



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE MEDICINA

HOSPITAL REGIONAL DE ALTA ESPECIALIDAD DR. IGNACIO MORONES PRIETO

Trabajo de investigación para obtener el diploma en la especialidad de Imagenología  
Diagnóstica y Terapéutica

**"Evaluación de la precisión diagnóstica del ultrasonido abdominal en apendicitis aguda: Un análisis retrospectivo comparativo con tomografía multicorte en un hospital de tercer nivel".**

**Hugo Salvador Solís Delgado**

DIRECTOR CLÍNICO  
Dr. Jorge Guillermo Reyes Vaca  
Subespecialista

DIRECTOR METODOLÓGICO  
Dr. Juan Manuel Shiguetomi Medina  
Subespecialista y Doctor en Ciencias Médicas

Febrero de 2026







UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE MEDICINA

HOSPITAL REGIONAL DE ALTA ESPECIALIDAD DR. IGNACIO MORONES PRIETO

Trabajo de investigación para obtener el diploma en la especialidad de Imagenología  
Diagnóstica y Terapéutica

**"Evaluación de la precisión diagnóstica del ultrasonido abdominal en apendicitis  
aguda: Un análisis retrospectivo comparativo con tomografía multicorte en un  
hospital de tercer nivel".**

**Hugo Salvador Solís Delgado**

DIRECTOR CLÍNICO

Dr. Jorge Guillermo Reyes Vaca, subespecialista.  
0000-0002-2752-7588

DIRECTOR METODOLÓGICO

Dr. Juan Manuel Shigetomi Medina, Subespecialista y Dr. En Ciencias Médicas  
313177; 0000-0003-4131-093X

SINODALES

Poner aquí grado y nombres completos  
Presidente

---

Poner aquí grado y nombres completos  
Sinodal

---

Poner aquí grado y nombres completos  
Sinodal

---

Poner aquí grado y nombres completos  
Sinodal suplente

---

Febrero de 2026



Evaluación de la precisión diagnóstica del ultrasonido abdominal en apendicitis aguda: Un análisis retrospectivo comparativo con tomografía multicorte en un hospital de tercer nivel © 2026 by Hugo Salvador Solís Delgado is licensed under CC BY-NC-SA 4.0. To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

## Resumen.

El objetivo principal de este estudio fue comparar la precisión diagnóstica del ultrasonido frente a la tomografía computada en apendicitis aguda, determinar la sensibilidad y especificidad del ultrasonido en el diagnóstico de apendicitis aguda, identificar factores asociados a resultados falsos negativos/positivos en ultrasonido, proponer un algoritmo de uso racional de modalidades de imagen en entornos con recursos limitados. Se incluyeron 132 pacientes con diagnóstico de apendicitis, con ultrasonido y/o tomografía computada como modalidades diagnósticas. Para evaluar y comparar la precisión diagnóstica del Ultrasonido y la Tomografía, se utilizó como estándar de oro el resultado quirúrgico y/o histopatológico. Como método de análisis estadístico se utilizó el coeficiente Kappa de Cohen, la concordancia exacta (% de acuerdo bruto), análisis de normalidad, estadística descriptiva. Ultrasonido: Sensibilidad: 91.67%. Valor Predictivo Positivo (VPP): 100%. Precisión: 91.67%. Tomografía: Sensibilidad: 97.78%. Especificidad: 50.00%. Valor Predictivo Positivo (VPP): 98.88%. Valor Predictivo Negativo (VPN): 33.33%. Precisión global: 96.74%. La Tomografía demostró una mayor exactitud general (96.74%) y una mayor sensibilidad (97.78%) para detectar apendicitis aguda en comparación con el Ultrasonido (exactitud del 91.67% y sensibilidad del 91.67%). El Ultrasonido es altamente predictivo cuando arroja un resultado positivo (VPP del 100%), lo que significa que, si el US diagnosticó apendicitis, en todos los casos se confirmó quirúrgicamente. Sin embargo, falló en detectar 3 casos que sí eran apendicitis (falsos negativos), lo que disminuye su sensibilidad respecto a la Tomografía Computada. Para el análisis de concordancia diagnóstica entre el ultrasonido y la tomografía en pacientes sometidos a ambas modalidades, se utilizó el Coeficiente Kappa de Cohen. De los 13 pacientes con diagnósticos registrados en ambos métodos, se observó una concordancia exacta global del 46.15%. El coeficiente Kappa calculado fue de -0.197 (y -0.143 al excluir los estudios no concluyentes), lo cual se interpreta estadísticamente como una ausencia de concordancia (pobre o nula)." Con base en los resultados obtenidos en el presente estudio retrospectivo, se concluye que la tomografía ofrece una mayor exactitud diagnóstica (96.7%) y sensibilidad (97.8%) en comparación con el ultrasonido (91.7% en ambas métricas) para la detección de apendicitis aguda.

