

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA
FACULTAD DE MEDICINA Y CIENCIAS BIOMÉDICAS
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA

**“EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL ENTRENAMIENTO FLS MODIFICADO
POR HOLGUIN EN SIMULADORES LAPAROSCÓPICOS EN RESIDENTES DE
CIRUGÍA GENERAL”**

Por:

Dr. Erick Jaen Holguin Montes

TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:

ESPECIALIDAD EN CIRUGÍA GENERAL



Universidad Autónoma de Chihuahua
Facultad de Medicina y Ciencias Biomédicas
Secretaría de Investigación y Posgrado.



La tesis **“EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL ENTRENAMIENTO FLS MODIFICADO POR HOLGUÍN EN SIMULADORES LAPAROSCÓPICOS EN RESIDENTES DE CIRUGÍA GENERAL”** que presenta Erick Jaen Holguín Montes, como requisito parcial para obtener el grado de: Especialidad en Cirugía General ha sido revisada y aprobada por la Facultad de Medicina y Ciencias Biomédicas

Dr. René Núñez Bautista
Director
Facultad de Medicina y Ciencias Biomédicas
Universidad Autónoma de Chihuahua

Dra. Megny González Ramírez
Jefa de Enseñanza
Hospital Central del Estado

Dr. Marco Javier Carrillo Gorena
Profesor Titular de la Especialidad
Hospital Central del Estado

Dr. Cesar Luis González Palacio
Director de Tesis
Hospital Central del Estado

Dr. Manuel David Pérez Ruiz
Asesor de tesis
Hospital Central del Estado

Se certifica, bajo protesta de decir verdad, que las firmas consignadas al pie del presente documento son de carácter original y auténtico, correspondiendo de manera inequívoca a los responsables de las labores de dirección, seguimiento, asesoría y evaluación, en estricta conformidad con lo dispuesto en la normativa vigente de esta institución universitaria.

RESUMEN

La enseñanza de la cirugía laparoscópica debe garantizar la seguridad del paciente sin limitar el aprendizaje de los residentes. El programa de entrenamiento Fundamentals of Laparoscopic Surgery (FLS) es un referente internacional, sin embargo, su aplicación en contextos con recursos limitados se ve limitada por costos e infraestructura. Se diseñó un programa FLS modificado, basado en práctica deliberada y en el uso de simuladores laparoscópicos (endotrainers) económicos, con el objetivo de evaluar su efectividad.

Se desarrolló un estudio experimental con mediciones pre y post intervención en once residentes de cirugía general en el Hospital Central del Estado de Chihuahua. El programa incluyó siete ejercicios distribuidos en 12 horas de entrenamiento durante cuatro semanas. Se evaluaron 5 variables: tiempo, tiempo promedio, número de errores, escala GOALS y puntuación total, comparando resultados antes y después del entrenamiento.

Los resultados mostraron mejoras significativas en los siete ejercicios evaluados, mayores en ejercicios sencillos como los son coordinación ojo-mano. La percepción de los residentes fue positiva: consideraron el programa útil y recomendable para implementarlo dentro del hospital.

El tamaño reducido de la muestra y la ausencia de un grupo control, limitan la generalización de los resultados. Se recomienda ampliar la muestra, diversificar los ejercicios y aumentar la duración del entrenamiento en futuros estudios, apegado a principios de aprendizaje respaldados por evidencia científica.

Palabras clave: Laparoscopia; Endotrainers; Práctica deliberada; Aprendizaje psicomotor; Simulación quirúrgica.

Abstract:

The teaching of laparoscopic surgery must ensure patient safety without limiting residents' learning opportunities. The Fundamentals of Laparoscopic Surgery (FLS) training program is an international reference; however, its implementation in resource-limited settings is often restricted by costs and infrastructure requirements. A modified FLS program was designed, based on deliberate practice and the use of low-cost laparoscopic simulators (endotainers), with the objective of evaluating its effectiveness.

An experimental study with pre- and post-intervention measurements was conducted in eleven general surgery residents at the Hospital Central del Estado de Chihuahua. The program included seven exercises completed over twelve hours of training distributed across four weeks. Five variables were evaluated: time, average time, number of errors, GOALS score, and total score, comparing results before and after the training.

The results showed significant improvements in all seven evaluated exercises, with greater progress in simpler tasks such as hand-eye coordination. Residents' perception of the program was positive; they considered it useful and recommended its implementation within the hospital.

The small sample size and absence of a control group limit the broader applicability of the findings. It is recommended to expand the sample, diversify the exercises, and increase the duration of the training in future studies, in alignment with learning principles supported by scientific evidence.

Keywords: Laparoscopy; Endotainers; Deliberate practice; Psychomotor learning; Surgical simulation.



GOBIERNO
DEL ESTADO
DE CHIHUAHUA

SECRETARÍA
DE SALUD

ICHISAL
INSTITUTO CHIHUAHUENSE
DE SALUD

MediChihuahua

Chihuahua, Chih A 26 de NOVIEMBRE de 2025

Oficio: HC/EM/817/2025

Asunto: LIBERACION DE TESIS

DR. OSCAR AGUIRRE BARRERA
SECRETARIO DE INVESTIGACION Y POSGRADO
FACULTAD DE MEDICINA Y CIENCIAS BIOMEDICAS
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHIHUAHUA
P R E S E N T E.-

La que suscribe, Jefa de Enseñanza Médica del Hospital Central del Estado.

H A C E C O N S T A R

Que el **DR. ERICK JAEN HOLGUIN MONTES**, residente de la especialidad de **CIRUGIA GENERAL** de CUARTO Año, entregó en forma su tesis:

"EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL ENTRENAMIENTO FLS MODIFICADO POR HOLGUIN EN SIMULADORES LAPAROSCÓPICOS EN RESIDENTES DE CIRUGÍA GENERAL"

Así mismo manifiesto que no tiene adeudo alguno en este Hospital, y después de valorar su caso en el comité de investigación del Hospital se autoriza liberación de su tesis para continuar con sus trámites.

Se expide la presente a petición del interesado para los fines que le convengan, en la ciudad de Chihuahua, Chih. a los 26 días del mes de NOVIEMBRE del 2025.



ATENTAMENTE

DRA. MEGNY GONZALEZ RAMIREZ

JEFA DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION MEDICA
HOSPITAL CENTRAL DEL ESTADO DE CHIHUAHUA

"Dr. Jesús Enrique Grajeda Herrera"

Tel. 614.429.33.00 Ext. 16526 y 16527

AGRADECIMIENTO

Primero, a los participantes de este proyecto: Diana, Valeria, Karla, Erick, Diego, Kevin, Emilio, Fernando, Frank, Steve y Pablo, gracias por su esfuerzo y dedicación, por regalarme tiempo que no tenían, espero haber aumentado su probabilidad de aprendizaje, ustedes aumentaron la mía.

Segundo, a las personas que con sus memorias contribuyeron a la creación de esta idea, a fin de cuentas, es suya. Gracias.



ÍNDICE

1. MARCO TEÓRICO	1
1.1 Historia de la cirugía laparoscópica	1
1.2 Historia de la enseñanza de laparoscopia	1
1.3 Simuladores de laparoscopia	3
1.4 Curvas de aprendizaje en laparoscopia	4
1.5 Aprendizaje motor en laparoscopia	5
1.6 Curva del olvido	5
1.7 Entrenamiento espaciado	6
1.8 Práctica deliberada	7
1.9 Entrenamiento de habilidades mentales	8
2. MARCO CONCEPTUAL	9
2.1 Programas de entrenamiento en laparoscopia	9
2.2 Entrenamiento fuera de las instalaciones	10
2.3 Evaluación objetiva de habilidades en simulación	11
2.4 Instrumentos de evaluación	11
3. JUSTIFICACIÓN	14
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
5. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	16
6. HIPÓTESIS	16
7. OBJETIVOS	17
8. MATERIAL Y MÉTODOS	18
9. RESULTADOS	26
9.1 Análisis descriptivo	26
9.2 Comparaciones estadísticas del desempeño	26
9.2.1 Comparación del puntaje por ejercicio antes y después del entrenamiento	26
9.2.2 Comparación del puntaje total antes y después del entrenamiento	28
9.2.3 Comparación entre mejor tiempo y tiempo promedio en los ejercicios	29
9.2.4 Análisis de mejora según tipo de competencia	31



9.2.5 Comparación por año de residencia (R1 vs. R2)	33
9.3 Cuestionario de percepción sobre la efectividad del programa de entrenamiento en simuladores de laparoscopia	34
10. DISCUSIÓN	36
10.1 Análisis comparativo	36
10.1.1 Impacto general del entrenamiento laparoscópico	36
10.1.2 Evaluación del mejor tiempo y del tiempo promedio como indicadores de desempeño	37
10.1.3 Variabilidad en la mejora según el tipo de habilidad evaluada	40
10.1.4 Efecto del entrenamiento según el nivel de experiencia de los residentes	41
10.2 Comparación entre el FLS oficial y el programa modificado	42
10.3 Percepción de los participantes sobre el programa de simulación laparoscópica	46
10.4 Propuesta de principios para el entrenamiento en simuladores laparoscópicos	47
10.5 Limitaciones y proyecciones del estudio	56
11. CONCLUSIONES	58
12. BIBLIOGRAFÍA	61
13. ANEXOS	68



1. MARCO TEÓRICO

1.1 Historia de la cirugía laparoscópica

A lo largo de la historia, la medicina ha buscado maneras menos invasivas para explorar y tratar el cuerpo humano. Las civilizaciones griega y egipcia exploraban el cuerpo humano a través de orificios naturales, utilizando instrumentos simples y rudimentarios, esto con el interés de observar el interior del ser humano, con fines diagnósticos y terapéuticos, evitando realizar grandes incisiones; fue así como surgió la laparoscopia. En 1804 Philipp Bozzini crea el primer "Lichtleiter" conductor de luz, precursor del endoscopio. En 1910 Hans Christian Jacobaeus realiza laparoscopías y toracoscopias en humanos, introduciendo el uso de estos procedimientos en la práctica clínica. En 1985 Erich Mühe, cirujano alemán, realiza la primera colecistectomía laparoscópica en humanos. (1, 2)

Actualmente, la cirugía laparoscópica es preferida sobre la cirugía abierta en procedimientos como la colecistectomía, ya que reduce la morbilidad postoperatoria, las complicaciones y el tiempo de estancia hospitalaria, mejorando así la recuperación del paciente. (3)

1.2 Historia de la enseñanza de laparoscopia

En 1889, se instauró en el hospital Johns Hopkins, bajo la dirección de William Stewart Halsted, un programa formal de residencia quirúrgica en Estados Unidos. Este programa pionero sentó las bases para la formación quirúrgica estructurada, introduciendo un



modelo del cual se basan los programas de residencia actuales. En 2008, con el uso de cirugía laparoscópica de manera rutinaria, la simulación fue formalmente incorporada como un requisito en los programas de residencia en cirugía en Estados Unidos. De esta manera, los residentes podían practicar en un entorno seguro, sin que los pacientes corrieran riesgos, mejorando las habilidades en laparoscopia previo a su uso en un quirófano real. (4)

Con respecto a la enseñanza de laparoscopia en México, la situación fue más complicada, ya que no contaba con los recursos, tecnología e infraestructura necesaria para su uso, así como tampoco contaba con centros de simulación. Por ello, para poder educar a los residentes, era necesario hacerlo de manera directa en quirófano, con pacientes reales. La enseñanza de la cirugía ha seguido los principios de Halsted, los cuales enfatizan la práctica supervisada, el perfeccionamiento de técnicas y la adquisición gradual de habilidades (1, 2)

Debido a estas limitaciones, la enseñanza de la laparoscopia, se enfrenta a retos éticos y logísticos, especialmente por los riesgos que implica para el paciente cuando se aprende directamente en quirófano. La simulación es un método que ayuda a mejorar las habilidades quirúrgicas antes de pasar a un ambiente real, sin embargo, no existe un programa estructurado o currículo estándar para determinar cuándo se tiene suficiente habilidad y experiencia para pasar a la práctica clínica (5)



1.3 Simuladores de laparoscopia

Existen diversos tipos de simuladores para el entrenamiento laparoscópico, que han demostrado ser eficaces para reducir la curva de aprendizaje en la cirugía mínimamente invasiva (6). Se dividen en dos tipos, aquellas que utilizan objetos inanimados y aquellas que utilizan animales vivos:

Modelos inanimados:

- Cajas de simulación: (del inglés: endotainers, pelvitainers o bench models)
Estos modelos pueden ser diseñados utilizando objetos inertes (trozos de goma o esponja, cuerdas pequeñas, etc.) o tejidos ex-vivo como intestino animal u otros. Las ventajas de estos modelos son su bajo costo, rápida implementación y la capacidad de entrenar en forma eficiente los pasos más complejos de un procedimiento completo, de forma reiterada, en poco tiempo.
- Modelos cadavéricos: Presentan fidelidad aceptable y la ventaja de poder simular la totalidad de la cirugía, sin embargo, tienen un alto costo y disponibilidad limitada. Como ejemplo tenemos el cadáver fresco porcino y los cadáveres embalsamados de Thiel.
- Simuladores virtuales: pueden realizar procedimientos complejos y presentan retroalimentación inmediata, aunque tienen un alto costo.
- Simulación en 3D: se construye a partir de exploraciones de tomografía computarizada con detectores múltiples, y se puede combinar con colangiopancreatografía por resonancia magnética, con utilización de



impresión 3D, que gracias a que su costo ha disminuido, permite que se más accesible en todo el mundo.

Modelos vivos:

- Utilizan animales vivos por lo que presentan una alta fidelidad y la capacidad de emular un procedimiento complejo, las desventajas incluyen su alto costo económico. (7) (8)

Los simuladores de realidad virtual y los endotrainers son utilizados para la práctica de cirugía laparoscópica y se ha demostrado mediante estudios comparativos que ambos métodos son igualmente efectivos en la adquisición de habilidades de laparoscopia sin encontrar diferencias significativas, proporcionando ambos sistemas un entorno controlado y seguro (9, 10)

1.4 Curvas de aprendizaje en laparoscopia

La cirugía laparoscópica requiere habilidades complejas, lo cual hace que la curva de aprendizaje sea más larga y lenta en comparación con la cirugía abierta. Los simuladores y programas de capacitación son herramientas útiles para optimizar la curva de aprendizaje, especialmente para residentes en las primeras etapas de formación quirúrgica. (11) No existe un acuerdo sobre el número de procedimientos necesarios para alcanzar competencia en colecistectomía laparoscópica. Los estudios analizados sugieren un rango de entre 13 y 200 cirugías para completar la curva. (12)



En el caso de la pancreatoduodenectomía laparoscópica (procedimiento de Whipple), los estudios sugieren que un mínimo de 10 a 50 casos es necesario para minimizar la pérdida de sangre intraoperatoria, tiempos operatorios, y estadía hospitalaria significativamente menores, aunque este número puede variar según la experiencia previa del cirujano en procedimientos laparoscópicos y pancreatobiliares. (7)

1.5 Aprendizaje motor en laparoscopia

Durante la práctica repetida en simuladores de laparoscopia, se generan adaptaciones neuronales, (plasticidad cerebral) con la finalidad de facilitar la ejecución de habilidades motoras complejas. En el aprendizaje motor, a nivel cerebral, hay una transición gradual desde una actividad intensa en áreas de planificación y control consciente hacia un dominio de áreas más automáticas e inconscientes, para mejorar la eficiencia del control motor, lo que provoca una disminución de la actividad en áreas como la corteza prefrontal y la corteza premotora, a medida que la tarea se automatiza. Después, se observa una transición hacia regiones de los ganglios basales como el putamen y el globo pálido, y también en el giro cingulado posterior, cruciales para iniciar, mantener y finalizar movimientos, especialmente los finos, lo que sugiere que el control motor se vuelve más automático y menos dependiente de la planificación consciente. (13) Es por ello, que es necesaria la práctica repetida, para pasar de planificar las actividades a una ejecución automática de las mismas.



