajos*.

Bloque 8 — Afecciones del retroperitoneo y del sistema urinario (Tabla 15)

■ TABLA 15

Clínica quirúrgica	Técnicas
Hematomas retroperitoneales. Retroperitonitis. Perinefritis. Abscesos retroperitoneales. Obstrucción de vía urinaria excretora. Tumores del retroperitoneo y suprarrenales. Traumatismos renales y de la vía urinaria.	Drenaje de retroperitonitis. Drenaje de colecciones retroperitoneales (percutáneo y otros). Nefrectomía de urgencia, parcial y total. Ostomías del aparato urinario. Reparaciones de la vía urinaria en urgencias. Suprarrenalectomía*. Resección de tumores*.

Bloque 9 — Afecciones del peritoneo (Tabla 16)

■ TABLA 16

Clínica quirúrgica	Técnicas
Peritonitis primaria, secundaria y terciaria. Peritonitis plástica. Tuberculosis peritoneal. Peritonitis en diálisis peritoneal. Abscesos intraperitoneales. Quistes y tumores peritoneales. Carcinomatosis. Ascitis.	Abdominocentesis. Culdocentesis. Lavado diagnóstico. Drenajes percutáneos. Drenajes de peritonitis. Laparotomía y laparoscopía exploradora. Peritonectomía*. Quimioterapia hipertérmica*.

Bloque 10 — Afecciones del sistema vascular (Tabla 17)

■ TABLA 17

Clínica quirúrgica	Técnicas
Aneurisma de aorta (complicado y no complicado). Obstrucción arterial aguda (manejo clínico, anticoagulación). Accesos vasculares y fístulas arteriovenosas. Insuficiencia venosa aguda y crónica. Trombosis venosa profunda. Trauma vascular.	Vías de abordaje y técnicas de clampeo (pinzamiento) de grandes vasos. Anastomosis y suturas vasculares. Parches y puentes venosos y protésicos*. Accesos vasculares por punción y disección, centrales y periféricos. Obtención de venas para puentes. Safenectomía.

Bloque 11 — Afecciones del tórax (Tabla 18)

■ TABLA 18

Clínica quirúrgica	Técnicas
Dolor en cirugía torácica. Manejo del espacio pleural. Neumotórax, hemotórax, derrame y empiema pleural. Hernias diafragmáticas. Derrame pericárdico. Estenosis traqueal. Obstrucción y traumatismo de tráquea. Traumatismo torácico. Tumores pulmonares, mediastínicos y pleurales. Quiste hidatídico pulmonar. Patología de la pared torácica.	Bloqueo de los nervios intercostales. Drenajes pleurales por disección y punción. Pleurodesis. Videotoracoscopia. Toracotomías y esternotomías. Decorticación y toilette pleural*. Pericardiocentesis. Ventanas pericardioperitoneal y pericardiopleural*. Avenamiento pericárdico subxifoideo. Suturas pulmonares y bronquiales. Control del daño: *packing*, tractotomía. Suturas cardíacas.

Bloque 12 — Afecciones del sistema urinario (Tabla 19)

■ TABLA 19

Clínica quirúrgica	Técnicas
Escroto agudo. Torsión testicular. Hidrocele. Retención urinaria. Lesiones uretrales y vesicales. Gangrena perineal y genital. Traumatismo de uretra.	Cateterismo. Cistorrafias. Ostomías. Vasectomía. Orquiectomía. Nefrectomía. Nefrectomía parcial*. Sutura de uréteres*.

Bloque 13 — Afecciones del aparato genital femenino (Tabla 20)

■ TABLA 20

Clínica quirúrgica	Técnicas
Embarazo ectópico. Quiste de ovario complicado. Enfermedad inflamatoria pelviana. Perforación uterina. Rotura uterina. Procesos infecciosos uterinos. Traumatismos perineales.	Salpingostomía y salpinguectomía. Quistectomía. Ooforectomía. Anexectomía. Histerectomía total y subtotal*. Anexohisterectomía con linfadenectomía*.

Bloque 14 — Patologías pediátricas quirúrgicas (Tabla 21)

■ TABLA 21

Clínica quirúrgica	Técnicas
Patología quirúrgica prevalente en el niño. Presentación clínica de la patología aguda. Anestesia en el paciente pediátrico. Diagnóstico por imágenes en el paciente pediátrico quirúrgico.	Hernioplastias. Piloromiotomía. Resección intestinal. Apendicectomía. Resección de divertículo de Meckel. Drenaje pleural. Vías de acceso vascular y respiratorias.

Bloque 15 — El paciente traumatizado (Tabla 22)

■ TABLA 22

Clínica quirúrgica	Técnicas
Traumatismos maxilofacial, cervical, torácico, abdominal, de pelvis y extremidades. Traumas cerrados y penetrantes. Quemaduras y atención del paciente quemado. Lesiones por frío y congelamiento.	Atención inicial del paciente traumatizado. Control del daño.

Bloque 16 — Intervenciones en situaciones de trasplante (Tabla 23)

■ TABLA 23

Clínica quirúrgica	Técnicas
Ley 24193 y modificatorias. Trabajo en equipo para la procuración. Técnicas de procuración y trasplante. Diagnóstico de muerte. Inmunosupresión. Trasplante renal, hepático, intestinal, renopancreático y pulmonar.	Procuración renal. Procuración de córnea.