## Palabras clave.

Apendicitis aguda, Ultrasonido, Tomografía, Precisión Diagnóstica, Concordancia Diagnóstica.

## ÍNDICE

|                                        | Página |
|----------------------------------------|--------|
| Resumen.....                           | 4      |
| Índice .....                           | 6      |
| Lista de cuadros .....                 | 7      |
| Lista de figuras.....                  | 8      |
| Lista de abreviaturas y símbolos ..... | 9      |
| Lista de definiciones.....             | 10     |
| Dedicatorias.....                      | 11     |
| Antecedentes .....                     | 12     |
| Justificación .....                    | 14     |
| Hipótesis .....                        | 15     |
| Objetivos .....                        | 15     |
| Metodología.....                       | 15     |
| Análisis estadístico.....              | 16     |
| Ética.....                             | 18     |
| Resultados.....                        | 19     |
| Discusión .....                        | 22     |
| Limitaciones.....                      | 23     |
| Conclusiones.....                      | 24     |
| Bibliografía.....                      | 26     |
| Anexo 1. Cuadros.....                  | 29     |
| Anexo 2. Figuras.....                  | 35     |

## LISTA DE CUADROS

|                                                                  | Página |
|------------------------------------------------------------------|--------|
| Cuadro 1. Variables del estudio .....                            | 28     |
| Cuadro 2. Términos de búsqueda .....                             | 30     |
| Cuadro 3. Pregunta PICO .....                                    | 30     |
| Cuadro 4. Descriptores .....                                     | 30     |
| Cuadro 5. Hoja de recolección de datos.....                      | 32     |
| Cuadro 6. Tablas de contingencia 2x2: Precisión diagnóstica..... | 33     |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                           | Página |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Figura 1. Cálculo del tamaño de muestra .....                                                             | 34     |
| Figura 2. Normalidad de la distribución por la fórmula de Shapiro-Wilk.....                               | 34     |
| Figura 3. Coeficiente Kappa para concordancia .....                                                       | 34     |
| Figura 4. Algoritmo diagnóstico escalonado para apendicitis aguda (entornos con recursos limitados) ..... | 35     |

## LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

- **AA:** Apendicitis aguda.
- 
- **US:** Ultrasonido.
- **TC:** Tomografía Computada.
- **mSv:** Mili Sieverts.
- **μL:** Microlitro.
- **K:** kilo, mil.
- **Cel:** Células.

## LISTA DE DEFINICIONES

- **Especificidad:** La capacidad de la prueba para identificar correctamente a los pacientes que no tienen apendicitis (verdaderos negativos).
- **Exactitud Diagnóstica (Accuracy):** La proporción global de resultados correctos (tanto positivos como negativos) sobre el total de casos evaluados.
- **Gold Standard:** prueba diagnóstica o de referencia, la mejor disponible bajo condiciones razonables.
- **Odds ratio:** La razón entre las probabilidades de que un evento ocurra en un grupo y las probabilidades de que ocurra en otro grupo. Se utiliza para determinar la probabilidad de un determinado resultado (como una enfermedad) en función de la exposición a un factor de riesgo.
- **Phantoms:** dispositivos especializados equivalentes a tejidos utilizados para calibrar escáneres, garantizar el control de calidad y medir la dosis de radiación.
- **Sensibilidad:** La capacidad de la prueba de imagen para detectar correctamente a los pacientes que sí tienen apendicitis (verdaderos positivos).
- **Valor Predictivo Positivo (VPP):** La probabilidad de que un paciente con un resultado de imagen positivo realmente tenga la enfermedad.
- **Valor Predictivo Negativo (VPN):** La probabilidad de que un paciente con un resultado de imagen negativo realmente no tenga la enfermedad.

## **Dedicatorias**

Al amor de mi vida, Indara, por ser mi refugio, mi motor y mi paz, pero sobre todo por creer en mí cuando ni yo creía en mí mismo. A mi adorable hija Renata, que siente en su pequeño gran corazón la vocación de este largo pero gratificante camino de la medicina: que estas páginas te sirvan de prueba de que todo esfuerzo tiene su recompensa. Todo lo logrado es, en gran parte, gracias a ustedes.