1.6 Curva del olvido

La educación médica requiere que los estudiantes absorban, retengan y apliquen grandes cantidades de información a lo largo de su formación. Este proceso está limitado por la memoria humana, descrita por el psicólogo Hermann Ebbinghaus mediante la "curva del olvido". La curva del olvido, replicada en numerosos estudios, muestra que la mayoría de la información se pierde en las primeras 24 horas, con una estabilización posterior. Para esto, Ebbinghaus, propuso como solución, la repetición espaciada, que consiste en revisar el contenido en intervalos específicos de tiempo, en múltiples ocasiones, lo que facilita la retención a largo plazo. (14, 15)

1.7 Entrenamiento espaciado

El entrenamiento espaciado es una estrategia útil para adquirir habilidades motoras complejas, y puede ser utilizado en entrenamientos laparoscópicos. Consiste en distribuir las sesiones de práctica o estudio a lo largo del tiempo, con intervalos entre ellas, a diferencia del entrenamiento masivo que implica realizar una gran cantidad de práctica en un corto período de tiempo sin descansos significativos. Estudios como el de Boettcher et al. (2021) han evidenciado que este método mejora el rendimiento inmediato de los estudiantes y residentes, y promueve una mejor retención a largo plazo de habilidades técnicas, como la estabilidad y calidad de los nudos quirúrgicos. Además, se ha observado que los residentes muestran un mejor desempeño en comparación con los estudiantes, lo que sugiere que es un método eficaz para programas de entrenamiento quirúrgico avanzado. (16) Otros estudios, han demostrado que el entrenamiento



espaciado en comparación con el entrenamiento masivo, es mejor para la adquisición de habilidades laparoscópicas. (17, 18)

1.8 Práctica Deliberada

La práctica deliberada fue propuesta por Ericsson y colaboradores en 1993, plantea que el desarrollo de habilidades avanzadas requiere un entrenamiento organizado, más allá de la repetición mecánica. Este enfoque implica trabajar con metas específicas, repetir tareas de manera intencional y recibir retroalimentación frecuente para corregir errores. A diferencia de la creencia de que el éxito en campos como la música o el deporte es producto del talento innato solamente, Ericsson propone que la mejora sostenida se logra mediante años de entrenamiento estructurado y guiado. Este tipo de práctica no es inherentemente placentera, sino que es motivada por la búsqueda de la excelencia, y su eficacia depende de la persistencia y del apoyo externo, como maestros y entrenadores (19, 20).

Según Mitchell et al. (2023), la práctica deliberada consiste en repetir tareas específicas con retroalimentación inmediata para perfeccionar habilidades, basándose en cinco elementos: motivación, objetivos claros, métricas, práctica repetitiva y retroalimentación. Su uso en entornos simulados, y de práctica de habilidades motoras, como la laparoscopia, facilita la mejora continua en las habilidades, evitando su estancamiento (21). Diversos estudios han demostrado su utilidad en cirugía laparoscópica, donde los participantes mejoraron significativamente la precisión y calidad quirúrgica mediante el uso de práctica deliberada en simuladores. (22, 23)



La práctica regular y bien organizada mejora la retención de habilidades quirúrgicas cuando se siguen principios como el aprendizaje basado en competencias, que aseguran que los participantes alcancen niveles de competencia específicos antes de pasar a tareas más complejas. (24)

1.9 Entrenamiento de habilidades mentales

El estrés puede afectar negativamente el desempeño quirúrgico, puede afectar la destreza y la coordinación motora fina, la capacidad de comunicación, la toma de decisiones y la concentración, lo que puede conducir a errores intraoperatorios que ponen en peligro a los pacientes. (7)

El entrenamiento de habilidades mentales incluye varias habilidades, como el establecimiento de objetivos, técnicas de gestión de las emociones y la atención, imágenes mentales, rutinas de rendimiento y estrategias de reenfoque; desarrollo de planes de acción, gestión de la energía para mantener el estado fisiológico y mental en su "estado de rendimiento ideal" para optimizar su desempeño, la atención en los pensamientos relevantes para la tarea y el plan de acción del procedimiento. (7)

Un programa integral de habilidades mentales es eficaz para disminuir el deterioro del desempeño quirúrgico en condiciones de estrés inesperadas en comparación con los controles sin dicho entrenamiento mental (7, 25)



2. MARCO CONCEPTUAL

2.1 Programas de entrenamiento en laparoscopia

Existen múltiples programas de entrenamiento, como el Fundamentals of Laparoscopic Surgery (FLS), que han sido utilizados para evaluar y desarrollar competencias técnicas esenciales en cirugía mínimamente invasiva.

El programa FLS, desarrollado por SAGES en colaboración con el American College of Surgeons, constituye uno de los esquemas formales más utilizados para entrenar y evaluar habilidades básicas en laparoscopia. Desde 2009, aprobar este programa es un requisito para ciertos procesos de certificación quirúrgica en Estados Unidos. (26)

El FLS combina una parte teórica y otra práctica. La sección teórica aborda conceptos fundamentales del uso del equipo, la anatomía relevante y situaciones clínicas frecuentes. La parte práctica incluye ejercicios diseñados para evaluar coordinación, precisión y manejo de instrumentos. Para aprobar, los participantes deben realizar una prueba escrita y un examen práctico en un simulador tipo caja, vía online, siguiendo estándares definidos por expertos. (26)

Las tareas prácticas evaluadas son las siguientes: transferencia de pines, corte de patrón, aplicación de un blucle de ligadura, sutura con nudo extracorpóreo, sutura con nudo intracorpóreo; los criterios de evaluación son los siguientes: precisión, tiempo y



puntaje normalizado. Requiere entre 6 a 14 horas de práctica dependiendo del nivel inicial. (27)

2.2 Entrenamiento fuera de las instalaciones

El entrenamiento basado en simuladores ha demostrado mejorar las habilidades quirúrgicas, pero existen barreras relacionadas con limitaciones de tiempo y recursos. Se ha demostrado que los entrenamientos realizados en casa son igualmente efectivos que los realizados en entornos centralizados, siempre que estén bien estructurados. El entrenamiento domiciliario basado en la autorregulación puede ser una solución eficaz y más accesible. De esta manera, los aprendices pueden administrar su tiempo de manera más flexible, siempre y cuando cuenten con una estructura de apoyo adecuada. Esto incluye el acceso a simuladores portátiles que son accesibles y fáciles de usar en casa, lo que facilita el aprendizaje sin necesidad de un laboratorio formal. (28, 29)

Este tipo de entrenamiento se beneficia de enfoques tales como la práctica distribuida, práctica deliberada, retroalimentación, metodologías basadas en competencias, aprendizaje autodirigido y autoevaluaciones. (30)

El uso de autoevaluaciones se presenta como una solución viable para guiar el entrenamiento sin supervisión, debido a la falta de retroalimentación por parte de instructores. Los participantes que se autoevalúan de manera estructurada obtienen resultados similares a aquellos que reciben retroalimentación directa de un instructor. Sin



embargo, es esencial que el proceso de autoevaluación esté bien diseñado y que los participantes tengan claros los objetivos que deben alcanzar. (29)

2.3 Evaluación objetiva de habilidades en simulación.

El uso de puntuaciones estandarizadas para evaluar objetivamente las habilidades quirúrgicas permite una medición objetiva del avance en habilidades técnicas y brindar retroalimentación inmediata permitiendo así comparar el progreso entre residentes y ofrecer un marco de aprendizaje uniforme (31)

La simulación, en sus distintas modalidades (física, virtual y combinada), al integrar métodos físicos y virtuales en el entrenamiento, establece un estándar de evaluación basado en la repetición y retroalimentación continua, lo cual facilita la adquisición y evaluación de competencias (32)

2.4 Instrumentos de evaluación

Existen instrumentos validados para evaluar las competencias adquiridas a través de simuladores, los cuales respaldan su uso como herramientas transferibles para desarrollar habilidades quirúrgicas aplicables a cirugías reales. Estos instrumentos miden variables clave como el tiempo de ejecución, puntaje global, puntaje de errores, así como las escalas OSATS, OSALS, GOALS y la economía de movimientos. (24, 33)



El Objective Structured Assessment of Technical Skill (OSATS) es una herramienta validada y utilizada para evaluar de manera estructurada las habilidades quirúrgicas en laparoscopia, estandarizando los criterios que deben de cumplirse para lograr un desempeño adecuado y proporcionando una serie de ítems útiles para evaluar la práctica en instrumentos de enseñanza laparoscópicos (34). Este modelo incluye 7 items, que se puntúan del 1 al 5 según el desempeño del participante; puede ser utilizado tanto en la práctica real como en práctica con simuladores, y mide las competencias técnicas mediante listas de verificación y escalas globales de puntuación. (35, 36). Su aplicación en el quirófano facilita una retroalimentación inmediata y precisa, contribuyendo al desarrollo continuo, a través de la generación de una puntuación que puede ser utilizada para dar retroalimentación por el propio participante o por terceros. (37)

Tabla 1. Puntuación de escala OSATS (Objective Structured Assessement of technical skills) (35)

Variable	Puntuación		
	1	3	5
Respeto por el tejido	Uso frecuente de fuerza innecesaria sobre el tejido o causó daño por uso inapropiado de instrumentos	Manejo cuidadoso del tejido, pero con algunos daños inadvertidos.	Manejo consistente del tejido apropiadamente, con daño mínimo.
Tiempo y movimiento	Muchos movimientos innecesarios.	Tiempo y movimientos eficientes, pero con algunos movimientos innecesarios.	Economía de movimiento y máxima eficiencia.
Manejo de instrumentos	Realiza movimientos tentativos o torpes con los instrumentos.	Uso competente de los instrumentos, aunque ocasionalmente parece rígido o torpe.	Movimientos fluidos con instrumentos y sin torpeza.
Conocimiento de los instrumentos	Pregunta frecuentemente por el instrumento incorrecto o usa uno inapropiado.	Conoce los nombres de la mayoría de los instrumentos y usa el apropiado para la tarea.	Familiaridad obvia con los instrumentos requeridos y sus nombres.
Uso de asistentes	Coloca consistentemente a los asistentes de forma incorrecta o falla al usarlos.	Uso adecuado de los asistentes la mayor parte del tiempo.	Uso estratégico del asistente para maximizar la ventaja en todo momento.
Flujo de operación y planificación	Frecuentemente detiene la operación o necesita discutir el siguiente paso.	Demuestra habilidad para planificar con progresión constante del procedimiento.	Curso de operación obviamente planificado con flujo sin esfuerzo de un paso a otro.
Conocimiento del procedimiento específico	Conocimiento deficiente. Necesita instrucciones específicas en la mayoría de los pasos operativos.	Conoce todos los aspectos importantes de la operación.	Demuestra familiaridad con todos los aspectos de la operación.



La escala GOALS (Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills) es una herramienta creada y validada para evaluar el desempeño laparoscópico durante procedimientos reales y simulados. Está conformada por cinco ítems que califican: percepción de profundidad, coordinación bimanual, eficiencia, manejo de tejidos y grado de autonomía del cirujano. (38)

Esta escala ha demostrado validez como método de evaluación, pues permite distinguir con claridad el rendimiento entre residentes con diferentes niveles de experiencia y señalar áreas puntuales que requieren entrenamiento adicional. (39) Además, sus puntajes pueden emplearse para representar curvas de aprendizaje, lo que facilita observar la evolución técnica de cada participante y ajustar el entrenamiento según sus necesidades. (40)

Otra ventaja importante es que la evaluación puede realizarse a distancia mediante revisión de videos, lo que amplía su utilidad en lugares con recursos limitados o en programas de telesimulación, manteniendo criterios objetivos y comparables para el seguimiento del aprendizaje quirúrgico. (41)



Tabla 2. Puntuación de la escala GOALS (Global operative Assessment of laparoscopic skills). (39)

Variable	Puntuación		
	1	3	5
Percepción de profundidad	Constantemente se pasa del objetivo, golpea el límite, hace movimientos amplios, corrige lentamente.	Algunos errores de dirección o desvíos del plano, pero corrige rápidamente.	Dirige los instrumentos con precisión en el plano correcto hacia el objetivo.
Destreza bimanual	Usa solo una mano, ignorando la mano no dominante, con mala coordinación entre manos.	Uso de ambas manos, pero no optimiza la interacción entre ellas para facilitar la operación.	Utiliza ambas manos de manera complementaria para proporcionar la mejor exposición de trabajo.
Eficiencia	Inseguro, mucho esfuerzo desperdiciado, movimientos tentativos, cambia constantemente el enfoque de la operación sin lograr progreso.	Lento, pero con planificación y organización razonables.	Confiado, eficiente, se mantiene enfocado en el objetivo
Manejo del tejido	Manejo brusco, desgarrar tejido con tracción excesiva, lesiona estructuras adyacentes, mal control del dispositivo de coagulación	Maneja los tejidos razonablemente bien, con algún trauma menor a tejidos adyacentes, como coagulación del hígado, causa sangrado hepático innecesario o deslizamiento ocasional de la pinza.	Maneja los tejidos muy bien con tracción adecuada y daño insignificante a estructuras adyacentes. Utiliza fuentes de energía de manera apropiada y sin exceso.
Autonomía	Incapaz de completar todo el procedimiento, incluso en un caso sencillo, y necesita mucha guía verbal.	Capaz de completar la operación de manera segura con indicaciones moderadas.	Capaz de completar la operación de manera independiente sin necesidad de indicaciones.

3. JUSTIFICACIÓN

A la fecha actual, la cirugía laparoscópica ha avanzado lo suficiente para reemplazar a la cirugía abierta en muchos procedimientos, ofreciendo beneficios como menor dolor, menos complicaciones y una recuperación más rápida. Sin embargo, su adopción está limitada por la falta de capacitación de los cirujanos, especialmente en áreas rurales y con pocos recursos, lo que resalta la necesidad de programas de entrenamiento específicos para mejorar el acceso a esta técnica mínimamente invasiva. (42)



En este contexto, el aprendizaje y dominio de las técnicas laparoscópicas son fundamentales para los residentes de cirugía, quienes enfrentan la necesidad de adquirir destrezas complejas que aseguren su competencia como futuros cirujanos.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los simuladores de laparoscopia han surgido como una solución a este problema en la formación de habilidades laparoscópicas sin exponer a los pacientes a los riesgos que conlleva, sin embargo, no existe un programa de entrenamiento estandarizado y de fácil acceso para los residentes de cirugía.

La implementación de un programa de entrenamiento basado en simuladores como el endotrainer, es eficaz para resolver esta problemática, proporcionando una plataforma segura y de fácil acceso para el aprendizaje, sin poner en riesgo a los pacientes; el programa FLS (Fundamentals of Laparoscopic Surgery) es un estándar reconocido, pero existen propuestas de modificación, que buscan optimizar el entrenamiento en distintos contextos.



5. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN:

¿Cuál es el efecto del uso de un programa estructurado de entrenamiento basado en el modelo Fundamentals of Laparoscopic Surgery (FLS) modificado por Holguín, en la mejora de las habilidades quirúrgicas de los residentes de cirugía?

Preguntas Secundarias:

1. ¿Qué ejercicios específicos, cuanto tiempo y con qué frecuencia deben realizarse en simuladores de laparoscopia para maximizar la adquisición de habilidades quirúrgicas en residentes de cirugía?
2. ¿Existe una diferencia significativa en las habilidades técnicas de los residentes antes y después de completar el programa de entrenamiento con simuladores?
3. ¿Cuáles son los métodos de aprendizaje y enseñanza actuales para la mejora de habilidades psicomotrices en cirugía laparoscópica?
4. ¿Cuál es la percepción de los residentes sobre la efectividad de un programa de entrenamiento en simuladores de laparoscopia?

5. HIPÓTESIS:

Hipótesis nula:

El uso de un programa estructurado de entrenamiento basado en el modelo Fundamentals of Laparoscopic Surgery (FLS) modificado por Holguín, no mejora



significativamente las habilidades quirúrgicas de los residentes de cirugía en comparación con su nivel inicial.

Hipótesis alternativa:

El uso de un programa estructurado de entrenamiento basado en el modelo Fundamentals of Laparoscopic Surgery (FLS) modificado por Holguín, mejora significativamente las habilidades quirúrgicas de los residentes de cirugía en comparación con su nivel inicial.

6. OBJETIVOS:

General:

Evaluar la efectividad del entrenamiento fundamentals of laparoscopic surgery (FLS) modificado por Holguín en simuladores laparoscópicos en residentes de primer y segundo año de cirugía general en el Hospital Central del Estado.