Bloque 17 — Manejo no operatorio del paciente quirúrgico

Manejo integral del paciente quirúrgico: prevención y tratamiento de infecciones, homeostasis y medio interno, hemostasia, tratamiento del dolor, nutrición en cirugía. Situaciones especiales: embarazo, paciente crítico, añoso, oncológico, inmunodeprimido; comorbilidades. Reposo, autonomía, cuidado y confort. Evaluación de riesgo quirúrgico y niveles de complejidad. Comunicación con el paciente y su familia; información y consentimiento informado. Historia clínica del paciente quirúrgico o potencialmente quirúrgico. Otros procedimientos no quirúrgicos: traslados, interconsultas.

Bloque 18 — Gestión

Escenario de la cirugía: el quirófano y su organización, *checklist* quirúrgica, planificación, manejo de agenda y evaluación. El error en cirugía. Equipo quirúrgico: especificidades del trabajo en equipo y conducción del equipo quirúrgico. Registros en cirugía: partes quirúrgicos e historia clínica quirúrgica, epicrisis, referencia y contrarreferencia; otros registros del paciente y de la gestión de quirófano.

Rotaciones obligatorias y carga horaria (punto III del Marco de Referencia)

Las rotaciones obligatorias se definen por áreas de intervención (no por servicio); su duración debe permitir adquirir las competencias y se evalúan a su finalización:

- Áreas de cuidados intensivos
- Vascular periférico
- Tórax
- Urología
- Ginecología
- Cabeza y cuello
- Cirugía del sistema arterial periférico
- Urgencias/Trauma
- Ecografía y/o procedimientos percutáneos guiados por imágenes
- Rotación electiva (opción libre dentro de un marco preestablecido; se sugiere: cirugía pediátrica, trasplantes, endoscopia, cirugía reparadora y quemados)

Carga horaria (III.1): duración mínima de cuatro años; 48 horas semanales teórico-asistenciales más hasta dos guardias semanales (separadas por ≥ 24 h, con descanso posguardia ≥ 6 h). Distribución estimada del tiempo: 70% asistencial, 20% actividades teórico-prácticas, 5% gestión y 5% investigación clínica.

Referencias — Relato AAC 2026 "Educación quirúrgica en el siglo XXI"

- Cap. 1 — Historia de las residencias quirúrgicas. Palavecino M, Dietrich A.
- Cap. 2 — Aprendizaje basado en competencias en la formación de residentes de Cirugía. Badra R, Cassone EJ.
- Cap. 3 — Inteligencia artificial en la educación quirúrgica. Cassone EJ, Badra R.
- Cap. 4 — Simulación en la formación de cirujanos. Palavecino M, Dietrich A.
- Cap. 5 — Realidad virtual en la educación quirúrgica. Badra R, Cassone EJ.
- Cap. 6 — Evaluación en la educación del cirujano. Badra R, Palavecino M.
- Cap. 7 — Seguridad del paciente y educación quirúrgica en residencias de Cirugía General. Dietrich A, Badra R, Palavecino M.
- Cap. 8 — Impacto de las TIC y la Telemedicina en la formación de residentes de Cirugía General. Cassone EJ, Badra R.
- Cap. 9 — Desarrollo de las habilidades no técnicas en la educación quirúrgica del siglo XXI. Badra R, Palavecino M, Cassone EJ.
- Cap. 10 — Investigación en las residencias de Cirugía. Dietrich A, Palavecino M.
- Cap. 11 — Robótica y residencia de Cirugía General. Dietrich A, Palavecino M.

Documentos de base: Marco de Referencia para la Formación en Residencias Médicas – Especialidad Cirugía General (Ministerio de Salud de la Nación; bases reproducidas en la sección 17); Diagnóstico nacional de Ortiz –87.º Congreso AAC; *ISCP General Surgery Curriculum 2021*; Programa de Residencia en Cirugía General del Hospital Italiano de Buenos Aires; American Board of Surgery –18 EPA de Cirugía General (absurgery.org).

Glosario (Tabla 24)