A mis padres Elizabeth y Daniel. Gracias por su apoyo incondicional, no hubiera sido posible sin ustedes, por enseñarme el valor de la perseverancia y el trabajo arduo y honrado. A mis hermanos Daniel y Elizabeth por estar al pendiente de mí y ofrecermé su apoyo cuando lo necesité.

A los mejores maestros y codirectores que pude haber elegido, Dr. Reyes y Dr. Shigetomi, por compartir su perspectiva y gran conocimiento, ayudándome a interpretar no solo imágenes o bases de datos, sino la esencia misma de su entrañable humanidad y extensa sabiduría.

A mis amigos Jara y Elvira por enseñarme no solo imagenología, sino también a mantener la frente en alto y luchar por lo correcto, así como el verdadero valor de la amistad y el apoyo moral.

A mis amigos y compañeros de residencia, Abel, Diego, Ivonne, Paco, Liz y Rodrigo, que me acompañaron en las guardias más insomnes, en el estudio más profundo y en el café a litros.

A todos aquellos que me han acompañado en la vida en general y no podría terminar de mencionar.

-HSSD.

## **Antecedentes.**

### **1. Introducción a la apendicitis aguda y su relevancia clínica.**

La apendicitis aguda (AA) es la urgencia quirúrgica abdominal más frecuente a nivel mundial, con una incidencia del 96.5-100 casos por 100 000 adultos.

(1) Su diagnóstico oportuno es crucial para prevenir complicaciones como la perforación (2) [13-20% de los casos] (3), asociada a mayor morbilidad y mortalidad. Constituye un reto diagnóstico ya que la precisión diagnóstica sin apoyo de imagen es de 75-80% basada solamente en el juicio clínico y las pruebas de sangre y la tasa de apendicectomía negativa ha sido descrita tan alta como 36%. (4) con implicaciones económicas y psicosociales significativas.

### **2. Evolución histórica del diagnóstico por imagen en apendicitis aguda.**

En la era pre imagenológica existía una dependencia exclusiva de la clínica y exploración física (signos de McBurney, Rovsing), eso representaba un problema: Las tasas de falsos positivos eran altas especialmente en mujeres jóvenes, en las que las patologías ginecológicas simulan AA.

En los años 80 se empezó a utilizar el ultrasonido como prueba diagnóstica de primera línea, posicionándose como una herramienta accesible y segura con una sensibilidad del 69% y especificidad del 81% en revisiones sistemáticas y metaanálisis (5) presentando indudables ventajas: no expone al paciente a radiación ionizante lo que es ideal en niños y embarazadas, además, tiene un bajo costo y una alta disponibilidad en urgencias. Lamentablemente tiene una importante limitación: es operador-dependiente y presenta dificultad en pacientes obesos o con gas intestinal.

En los años 2000 la TC pasó a ser el *gold standard*. La TC multicorte (especialmente con protocolos de baja radiación) alcanzó sensibilidad y especificidad >95%. mostrando que la TC redujo la tasa de apendicectomía negativa del 20% al 3%. (6)

Desgraciadamente los beneficios no venían sin riesgos: la exposición a la radiación era alta (1.5-8 mSv por estudio), preocupante en poblaciones jóvenes y mujeres embarazadas.

### **3. Estudios comparativos entre ultrasonido y TC.**

Existen varios hallazgos clave en la literatura. El metaanálisis de Doria et al.

(7) demostró una sensibilidad del ultrasonido en niños del 88% vs. TC: 94%. En adultos el US tuvo menor sensibilidad (83% vs. 94% de la TC) concluyendo que el US es adecuado como primera línea en niños y mujeres embarazadas, reservando la TC para casos dudosos. Revisiones sistemáticas más recientes (8) demostraron cifras comparables.

Peña y Taylor, et al. (9) observaron que la TC fue interpretada con más confianza que el US (91.7% vs 57.6%.)

Lim, Bae y Seo (10) confirmaron una sensibilidad de 100%, especificidad del 96% y exactitud del 98% para el diagnóstico de apendicitis aguda en mujeres embarazadas excluyendo a aquellas con un útero de gran volumen que no permitía la compresión graduada.

La sensibilidad, especificidad y exactitud del ultrasonido para el diagnóstico de apendicitis han ido mejorando con la calidad de las imágenes y el desarrollo tecnológico como puede ser visto si comparamos los números de los párrafos anteriores con estudios anteriores (11) con sensibilidad de 76%, especificidad del 88% y exactitud del 82% para el US y ha sido explorado por otros autores (12) en pacientes delgados, obesos y *phantoms*.