Específicos:

- Desarrollar e implementar un programa estructurado de entrenamiento en simuladores de laparoscopia sobre las habilidades técnicas de los residentes de cirugía mediante un análisis comparativo pre y post entrenamiento.



- Identificar los ejercicios, duración y frecuencia de práctica en simuladores de laparoscopia que resultan óptimos para maximizar la adquisición de habilidades quirúrgicas en los residentes mediante una búsqueda de literatura científica.
- Determinar los métodos actuales de aprendizaje y enseñanza utilizados para el desarrollo de habilidades psicomotrices en cirugía laparoscópica, con el fin de integrar prácticas eficaces en el programa de entrenamiento propuesto.
- Analizar la percepción de los residentes de cirugía sobre la efectividad y aplicabilidad del programa de entrenamiento en simuladores de laparoscopia para el desarrollo de competencias quirúrgicas mediante un cuestionario.

7. MATERIAL Y MÉTODOS

Tipo de estudio:

Estudio experimental, prospectivo, longitudinal

Población de estudio:

Residentes de cirugía de primer y segundo año del hospital central del estado de Chihuahua.

Lugar de realización:

Chihuahua, chihuahua.



Descripción del estudio:

Se diseñó un programa de entrenamiento en simuladores laparoscópicos basado en el modelo Fundamentals of Laparoscopic Surgery (FLS), el cual fue adaptado para incluir ejercicios específicos que optimizan el aprendizaje en áreas clave. Estas modificaciones se realizaron tras una revisión de literatura científica y tomando en cuenta las necesidades particulares de los participantes en el contexto local.

El programa sigue los principios de la práctica deliberada de Ericsson, y se estructura en dos evaluaciones principales:

- Evaluación inicial (pre-test): Los participantes realizarán 7 ejercicios básicos diseñados para principiantes, enfocados en las siguientes competencias: 4 ejercicios para la coordinación ojo-mano, 1 ejercicio para la coordinación bimanual, 2 ejercicios para la sutura, a los que se asigna una puntuación para cada variable: tiempo, tiempo promedio, número de errores, puntaje GOALS y puntaje total.
- Entrenamiento: Los participantes practicarán con una frecuencia de 3 días por semana, durante 1 hora al día, por un periodo de 4 semanas, acumulando un volumen total de 12 horas de práctica. Durante este periodo, los participantes realizarán los 7 ejercicios de la evaluación inicial.
- Evaluación final (post-test): Al finalizar el programa de entrenamiento, los participantes repetirán los ejercicios del pre-test bajo las mismas condiciones y se realizará un cuestionario validado por expertos de la percepción sobre la efectividad del programa de entrenamiento en simuladores de laparoscopia a los participantes.



En el **Anexo 1** se describe cada ejercicio, los pasos necesarios para completarlo, los criterios para registrar errores y el sistema de puntaje.

En el **Anexo 2** se incluye el cuestionario.

En el **Anexo 3** se incluye consentimiento informado

Criterios de selección:

- **Criterios de inclusión:** Residentes de cirugía general de primer y segundo año del hospital central universitario que hayan firmado el consentimiento informado. Residentes que no hayan participado en más de 10 cirugías por laparoscopia como cirujano principal
- **Criterios de exclusión:** Participantes que no se encuentren en el lugar del estudio al momento del entrenamiento.
- **Criterios de eliminación:** Participantes que no completen el programa de entrenamiento.

Tamaño de muestra

La población de estudio estuvo conformada por la totalidad de los residentes de primer y segundo año de cirugía general del Hospital Central del Estado durante el periodo 2024 a 2025, que asciende a un total de 11 residentes.

Debido al tamaño reducido de la población, se incluyó a todos los residentes elegibles que cumplieron con los criterios de inclusión.



Variables:

- Independiente

Variable	Definición operacional	Tipo	Escala de medición	Indicador
Entrenamiento	Programa estructurado de actividades diseñado para desarrollar habilidades técnicas laparoscópicas, basado en el modelo Fundamentals of Laparoscopic Surgery (FLS) modificado por Holguín	Cualitativa	Nominal	Participación en el programa de entrenamiento.

- Dependiente

Variable	Definición operacional	Tipo	Escala de medición	Indicador
Mejoría	Cambio en la puntuación total entre la evaluación inicial (pre-test) y final (post-test) para cada participante.	Cuantitativa Continua	Razón	Diferencia en puntuación total.



- Terceras variables

Variable	Definición operacional	Tipo	Escala de medición	Indicador
Mejor tiempo	Mejor tiempo registrado en segundos para completar un ejercicio.	Cuantitativa Continua	Razón	Tiempo registrado (segundo)
Tiempo promedio	Promedio de tiempo de 5 intentos después de eliminar el mejor y peor intento, en segundos	Cuantitativa Continua	Razón	Tiempo promedio (segundos)
Número de errores	Cantidad de errores cometidos durante el ejercicio	Cuantitativa Discreta	Absoluta	Conteo de errores
Escala GOALS	Puntaje basado en la escala GOALS dada por dos evaluadores ciegos.	Cuantitativa Discreta	Ordinal	Puntaje en GOALS
Puntuación total	Suma ponderada de las variables (mejor tiempo, tiempo promedio, errores, y puntaje GOALS) para cada ejercicio, evaluada según criterios establecidos.	Cuantitativa	Continua	Puntuación final.
Coordinación ojo- mano	Capacidad para el uso de una mano en tareas específicas del simulador.	Cuantitativa continua	Razón	Puntaje de ejercicios ojo- mano
Destreza bimanual	Capacidad para el uso simultaneo de ambas manos para realizar ejercicios del simulador	Cuantitativa continua	Razón	Puntaje de ejercicios de destreza bimanual
Habilidad en sutura	Capacidad para el uso de ambas manos para realizar ejercicios de sutura del simulador	Cuantitativa Continua	Razón	Puntaje de ejercicios de habilidad en sutura.



- **Variables universales**

Variable	Definición operacional	Tipo	Escala de medición	Indicador
Edad	Edad del participante en años cumplidos	Cuantitativa	Continua	Años cumplidos
Sexo	Género de los participantes	Cualitativa	Nominal	Masculino / femenino
Año de residencia	Año actual de formación médica del participante	Cualitativa	Ordinal	Año en la residencia

Análisis estadístico

Los datos se registrarán en una tabla de Excel con las puntuaciones obtenidas para cada variable: tiempo total, tiempo promedio, número de errores, puntaje GOALS, puntuación total, coordinación ojo-mano, destreza bimanual y sutura. Posteriormente, estos datos se procesarán en el programa estadístico SPSS.

Se realizará un análisis descriptivo para las variables demográficas (año de residencia, edad y sexo), utilizando medidas de tendencia central y dispersión. Asimismo, se describirán los resultados iniciales (pre-test) para cada variable dependiente.

Se aplicará la prueba t de Student para muestras relacionadas en variables con distribución normal, para comparar los resultados pre y post-entrenamiento

Los resultados se presentarán en tablas y gráficas, y se considerarán significativas las diferencias con valores de $p < 0.05$ y un intervalo de confianza del 95%.



Recursos:

Recurso	Descripción	Costo (MXN)
Computadora	Laptop utilizada para conectar el Endotrainer durante las prácticas, grabar las sesiones, y realizar el análisis estadístico con SPSS.	18,000
Humanos	Investigador principal (coordinación y supervisión del estudio). Dos evaluadores ciegos (revisión de grabaciones y asignación de puntuaciones). Participantes	-
Endotrainer	Simulador laparoscópico Medclimber (modelo adquirido de Amazon) con instrumental básico incluido.	5,000

Consideraciones éticas.

Esta investigación se realizó en cumplimiento de los principios de la Declaración de Helsinki (1964 y sus enmiendas posteriores) y del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud (2014).

El protocolo titulado “Evaluación de la efectividad del entrenamiento FLS modificado por Holguín en simuladores laparoscópicos en residentes de cirugía general” fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Medicina y Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua y por el Comité de Ética en Investigación del Hospital Central del Estado, bajo el número de registro 061C-03/25 (24 de marzo de 2025).



Todos los participantes fueron informados sobre los objetivos, procedimientos y posibles riesgos del estudio, y otorgaron su consentimiento informado por escrito antes de participar. Asimismo, se garantizó la confidencialidad de los datos conforme a la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares, utilizándose exclusivamente con fines académicos y de investigación.

Cronograma

ACTIVIDAD	OCT 2024	NOV 2024	DIC 2024	ENE 2025	FEB 2025
Inicio de anteproyecto	X				
1ª revisión		X			
Corrección final			X		
Entrega al Comité de investigación			X		
Inicio real del estudio			X		
Evaluaciones iniciales (pre-test)				X	
Recolección de datos (entrenamiento y post-test)				X	X
Captura de datos					X
Análisis de datos					X
Resultados preliminares					X
Conclusiones y recomendaciones					X



Informe final					X
Presentación en eventos académicos					X

9. RESULTADOS

9.1 Análisis descriptivo:

En este estudio participaron inicialmente 11 residentes de cirugía, de los cuales 2 no completaron el programa por motivos personales, quedando una muestra final de 9 participantes. Del total analizado, 4 eran residentes de primer año (R1) y 5 de segundo año (R2); 3 mujeres y 6 hombres. Las edades oscilaron entre 28 y 33 años.

A continuación, se presenta el análisis estadístico de los datos obtenidos, con el objetivo de evaluar los cambios en el desempeño técnico pre y post entrenamiento. Las variables analizadas incluyen puntaje total, mejor tiempo, tiempo promedio, errores, evaluación subjetiva (GOALS) y desempeño por tipo de competencia. Además, se compararon las mejoras obtenidas entre distintos niveles de experiencia (R1 vs. R2).

Nota. **En el anexo 1** se describen los ejercicios y el sistema de puntuación.

9.2 Comparaciones estadísticas del desempeño.

9.2.1 Comparación del puntaje por ejercicio antes y después del entrenamiento

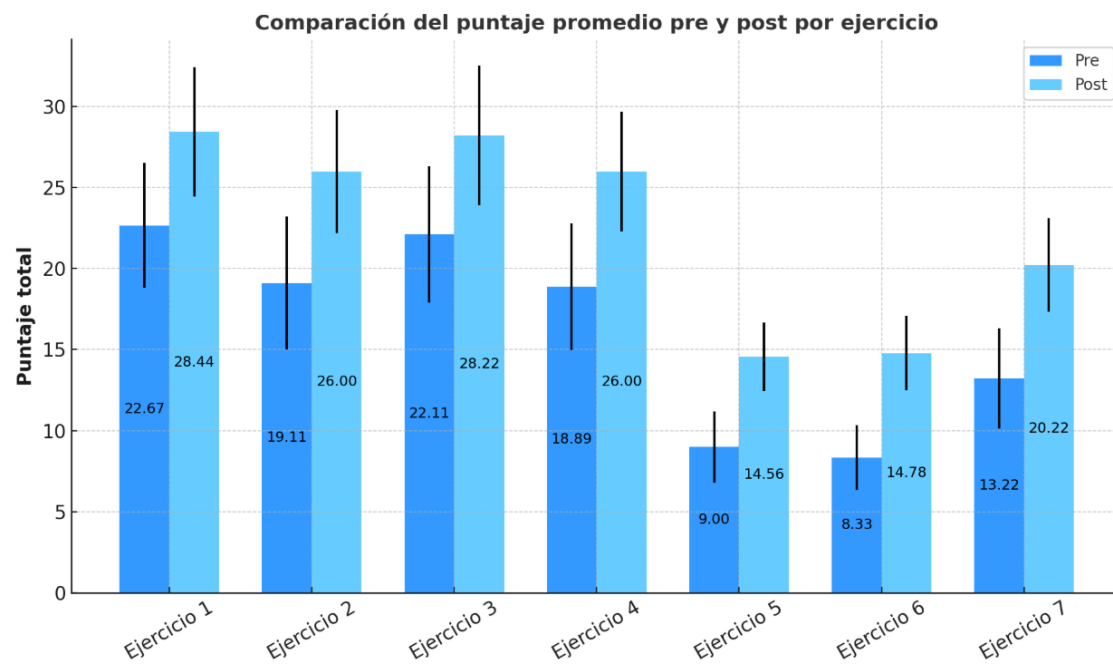


Se realizó la comparación del desempeño promedio en cada uno de los siete ejercicios antes y después del entrenamiento ($n = 9$), utilizando prueba t de Student para muestras relacionadas. Se reportan las medias pre y post, la diferencia promedio, el valor t, el valor p y el tamaño del efecto de Cohen (d) (Tabla 3) (Figura 1).

Tabla 3. Promedio de puntajes por ejercicio antes y después del entrenamiento

Ejercicio	Media Pre	Media Post	Diferencia	t	p	(d)
1	22.67	28.44	5.78	4.64	0.002	1.55
2	19.11	26.0	6.89	6.25	<0.001	2.08
3	22.11	28.22	6.11	3.97	0.004	1.32
4	18.89	26.0	7.11	5.63	<0.0001	1.88
5	9.0	14.56	5.56	3.191	0.013	1.06
6	8.33	14.78	6.44	4.27	0.003	1.42
7	13.22	20.22	7.0	4.92	0.001	1.64

Figura 1. Comparación gráfica de puntajes por ejercicio (media $\pm$ DE





9.2.2 Comparación del puntaje total antes y después del entrenamiento

Se realizó una prueba t de Student para muestras relacionadas con el objetivo de comparar el puntaje total obtenido por todos los participantes, en todos los ejercicios, antes y después del entrenamiento con el simulador laparoscópico (Tabla 4) (Figura 2).

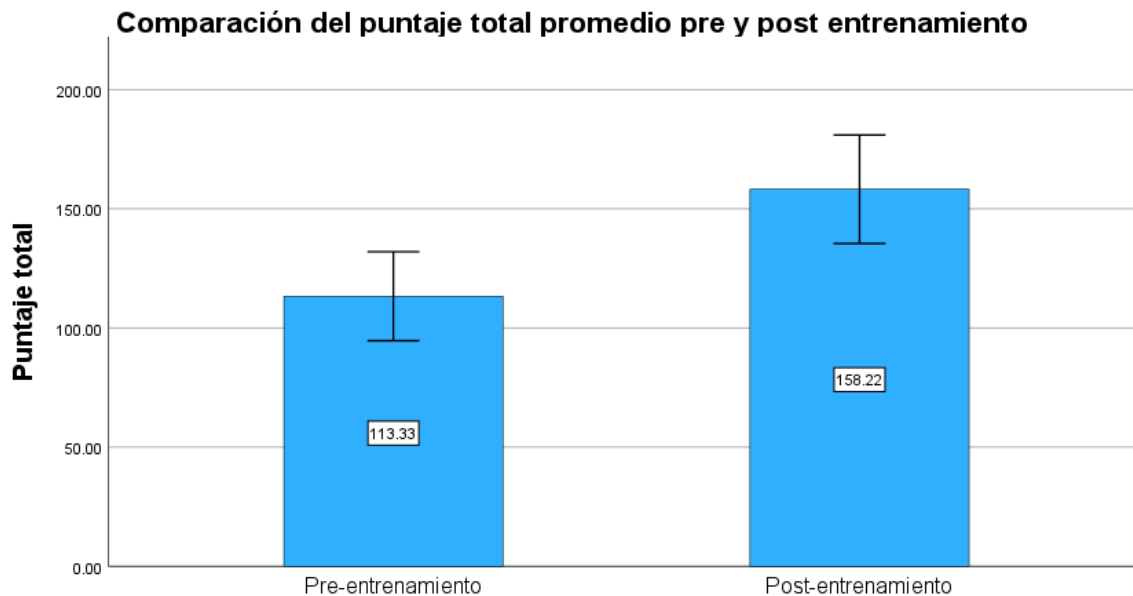
Tabla 4. Comparación del puntaje total antes y después del entrenamiento.

Variable	Media Pre (DE)	Media Post (DE)	Diferencia	t	p	(d)
Puntaje total	113.33 (18.67)	158.22 (22.78)	+44.89	-12.13	<0.001	4.04

La media del puntaje total antes del entrenamiento fue de 113.33 puntos (DE = 18.67), mientras que la media posterior fue de 158.22 puntos (DE = 22.78), lo que representa un incremento promedio de 44.89 puntos. Esta diferencia fue estadísticamente significativa ($t(8) = -12.13$, $p < 0.001$), con un tamaño del efecto de Cohen $d = 4.04$.