■ TABLA 24

Sigla	Significado
R1–R4	Año de residencia (de primero a cuarto).
Niveles I–IV	Grados de autonomía supervisada: I observa; II-a directa continua; II-b directa intermitente; III indirecta (tutor consultable); IV independiente y supervisa a otros.
AAC	Asociación Argentina de Cirugía (Relato 2026).
ABS	American Board of Surgery: organismo certificador de cirujanos (EE. UU.); con SIMPL impulsó las EPA.
ABSITE	*American Board of Surgery In-Training Examination*: examen anual de conocimientos.
ABS-QE	*ABS Qualifying Examination:* examen escrito de certificación.
ARCP	*Annual Review of Competence Progression:* revisión anual de competencias (modelo del RPC).
ASSET	*Advanced Surgical Skills for Exposure in Trauma*: curso de exposición quirúrgica en trauma.
ATLS	*Advanced Trauma Life Support*: soporte vital avanzado en trauma.
CanMEDS	Marco de roles del médico (Canadá); base del perfil del egresado.
CBD	*Case-Based Discussion:* discusión basada en casos.
CBME	*Competency-Based Medical Education:* educación/aprendizaje basado en competencias.
CEX/Mini-CEX	(Mini) *Clinical Evaluation Exercise:* evaluación de un encuentro clínico.
CFIR	*Consolidated Framework for Implementation Research*: marco de implementación.
CiP	*Capabilities in Practice:* capacidades en la práctica (ISCP).
Clavien-Dindo	Clasificación de complicaciones quirúrgicas por gravedad.
CONSORT	Estándar de informe de ensayos clínicos aleatorizados.
CRM	*Crisis Resource Management*: gestión de recursos en crisis.
DOPS	*Direct Observation of Procedural Skills:* observación de un procedimiento (ítems 1-4).
EGD	Esófago-gastro-duodenal (sector/cirugía).
EPA	*Entrustable Professional Activities:* Actividades Profesionales para Confiar.
ERAS	*Enhanced Recovery After Surgery:* recuperación acelerada posquirúrgica.
FES	*Fundamentals of Endoscopic Surgery.*
FLS	*Fundamentals of Laparoscopic Surgery.*
FUSE	*Fundamentals of Use of Surgical Energy.*
GEARS	*Global Evaluative Assessment of Robotic Skills.*
GIST	Tumor del estroma gastrointestinal.
GOALS	*Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills* (5 dominios; 5-25).
HCE	Historia Clínica Electrónica.
HIBA / IUHIBA	Hospital Italiano de Buenos Aires/su Instituto Universitario.
HNT	Habilidades no técnicas.
HPB	Cirugía hepatobiliopancreática (hepato-pancreato-biliar).
HRO	*High Reliability Organizations*: organizaciones de alta confiabilidad.
IA	Inteligencia artificial.
ICMJE	*International Committee of Medical Journal Editors:* criterios de autoría.
IDEAL	*Marco de evaluación de innovaciones quirúrgicas (Idea, Development, Exploration, Assessment, Long-term study).*
ISCP	*Intercollegiate Surgical Curriculum Programme* (RU/Irlanda); *General Surgery Curriculum 2021*.
Ley 24193	Ley argentina de trasplante de órganos.
Ley 25326	Ley argentina de protección de datos personales.
M&M	Morbimortalidad (ateneo de).
MBE	Medicina basada en evidencia.
MSF	*Multi-Source Feedback*: evaluación 360°.
NOTSS	*Non-Technical Skills for Surgeons:* conciencia situacional, decisiones, comunicación-liderazgo y autocontrol.
NSQIP	*National Surgical Quality Improvement Program.*
OMS	Organización Mundial de la Salud (*checklist* quirúrgica).
OSATS	*Objective Structured Assessment of Technical Skills* (7 ítems 1-5; 7-35).
PBA	*Procedure/Proficiency-Based Assessment:* preparación, técnica, juicio y complicaciones.
PBP	*Proficiency-Based Progression:* progresión basada en el dominio.
PECTU	Programa de Entrenamiento en Cirugía de Trauma y Urgencias (AAC).
PGY	*Post-Graduate Year:* año de posgrado (EE. UU.).
PRISMA	Estándar de informe de revisiones sistemáticas y metanálisis.
RA / RV	Realidad aumentada / Realidad virtual.
RPC	Revisión anual de Progresión (de Competencias): adaptación del ARCP.
SCORE	*Surgical Council on Resident Education:* currículo y banco de contenidos.
SIMPL	*Society for Improving Medical Professional Learning:* consorcio y app de evaluación.
SIMPL-OR	Módulo de SIMPL para quirófano: registro inmediato (nivel de supervisión y complejidad).
STROBE	Estándar de informe de estudios observacionales.
TIC	Tecnologías de la información y la comunicación.
UNCuyo	Universidad Nacional de Cuyo (Mendoza).
VCC	Videocolonoscopia.
VEDA	Videoendoscopia digestiva alta.
WBA	*Workplace-Based Assessment:* evaluación en el lugar de trabajo.

Resultado esperado: al finalizar, el egresado debe poder decidir si operar, elegir la estrategia, ejecutar los pasos críticos, anticipar el punto de falla, diagnosticar la complicación tempranamente y activar el rescate correcto, con autonomía confiable y conducta profesional.

14. Diagnóstico de situación de la educación quirúrgica en la Argentina. Resultados de la encuesta nacional

Martín Palavecino, Roberto Badra, Agustín Dietrich, Eduardo J.Cassone

"El objetivo ya no es formar residentes que hayan pasado por la residencia, sino cirujanos que hayan demostrado de modo confiable estar preparados para ejercer con competencia, juicio y humanidad."
Los Relatores

RESUMEN

Los capítulos previos del Relato han recorrido, en clave conceptual y comparada, los grandes ejes que definen la formación del cirujano del siglo XXI: la historia de las residencias, el aprendizaje por competencias, la inteligencia artificial, la simulación y la realidad virtual, la evaluación, la seguridad del paciente, las tecnologías de la información y la comunicación, las habilidades no técnicas, la investigación, la cirugía robótica, las perspectivas internacionales y el marco curricular propuesto. Este capítulo cierra la obra con una mirada empírica sobre la realidad argentina: los resultados de una encuesta nacional respondida por 79 directores y jefes de programa de residencias de Cirugía General distribuidos en todas las regiones del país. La estructura del cuestionario sigue el orden temático del Relato, de modo que cada sección ofrece la fotografía de campo de aquello que los capítulos previos analizan desde la teoría y la evidencia internacional. El resultado es un mapa de fortalezas, brechas y prioridades que permite a la Asociación Argentina de Cirugía disponer, por primera vez, de una línea de base cuantitativa para orientar sus decisiones de política formativa.

Palabras clave: *educación quirúrgica, residencia de Cirugía General, Argentina, encuesta, competencias, simulación, inteligencia artificial, evaluación, seguridad del paciente, investigación, robótica.*

Introducción

La distancia entre lo que un sistema formativo declara ser y lo que efectivamente ofrece a sus aprendices es un fenómeno universal, pero rara vez se lo mide con rigor. En cirugía, donde la seguridad del paciente depende directamente de la calidad de la formación recibida, esa distancia deja de ser un problema académico y se convierte en una cuestión ética. Los capítulos precedentes han descripto el estado del arte internacional en las principales dimensiones de la educación quirúrgica; corresponde ahora contrastar ese marco con la realidad del país, tal como la relatan quienes conducen los programas de residencia en todo el territorio.