Tantisook *et al* (13) encontraron que el US se volvía inexacto o equivocado en niños obesos sobre el percentil 95 de índice de masa corporal para la edad con un *odds ratio* de 1.86 y hasta 2.55 cuando se analizaba el subgrupo de hombres normalizándose en las mujeres con un OR 1.3. Otros autores (14) reportaron una disminución de la sensibilidad global del ultrasonido para el diagnóstico de apendicitis de 45% a 35% y 22% en niños con peso normal, sobrepeso y obesidad, respectivamente, pero también hay evidencia contradictoria (15).

Sauvain, *et al*, (16) pudieron demostrar en adultos que el ultrasonido no era concluyente en el 42% de los pacientes con índice de masa corporal  $>25 \text{ kg/m}^2$  comparado con el 6% de los pacientes con un IMC inferior a esta línea de corte invirtiéndose la relación hombre mujer observada en niños (mujeres 8-52% para IMC normal y  $>25 \text{ kg/m}^2$ , respectivamente).

La edad no parece influir en el valor predictivo del ultrasonido para el diagnóstico de apendicitis en la población pediátrica cuando menos tratándose de los hallazgos secundarios (17).

La mejor evidencia disponible (18) demuestra no haber una diferencia significativa entre ecografistas, radiólogos y radiólogos pediatras con mucha experiencia en cuanto a la interpretación de imágenes de ultrasonido para el diagnóstico de apendicitis aguda en niños. Autores latinoamericanos (19) han obtenido conclusiones similares en estudios independientes.

En una revisión sistemática con metaanálisis de 2017 altamente citado que incluyó 21 estudios en pacientes pediátricos con dolor abdominal (20) se concluyó que los pacientes con sospecha de AA, un ultrasonido al lado de la cama en el departamento de urgencias (ED-POCUS) positivo es diagnóstico y evita la necesidad de una TC o una RMN, mientras que un ED-POCUS negativo no es suficiente para descartar AA.

En lo que respecta a los protocolos de tomografía computada en pacientes con un IMC de  $<25 \text{ kg/m}^2$ , un protocolo de TC con contraste intravenoso sin contraste oral demuestra una precisión similar a un protocolo con contraste IV con contraste oral para el diagnóstico de la apendicitis aguda. (21) Otros

autores (22) han encontrado resultados similares en niños y no justifican el contraste oral para la evaluación de la apendicitis por TC en la población pediátrica. En el 2000, Weltman, *et al.* (23) demostraron que el uso de la TC de corte fino mejoraba significativamente el diagnóstico de la apendicitis aguda.

Las guías de Jerusalén para el diagnóstico y tratamiento de la AA: actualización 2020 de la Sociedad Mundial de Cirugía de Emergencia (24) recomiendan la toma de imágenes seccionales transversales antes de la cirugía para los pacientes con estudios normales, pero dolor de la fosa ilíaca derecha que no se resuelve. Después de las imágenes negativas, consideran, es apropiado un tratamiento inicial no quirúrgico. Sin embargo, en pacientes con dolor progresivo o persistente, recomiendan la laparoscopia exploratoria para establecer/excluir el diagnóstico de AA o diagnósticos alternativos clasificando a la calidad de la evidencia alta que se traduce como una fuerza de la recomendación fuerte (1A).

Estudios preliminares (25) han demostrado una exactitud del 98% y sensibilidad del 100% para el diagnóstico de apendicitis aguda por ultrasonido con medio de contraste.

Dogan y Selcuk (26) el año pasado estudiaron un nuevo modelo de aprendizaje profundo (inteligencia artificial) para el diagnóstico de AA integrando TC contrastada, parámetros clínicos y de laboratorio obteniendo resultados de 96% de tasa de éxito para el grupo con hallazgos radiológicos avanzados y del 83,3% para el grupo con hallazgos radiológicamente sospechosos que podría considerarse normales.

### **Justificación.**

#### **a) Brechas en la literatura**

La mayoría de los estudios comparativos se realizaron en países de altos ingresos, con equipos de última generación y radiólogos expertos. Escasa evidencia en entornos con recursos limitados, donde el US es la principal herramienta y el acceso a TC es restringido.

#### **b) Preguntas no resueltas**

- a ¿Cuál es la concordancia real entre US y TC en hospitales de tercer nivel con recursos limitados?
- b ¿En qué subgrupos (ej.: mujeres en edad fértil, obesos) el US tiene mayor tasa de error?