Figura 2. Comparación gráfica del puntaje total promedio antes y después del entrenamiento (n = 9) (media $\pm$ DE).



9.2.3 Comparación entre mejor tiempo y tiempo promedio en los ejercicios

Se compararon dos variables medidas durante los ejercicios, como indicadoras de desempeño: el mejor tiempo por ejercicio y el tiempo promedio por ejercicio (calculado a partir de cinco intentos, excluyendo el mejor y el peor). Ambos fueron registrados antes y después del entrenamiento, aplicando la prueba t de Student para muestras relacionadas y calculando el tamaño del efecto mediante la d de Cohen. Se observaron diferencias estadísticamente significativas en la mayoría de los casos ($p < 0.05$), con tamaños del efecto grandes ($d > 0.8$). Esto indica que tanto el mejor tiempo como el tiempo promedio fueron métricas consistentes y útiles para evaluar el progreso en los ejercicios (Tabla 5). Nota: se presentan los tiempos en segundos.



Tabla 5. Comparación entre el mejor tiempo y el tiempo promedio.

Ejercicio	Mejor Tiempo (Media $\pm$ DE)	Tiempo Promedio (Media $\pm$ DE)	p	d de Cohen
1 pre	92.44 $\pm$ 33.33	116.22 $\pm$ 39.05	0.005	1.3
1 post	60.22 $\pm$ 22.10	70.11 $\pm$ 22.74	0.001	3.37
2 pre	98.11 $\pm$ 15.34	127.33 $\pm$ 31.27	0.004	1.3
2 post	69.22 $\pm$ 22.96	82.89 $\pm$ 26.62	0.001	2.02
3 pre	88.22 $\pm$ 22.16	105.11 $\pm$ 28.86	0.003	1.12
3 post	62.78 $\pm$ 17.13	82.00 $\pm$ 26.53	0.001	1.58
4 pre	102.22 $\pm$ 30.68	130.00 $\pm$ 39.48	0.015	1.02
4 post	71.67 $\pm$ 16.99	86.67 $\pm$ 25.03	0.019	0.98
5 pre	207.78 $\pm$ 60.07	238.11 $\pm$ 66.08	0.001	2.79
5 post	145.33 $\pm$ 55.17	173.89 $\pm$ 59.40	0.014	1.05
6 pre	285.22 $\pm$ 89.70	306.00 $\pm$ 73.03	0.043	0.8
6 post	173.67 $\pm$ 95.82	191.67 $\pm$ 88.55	0.014	1.05
7 pre	205.33 $\pm$ 95.68	232.22 $\pm$ 83.73	0.009	1.15
7 post	133.00 $\pm$ 89.46	153.00 $\pm$ 82.41	0.005	1.28

La Tabla 6 compara la capacidad de detección de cambio entre el mejor tiempo y el tiempo promedio. En ambos indicadores se evidenciaron reducciones significativas en los tiempos tras el entrenamiento ($p < 0.05$), con tamaños del efecto que oscilaron de grandes a muy grandes ($d > 0.8$). Estos resultados confirman que ambas métricas fueron sensibles para detectar la mejoría en el desempeño, aunque el tiempo promedio mostró una ligera ventaja en la magnitud de cambio en algunos ejercicios.



Tabla 6. Capacidad de detección de cambio: mejor tiempo vs. tiempo promedio

Ejercicio	Δ Mejor Tiempo (media)	p Mejor	d de Cohen Mejor	Δ Promedio (media)	p Promedio	d de Cohen Promedio
E1	32.22	<0.003	0.81	46.11	<0.001	1.3
E2	28.89	<0.001	1.42	44.44	<0.001	2.32
E3	25.44	<0.001	1.15	23.11	<0.004	1.15
E4	30.56	<0.001	1.18	43.33	<0.001	2.32
E5	62.44	<0.001	1.15	64.22	<0.001	1.15
E6	111.56	<0.001	1.34	114.33	<0.001	1.47
E7	72.33	<0.001	1.37	79.22	<0.001	1.21

Nota. Se presentan las diferencias promedio (Δ) entre las fases pre y post del entrenamiento en segundos, junto con los valores de significancia estadística (p) y el tamaño del efecto (d de Cohen).

9.2.4 Análisis de mejora según tipo de competencia

Se evaluó el cambio en el puntaje total por competencia (post – pre) en tres dominios: coordinación ojo-mano (4 ejercicios), coordinación bimanual (1 ejercicio) y habilidad en sutura (2 ejercicios). La Tabla 7 presenta los estadísticos descriptivos correspondientes y la Figura 2 muestra la distribución de los cambios individuales. Para identificar diferencias significativas entre competencias, se aplicó la prueba no paramétrica de Friedman para muestras relacionadas, seguida de comparaciones por pares con corrección de Bonferroni (Tabla 7) (Figura 3).

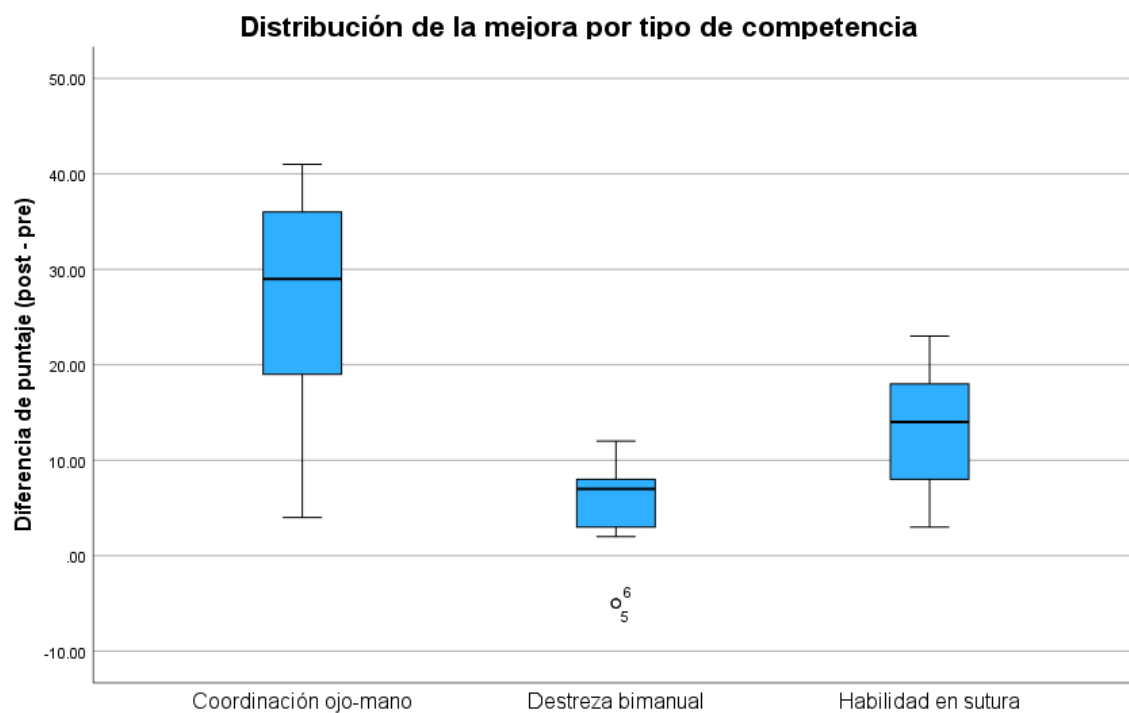


Tabla 7. Estadísticos descriptivos de la mejora (post – pre) por competencia

Competencia	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Coordinación ojo-mano	9	4	41	25.89	11.79
Coordinación bimanual	9	-5	12	5.56	5.07
Habilidad en sutura	9	3	23	13.44	6.21

Nota. Los valores representan la diferencia de puntaje entre las fases pre y post entrenamiento para cada competencia específica.

Figura 3. Mejora por competencia. Nota: Los valores atípicos (casos 5 y 6) corresponden a un mismo participante con un empeoramiento en coordinación bimanual (valor = –5).





La prueba de Friedman reveló diferencias estadísticamente significativas en la magnitud de mejora entre las competencias ($\chi^2(2) = 16.000$, $p < .001$). El análisis de rangos promedio mostró que la mayor mejora se observó en coordinación ojo-mano ($M = 2.67$), seguida de habilidad en sutura ($M = 2.00$) y coordinación bimanual ($M = 1.33$). Las comparaciones por pares con corrección de Bonferroni indicaron que la diferencia significativa se presentó únicamente entre coordinación ojo-mano y coordinación bimanual (p ajustado < 0.001); los demás pares no alcanzaron significancia estadística (p ajustado > 0.05).

9.2.5 Comparación por año de residencia (R1 vs R2)

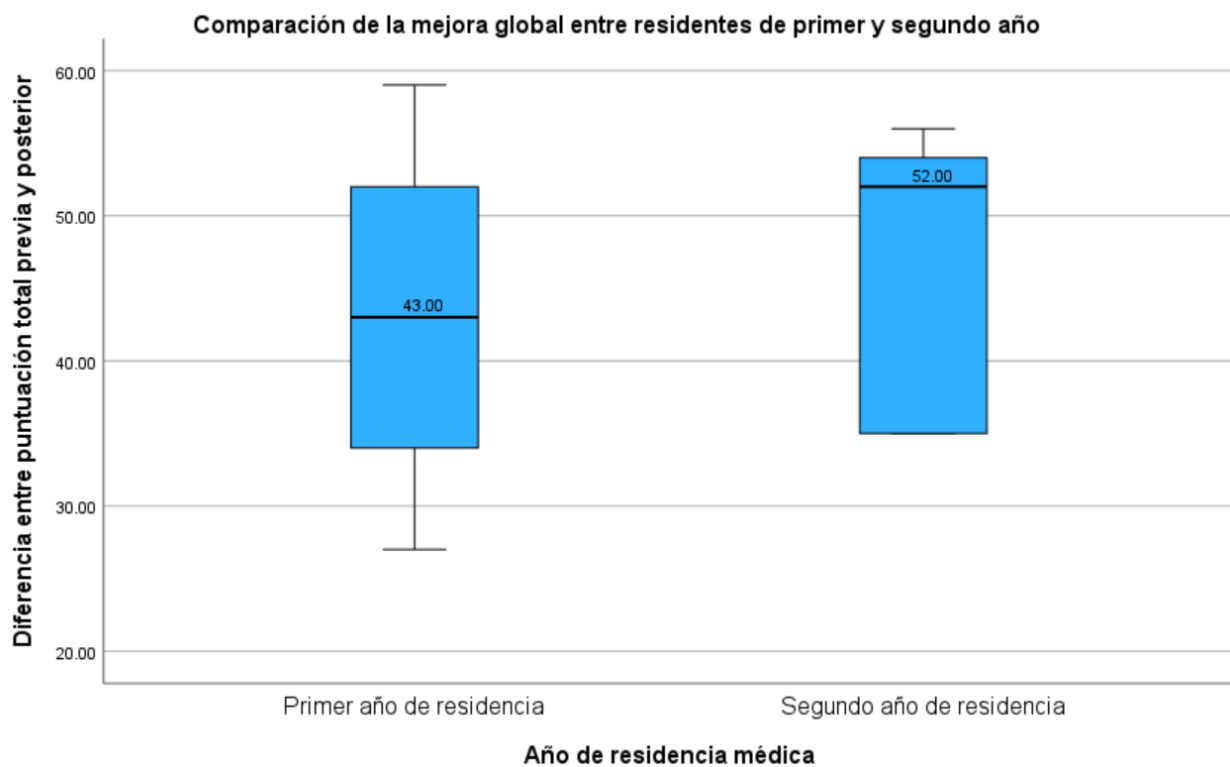
Se utilizó la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney para comparar la mejora global en el puntaje total, calculada como la diferencia entre las puntuaciones pre y post entrenamiento, entre residentes de primer año (R1) ($N=4$) y segundo año (R2) ($N=5$).

La mediana de mejora en el grupo R1 fue de 43 puntos, y en el grupo R2 fue de 52 puntos. Sin embargo, esta diferencia no fue estadísticamente significativa ($U = 44.00$, $p = .762$), lo que indica que no existen diferencias relevantes en la distribución de las mejoras entre ambos grupos.

En cuanto a la dispersión, el grupo R1 mostró una mayor variabilidad en las puntuaciones de mejora, mientras que el grupo R2 presentó valores más concentrados en torno a su mediana (Figura 4).



Figura 4. Comparación de la mejora global en puntaje total entre residentes de primer y segundo año. Las cajas representan la distribución de la diferencia de puntaje total (post – pre) en cada grupo. Las líneas horizontales indican las medianas.



9.3 Cuestionario de percepción sobre la efectividad del programa de entrenamiento en simuladores de laparoscopia

Se aplicó un cuestionario a los participantes del programa, con el objetivo de conocer su percepción sobre la utilidad, aplicabilidad y estructura del entrenamiento en simuladores laparoscópicos (véase Anexo 3). Las respuestas se recabaron en una escala tipo Likert de 1 a 5, donde: 1 = Totalmente en desacuerdo. 2 = En desacuerdo. 3 = Neutral. 4 = De acuerdo. 5 = Totalmente de acuerdo, (Tabla 8).



Tabla 8. Resultados de encuesta a participantes sobre percepción del programa.

Pregunta	Totalmente de acuerdo (5)	De acuerdo (4)
1. El programa mejoró mis habilidades generales de laparoscopia	88.9 %	11.1 %
2. El programa cumplió mis expectativas en cuanto a mejorar mis competencias laparoscópicas	88.9 %	11.1 %
3. Las habilidades aprendidas en el simulador son transferibles al quirófano real	77.8 %	22.2 %
4. La práctica en simuladores es una herramienta esencial para mi formación quirúrgica	88.9 %	11.1 %
5. La duración y frecuencia del programa fueron adecuadas para los objetivos de aprendizaje	33.3 %	66.7 %
6. El programa me motivó a practicar y mejorar mis habilidades quirúrgicas	88.9 %	11.1 %
7. El modelo de práctica deliberada utilizado fue efectivo para mi aprendizaje	77.8 %	22.2 %
8. Recomendaría este programa a otros residentes de cirugía	88.9 %	11.1 %
9. Considero que este programa debería ser implementado regularmente en nuestra formación	88.9 %	11.1 %

Nota. En ninguna pregunta la respuesta obtuvo calificación igual o menor a 3 puntos, por esta razón no se incluyen en los resultados.



10. DISCUSIÓN

10.1 Análisis comparativo

10.1.1 Impacto general del entrenamiento laparoscópico

Los resultados muestran una mejora significativa en el rendimiento técnico de los participantes tras el entrenamiento en simuladores laparoscópicos. Así mismo se observa una mejora significativa en el puntaje promedio en los siete ejercicios tras el entrenamiento. En todos los casos, las medias post entrenamiento superaron a las medias pre entrenamiento, con diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) y tamaños del efecto grandes ($d > 0.8$), lo que indica un impacto sustancial del entrenamiento en el desempeño técnico. Véase figura 1 y tabla 3.

El puntaje promedio aumentó de 113.33 a 158.22, con una diferencia de 44.89 puntos ($t(8) = -12.13$, $p < .001$; $d = 4.04$), lo que indica un efecto muy grande según la clasificación de Cohen. Véase figura 2 y tabla 4.

Todos los participantes mejoraron, aunque con variaciones individuales. Ninguno presentó un desempeño inferior a la inicial, lo que respalda la utilidad del entrenamiento basado en simulación para desarrollar habilidades quirúrgicas.

El puntaje total se obtuvo al sumar 4 variables: mejor tiempo, tiempo promedio (basado en los intentos intermedios, $n = 5$), número de errores y evaluación subjetiva de dos observadores cegados. Esta estrategia permitió una evaluación integral del



desempeño, disminuyendo sesgos y mostrando diferentes áreas de mejora para el participante y facilitando una retroalimentación específica sobre aquellas áreas en las que se detectan más fallos.