Esta encuesta –diseñada por los relatores y distribuida durante junio de 2026 a través de información provista de la base de datos de residencias de la Asociación Argentina de Cirugía (AAC)– se propuso relevar la situación actual de la formación quirúrgica en la Argentina siguiendo los principales ejes temáticos que estructuran esta obra. El objetivo no fue producir una estadística exhaustiva ni una investigación sociológica en sentido estricto, sino generar la primera línea de base cuantitativa que permita, a la Asociación Argentina de Cirugía y a los responsables de los programas, identificar las brechas más urgentes y priorizar la agenda de reforma.

Los datos que siguen deben leerse con esa clave: son el testimonio de quienes hoy conducen las residencias, con sus percepciones, sus recursos y sus limitaciones. Su valor reside menos en la precisión estadística de cada porcentaje que en la nitidez del mapa que dibujan cuando se los mira en conjunto.

Método

Se diseñó un cuestionario estructurado con 33 preguntas organizadas en once secciones que replican el orden temático del Relato: datos del programa, historia y modelo de residencia, aprendizaje basado en competencias, inteligencia artificial, simulación, evaluación, seguridad del paciente, TICs y telemedicina, habilidades no técnicas y bienestar, investigación y cirugía robótica. Se combinaron preguntas de opción única, selección múltiple y escalas Likert de cinco puntos (1 = totalmente en desacuerdo, 5 = totalmente de acuerdo).

La encuesta fue implementada en Google Forms®, con acceso libre y confidencialidad garantizada. La difusión se realizó a través de la Asociación Argentina de Cirugía y sus filiales regionales, dirigida específicamente a directores de programa, jefes de servicio y jefes de residentes de programas de Cirugía General acreditados por la AAC, universidades nacionales o autoridades sanitarias provinciales. El período de

recolección abarcó las dos primeras semanas de junio de 2026.

Se obtuvieron 79 respuestas válidas provenientes de las siete regiones sanitarias del país. El análisis fue descriptivo, con informe de frecuencias absolutas y relativas para variables categóricas y de media, mediana y desvío estándar para las escalas Likert. La agrupación de respuestas Likert 4-5 ('acuerda') y 1-2 ('desacuerda') se utilizó para facilitar la interpretación operativa. El presente capítulo presenta los hallazgos organizados siguiendo el mismo orden temático de los capítulos previos, de modo que cada eje del Relato encuentra en esta sección su contraparte empírica.

Perfil de la muestra

Se relevaron 79 programas de residencia de Cirugía General distribuidos en las siete regiones del país. La región Centro (Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos y La Pampa) concentró el mayor volumen de respuestas (28; 35%), seguida por provincia de Buenos Aires (16; 20%) y CABA (12; 15%). El NOA aportó 9 respuestas y Cuyo otras 9; la Patagonia y el NEA quedaron subrepresentados con 2 y 3 programas, respectivamente, reflejando la propia densidad relativa de programas quirúrgicos en cada región.

El tipo de institución fue mayoritariamente pública (38; 48%) o privada (31; 39%), con presencia minoritaria de programas universitarios (5), mixtos (4) y de obras sociales (1). La duración estándar del programa es de cuatro años en el 89% de los casos, con una minoría que informa cinco años (4%) o tres años (5%). El tamaño más frecuente es de 6 a 10 residentes por programa (56%), seguido por programas pequeños de 1 a 5 residentes (20%) y medianos de 11 a 20 (20%).

La acreditación del programa muestra una realidad heterogénea: el 47% declara contar con acreditación nacional o provincial, el 44% con acreditación de la AAC y el 41 % con acreditación universitaria, con superposiciones frecuentes. Un 6% se encuentra en proceso de acreditación y un 11% declara no estar acreditado. Este dato constituye ya, por sí mismo, un primer diagnóstico: uno de cada nueve programas encuestados opera hoy fuera de todo esquema formal de acreditación, lo que constituye un problema estructural que ninguna reforma pedagógica puede resolver por sí sola (tabla 1).

TABLA 1

Distribución regional, institucional y estructural de los programas encuestados (N = 79)

Categoría	n	%
Región		
Centro (Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos, La Pampa)	28	35
Provincia de Buenos Aires	16	20
CABA	12	15
NOA	9	11
Cuyo	9	11
NEA	3	4
Patagonia	2	3
Tipo de institución		
Pública	38	48
Privada	31	39
Universitaria	5	6
Mixta	4	5
Obra social/mutual	1	1
Duración del programa		
4 años	70	89
3 años	4	5
5 años	3	4
Residentes por programa		
6-10	44	56
1-5	16	20
11-20	16	20
Más de 20	3	4
Acreditación (selección múltiple)		
Nacional/provincial	37	47
AAC	35	44
Universitaria	32	41
En proceso	5	6
No acreditado	9	11

Historia y modelo formativo: la vigencia del paradigma halstediano

El Capítulo 1 mostró que la residencia argentina se construyó, a lo largo del siglo XX, sobre las bases del modelo halstediano de exposición prolongada, responsabilidad escalonada y supervisión progresiva. La encuesta confirma que ese modelo continúa siendo la matriz operativa de la formación en el país. Ante la afirmación de que "el modelo formativo de mi programa sigue basándose principalmente en la exposición prolongada al servicio y la repetición supervisada", 54% de los encuestados acordaron o acordaron totalmente (Likert 4-5), frente a apenas 10% que se manifestaron en desacuerdo (media 3,64/5; DE 1.12).