#### **c) Impacto potencial**

- a Optimizar algoritmos diagnósticos para reducir costos y radiación innecesaria.
- b Capacitación enfocada en US para residentes de urgencias y radiología.

**Pregunta de investigación.**

"¿Cuál es el grado de concordancia diagnóstica (kappa) entre el ultrasonido abdominal y la tomografía computarizada multicorte en pacientes niños y adultos con sospecha de apendicitis aguda en un hospital de tercer nivel con recursos limitados, y ¿qué factores clínicos o técnicos explican la discordancia?"

**Hipótesis.**

"El ultrasonido abdominal presenta una concordancia moderada-alta ( $\kappa \geq 0.6$ ) con la tomografía multicorte en el diagnóstico de apendicitis aguda, pero su rendimiento disminuye significativamente en pacientes con IMC  $\geq 40$  y operadores de  $< 1.5$  años de experiencia".

**Objetivos.**

Objetivo general y específicos: Evaluar la precisión diagnóstica y los factores asociados a la discordancia entre ultrasonido y tomografía computarizada multicorte en adultos con sospecha de apendicitis aguda en el Hospital Regional de Alta Especialidad Dr. Ignacio Morones Prieto, proponiendo un algoritmo de uso racional de imágenes que priorice la seguridad del paciente y la eficiencia económica.

**Metodología.**

Diseño del estudio.

Tipo de estudio

Estudio observacional, analítico y retrospectivo.

Lugar de realización

Hospital de tercer nivel con recursos limitados.

Universo de estudio

Pacientes con diagnóstico de apendicitis aguda atendidos en el Hospital Regional de Alta Especialidad Dr. Ignacio Morones Prieto.

Criterios de selección:

Inclusión.

Niños y adultos con diagnóstico de apendicitis aguda (dolor en fosa ilíaca derecha + al menos uno de: Fiebre  $> 37.8^{\circ}\text{C}$ , leucocitosis  $> 10,000/\mu\text{L}$ ).

Pacientes con US abdominal realizado en el servicio de radiología del hospital o por particulares con y sin tomografía computada como estudio confirmatorio.

Pacientes con TC de abdomen y pelvis.

Diagnóstico quirúrgico/histopatológico disponible.

No inclusión.

Pacientes con procedimiento previo de apendicectomía.

Estudios de imagen incompletos o técnicamente inadecuados.

Para controlar la variabilidad dependiente del operador por ultrasonido se especifican los criterios diagnósticos, así como el resto de las variables del estudio en el cuadro 1 (ver anexos).

Tipo de muestreo.

Consecutivo no probabilístico basado en criterios clínicos y temporales.

Cálculo del tamaño de la muestra

Tomando en cuenta los datos registrados en el 2024, en los cuáles se reportan 13510 tomografías, de las cuáles el 0.5% tienen diagnóstico de apendicitis [67], con un intervalo de confianza del 95% y mediante la fórmula de poblaciones infinitas (ya que se trata de un estudio observacional). Se deben incluir 8 pacientes. Se incluirán 10 para compensar posibles pérdidas. La fórmula se muestra en la figura 1 (ver anexos).

Estrategia de búsqueda bibliográfica

Bases de datos prioritarias.

PubMed/MEDLINE, Embase, Cochrane Library, Web of Science, Scopus.

Especializadas (Imagenología).

RSNA Journals (Radiology, RadioGraphics).

American Journal of Roentgenology (AJR).

European Radiology.

Radiopaedia.org

Acceso Abierto y plataformas regionales.

SciELO y LILACS.

Google Scholar.

Se pueden consultar los términos de búsqueda (palabras clave), la pregunta PICO y el cuadro de descriptores en los cuadros 2, 3 y 4, respectivamente (ver anexos).

La hora de recolección de datos utilizada puede consultarse en el cuadro 5 (ver anexos).

### **Análisis estadístico.**

Análisis de Normalidad.

Se incluyeron las variables numéricas (cuantitativas) incluidas en la base de datos: Edad (años), IMC ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) y Leucocitos al ingreso ( $\text{k cel}/\mu\text{L}$ ).

Para determinar si los datos siguen una distribución normal, se utilizó la prueba estadística de Shapiro-Wilk (28).

Para el análisis de IMC y Leucocitos se utilizó la media y desviación estándar (al ser de distribución normal), mientras que para la Edad se utilizó la mediana y los rangos intercuartílicos o los valores mínimos/máximos (al ser de distribución no normal).