Aunque podrían incorporarse más variables, incluir demasiadas puede aumentar la carga de trabajo para el participante, por ello, se seleccionaron estas variables que funcionan como indicadores sin comprometer la motivación de los participantes (9). Además, algunos de ellos pueden estar relacionados directa o indirectamente con otros y modificarlos, como por ejemplo el número de errores pueden modificar las variables de tiempo.

En general, los datos confirman la hipótesis alternativa planteada en el estudio: un programa estructurado, basado en el modelo FLS modificado, mejora significativamente las habilidades en endotrainer de los residentes de cirugía en comparación con su nivel inicial.

10.1.2 Evaluación del mejor tiempo y del tiempo promedio como indicadores de desempeño

El tiempo de ejecución ha sido validado como una medida objetiva y práctica en simuladores laparoscópicos (46). En este estudio, se utilizó para representar el desempeño técnico diferenciando entre rendimiento máximo (mejor tiempo) y consistencia operativa (tiempo promedio ($n=5$)). Esta comparación permitió evaluar qué indicador refleja con mayor precisión el progreso durante el entrenamiento laparoscópico.



La Tabla 3 muestra que, en la mayoría de los ejercicios, tanto en la fase pre como post entrenamiento, hubo diferencias estadísticamente significativas entre ambas métricas, evidenciando que no son intercambiables. El mejor tiempo representa un desempeño óptimo puntual, mientras que el tiempo promedio ofrece una visión más estable del rendimiento sostenido.

Para valorar su utilidad como indicadores de progreso, se analizó su sensibilidad al cambio mediante la diferencia pre-post, el valor p y el tamaño del efecto (Tabla 6). En ejercicios como el 1, 2 y 6, el tiempo promedio mostró una mayor sensibilidad al cambio, con mayor magnitud de mejora y mayor tamaño del efecto. Esto sugiere que podría ser un indicador más confiable para evaluar el progreso técnico, ya que reduce el sesgo por ejecuciones atípicamente buenas o malas.

Por el contrario, el mejor tiempo, aunque también mejoró, mostró en algunos casos una menor magnitud de cambio, posiblemente porque representa una ejecución óptima pero no necesariamente representativa del desempeño habitual del participante. Se sugiere, por tanto, evaluar el progreso mediante el tiempo promedio, ya que permite una apreciación más justa del desempeño real de los participantes, evitando sesgos o variaciones por azar. El mejor tiempo puede conservarse como un indicador complementario, útil para registrar el rendimiento máximo alcanzado bajo condiciones óptimas.



Estadísticamente hablando, deben distinguirse con claridad entre estas tres variables: el mejor tiempo alcanzado por un participante, el promedio modificado ($n=5$) utilizado en este estudio, y el tiempo promedio real, que correspondería al valor medio esperado tras un número elevado de repeticiones del mismo ejercicio (por ejemplo, 50 intentos).

Entre estas tres medidas suele observarse un patrón relativamente constante. El mejor tiempo tiende a ser igual o menor que el promedio modificado, y este generalmente queda por debajo de un promedio real obtenido tras un número mayor de repeticiones. Por eso, en un intento aislado es habitual obtener un tiempo más alto que el mejor intento previo o incluso superior al promedio modificado. Esta variación es esperable durante la adquisición de habilidades motoras y no representa un retroceso. Desde un punto de vista estadístico, en la mayoría de los intentos es normal no alcanzar ni el mejor tiempo ni el promedio modificado ($n=5$): considerando a alguien que ya aplanó su curva de aprendizaje, pues puede variar más en principiantes.

Relacionado con lo anterior, tenemos que considerar el efecto anclaje, un sesgo cognitivo donde el mejor tiempo de un participante puede convertirse en una referencia mental para evaluar los intentos posteriores. Esto puede llevar a valorar de forma negativa ejecuciones que no igualan ese desempeño óptimo previo. En la literatura sobre simuladores se describen otros sesgos —como el de confirmación, el de orden o el implícito— que también pueden influir en la percepción del progreso y en la valoración del desempeño técnico (50). Identificar estos sesgos y apoyarse en métricas objetivas,



como los promedios, favorece una interpretación más precisa del avance real durante el entrenamiento.

Aunque el tiempo promedio mostró mayor sensibilidad al cambio, su capacidad para predecir el desempeño real en quirófano sigue siendo limitada. Estudios previos advierten que las métricas basadas en simulación requieren validación externa antes de extrapolarse a contextos clínicos (47).

10.1.3 Variabilidad en la mejora según el tipo de habilidad evaluada

Los resultados mostraron diferencias significativas en la magnitud de mejora según el tipo de habilidad (Figura 3.). La mayor ganancia se observó en tareas de coordinación ojo-mano (promedio de mejora: 25.89 puntos), mientras que la coordinación bimanual presentó la menor mejora (5.56 puntos), incluyendo un caso con retroceso en el puntaje (-5). Esta diferencia fue estadísticamente significativa ($\chi^2 (2) = 16.000$, $p < .001$), y el análisis post hoc indicó que solo la comparación entre coordinación ojo-mano y bimanual alcanzó significancia (p ajustado $< .001$).

Estos resultados sugieren que el tipo de habilidad influye en la respuesta al entrenamiento. Las tareas que exigen coordinación bimanual (incluida la sutura), tienen mayor complejidad y, por ello, pueden necesitar un más tiempo de práctica para generar mejoras significativas, en contra parte los ejercicios centrados en la coordinación ojo-mano suelen progresar con mayor rapidez, especialmente en principiantes (11).

La duración del programa (12 horas) puede haber sido insuficiente para alcanzar mejoras notables en habilidades más complejas. Además, la presencia de un valor



atípico negativo en la coordinación bimanual —perteneciente a un solo participante— plantea la posibilidad de que existan diferencias individuales en el ritmo de aprendizaje.

Los resultados indican que el impacto del entrenamiento varía según la competencia trabajada. No todas las habilidades quirúrgicas progresan al mismo ritmo, y las de mayor complejidad suelen requerir periodos de práctica más amplios y mejor estructurados. Para futuras investigaciones sería conveniente ampliar el tamaño de la muestra y prolongar la duración del entrenamiento, con el fin de analizar con mayor detalle las curvas de aprendizaje individuales y su relación con cada tipo de habilidad.

10.1.4 Efecto del entrenamiento según el nivel de experiencia de los residentes

Los resultados mostraron que tanto los residentes de primer año (R1) como los de segundo año (R2) mejoraron tras el entrenamiento (Figura 4.). Si bien los R2 presentaron una mediana de mejora ligeramente superior, esta diferencia no fue estadísticamente significativa. Esto debe interpretarse con cautela debido al tamaño reducido de la muestra ($N=9$), que limita la potencia estadística del análisis.

Desde un enfoque teórico, podría esperarse que los residentes de primer año muestren mayor ganancia relativa, en línea con el modelo clásico de las curvas de aprendizaje. Según este modelo, los individuos con menor experiencia suelen presentar una mejora más rápida durante las primeras fases del entrenamiento, mientras que quienes ya tienen habilidades previas muestran avances más lentos y graduales (11).



Sin embargo, el tamaño muestral de este estudio no permite confirmar ni descartar esa hipótesis. Para evaluar adecuadamente la existencia de curvas de aprendizaje diferenciadas según el nivel de experiencia, se requerirían estudios con mayor número de participantes y evaluaciones seriadas que permitan trazar la progresión de forma longitudinal.

A pesar de estas limitaciones, los resultados muestran que ambos grupos (R1 y R2) mejoraron con el programa, lo que sugiere que el entrenamiento puede ser beneficioso independientemente del nivel inicial de competencia.

Los análisis estadísticos muestran que el programa de entrenamiento laparoscópico produjo mejoras claras en las habilidades técnicas evaluadas. Se registró un aumento constante en el puntaje total, junto con avances tanto en el mejor tiempo como en el tiempo promedio, así como diferencias entre los tipos de competencias, con la coordinación ojo-mano como la de mayor cambio. Aunque no hubo diferencias significativas entre residentes de primer y segundo año, todos los participantes se beneficiaron del entrenamiento, independientemente de su nivel inicial. En conjunto, estos hallazgos respaldan la eficacia del programa y su capacidad para generar mejoras objetivas en el rendimiento quirúrgico.

10.2 Comparación entre el FLS oficial y el programa modificado

El programa Fundamentals of Laparoscopic Surgery (FLS), desarrollado por la Sociedad Americana de Cirujanos Gastrointestinales y Endoscópicos (SAGES), es uno



de los sistemas de entrenamiento laparoscópico más utilizados en Norteamérica. Está compuesto por una parte teórica (que evalúa conocimientos básicos en laparoscopia) y una parte práctica, que incluye cinco tareas estandarizadas: transferencia de objetos (peg transfer), corte de precisión, colocación de lazo de ligadura, sutura con nudo extracorpóreo y sutura con nudo intracorpóreo (27)

Estas actividades se realizan en un simulador físico específico (FLS trainer box), lo que permite estandarizar la práctica en diferentes instituciones. Además, el FLS ha sido validado en múltiples estudios y forma parte de procesos de certificación quirúrgica en Estados Unidos, lo que le otorga un alto nivel de reconocimiento académico.

Sin embargo, su implementación en países con recursos limitados puede verse obstaculizada por el costo del equipo, las tarifas de certificación y la necesidad de presentar exámenes en centros acreditados. Otro reto es el idioma, ya que gran parte del material está solo disponible en inglés, lo cual puede ser una barrera para algunos programas de residencia en países hispanohablantes.

A diferencia del FLS, que incluye una sección teórica formal, el modelo propuesto en esta investigación se centra únicamente en la práctica. Utiliza simuladores tipo endotrainer comerciales de bajo costo, materiales accesibles y una estructura flexible que permite adaptarlo a las condiciones reales del entorno hospitalario. No busca



reemplazar al FLS, sino ofrecer una alternativa accesible que conserve principios pedagógicos fundamentales.

Las tareas seleccionadas en este programa fueron: coordinación ojo-mano (transferencia de objetos), destreza bimanual (paso de hilo por aros), sutura básica (pase de aguja y nudos intracorpóreos) (Véase anexo 1)

No se incluyeron tareas como corte y ligadura y nudos extracorpóreos debido a limitaciones de tiempo. No obstante, estos ejercicios pueden integrarse en futuras versiones del programa, ya que utilizan materiales accesibles y compatibles con simuladores comerciales.

Los primeros cuatro ejercicios de este estudio son parecidos al Peg Transfer del FLS, pero no son iguales. En el FLS, el criterio de competencia exige completar la transferencia de seis objetos en menos de 48 segundos, con dos ejecuciones consecutivas exitosas, tomando como referencia los percentiles de cirujanos expertos. El promedio final en segundos en los ejercicios de este estudio (80.42 s) está por encima del estándar del FLS (~48 s), lo que podría indicar que aún no se alcanza ese nivel de competencia, sin embargo, en el FLS se transfieren 6 objetos; en este programa fueron 8, con recorrido diferente, lo que podría tomar más tiempo. Por eso, aunque los tiempos pueden compararse como referencia, no son directamente equivalentes. Lo mismo ocurre con los ejercicios de sutura: son similares en principio, pero tienen diferencias técnicas que impiden una comparación exacta.



Ambos programas pueden completarse en un lapso de 10 a 14 horas distribuidas en cuatro semanas, y se apoyan en principios de práctica deliberada, aunque con diferentes niveles de supervisión y certificación.

Antes de presentar la tabla comparativa, es importante aclarar que esta tiene un fin exclusivamente descriptivo. No se busca equiparar el nivel de validación o impacto institucional del FLS, sino resaltar cómo algunos de sus elementos pueden ser adaptados en contextos con menor infraestructura.

Tabla 9. Comparación entre el programa FLS oficial y el programa FLS modificado por Holguín.

Característica	FLS oficial	FLS modificado por Holguín
Organización	SAGES (EUA)	Programa autónomo hospitalario
Equipamiento	FLS Trainer Box	Endotrainer comercial
Costo	\$10,000–20,000 MXN aprox. + costos de examen de certificación	\$5,000 MXN aprox. por kit
Evaluación	Examen teórico + práctico (OSATS/GOALS)	Evaluación práctica basada en tiempo, errores, escala GOALS
Supervisión	Instructores certificados	Entrenamiento autodirigido con seguimiento periódico por instructores
Aplicación y objetivo	Certificación profesional obligatoria en EUA	Entrenamiento previo a práctica clínica real
Accesibilidad	Limitada por idioma, disponibilidad y costos	Mayor accesibilidad por idioma, bajo costo y adaptabilidad local

Otra consideración importante para este tipo de entrenamientos es considerar la diferencia entre competencia vs. excelencia. En programas como el FLS, alcanzar ciertos



tiempos o puntajes define a un residente como “competente”, es decir, apto para realizar cirugía laparoscópica en general; sin embargo, esto no implica que haya alcanzado su techo de rendimiento. De ello surge una pregunta fundamental: ¿cuánto más puede mejorar un residente con mayor tiempo de entrenamiento, variedad de ejercicios y evaluación continua?

Aunque este modelo no pretende replicar el FLS, los resultados observados y la aceptación por parte de los participantes sugieren que el entrenamiento propuesto puede ser viable en este tipo de contextos. La clave está en diseñar entrenamientos con seguimiento medible, que respondan a las condiciones reales de la formación quirúrgica en residentes. A diferencia del FLS, este modelo aún no ha sido validado externamente, por lo que sus resultados deben considerarse preliminares.

10.3 Percepción de los participantes sobre el programa de simulación laparoscópica

Los resultados del cuestionario muestran una percepción positiva por parte de los participantes (véase tabla 8). La mayoría indicó que el programa no solo mejoró sus habilidades quirúrgicas generales, sino que cumplió sus expectativas y fortaleció su motivación para continuar practicando. Asimismo, consideraron que las destrezas desarrolladas eran transferibles al quirófano real, lo que sugiere una posible utilidad clínica del entrenamiento en simuladores de baja fidelidad.

Además, los participantes están de acuerdo en que este tipo de programas debería integrarse de forma regular y obligatoria en la formación quirúrgica. Uno de los



participantes comentó: ‘A veces, si no nos presionan, no lo hacemos por todas las actividades que implica la residencia’, lo cual refleja la necesidad de contar con entrenamientos obligatorios que aseguren formación laparoscópica del residente.

Aunque las respuestas en la escala Likert fueron mayormente positivas respecto a la duración y frecuencia, los comentarios cualitativos indicaron que algunos residentes habrían preferido un programa más largo.

Si bien la valoración general fue favorable, algunos residentes señalaron que la duración del programa fue limitada y que habría sido útil contar con mayor disponibilidad de simuladores y horarios más definidos. Estas observaciones sugieren que, para sostener la adherencia y optimizar los resultados, el diseño de futuros programas debe contemplar condiciones logísticas realistas que faciliten su implementación durante la residencia.

10.4 Propuesta de principios para el entrenamiento en simuladores laparoscópicos

A partir de los hallazgos de esta investigación, los comentarios de los participantes y la revisión de la literatura científica, se proponen a continuación una serie de principios andragógicos que pueden orientar el diseño de programas de entrenamiento en simuladores laparoscópicos. Estos principios no deben entenderse como reglas estrictas, sino como lineamientos basados en evidencia empírica y teórica.

La efectividad del entrenamiento quirúrgico no depende solo del tiempo o la intensidad de práctica, sino de cómo está estructurado el programa. Para que sea eficaz,



debe contemplar no solo el desarrollo técnico, sino también las condiciones reales de los residentes: fatiga, carga emocional, limitaciones de tiempo y motivación. En este contexto, se presentan los principios que resumen los aportes más relevantes de este estudio.

1.- Formación de hábitos

Para que un programa de entrenamiento sea eficaz, además de su diseño y tecnología, depende de que los residentes puedan seguirlo de forma constante sin abandonarlo. Para lograr esa continuidad es importante la formación de hábitos: repetir una conducta en un entorno estable hasta que se vuelva parcialmente automática y más fácil de seguir, como la práctica con el simulador.

Los hábitos suelen consolidarse tras varios días o semanas de práctica regular, aunque el tiempo exacto varía según la persona y la tarea (43).

Por eso, un programa debe ser accesible, flexible y fomentar la repetición, de modo que permita mantener la práctica incluso ante obstáculos como el cansancio, la falta de tiempo o la desmotivación inicial.