La percepción sobre la evolución del modelo en los últimos diez años es matizada: 43 programas (54%) declaran estar "en transición hacia un modelo por competencias", 19 (24%) ya se consideran reformados, mientras que 13 (16%) reconoce que el suyo "sigue siendo esencialmente tradicional" y otros 4 no perciben cambios significativos. La lectura conjunta es elocuente: ocho de cada diez programas reconocen algún grado de movimiento hacia el paradigma de competencias, pero apenas uno de cada cuatro se considera plenamente reformado.

Al identificar los principales desafíos heredados del modelo tradicional, los encuestados priorizan la heterogeneidad en la calidad de la enseñanza (45 respuestas; 57%) por encima de la sobrecarga asistencial (33; 42%), la falta de estandarización entre servicios (27; 34%) y la reducción de la exposición en quirófano (26; 33%). Este ordenamiento es en sí mismo un hallazgo: los propios responsables de programa identifican como principal problema la falta de estándares comunes –una cuestión de política formativa– antes que las variables asistenciales o de exposición, tradicionalmente esgrimidas como principales limitantes (Fig. 1).

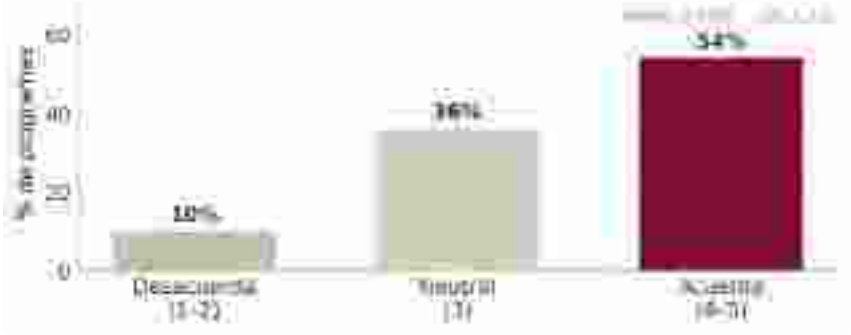
Aprendizaje basado en competencias: adopción parcial, docentes por formar

El Capítulo 2 desarrolló el aprendizaje basado en competencias y las Actividades Profesionales Confiables como núcleo del paradigma contemporáneo. La encuesta muestra que la CBME es hoy más una aspiración que una realidad implementada en el país: solo el 14% declara haber incorporado formalmente el modelo, mientras que el 46% lo tiene "parcialmente implementado", el 23% en planificación y el 18% directamente no lo ha adoptado.

La situación con las Actividades Profesionales Confiables (EPAs) es aún más incipiente: solo 15 programas (19%) las utilizan de manera formal para evaluar la progresión de sus residentes, mientras que 31 (39%) lo hace de modo informal, 21 (27%) las conoce pero no las emplea y 12 (15%) declara desconocerlas. En conjunto, dos de cada cinco directores encuestados admiten operar sin ningún marco de EPAs, y uno de cada seis ni siquiera conoce el concepto.

El dato quizá más elocuente es la autopercepción sobre la preparación docente. Ante la afirmación "los docentes de mi servicio están capacitados y familiarizados con el marco de competencias y EPAs", la media se ubicó en 2,80/5 (DE 1,13): apenas el 18% acordó, mientras que el 35% se manifestó en desacuerdo. Esta brecha docente –una discordancia entre las aspiraciones curriculares y la preparación real de los formadores–constituye el cuello de botella más nítido que emerge del relevamiento. Ninguna reforma por competencias es viable sin resolverla.

■ FIGURA 1



Distribución de acuerdo/desacuerdo con la vigencia del modelo halstediano en la formación quirúrgica argentina (escala 1-5, N = 79)

Inteligencia artificial: expectativa alta, uso incipiente, capacitación ausente

El Capítulo 3 mostró que la inteligencia artificial (IA) ha dejado de ser una promesa lejana para convertirse en un componente creciente de la educación quirúrgica internacional. En la Argentina, la encuesta describe un paisaje de fuerte expectativa acompañada de baja implementación: apenas el 10% declara utilizar herramientas de IA de forma sistemática en la formación de sus residentes, frente a un 43% que lo hace ocasionalmente, un 34% que no las usa pero manifiesta interés y un 13% que directamente no ha considerado su incorporación.

El contraste con la expectativa es marcado. Ante la afirmación "considero que la IA tendrá un impacto positivo en la educación quirúrgica en los próximos cinco años", la media alcanzó 4,32/5 (DE 0,97), con el 78% de acuerdo y apenas el 5% en desacuerdo. El 59% (47/79) manifestó su acuerdo máximo (Likert 5). Se trata de la valoración más entusiasta que arrojó toda la encuesta.

Las barreras identificadas para la incorporación de IA ordenan con claridad la agenda: la falta de capacitación docente encabeza la lista con 48 respuestas (61%), seguida por la falta de infraestructura tecnológica (37; 47%) y la ausencia de marco regulatorio (32; 41%). El costo, tradicionalmente citado como principal obstáculo, aparece en el fondo del ranking con solo 16 menciones. La lectura combinada de estos datos con los del apartado anterior refuerza la conclusión: la brecha docente es hoy el principal freno a la modernización curricular, no la infraestructura ni el financiamiento (Fig. 2).

Simulación quirúrgica: infraestructura instalada, integración desigual

El Capítulo 4 documentó cómo la simulación se ha consolidado en el ámbito internacional como pilar estructural de la formación. La encuesta muestra que la Argentina ha avanzado significativamente en este eje: el 62% de los programas cuenta con un centro de simulación propio y el 25% accede a uno compartido o por convenio, de modo que casi nueve de cada diez programas (87%) declaran algún tipo de acceso a infraestructura de simulación.