Precisión Diagnóstica entre Ultrasonido y Tomografía Computarizada

Para evaluar y comparar la precisión diagnóstica del Ultrasonido (US) y la Tomografía Computarizada (TC), se utilizó como estándar de oro el resultado quirúrgico.

Primero, los valores de las bases se recodificaron conforme al valor de las variables implícito:

- Estándar de Oro (Resultado Quirúrgico): Positivo (Apendicitis confirmada = 1) vs Negativo (No confirmada, Pielonefritis u Otro = 2, 3, 4).

- Diagnóstico US: Positivo (= 2) vs Negativo (= 1). Se excluyeron los "No concluyentes" (= 3) para calcular la precisión exacta.
- Diagnóstico TC: Positivo (= 1) vs Negativo (= 2, 4). Se excluyeron los "No concluyentes" (= 3).

Se utilizó del Coeficiente Kappa de Cohen (gráfico 3, ver anexos) como prueba estadística para evaluar la concordancia o el nivel de acuerdo entre los dos métodos de imagen (US y TC).

Por lo tanto, se calculó la exactitud diagnóstica, sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y valor predictivo negativo utilizando tablas de contingencia de 2x2 frente al estándar de oro quirúrgico. Asimismo, se indicó el análisis de concordancia mediante el coeficiente Kappa. Las tablas de contingencia pueden ser consultadas en el cuadro 6 (ver anexo).

Para evaluar el nivel de concordancia entre el diagnóstico por Ultrasonido (US) y el diagnóstico por Tomografía Computarizada (TC) en aquellos pacientes que se sometieron a ambos estudios, se realizó el siguiente análisis estadístico:

El objetivo del análisis de concordancia es determinar qué tanto "están de acuerdo" (coinciden) ambos métodos de imagen (US y TC) al evaluar al mismo paciente.

Para variables categóricas nominales u ordinales se utilizó la prueba estadística de Coeficiente Kappa de Cohen (kappa), siendo esta una métrica muy estricta y robusta, ya que ajusta (resta) el nivel de concordancia que podría esperarse simplemente por azar. Su interpretación clásica [Criterios de Landis y Koch (29)] dicta que valores kappa = 0, indican acuerdo nulo o pobre, 0.01-0.20 leve, 0.21-0.40 justo, 0.41-0.60 moderado, 0.61-0.80 sustancial, y 0.81-1.00 casi perfecto.

Para investigar si existe una relación estadística entre las variables clínicas/demográficas y la precisión de los diagnósticos por imagen, se hizo un análisis bivariado.

Para este fin, se dividieron los casos de cada modalidad (Ultrasonido y Tomografía) en dos grupos:

1. Diagnóstico Correcto: El resultado de la imagen coincidió exactamente con el resultado quirúrgico/histopatológico.
2. Diagnóstico Incorrecto / No concluyente: Hubo una discrepancia con la cirugía (falso positivo, falso negativo) o el estudio fue reportado como "no concluyente".

Se aplicaron pruebas estadísticas no paramétricas (U de Mann-Whitney para variables continuas) y pruebas de proporciones (Chi-cuadrada/Exacta de Fisher para categóricas). Se consideró un valor  $p < 0.05$  como estadísticamente significativo.

## Ética

Este estudio fue regido por los principios éticos internacionales establecidos en la Declaración de Helsinki (30) y la Norma Oficial Mexicana NOM-012SSA3-2012(31) sobre investigación en salud. Además, se alineó con los siguientes marcos normativos nacionales:

### 1. Ley General de Salud (LGS)

La LGS en su título quinto: Investigación para la salud, capítulo único, artículo 100 especifica las bases con las que se desarrolla la investigación en seres humanos, en su párrafo III menciona poder efectuarse solo cuando exista una razonable seguridad de que no expone a riesgos ni daños innecesarios al sujeto de experimentación, especificación con la cuál cumple este protocolo.

Las comisiones de investigación, ética en investigación dictaminaron el presente estudio y lo declararon aprobado.

Aunque este estudio es retrospectivo y utiliza datos secundarios (archivos de imágenes e historias clínicas), se solicita la exención de consentimiento informado al Comité de Ética, fundamentado en la imposibilidad práctica de obtener consentimiento por el carácter retrospectivo y la ausencia de intervención directa en los pacientes.

### 2. Clasificación del Nivel de Riesgo

De acuerdo con la NOM-012-SSA3-2012, este estudio se clasifica como sin riesgo o de riesgo mínimo debido a que no hubo intervención física o psicológica en los participantes. Se utilizaron datos preexistentes (imágenes y registros clínicos) sin contacto directo. La anonimización de datos garantiza la protección de la identidad de los pacientes.