La constancia permite que los procesos de aprendizaje motor se consoliden mediante la repetición, haciendo que tareas complejas se vuelvan automáticas y más fáciles de hacer (20). Estudios como el de Boettcher et al. (16) han demostrado que la práctica



distribuida y sostenida durante varias semanas, mejora significativamente habilidades de sutura utilizadas en los entrenamientos.

También es importante considerar el nivel de activación emocional. Según la Ley de Yerkes-Dodson (reinterpretada), un nivel moderado de activación (eustrés) puede mejorar la atención y consolidar el aprendizaje, mientras que niveles muy bajos o altos lo deterioran (13, 44). Por eso, se recomienda comenzar con tareas sencillas e incrementar gradualmente la dificultad.

Finalmente, la adherencia a los entrenamientos no depende únicamente de la motivación individual, sino también de la facilidad para llevar a cabo el entrenamiento. En este estudio, algunos residentes señalaron limitaciones como la falta de horarios fijos y estructurados, así como la baja disponibilidad de simuladores (tres simuladores para once participantes al inicio). Estas condiciones dificultaron mantener una práctica constante (véase Anexo 2), lo que sugiere que una baja accesibilidad puede representar una barrera significativa para la continuidad del entrenamiento.

2.- Medición y ajuste de variables de entrenamiento.

Para que un proceso de entrenamiento mejore con el tiempo, es importante medirlo. Registrar los resultados, ya sea con puntuaciones, tiempos, número de errores o escalas validadas, permite visualizar el progreso, generar retroalimentación y realizar ajustes en el diseño del programa durante su realización y no solamente al inicio (24). Además,



medir estas variables ayuda a mantener un nivel de exigencia adecuado, evitando tanto la repetición mecánica como la sobrecarga innecesaria (20).

Entre las variables más relevantes se encuentran el volumen, la frecuencia y la dificultad de las tareas. Estas deben ajustarse de forma progresiva a medida que el participante avanza.

- **Volumen:** se refiere a la cantidad total de práctica en un periodo de tiempo, ya sea en horas acumuladas o en número de tareas completadas. Aunque se ha popularizado la idea de que alcanzar niveles expertos requiere unas 10,000 horas de práctica, dichas horas provienen principalmente de estudios en campos como la música, el ajedrez y el deporte, por lo que no pueden aplicarse de forma directa al entrenamiento quirúrgico. De acuerdo con el modelo de práctica deliberada de Ericsson, el número total de horas no es el factor decisivo; lo importante, no es la cantidad, sino que la práctica sea estructurada: con objetivos claros, retroalimentación a través de mediciones, repetición constante y progresión (20). En cirugía laparoscópica, el programa FLS ha mostrado que los principiantes pueden alcanzar competencias básicas con entre 6 y 14 horas de práctica distribuida (27). Antes de implementar entrenamientos con mayores volúmenes, son necesarios estudios preliminares como el presente, que con cargas moderadas permiten monitorear la progresión de habilidades y ajustar programas futuros.



Además, un volumen excesivo sin descanso adecuado puede generar fatiga y comprometer la continuidad del entrenamiento, mientras que uno demasiado bajo podría no generar progresos significativos.

- **Frecuencia:** Se refiere al número de sesiones realizadas, medidas en horas, días, semanas u otros intervalos de tiempo. La evidencia indica que el entrenamiento espaciado, es decir, sesiones distribuidas en el tiempo con descansos intermedios, resulta más efectivo que concentrar la práctica en pocas sesiones prolongadas (16)

Aunque no existe un consenso absoluto sobre la frecuencia ideal de práctica en simuladores laparoscópicos, o intervalos de descanso, la evidencia sugiere que una frecuencia intermedia, de 3 a 5 sesiones semanales, ha mostrado ser eficaz para consolidar el aprendizaje sin inducir fatiga excesiva. Este enfoque de práctica distribuida ha demostrado ser más efectivo que la práctica masiva (múltiples sesiones en un solo día) para el aprendizaje (16,17). Sabiendo esto, se puede adaptar la frecuencia dependiendo del tiempo en particular de cada participante.

- **Dificultad:** hace referencia al nivel técnico y cognitivo de los ejercicios. Esta debe incrementarse de forma progresiva: si la tarea es demasiado sencilla, el aprendizaje se estanca; si es excesivamente compleja desde el inicio, puede generar frustración y errores. Desde la neurociencia del aprendizaje, se ha demostrado que un grado moderado de estrés —conocido como eustrés— favorece la atención, la consolidación de la memoria y el desarrollo de habilidades



motoras (13, 45). Por ello, es recomendable incluir tareas que representen un reto realista: suficientemente demandantes para sostener el interés y evitar el aburrimiento, pero no tan difíciles como para generar bloqueo o abandono. Un nivel de dificultad adecuada, actúa como un estímulo para el aprendizaje adaptativo y evita el estancamiento.

3.- Progresión estructurada y retroalimentación

Incrementar el tiempo de práctica no garantiza por sí solo una mejora continua. El progreso tiende a estabilizarse cuando las tareas dejan de implicar un desafío técnico o cognitivo. Según Ericsson (20), una vez que se alcanza un nivel aceptable de desempeño, repetir tareas con la misma dificultad no produce mejoras significativas. Para seguir progresando, es necesario estructurar el entrenamiento con una secuencia que incremente gradualmente la dificultad, adaptada al nivel actual del participante.

La progresión y el desempeño se pueden medir con una evaluación objetiva y otra subjetiva. Algunas variables, como el tiempo de ejecución y el número de errores, pueden ser registrados por el propio participante; en cambio otros, como la precisión técnica o el manejo de tejidos, requieren evaluaciones estructuradas, ya sea por instructores o mediante escalas validadas como OSATS y GOALS (35, 38). La incorporación de estas herramientas no solo cumple una función evaluativa, sino que también ayuda a mejorar la calidad de los movimientos psicomotrices, además, esta retroalimentación puede ser proporcionada por terceros o generarse mediante autoevaluación, siempre que se base en criterios definidos como adecuados para entrenamientos en simuladores



laparoscópicos. Esta modalidad ha demostrado ser útil incluso en entrenamientos domiciliarios (28).

De este modo, la progresión estructurada y la retroalimentación no solo favorecen la adquisición técnica, sino que previenen el estancamiento y optimizan el tiempo invertido en la práctica. Además, ambos elementos pueden implementarse de forma dinámica durante el desarrollo del programa, ajustando los contenidos y niveles de dificultad según las necesidades y avances específicos de cada participante.

4. Motivación y objetivos de entrenamiento

La práctica deliberada se fundamenta en la existencia de objetivos claros y alcanzables, los cuales permiten al aprendiz enfocar su atención, identificar errores y orientar sus esfuerzos hacia la mejora continua. Según Mitchell y Boyer (21), este enfoque incrementa la motivación por facilitar la visualización del progreso y cumplimiento de objetivos.

La motivación, sin embargo, es un fenómeno multifactorial que depende de factores tanto intrínsecos como extrínsecos. De acuerdo con la Teoría de la Autodeterminación (48), existen tres necesidades psicológicas básicas que sustentan la motivación intrínseca: autonomía, competencia y relación social. Estas dimensiones estuvieron presentes en el diseño y ejecución de este programa de entrenamiento:

- Autonomía: Los participantes contaban con instrucciones claras, un sistema de autoevaluación mediante puntajes y la posibilidad de gestionar su ritmo de



práctica. Esta estructura promueve la sensación de control sobre su propio proceso de aprendizaje.

- Competencia: El uso de escalas objetivas como GOALS, junto con el registro individual de puntajes, permite a los residentes observar su progreso y reconocer sus avances
- Relación social: Aunque el entrenamiento fue principalmente individual, los participantes podían consultar puntajes y videos de otros compañeros. Al practicar al mismo tiempo, comparaban sus avances, lo que refuerza la sensación de acompañamiento y fomenta la motivación desde el componente social.

También influyeron factores extrínsecos, como el reconocimiento institucional, la comparación con estándares y, especialmente, la disponibilidad de simuladores. Esta última fue una limitación señalada directamente por los participantes, ya que afectó su capacidad para mantener una práctica constante. Además, varios mencionaron que el programa los motivó a practicar y mejorar sus habilidades quirúrgicas (véase Anexo 2).

5.- Selección de ejercicios

La organización progresiva de los ejercicios es un componente esencial en los programas de entrenamiento laparoscópico. Lo ideal es empezar con habilidades básicas —como la coordinación ojo-mano y movimientos con una sola mano—, para luego avanzar hacia ejercicios más complejos, como la destreza bimanual y, finalmente, técnicas como la sutura. Después, se puede avanzar hacia ejercicios más complejos o específicos, según la cirugía que se desea entrenar.



Esta progresión no debe definirse solo por la duración del entrenamiento o el número de repeticiones, sino por el tipo de control motor que requieren las tareas. Un estudio de Tackett et al. (49) demostró que permitir a los participantes explorar libremente el espacio de trabajo —en lugar de restringir sus movimientos— mejora la eficiencia motora y la transferencia a escenarios clínicos. Esto subraya que la progresión técnica debe guiarse por la complejidad motora y no simplemente por la cantidad de repeticiones o la duración de la práctica.

También es importante considerar el tipo de simulador disponible. Según Guedes et al. (10), tanto los simuladores físicos como los virtuales pueden ser útiles, siempre que se usen dentro de un programa estructurado y con retroalimentación clara. Lo más importante no es el formato del simulador, sino la calidad del entrenamiento que se diseña a partir de él.

Por último, la selección adecuada de ejercicios no solo debe enfocarse en adquirir destrezas dentro del entorno simulado, sino también en garantizar su transferencia efectiva al quirófano real. Esta transferencia se ve favorecida cuando las tareas del simulador reproducen elementos de la cirugía laparoscópica, evaluando competencias como: coordinación ojo-mano, coordinación bimanual, corte y sutura, así como la navegación en espacios reducidos o el uso de visión en dos dimensiones (36), con uso de escalas validadas (GOALS, OSATS).



Conclusión de los principios propuestos

Los principios propuestos no deben entenderse como reglas estrictas, sino que son una guía para orientar el diseño de programas de entrenamiento en simuladores laparoscópicos, de modo que resulten eficaces, accesibles y sostenibles a largo plazo. En conjunto, integran distintos factores que consideran la carga física y mental del residente, la toma de decisiones durante la práctica simulada y elementos andragógicos que influyen de manera directa o indirecta en la calidad del aprendizaje psicomotor dentro de la residencia quirúrgica.

Aunque se requiere más investigación para validar estos principios en distintos contextos y poblaciones, esta propuesta representa un punto de partida útil para optimizar la estructura, disponibilidad y efectividad de los programas de entrenamiento laparoscópico dentro de entornos clínicos reales.

10.5 Limitaciones y Proyecciones del Estudio

Aunque el estudio mostró resultados favorables, es necesario reconocer algunas limitaciones que restringen su alcance. La muestra fue reducida ($n = 9$), lo que dificulta generalizar los hallazgos a otros grupos de residentes. Parte de esta limitación se relaciona con los recursos disponibles: la cantidad de simuladores (EndoTrainer) no permitía entrenar a un mayor número de participantes sin afectar la calidad de la práctica. Incrementar el número de simuladores implicaría un costo adicional considerable; aun así, en futuros estudios podría contemplarse la preparación de más equipos para contar con uno por participante (costo aproximado por simulador: \$5,000 MXN).



Además, el diseño del programa incluyó solo siete ejercicios básicos, seleccionados por su relevancia en la fase inicial del aprendizaje laparoscópico. Se excluyeron otras tareas más específicas o complejas (como corte, ligadura y nudos extracorpóreos) debido a restricciones de tiempo, materiales y nivel de experiencia de los participantes. Para futuros estudios, será esencial ampliar el repertorio de ejercicios, incluyendo aquellos que simulen procedimientos más cercanos a la práctica clínica real.

Asimismo, no se incluyó un grupo de control externo, como residentes de años avanzados (R4) o médicos adscritos, que podrían haber servido como referencia objetiva para contextualizar los puntajes alcanzados. Incluir estos grupos permitiría calibrar mejor los niveles de competencia observados y diferenciar entre un desempeño “aceptable” y uno verdaderamente experto.

En conjunto, este estudio representa un primer acercamiento al desarrollo de un programa de entrenamiento quirúrgico práctico y accesible. Ofrece evidencia inicial sobre su utilidad, aunque todavía no concluyente. Para valorar su eficacia con mayor precisión, será necesario realizar investigaciones posteriores con más participantes, incorporar una variedad más amplia de ejercicios, incluir comparaciones con cirujanos expertos y prolongar la duración del entrenamiento.



11. CONCLUSIONES

El programa FLS modificado por Holguín, aplicado en simuladores laparoscópicos de bajo costo, demostró una mejora significativa en las habilidades técnicas básicas de los residentes de cirugía general, confirmando la hipótesis planteada y respondiendo a la pregunta principal de investigación.

La práctica en simuladores antes de intervenir a un paciente permite repetir tareas en un entorno controlado y seguro. Su efectividad, sin embargo, depende de que el entrenamiento esté estructurado de manera adecuada, basado en principios de práctica deliberada y aprendizaje psicomotor respaldados por evidencia científica. En este contexto, los simuladores de bajo costo han mostrado un desempeño comparable al de los de alta fidelidad, lo que los convierte en una alternativa viable para instituciones con recursos limitados.

El análisis por competencias mostró que la mayor mejoría se presentó en tareas de coordinación ojo-mano, mientras que la destreza bimanual y las habilidades de sutura avanzaron en menor medida. Esto sugiere que las habilidades más complejas requieren mayor tiempo y volumen de práctica para consolidarse.

La percepción de los residentes sobre el programa fue altamente positiva: lo consideraron útil, transferible al quirófano y recomendable para su implementación regular en la formación quirúrgica, lo que respalda su viabilidad pedagógica y abre la



posibilidad de integrarlo de manera formal y sostenida en los planes institucionales de enseñanza.

Los hallazgos de este estudio muestran que el entrenamiento quirúrgico no debe limitarse a “entrenar por entrenar”, sino que requiere estar estructurado de manera que maximice su eficacia. Para lograrlo, es necesario considerar principios respaldados por evidencia científica como la práctica deliberada, el entrenamiento espaciado, la progresión gradual de la dificultad, la retroalimentación, entre otros mencionados en el estudio. Estos elementos, integrados en un modelo accesible y de bajo costo, como los endotainers económicos, permiten mejorar las habilidades lo suficiente como para ser competente, y para la creación y diseño de programas de simulación en escuelas con recursos limitados. De esta manera, se pueden mejorar las habilidades en los residentes antes de enfrentarse a pacientes reales.

Las principales limitaciones del estudio fueron el tamaño reducido de la muestra ($n=9$), la duración relativamente corta del programa (12 horas) y la ausencia de un grupo control, lo que restringe la generalización de los hallazgos. No obstante, estos resultados plantean una reflexión importante: alcanzar la “competencia” en programas como el FLS significa cumplir con estándares básicos, pero no implica haber llegado a la excelencia. El verdadero potencial de los residentes podría explorarse mediante un mayor tiempo de práctica, la incorporación de más ejercicios y una evaluación continua. En este sentido, futuros estudios deberían ampliar la muestra, extender la duración y frecuencia del entrenamiento, e incorporar múltiples variables de medición (tiempo, errores, promedios



y escalas estandarizadas) para optimizar los programas de entrenamiento en laparoscopia y favorecer la progresión desde la competencia hacia la excelencia.

En conjunto, la evidencia obtenida refuerza la necesidad de incorporar programas accesibles de simulación laparoscópica en la formación de residentes, especialmente en contextos con recursos limitados, contribuyendo a mejorar la seguridad del paciente y la calidad del entrenamiento quirúrgico.