Las modalidades utilizadas dibujan, sin embargo, un perfil aún tradicional: los entrenadores de caja y el programa FLS son universales (78/79 programas), los modelos biológicos –ex vivo, animales o cadavéricos– alcanzan al 32%, mientras que las modalidades avanzadas siguen siendo minoritarias: impresión 3D (13%), simulación robótica (6%) y realidad virtual o aumentada (5%). La realidad virtual –desarrollada en profundidad en el Capítulo 5 como pilar de un nuevo paradigma formativo–tiene, en el terreno argentino, una penetración marginal.

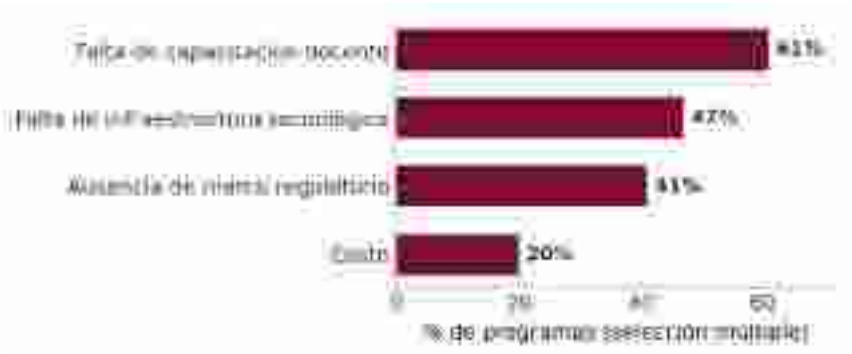
El grado de integración curricular es igualmente heterogéneo. El 54% de los programas declara tener la simulación como actividad curricular y obligatoria, mientras que el 32% la utiliza de manera esporádica o informal, el 11% la ofrece como optativa y un 3% residual no la utiliza. En síntesis: la infraestructura existe, pero la sistematización pedagógica está lejos de ser universal.

Evaluación: dominio del examen escrito, confianza limitada

El Capítulo 6 planteó que la evaluación es el eje vertebrador de la formación por competencias. La encuesta describe un panorama en el que los instrumentos tradicionales siguen predominando: el examen escrito de conocimientos es el más utilizado (58 programas; 73%), seguido por el examen anual estandarizado (53; 67 %), mientras que las herramientas específicas de habilidades técnicas como OSATS aparecen en el 43% de los programas, las evaluaciones en el lugar de trabajo (WBA, mini-CEX, DOPS) en el 39%, el portafolio en el 29% y la evaluación de competencias no técnicas en apenas el 28%.

La frecuencia de evaluaciones formales con retroalimentación estructurada es aceptable: el 44% las

■ FIGURA 2



Barreras para la incorporación de inteligencia artificial en los programas de residencia (N = 79, selección múltiple)

realiza de manera semestral, el 38% las incorpora en cada rotación, el 15% las hace anualmente y solo dos programas no las sistematizan.

El dato central de esta sección, sin embargo, es la baja confianza que los propios responsables tienen en su sistema evaluativo. Ante la afirmación "el sistema de evaluación actual de mi programa mide de forma confiable la competencia quirúrgica real del residente", la media se ubicó en 3,31/5 (DE 0,93); solo el 40% acordó, mientras que el 13% se manifestó en desacuerdo y el resto se ubicó en la zona neutral. La conjunción entre el predominio de instrumentos tradicionales y la baja confianza en su capacidad de medir competencia real describe la principal brecha del sistema evaluativo argentino: hay evaluación, pero no la que se necesita.

Seguridad del paciente: activo cultural, sistemas por consolidar

El Capítulo 7 sostuvo que la seguridad del paciente y la calidad de la formación son expresiones del mismo problema sistémico. La encuesta ofrece, en este eje, un mensaje mixto pero con un hallazgo notablemente positivo. Respecto de la formación estructurada en seguridad del paciente y cultura del error, el 46% declara ofrecerla como contenido curricular explícito y otro 46% lo hace de manera informal, mientras que solo el 9% no la incluye.

Los sistemas de informe de errores basados en cultura justa (just culture), no punitiva, están consolidados en el 43% de los programas, en desarrollo en el 23% y ausentes en el 34%. Un tercio de los programas argentinos, entonces, opera sin un sistema formal de informe no punitivo, lo que constituye una debilidad estructural para el aprendizaje del error.

Frente a ese déficit sistémico, el hallazgo más luminoso del relevamiento es la fortaleza de la seguridad psicológica percibida. Ante la afirmación "los residentes de mi programa pueden expresar dudas o reportar errores sin temor a represalias", la media alcanzó 4,53/5 (DE 0,87), con el 86% de acuerdo y solo el 4% en desacuerdo. El 72% (57/79) manifestó su acuerdo máximo. La lectura conjunta es reveladora: la cultura de nuestros servicios ha avanzado mucho más rápido que sus sistemas formales. Existe el sustrato humano –confianza, apertura, ausencia de temor a represalias" que hace posible cualquier reforma de seguridad; falta traducirlo en estructuras institucionales estables (Fig. 3).

Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y telemedicina: consolidación de lo audiovisual, brecha en infraestructura

El Capítulo 8 planteó que las tecnologías digitales dejaron de ser un accesorio para volverse columna estructural de la residencia. La encuesta confirma la instalación de dos herramientas: los ateneos y webinars virtuales, adoptados por el 94% de los programas, y el video quirúrgico grabado, presente en el 76%. Ambos son legado de la pandemia y han permeado transversalmente la formación.

Otras herramientas muestran, en cambio, una penetración limitada: plataformas e-learning o LMS en el 32% de los programas, aplicaciones móviles en el 22%, telemedicina y teleconsulta como componente formativo en el 20%. Estos porcentajes revelan que el ecosistema digital de la residencia argentina es todavía asistencial-fragmentario más que curricular-integrado.