### 3. Aprobación de los Comités de Investigación, Ética y Bioseguridad.

El protocolo fue evaluado por los Comités de Investigación y Ética en Investigación del Hospital Regional de Alta Especialidad Dr. Ignacio Morones Prieto.

### 4. Cumplimiento de la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de Particulares (LFPDPPP): Los datos se almacenaron en una base cifrada, accesible solo al equipo de investigación.

### 5. Beneficios vs. Riesgos

Beneficios: Contribuir al conocimiento sobre la optimización del uso de ultrasonido y tomografía en entornos con recursos limitados. Riesgos: Mínimos. Al ser un estudio retrospectivo, no hubo exposición a radiación adicional o procedimientos invasivos.

### 5. Consideraciones Específicas para Imagenología

La NOM-229-SSA1-2022 sobre “Requisitos técnicos para las instalaciones, responsabilidades sanitarias, especificaciones técnicas para los equipos y protección radiológica en establecimientos de diagnóstico médico con rayos X” (32) fue consultada y se asegura que las imágenes utilizadas fueron obtenidas durante la práctica clínica habitual, sin repetición de estudios con fines investigativos.

Se respetaron los protocolos de seguridad radiológica en los equipos de tomografía y ultrasonido.

#### Declaración Final de Cumplimiento

Este estudio cumplió con todas las disposiciones éticas y legales vigentes en México, priorizando el respeto a los derechos de los pacientes, la confidencialidad y la minimización de riesgos.

### Resultados

#### Estadística Descriptiva y Normalidad.

##### Edad (años)

N analizada: 132 pacientes.

Media (Promedio): 25.36 años.

Mediana: 22.0 años.

Desviación Estándar:  $\pm 14.82$  años.

Rango: Mínimo 5 años – Máximo 84 años.

Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk):  $p < 0.001$  (Estadístico: 0.911).

Distribución: No normal. Los datos de edad están sesgados hacia pacientes jóvenes.

##### Índice de Masa Corporal (IMC en $\text{kg}/\text{m}^2$ ).

N analizada: 129 pacientes (se omitieron casos sin valores numéricos de IMC).

Media (Promedio):  $24.36 \text{ kg}/\text{m}^2$ .

Mediana:  $23.88 \text{ kg}/\text{m}^2$ .

Desviación Estándar:  $\pm 5.48 \text{ kg}/\text{m}^2$ .

Rango: Mínimo  $12.40 \text{ kg}/\text{m}^2$  – Máximo  $38.76 \text{ kg}/\text{m}^2$ .

Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk):  $p = 0.461$  (Estadístico: 0.989).

Distribución: Normal. Al ser el valor  $p$  mayor a 0.05, se asume que el IMC se distribuye de forma paramétrica/normal en esta muestra.

##### Leucocitos al ingreso ( $\text{k cel}/\mu\text{L}$ ).

N analizada: 132 pacientes.

Media (Promedio):  $14.73 \text{ k cel}/\mu\text{L}$ .

Mediana:  $14.35 \text{ k cel}/\mu\text{L}$ .

Desviación Estándar:  $\pm 5.13 \text{ k cel}/\mu\text{L}$ .

Rango: Mínimo  $4.79 \text{ k cel}/\mu\text{L}$  – Máximo  $26.70 \text{ k cel}/\mu\text{L}$ .

Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk):  $p = 0.051$  (Estadístico: 0.980).

Distribución: Normal. El valor  $p$  se encuentra al límite, pero siendo estrictamente superior a 0.05, estadísticamente pasa el supuesto de normalidad para su análisis paramétrico.

##### Precisión del Ultrasonido (US)

De los pacientes que tuvieron Ultrasonido y un diagnóstico concluyente ( $N = 36$  evaluables para esta métrica):

Falsos Negativos: 3 (El US dijo negativo, pero sí fue apendicitis).

Verdaderos Positivos: 33 (El US dijo positivo y sí fue apendicitis). (Nota: En esta submuestra no hubo casos realmente negativos por cirugía, por lo que la especificidad no se puede calcular matemáticamente).

#### Métricas del US:

Sensibilidad: 91.67%.

Valor Predictivo Positivo (VPP): 100%.

Exactitud Diagnóstica (Precisión global): 91.67%.

#### Precisión de la Tomografía Computarizada (TC)

De los pacientes que tuvieron Tomografía y un diagnóstico concluyente (N = 92; evaluables para este análisis):

Verdaderos Positivos: 88 (La TC dijo positivo y SÍ fue apendicitis).