12. BIBLIOGRAFÍA

- 1.- García Ruiz A, Gutiérrez Rodríguez L, Cueto García J. Evolución histórica de la cirugía laparoscópica. *Cir Endosc*. 2016;17(2):93-106. doi:10.1016/j.cirendosc.2016.02.001
- 2.- Herrera-Esquivel JJ, Patiño-Suárez K, Délano-Alonso R, Valenzuela-Salazar C, Bonilla-Salado A. Evolución de la endoscopia y la cirugía endo/laparoscópica: pasado, presente y futuro. *Cir Endosc*. 2018;19(3):131-142. doi:10.1016/j.cirendosc.2018.03.005.
- 3.- Coccolini F, Catena F, Pisano M, Gheza F, Fagiuoli S, Di Saverio S, et al. Open versus laparoscopic cholecystectomy in acute cholecystitis: Systematic review and meta-analysis. *Int J Surg*. 2015;18:196-204. doi:10.1016/j.ijisu.2015.04.083
- 4.- Potts JR III. General Surgery Residency: Past, Present and Future. *Curr Probl Surg*. 2019;56(6):273-283. doi:10.1067/j.cpsurg.2019.01.005.
- 5.- Fingerhut A, Veyrie N, Millat B, Leandros E. Educación y enseñanza en cirugía laparoscópica en Europa: limitaciones y papel de la Asociación Europea para la Cirugía Endoscópica. *Cir Cir*. 2011;79(1):50-57. doi:10.1016/j.circir.2010.10.003.
- 6.- Sánchez A, Rodríguez O, Sánchez R, Inchausti C. Rol de la simulación en el entrenamiento de cirugía mínimamente invasiva: una revisión. *Rev Venez Cir*. 2022;75(2):61-69. doi:10.48104/RVC.2022.75.2.4
- 7.- Kuroki T, Fujioka H. Training for laparoscopic pancreaticoduodenectomy. *Surg Today*. 2018;48(9):835-842. doi:10.1007/s00595-018-1668-1
- 8.- León Ferrufino F, Varas Cohen J, Buckel Schaffner E, Crovari Eulufi F, Pimentel Müller F, Martínez Castillo J, et al. Simulación en cirugía laparoscópica. *Cir Esp*. 2015;93(1):4-11. doi:10.1016/j.ciresp.2014.02.011



- 9.- Munz Y, Kumar BD, Moorthy K, Bann S, Darzi A. Laparoscopic virtual reality and box trainers: is one superior to the other? *Surg Endosc.* 2004;18(4):485-494. doi:10.1007/s00464-003-9043-7
- 10.- Guedes HG, Câmara Costa Ferreira ZM, Ribeiro de Sousa Leão L, Souza Montero EF, Otoch JP, Artifon EL. Virtual reality simulator versus box-trainer to teach minimally invasive procedures: a meta-analysis. *Int J Surg.* 2018;60:73-84. doi:10.1016/j.ijssu.2018.12.001.
- 11.- Peláez Mata D, Herrero Álvarez S, Gómez Sánchez A, Pérez Egidio L, Corona Bellostas C, de Agustín Asensio JC. Curvas de aprendizaje en laparoscopia. *Cir Pediatr.* 2021;34(1):20-27. doi:10.1016/j.cirpediatr.2020.11.004.
- 12.- Reitano E, de'Angelis N, Schembari E, Carrà MC, Francone E, Gentili S, La Greca G. Learning curve for laparoscopic cholecystectomy has not been defined: A systematic review. *ANZ J Surg.* 2021;91(12):2569-2577. doi:10.1111/ans.17021
- 13.- Lohse KR, Wadden K, Boyd LA, Hodges NJ. Motor skill acquisition across short and long time scales: a meta-analysis of neuroimaging data. *Neuropsychologia.* 2014;59:130-141. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2014.05.001
- 14.- Murre JM, Dros J. Replication and Analysis of Ebbinghaus' Forgetting Curve. *PLoS ONE.* 2015;10(7):e0120644. doi:10.1371/journal.pone.0120644
- 15.- Wollstein Y, Jabbour N. Spaced Effect Learning and Blunting the Forgetfulness Curve. *Ear Nose Throat J.* 2022 Nov;101(9_suppl):42S-46S. doi: 10.1177/01455613231163726. Epub 2023 Mar 7. PMID: 36880338
- 16.- Boettcher J, Mietzsch S, Wenkus J, Mokhaberi N, Klink M, Reinshagen K, Boettcher M. The spaced learning concept significantly improves acquisition of laparoscopic



suturing skills in students and residents: A randomized controlled trial. *Eur J Pediatr Surg.* 2021;31(6):518-524. doi:10.1055/s-0040-1721041. PMID: 33186998.

17.- Boettcher J, Klippgen L, Mietzsch S, Grube F, Krebs T, Bergholz R, et al. Spaced Education Improves the Retention of Laparoscopic Suturing Skills: A Randomized Controlled Study. *Eur J Pediatr Surg.* 2019;29(3):200-207. doi:10.1055/s-0039-1681022

18.- Boettcher M, Boettcher J, Mietzsch S, Krebs T, Bergholz R, Reinshagen K. The spaced learning concept significantly improves training for laparoscopic suturing: A pilot randomized controlled study. *Surg Endosc.* 2017;31(12):5262-5269. doi:10.1007/s00464-017-5650-6.

19.- Ericsson KA. Deliberate practice and acquisition of expert performance: a general overview. *Acad Emerg Med.* 2008;15(11):988–94. doi:10.1111/j.1553-2712.2008.00227.x

20.- Ericsson KA, Krampe RT, Tesch-Römer C. The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychol Rev.* 1993;100(3):363-406. doi:10.1037/0033-295X.100.3.363

21.- Mitchell SA, Boyer TJ. Deliberate Practice in Medical Simulation. [Updated 2023 May 1]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554558/>

22.- Heskin L, Morris M, Traynor O. Surgical skills training and practice at home: when your grocery store becomes your simulator supplier. *Am J Surg.* 2021;222(2):292-293. doi:10.1016/j.amjsurg.2020.12.055.

23.- Hashimoto DA, Sirimanna P, Gomez ED, et al. Deliberate practice enhances quality of laparoscopic surgical performance in a randomized controlled trial: from arrested



development to expert performance. Surg Endosc. 2014. doi:10.1007/s00464-014-4042-4

24.- Pérez-Muñoz A, Garzón-Martínez M, Pineda-Gómez AI, Miranda-Cruz AD, Villamizar-Gómez L. Competencias adquiridas con simuladores en programas de entrenamiento en cirugía laparoscópica ginecológica: una revisión de revisiones. Educ Med. 2019;20(5):309-324

25.- Anton NE, Beane J, Yurco AM, Howley LD, Bean E, Myers EM, et al. Mental skills training effectively minimizes operative performance deterioration under stressful conditions: Results of a randomized controlled study. Am J Surg. 2018;215(2):214-221. doi:10.1016/j.amjsurg.2017.09.039

26.- Scott DJ, Ritter EM, Tesfay ST, Pimentel EA, Nagji A, Fried GM. Certification pass rate of 100% for fundamentals of laparoscopic surgery skills after proficiency-based training. Surg Endosc. 2008;22(8):1887-1893. doi:10.1007/s00464-008-9745-y

27.- Society of American Gastrointestinal and Endoscopic Surgeons (SAGES). Fundamentals of Laparoscopic Surgery: Testing policy [Internet]. Stanford, CA: SAGES; 2019 [citado 2025 Mar 1]. Disponible en: <https://www.flsprogram.org>

28.- Sloth SB, Jensen RD, Seyer-Hansen M, Christensen MK, De Win G. Remote training in laparoscopy: a randomized trial comparing home-based self-regulated training to centralized instructor-regulated training. Surg Endosc. 2021;35(7):3331-3340. doi:10.1007/s00464-021-08429-7

29.- Thinggaard E. Take-home training in laparoscopy. Dan Med J. 2017;64(4):B5335



- 30.- Thinggaard E, Kleif J, Bjerrum F, Strandbygaard J, Gögenur I, Konge L. Off-site training of laparoscopic skills: a scoping review using a thematic analysis. *Surg Endosc.* 2016;30(11):4419-4429. doi:10.1007/s00464-016-4834-9
- 31.- Blevins JL, Felix KJ, Ling DI, Sculco PK, McCarthy MM, Demetracopoulos CA, Ranawat AS, Fufa DT. Surgical Games: A Simulation-Based Structured Assessment of Orthopedic Surgery Resident Technical Skill. *J Surg Educ.* 2020;77(4):849-859. doi:10.1016/j.jsurg.2020.05.009
- 32.- Nabavi A, Schipper J. Op.-Simulation in der Chirurgie. *HNO.* 2016;64(7):489-498. doi:10.1007/s00106-016-0248-1
- 33.- Toledo Martínez E, Martín Parra JI, Magadán Álvarez C, López Useros A, Fernández Santiago R, Regaño Díez S, et al. Influencia de la experiencia previa en los beneficios del entrenamiento quirúrgico laparoscópico basado en la simulación. *Cir Esp.* 2019;97(6):314-319
- 34.- Chipman JG, Schmitz CC. Using Objective Structured Assessment of Technical Skills to Evaluate a Basic Skills Simulation Curriculum for First-Year Surgical Residents. *J Am Coll Surg.* 2009;209(3):364-370. doi:10.1016/j.jamcollsurg.2009.05.005
- 35.- 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):273-278.
- 36.- Moorthy K, Munz Y, Sarker SK, Darzi A. Objective assessment of technical skills in surgery. *BMJ.* 2003;327(7422):1032-1037. doi:10.1136/bmj.327.7422.1032
- 37.- Niitsu H, Hirabayashi N, Yoshimitsu M, et al. Using the Objective Structured Assessment of Technical Skills (OSATS) global rating scale to evaluate the skills of



surgical trainees in the operating room. *Surg Today*. 2013;43(3):271-275.
doi:10.1007/s00595-012-0313-7

38.- Vassiliou MC, Feldman LS, Andrew CG, et al. A global assessment tool for evaluation of intraoperative laparoscopic skills. *Am J Surg*. 2005;190(1):107-113.
doi:10.1016/j.amjsurg.2005.04.004

39.- Hogle NJ, Liu Y, Ogden RT, Fowler DL. Evaluation of surgical fellows' laparoscopic performance using Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills (GOALS). *Surg Endosc*. 2014;28(5):1284-1290. doi:10.1007/s00464-013-3324-6

40.- Gumbs AA, Hogle NJ, Fowler DL. Evaluation of resident laparoscopic performance using Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills. *J Am Coll Surg*. 2007;204(2):308-313. doi:10.1016/j.jamcollsurg.2006.11.010

41.- Choy I, Fecso A, Kwong J, Jackson T, Okrainec A. Remote evaluation of laparoscopic performance using the Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills. *Surg Endosc*. 2013;27(1):378-383. doi:10.1007/s00464-012-2456-4

42.- Bryce-Alberti M, Campos LN, Dey T, del Valle DD, Hill SK, Zaigham M, et al. Availability of laparoscopic surgery in Mexico's public health system: a nationwide retrospective analysis. *Lancet Reg Health Am*. 2023;24:100556.
doi:10.1016/j.lana.2023.100556

43. Lally P, van Jaarsveld CHM, Potts HWW, Wardle J. How are habits formed: Modelling habit formation in the real world. *Eur J Soc Psychol*. 2010;40(6):998–1009.

44. Beerendonk L, Mejías JF, Nuiten SA, de Gee JW, Fahrenfort JJ, van Gaal S. A disinhibitory circuit mechanism explains a general principle of peak performance during



mid-level arousal. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2024 Jan 30;121(5):e2312898121. doi:10.1073/pnas.2312898121

45. Rivard AJ, Vergales JE, O'Toole RV. Which metrics best capture improvement in technical skill during laparoscopic simulation? *Am J Surg*. 2014;208(5):887–892. doi:10.1016/j.amjsurg.2014.07.004

46. 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):458–463. doi:10.1097/00000658-200210000-00008

47. Wang W, Wang Y, et al. A systematic review and meta-analysis of self-determination-theory-based interventions in education. *Learn Motiv*. 2024;87:102015. doi:10.1016/j.lmot.2024.102015

48. Tackett JJ, Shupe MP, Hui DS, Sullivan ME. Task sequencing based on motor complexity improves skill acquisition in laparoscopic simulation training. *Simul Healthc*. 2022;17(4):e83–e90. doi:10.1097/SIH.0000000000000592

49. Akturan S, Binns-Calvey A, Park C. Bias in simulation training for healthcare professions: a scoping review. *International Journal of Healthcare Simulation*. 2023;2(1):1–10. doi:10.54531/zynx5861



13. ANEXOS

Anexo 1. Ejercicios y sistema de puntuación.

Nota general: En todos los ejercicios, si el participante excedía el tiempo máximo establecido para completar la tarea, el sistema registraba un valor de 360 segundos como corte máximo. Este valor se empleó consistentemente como indicador de tarea no concluida dentro del tiempo límite.

Ejercicio 1:

Nombre del ejercicio: Colocación de cilindros en clavijas con mano derecha.

Objetivo del ejercicio: Evaluar la coordinación ojo mano en el uso de la pinza laparoscópica con la mano derecha a través de una escala de evaluación.

Competencia: coordinación ojo-mano

Descripción del ejercicio:

- El participante debe utilizar la pinza laparoscópica con la mano derecha para tomar y acomodar 8 cilindros en 8 clavijas ubicadas dentro del simulador.
- El tiempo de ejecución comienza en el momento en que el participante toma la pinza y finaliza cuando el último cilindro está correctamente colocado en su clavija.
- Se deben evitar errores como caídas o posicionamientos incorrectos de los cilindros.

Variables a evaluar:

1. Mejor tiempo: 10 puntos para ≤ 30 segundos, 8 puntos para ≤ 60 segundos, 6 puntos para ≤ 90 segundos, 4 puntos para ≤ 120 segundos, 2 puntos para ≤ 150 segundos y 0 puntos para tiempos mayores a 150 segundos
2. Tiempo promedio (se realizan 5 intentos, eliminando el mejor y peor tiempo y promediando los 3 restantes). 10 puntos para ≤ 30 segundos, 8 puntos para ≤ 60



segundos, 6 puntos para ≤ 90 segundos, 4 puntos para ≤ 120 segundos, 2 puntos para ≤ 150 segundos y 0 puntos para tiempos mayores a 150 segundos

3. Número de errores (caídas, colocaciones incorrectas). Se resta 1 punto por cada error, hasta un máximo de 10 puntos deducidos, garantizando que la puntuación mínima sea 0
4. Escala GOALS (evaluadores ciegos). Duplicando su puntuación: 2 puntos por cada 1 punto en la escala GOALS. Máximo 10 puntos.
5. Puntuación total sumando cada variable, Máximo de 40 puntos posibles.

Ejercicio 2

Nombre del ejercicio: Colocación de cilindros en clavijas con mano izquierda

Objetivo del ejercicio: Evaluar la coordinación ojo mano en el uso de la pinza laparoscópica con la mano izquierda a través de una escala de evaluación.

Competencia: coordinación ojo-mano

Descripción del ejercicio:

- El participante debe utilizar la pinza laparoscópica con la mano izquierda para tomar y acomodar 8 cilindros en 8 clavijas ubicadas dentro del simulador.
- El tiempo de ejecución comienza en el momento en que el participante toma la pinza y finaliza cuando el último cilindro está correctamente colocado en su clavija.
- Se deben evitar errores como caídas o posicionamientos incorrectos de los cilindros.

Variables a evaluar:

1. Mejor tiempo: 10 puntos para ≤ 30 segundos, 8 puntos para ≤ 60 segundos, 6 puntos para ≤ 90 segundos, 4 puntos para ≤ 120 segundos, 2 puntos para ≤ 150 segundos y 0 puntos para tiempos mayores a 150 segundos
2. Tiempo promedio (se realizan 5 intentos, eliminando el mejor y peor tiempo y promediando los 3 restantes). 10 puntos para ≤ 30 segundos, 8 puntos para ≤ 60 segundos, 6 puntos para ≤ 90 segundos, 4 puntos para ≤ 120 segundos, 2 puntos para ≤ 150 segundos y 0 puntos para tiempos mayores a 150 segundos
3. Número de errores (caídas, colocaciones incorrectas). Se resta 1 punto por cada error, hasta un máximo de 10 puntos deducidos, garantizando que la puntuación mínima sea 0



4. Escala GOALS (evaluadores ciegos). Duplicando su puntuación: 2 puntos por cada 1 punto en la escala GOALS. Máximo 10 puntos.
5. Puntuación total sumando cada variable, Máximo de 40 puntos posibles.