La percepción sobre la adecuación de la infraestructura institucional (conectividad, equipamiento, plataformas) es intermedia y polarizada: la media de acuerdo con que "es adecuada para la educación quirúrgica" se ubicó en 3,46/5 (DE 1,17), con el 49% de acuerdo y el 20% en desacuerdo. Uno de cada cinco directores considera inadecuada la infraestructura digital de su institución, lo que confirma una brecha material que ninguna estrategia pedagógica puede compensar por sí sola.

■ FIGURA 3



Seguridad psicológica en la residencia quirúrgica argentina: distribución de respuestas Likert (N = 79)

Habilidades no técnicas y bienestar del residente

El Capítulo 9 recordó que una porción sustancial de los eventos adversos no nace de un mal gesto técnico sino de fallas humanas y que las habilidades no técnicas son, hoy, competencia inseparable del cirujano contemporáneo. La encuesta revela que este eje es, junto con la evaluación por competencias, la brecha más profunda del sistema formativo argentino: solo el 22% de los programas ofrece formación estructurada en habilidades no técnicas, mientras que el 53% lo hace informalmente y el 25% no la incorpora en absoluto.

El uso de instrumentos específicos como el NOTSS es todavía marginal: solo 6 programas (8%) lo aplican, 40 (51%) lo conocen pero no lo utilizan y 33 (42%) directamente lo desconocen. Es la brecha entre conocimiento y aplicación más grande que arrojó la encuesta.

Los aspectos del bienestar del residente que los programas efectivamente abordan son, en orden de prevalencia, la mentoría o tutoría (61%), el manejo del estrés y la fatiga (37%), la prevención del burnout (32%) y el apoyo psicológico (30%). Un 16 % de los programas encuestados –uno de cada seis–declara no abordar ninguno de estos aspectos, lo que constituye una alerta que interpela directamente a la política formativa de la Asociación.

Investigación: obligación sin sustento metodológico

El Capítulo 10 argumentó que la investigación clínica es un componente estructural, no accesorio, de la formación quirúrgica. En la Argentina, la exigencia formal de investigación durante la residencia es elevada: el 63% de los programas la requiere de manera obligatoria y otro 35% la recomienda, mientras que apenas un programa la declara opcional.

Sin embargo, el soporte formativo para esa exigencia es insuficiente. Solo el 42% de los programas ofrece formación estructurada en metodología de investigación y medicina basada en la evidencia; el 46% lo hace de manera parcial y el 13% directamente no la incluye. La discordancia es notable: dos de cada tres programas exigen investigación como requisito de graduación pero menos de la mitad garantiza una formación metodológica completa para producirla.

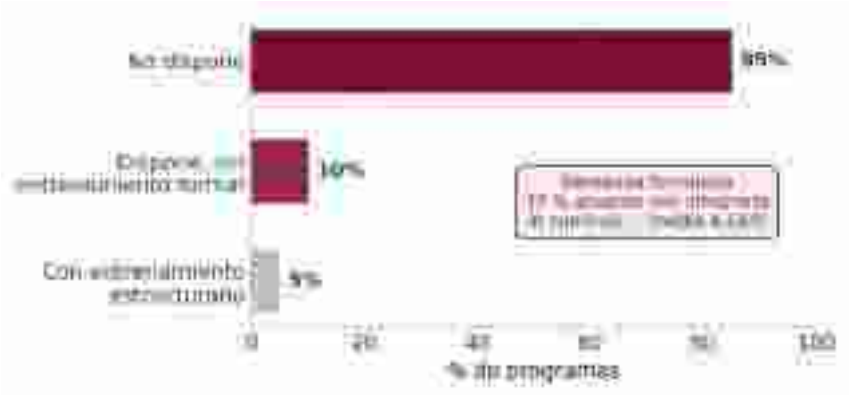
Las barreras identificadas confirman el diagnóstico: falta de tiempo (49%), sobrecarga asistencial (49%), falta de mentores (44%), falta de financiamiento (42 %) y falta de formación metodológica (37%). La distribución es notoriamente pareja, lo que sugiere que ninguna barrera aislada explica el déficit y que la solución requerirá una intervención sistémica: tiempo protegido, mentoría estructurada, formación metodológica curricular y apoyo institucional.

Cirugía robótica: disponibilidad marginal, demanda formativa creciente

El Capítulo 11 presentó a la cirugía robótica como un cambio paradigmático que redefine la adquisición de habilidades y los modelos de supervisión. La realidad argentina muestra, hoy, una asimetría abrupta entre acceso y demanda formativa. El 85% de los programas encuestados no dispone de cirugía robótica; el 10% cuenta con la plataforma pero sin programa de entrenamiento formal para residentes; y apenas 4 programas (5%) ofrecen entrenamiento estructurado.

La demanda formativa, en cambio, es sostenida. Ante la afirmación “la formación en cirugía robótica debería integrarse progresivamente en el currículo de la residencia de Cirugía General”, la media alcanzó 4,16/5 (DE 1,16), con el 73% de acuerdo y solo el 9% en desacuerdo. Casi seis de cada diez encuestados manifestaron su acuerdo máximo (Likert 5). Esta discordancia entre disponibilidad efectiva y demanda formativa configura un desafío específico de equidad: cómo asegurar acceso al entrenamiento robótico –al menos en su componente simulado–a residentes de programas que no cuentan con la plataforma clínica.

■ FIGURA 4



Disponibilidad de cirugía robótica y acuerdo con su integración curricular en la residencia argentina (N = 79)

Síntesis del diagnóstico: cinco mensajes-fuerza

La lectura integrada de la encuesta permite condensar el diagnóstico en cinco proposiciones que articulan el conjunto y organizan la agenda de reforma.

La residencia argentina se encuentra en transición, no en reforma

El 54% de los programas reconoce que su modelo formativo sigue siendo esencialmente halstediano y solo el 14% declara haber implementado plenamente el aprendizaje por competencias. La transformación está declarada, aceptada como horizonte y parcialmente iniciada, pero muy lejos de estar consolidada. La distancia entre el discurso de la CBME y su implementación efectiva es la marca de la etapa formativa actual.

La brecha docente es el cuello de botella de todas las reformas

Las EPAs, la inteligencia artificial, las habilidades no técnicas, la evaluación estructurada y la investigación comparten un mismo diagnóstico: los formadores no están preparados. Solo el 18% de los directores considera que su equipo docente está capacitado en el marco de competencias y EPAs, el 42% desconoce el NOTSS y la principal barrera para incorporar IA es, con amplitud, la falta de capacitación docente. Ninguna reforma pedagógica avanzará mientras no se resuelva primero la formación de quienes forman.

La simulación está instalada, la evaluación no

El 87% de los programas dispone de infraestructura de simulación –un logro sustantivo del sistema formativo argentino de la última década–pero solo el 40% confía en que su propio sistema de evaluación mida la competencia real del residente. Hay recursos para enseñar; faltan instrumentos para verificar que se aprende. Trasladar la evaluación desde el examen escrito hacia OSATS, WBA, mini-CEX, portafolio y EPAs es la reforma más urgente y, técnicamente, la más viable en el corto plazo.

Hay entusiasmo tecnológico, falta infraestructura y política

El 78% de los directores acuerda con el impacto positivo de la IA en la formación quirúrgica y el 73% apoya la integración curricular de la robótica, pero solo el 10% usa IA sistemáticamente y apenas 4 programas tienen entrenamiento robótico estructurado. La brecha entre expectativa y realidad configura, aquí, un problema de política: sin marco regulatorio, sin infraestructura mínima común y sin financiamiento, el entusiasmo se transforma en frustración institucional.

La seguridad psicológica es el activo más sólido del sistema

En un contexto donde tantos indicadores se ubican en zonas intermedias o de brecha, la seguridad psicológica sobresale como fortaleza: el 86% de los encuestados acuerda con que los residentes pueden informar errores y expresar dudas sin temor a represalias (media 4,.53/5). Este dato interpela positivamente: existe la base cultural sobre la cual construir un sistema formal de seguridad del paciente, aprendizaje del error y desarrollo profesional. La materia prima humana está; falta el andamiaje institucional que la sostenga.

Conclusiones y recomendaciones para la Asociación Argentina de Cirugía

Este relevamiento permite, por primera vez, disponer de una línea de base cuantitativa nacional sobre el estado de la educación quirúrgica en el país. Ninguno de sus hallazgos es sorprendente para quienes conducen la formación en sus propios programas, pero su agregación permite pasar de la percepción individual a un diagnóstico compartido. Sobre esa base, los relatores proponemos a la Asociación Argentina de Cirugía cinco líneas de acción concretas:

Primera. Constituir un programa nacional de desarrollo docente en educación por competencias, con módulos específicos en EPAs, retroalimentación estructurada, evaluación en el lugar de trabajo y habilidades no técnicas. Su implementación debe ser federal, con oferta a distancia sincrónica y asincrónica, y con vinculación explícita a la acreditación de programas.

Segunda. Establecer un estándar nacional mínimo de evaluación por competencias, con un núcleo obligatorio de instrumentos (OSATS, mini-CEX o DOPS, portafolio digital, EPAs) exigible a todo programa acreditado por la Asociación, y con un sistema de informe anual comparable entre servicios.

Tercera. Crear una red nacional de simulación y realidad virtual que garantice a todo residente, independientemente de la sede formadora, el acceso a un currículo mínimo de habilidades técnicas y no técnicas. La red debe apoyarse en los centros ya instalados y complementarse con rotaciones estructuradas o modalidades híbridas para las regiones con menor densidad.

Cuarta. Impulsar un marco regulatorio y ético para la incorporación de inteligencia artificial y cirugía robótica en la formación, con recomendaciones de buenas prácticas, criterios de validación y una hoja de

ruta compartida con la industria y con el Ministerio de Salud.

Quinta. Instituir un observatorio permanente de la formación quirúrgica argentina, que replique periódicamente este relevamiento –cada dos o tres años– y publique resultados abiertos, con indicadores comparables entre regiones y tipos de institución, capaces de medir el efecto de las reformas emprendidas.

La educación quirúrgica argentina se encuentra, según la evidencia relevada, en un momento propicio para la reforma: la conciencia del cambio necesario es amplia, la infraestructura básica de simulación está instalada, la cultura de seguridad psicológica ofrece un sustrato favorable y la comunidad quirúrgica manifiesta interés genuino por la modernización tecnológica. Los déficits son, en su mayoría, resolubles con política formativa activa. Corresponde a la Asociación Argentina de Cirugía –en articulación con las autoridades sanitarias, las universidades y los propios programas–convertir ese momento en una agenda concreta de acción. Esperamos que los datos y las conclusiones de este Relato contribuyan a esa tarea colectiva.

■ ANEXO

A través del siguiente link, podrá visualizar la encuesta realizada: https://aac.org.ar/revista/2026/118/relato/encuesta.pdf

Asociación Argentina de Cirugía
M. T. de Alvear 2415 - 1122
Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Argentina