Ejercicio 3

Nombre del ejercicio: Traslado de cilindros con mano derecha.

Objetivo del ejercicio: Evaluar la coordinación ojo-mano en el uso de la pinza laparoscópica con la mano derecha a través de una escala de evaluación.

Competencia: coordinación ojo-mano

Descripción del ejercicio:

- El participante debe retirar los cilindros de las clavijas y trasladarlos a su ubicación original dentro del simulador, utilizando su mano derecha
- El tiempo empieza cuando el participante toma la pinza y finaliza cuando se ha trasladado el último cilindro a su ubicación original.

Variables a evaluar:

1. Mejor tiempo: 10 puntos para ≤ 30 segundos, 8 puntos para ≤ 60 segundos, 6 puntos para ≤ 90 segundos, 4 puntos para ≤ 120 segundos, 2 puntos para ≤ 150 segundos y 0 puntos para tiempos mayores a 150 segundos
2. Tiempo promedio (se realizan 5 intentos, eliminando el mejor y peor tiempo y promediando los 3 restantes). 10 puntos para ≤ 30 segundos, 8 puntos para ≤ 60 segundos, 6 puntos para ≤ 90 segundos, 4 puntos para ≤ 120 segundos, 2 puntos para ≤ 150 segundos y 0 puntos para tiempos mayores a 150 segundos
3. Número de errores (caídas, colocaciones incorrectas). Se resta 1 punto por cada error, hasta un máximo de 10 puntos deducidos, garantizando que la puntuación mínima sea 0
4. Escala GOALS (evaluadores ciegos). Duplicando su puntuación: 2 puntos por cada 1 punto en la escala GOALS. Máximo 10 puntos.
5. Puntuación total sumando cada variable, Máximo de 40 puntos posibles.

Ejercicio 4

Nombre del ejercicio: Traslado de cilindros con mano izquierda.

Objetivo del ejercicio: Evaluar la coordinación y precisión ojo-mano en el uso de la pinza laparoscópica con la mano izquierda a través de una escala de evaluación.



Competencia: coordinación ojo-mano

Descripción del ejercicio:

- El participante debe retirar los cilindros de las clavijas y trasladarlos a su ubicación original dentro del simulador utilizando su mano izquierda
- El tiempo empieza cuando el participante toma la pinza y finaliza cuando se ha trasladado el último cilindro a su ubicación original.

Variables a evaluar:

1. Mejor tiempo: 10 puntos para ≤ 30 segundos, 8 puntos para ≤ 60 segundos, 6 puntos para ≤ 90 segundos, 4 puntos para ≤ 120 segundos, 2 puntos para ≤ 150 segundos y 0 puntos para tiempos mayores a 150 segundos
2. Tiempo promedio (se realizan 5 intentos, eliminando el mejor y peor tiempo y promediando los 3 restantes). 10 puntos para ≤ 30 segundos, 8 puntos para ≤ 60 segundos, 6 puntos para ≤ 90 segundos, 4 puntos para ≤ 120 segundos, 2 puntos para ≤ 150 segundos y 0 puntos para tiempos mayores a 150 segundos
3. Número de errores (caídas, colocaciones incorrectas). Se resta 1 punto por cada error, hasta un máximo de 10 puntos deducidos, garantizando que la puntuación mínima sea 0
4. Escala GOALS (evaluadores ciegos). Duplicando su puntuación: 2 puntos por cada 1 punto en la escala GOALS. Máximo 10 puntos.
5. Puntuación total sumando cada variable, máximo de 40 puntos posibles.

Competencia: coordinación bimanual

Ejercicio 5

Nombre del ejercicio: Un hilo y 10 aros.

Objetivo del ejercicio: Evaluar la destreza bimanual en la manipulación precisa de objetos finos utilizando ambas manos de forma coordinada a través de una escala de evaluación.

Competencia: coordinación bimanual

Descripción del ejercicio:

- El participante debe utilizar dos pinzas laparoscópicas para pasar un hilo de 25cm a través de 10 aros colocados en el simulador.



- El ejercicio comienza cuando el participante toma la primera pinza y finaliza cuando pasan 5cm del hilo a través del último aro.

Variables a evaluar:

1. Mejor tiempo: Se otorgan 10 puntos para ≤ 60 segundos, 8 puntos para ≤ 120 segundos, 6 puntos para ≤ 180 segundos, 4 puntos para ≤ 240 segundos, 2 puntos para ≤ 300 segundos y 0 puntos para tiempos mayores a 300 segundos.
2. Tiempo promedio (5 intentos, eliminando el mejor y peor tiempo). Se otorgan 10 puntos para ≤ 60 segundos, 8 puntos para ≤ 120 segundos, 6 puntos para ≤ 180 segundos, 4 puntos para ≤ 240 segundos, 2 puntos para ≤ 300 segundos y 0 puntos para tiempos mayores a 300 segundos.
3. Número de errores (caídas del hilo, regreso del hilo por un aro): Se resta 1 punto por cada error (caídas o pasos incorrectos por el aro), con un máximo de 10 puntos deducidos y garantizando que la puntuación mínima sea 0.
4. Escala GOALS (evaluadores ciegos): Duplicando su puntuación: 2 puntos por cada 1 punto en la escala GOALS. Máximo 10 puntos
5. Puntuación total sumando cada variable, máximo de 40 puntos posibles.

Ejercicio 6

Nombre del ejercicio: Anudado laparoscópico.

Objetivo del ejercicio: Evaluar la precisión y control en la realización de nudos laparoscópicos utilizando una pinza y un portaagujas.

Competencia: sutura

Descripción del ejercicio:

- El participante debe utilizar una pinza y un portaagujas para realizar 5 nudos sobre una sutura de 18 cm colocada en el endotrainer.
- El ejercicio comienza cuando el participante toma el portaagujas y finaliza al completar el quinto nudo.

Variables a evaluar:

1. Mejor tiempo: 10 puntos para ≤ 30 segundos, 8 puntos para ≤ 60 segundos, 6 puntos para ≤ 90 segundos, 4 puntos para ≤ 120 segundos, 2 puntos para ≤ 150 segundos y 0 puntos para tiempos mayores a 150 segundos



2. Tiempo promedio (5 intentos, eliminando el mejor y peor tiempo). 10 puntos para ≤ 30 segundos, 8 puntos para ≤ 60 segundos, 6 puntos para ≤ 90 segundos, 4 puntos para ≤ 120 segundos, 2 puntos para ≤ 150 segundos y 0 puntos para tiempos mayores a 150 segundos
3. Errores (nudos mal ajustados, reintento de hacer nudo): Se resta 1 punto por cada error, hasta un máximo de 10 puntos deducidos, garantizando que la puntuación mínima sea 0
4. Escala GOALS (evaluadores ciegos): Duplicando su puntuación: 2 puntos por cada 1 punto en la escala GOALS. Máximo 10 puntos
5. Puntuación total sumando cada variable, máximo de 40 puntos posibles.

Ejercicio 7

Nombre del ejercicio: Sutura con aguja.

Objetivo del ejercicio: Evaluar la precisión y control en la realización de suturas laparoscópicas utilizando una aguja.

Competencia: sutura

Descripción del ejercicio:

- El participante debe realizar 5 puntos de sutura utilizando una aguja previamente colocada en el endotrainer.
- Después de cada punto de sutura, la aguja debe ser colocada en su posición original.
- El ejercicio comienza cuando el participante toma el portaagujas y finaliza al completar los 5 puntos de sutura.



Variables a evaluar:

1. Mejor tiempo: 10 puntos para ≤ 30 segundos, 8 puntos para ≤ 60 segundos, 6 puntos para ≤ 90 segundos, 4 puntos para ≤ 120 segundos, 2 puntos para ≤ 150 segundos y 0 puntos para tiempos mayores a 150 segundos
2. Tiempo promedio (5 intentos, eliminando el mejor y peor tiempo): 10 puntos para ≤ 30 segundos, 8 puntos para ≤ 60 segundos, 6 puntos para ≤ 90 segundos, 4 puntos para ≤ 120 segundos, 2 puntos para ≤ 150 segundos y 0 puntos para tiempos mayores a 150 segundos
3. Errores (caída de la aguja): Se resta 1 punto por cada error, hasta un máximo de 10 puntos deducidos, garantizando que la puntuación mínima sea 0
4. Escala GOALS (evaluadores ciegos): Duplicando su puntuación: 2 puntos por cada 1 punto en la escala GOALS. Máximo 10 puntos
5. Puntuación total sumando cada variable, máximo de 40 puntos posibles.



Anexo 2. Cuestionario

Cuestionario de percepción sobre la efectividad del programa de entrenamiento en simuladores de laparoscopia

En una escala del 1 al 5, indique el grado en que está de acuerdo con las siguientes afirmaciones relacionadas con el programa de entrenamiento en simuladores laparoscópicos:

1 = Totalmente en desacuerdo 2 = En desacuerdo 3 = Neutral 4 = De acuerdo 5 = Totalmente de acuerdo

1. Considero que el programa mejoró mis habilidades generales de laparoscopia
2. El programa cumplió con mis expectativas en cuanto a mejorar mis competencias laparoscópicas.
3. Considero que las habilidades aprendidas en el simulador son transferibles al quirófano real.
4. La práctica en simuladores es una herramienta esencial para mi formación quirúrgica.
5. La duración y frecuencia del programa fueron adecuadas para alcanzar los objetivos de aprendizaje.
6. El programa me motivó a practicar y mejorar mis habilidades quirúrgicas.
7. El modelo de práctica deliberada utilizado en el programa fue efectivo para mi aprendizaje.
8. Recomendaría este programa de entrenamiento a otros residentes de cirugía.
9. Considero que este programa debería ser implementado de manera regular en nuestra formación.



Anexo 3. Consentimiento informado.

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

A quien corresponda:

Fecha: _____

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SSA3-2012 del expediente clínico, y la NOM-012-SSA3-2012 para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos, yo _____, declaro libre y voluntariamente que acepto participar en el estudio **"EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL ENTRENAMIENTO FLS MODIFICADO POR HOLGUIN EN SIMULADORES LAPAROSCÓPICOS EN RESIDENTES DE CIRUGÍA GENERAL"**, que se realizará en el Hospital Central del Estado de Chihuahua.

Estoy consciente de que los procedimientos, pruebas y tratamientos mencionados consistirán en: **Participar en un programa estructurado de entrenamiento con simuladores de laparoscopia** para lograr los siguientes objetivos: **Evaluar el efecto del entrenamiento en simuladores en el desarrollo de competencias quirúrgicas.**

Riesgos esperados:

Fatiga leve derivada de la práctica continua

Beneficios esperados:

Mejoría en habilidades técnicas y psicomotrices para la realización de procedimientos laparoscópicos

Autorizo al personal de salud a intervenir en caso de contingencias y urgencias derivadas del acto autorizado, atendiendo al principio de libertad prescriptiva. Entiendo que se garantizará la confidencialidad y el manejo adecuado de mi información personal, la cual no será divulgada sin mi consentimiento.

Tengo pleno conocimiento de que podré retirarme de la investigación en cualquier momento sin que ello afecte la calidad de la atención médica que reciba. También entiendo que puedo solicitar información adicional sobre los riesgos y beneficios de mi participación.

La información proporcionada será protegida bajo los principios de confidencialidad establecidos por el comité de Investigación, y el comité de investigación educativa, que supervisará el cumplimiento de todas las disposiciones legales aplicables.

En caso de violación a mi confidencialidad, puedo comunicarme con el Comité de Investigación al teléfono: _____

Nombre y firma de la persona que otorga la autorización

Nombre y firma de quien realiza el acto autorizado



Anexo 4. Carta de aprobación por el comité de investigación



Oficio No. CI/012/2025
Asunto: Dictamen de revisión de protocolo
Chihuahua, Chih. A 18 de febrero 2025

Dr. Erick Jaén Holguín Montes

Por medio de la presente me permito informarle que el protocolo: **EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL ENTRENAMIENTO FLS MODIFICADO POR HOLGUÍN EN SIMULADORES LAPAROSCÓPICOS EN RESIDENTES DE CIRUGÍA GENERAL** con número de registro CI/0066/2025, ha sido revisado y aprobado por el comité de investigación del hospital central del estado.

Se le recuerda que para concluir su trámite deberá presentar los resultados y conclusiones de su investigación en el informe final, a este comité.

Atentamente

Dr. Raul Eduardo Ramírez Gutierrez
Coordinador del Comité de investigación



SECRETARÍA
DE SALUD

ICHISAL
INSTITUTO CHIHUAHUENSE
DE SALUD

"2024, Año del Bicentenario de la fundación del Estado de Chihuahua"
Calle Rosales No. 3302, Col. Obrera, Chihuahua, Chih.
Teléfono (614) 429-3300. (614 1800 1800) Ext. 16500



GOBIERNO
DEL ESTADO
DE CHIHUAHUA

SECRETARÍA
DE SALUD

ICHISAL
INSTITUTO CHIHUAHUENSE
DE SALUD

MediChihuahua

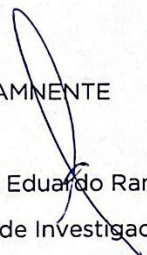
Chihuahua, Chi., a 19 de septiembre del 2025

Dra. Megny González Ramírez

A través de la presente me permito informarle que hemos recibido el informe final de la tesis titulada "EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL ENTRENAMIENTO FLS MODIFICADO POR HOLGUÍN EN SIMULADORES LAPAROSCÓPICOS EN RESIDENTES DE CIRUGÍA GENERAL", realizada por Erick Jaén Holguín Montes, debidamente firmada por su director de tesis.

Sin otro particular quedo de usted.

ATENTAMENTE


Dr. Raúl Eduardo Ramírez G.
Comité de Investigación del hospital.

"2025, Año del Bicentenario de la Primera Constitución del Estado de Chihuahua"

Calle Tercera No. 604,
Col. Centro, Chihuahua, Chih.
Teléfono (614) 429-3300 Ext.

[www.chihuahua.gob.mx/
secretariadesalud](http://www.chihuahua.gob.mx/secretariadesalud)



Anexo 5. Carta de Aprobación por el comité de ética.

COMITÉ DE ETICA EN INVESTIGACION HOSPITAL CENTRAL DEL ESTADO

Chihuahua, Chih. A 02 de Abril de 2025

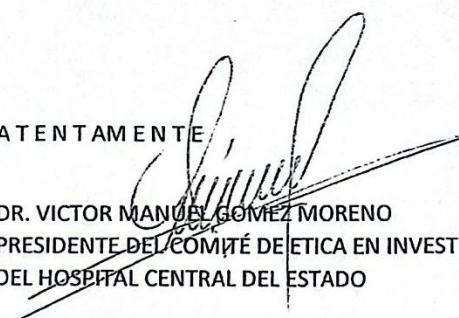
DR. .. ERICK JAEN HOLGUIN MONTES
P R E S E N T E

Por este conducto me permito informar a Usted que de acuerdo a la revisión del protocolo "EVALUACION DE LA EFECTIVIDAD DEL ENTRETENIMIENTO FLS MODIFICADO POR HOLGUIN EN SIMULADORES LAPAROSCOPICOS EN RESIDENTES DE CIRUGIA GENERAL", con número de registro 061C-03/25, Este Comité de Ética en Investigación que me honro en presidir ha decidido aprobarlo, debido a que el día de hoy se realizaron las correcciones que se observaron el día 24 de marzo de 2025.

Le recuerdo el compromiso de informarle por escrito a este Comité, cuando menos cada 6 meses o antes la evolución y seguimiento de su protocolo.

Una vez finalizado el estudio de este protocolo debe de comunicarlo por medio de oficio a este Comité.

ATENTAMENTE


DR. VICTOR MANUEL GÓMEZ MORENO
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE ETICA EN INVESTIGACION
DEL HOSPITAL CENTRAL DEL ESTADO

Recibi por
Erick Holguín.



SECRETARÍA
DE SALUD

ICHISAL
INSTITUTO CHIHUAHUENSE
DE SALUD

"2023, Centenario de la muerte del General Francisco Villa"
"2023, Cien años de Rotarismo en Chihuahua"

Calle Rosales No. 3302, Col. Obrera, Chihuahua, Chih.
Teléfono (614) 429-3300