Falsos Positivos: 1 (La TC dijo positivo, pero NO fue apendicitis).

Verdaderos Negativos: 1 (La TC dijo negativo y NO fue apendicitis).

Falsos Negativos: 2 (La TC dijo negativo, pero SÍ fue apendicitis).

#### Métricas de la TC:

Sensibilidad: 97.78%.

Especificidad: 50.00% (Basado en sólo 2 casos realmente negativos en esta submuestra).

Valor Predictivo Positivo (VPP): 98.88%.

Valor Predictivo Negativo (VPN): 33.33%.

Exactitud Diagnóstica (Precisión global): 96.74%.

#### Resultados del Análisis de Concordancia

Al cruzar los datos de la base (excluyendo aquellos que no contaban con ambos estudios registrados con una categoría diagnóstica válida), se encontraron 13 pacientes en total que tenían diagnóstico por las dos modalidades.

#### Análisis Global (Incluyendo resultados "No concluyentes")

De los 13 pacientes evaluados con ambas técnicas de imagen:

En 6 pacientes, tanto el US como la TC diagnosticaron Positivo.

En 4 pacientes, el US fue "No concluyente", pero la TC sí arrojó un diagnóstico "Positivo".

En 1 paciente, el US fue "Negativo", pero la TC fue "Positivo".

En 1 paciente, el US fue "Positivo", pero la TC fue "Negativo".

En 1 paciente, el US fue "Positivo" y la TC fue "No concluyente".

Concordancia Exacta Bruta: 46.15% (Sólo coincidieron en el diagnóstico exacto en 6 de 13 pacientes).

Coeficiente Kappa de Cohen: -0.197. Análisis Binario Estricto (Sólo Positivo vs. Negativo)

Si excluimos los 5 estudios que reportaron diagnósticos "No concluyentes" (ya sea en US o en TC) para ver si al menos las certezas diagnósticas coinciden, nos quedan 8 pacientes:

Acuerdo positivo (Ambos = Positivo): 6 pacientes  
Desacuerdo (US Positivo / TC Negativo): 1 paciente  
Desacuerdo (US Negativo / TC Positivo): 1 paciente  
Acuerdo negativo (Ambos = Negativo): 0 pacientes  
Concordancia Exacta Binaria: 75.0% (Coincidieron 6 de los 8 estudios concluyentes).  
Coeficiente Kappa de Cohen: -0.143.

Relación el diagnóstico con el resto de las variables reportadas.  
Variables asociadas a la precisión del Ultrasonido (US)

De los 44 pacientes a los que se les realizó US, 33 tuvieron un diagnóstico correcto y 11 incorrecto o no concluyente.

Edad, Leucocitos, Sexo y Clasificación de IMC: No mostraron ninguna relación estadísticamente significativa (todos los valores  $p > 0.35$ ) con la precisión del estudio.

IMC: Aunque no alcanzó significancia estadística ( $p = 0.215$ ), se observó una tendencia clínica esperada: los pacientes donde el US falló o fue indeterminado tenían una media de IMC ligeramente mayor ( $23.50 \text{ kg/m}^2$ ) en comparación con aquellos donde el US fue preciso ( $20.84 \text{ kg/m}^2$ ). Esto concuerda con la literatura médica que dicta que un mayor pániculo adiposo dificulta la transmisión de la onda de ultrasonido, afectando la visualización del apéndice.

Tiempo de evolución de los síntomas (Clasificación T): Mostró una significancia estadística marginal o limítrofe ( $p = 0.054$ ). Esto sugiere que el tiempo transcurrido desde el inicio de los síntomas podría estar influyendo parcialmente en la capacidad del ultrasonido para diagnosticar correctamente (por ejemplo, inflamaciones muy tempranas sin líquido peri apendicular o casos muy evolucionados con perforación atípica).

Variables asociadas a la precisión de la TC

De los 93 pacientes con registro de TC, 89 tuvieron un diagnóstico correcto y solo 4 fallaron (incorrecto/no concluyente).

A pesar del bajo número de fallos (lo cual habla del excelente rendimiento de la tomografía), se detectaron patrones estadísticamente relevantes:

- Edad (años): Relación estadísticamente significativa ( $p = 0.047$ ). Los pacientes donde la tomografía falló en dar un diagnóstico certero fueron significativamente más jóvenes (Media de 17.0 años) en comparación con aquellos en los que la tomografía acertó (Media de 30.06 años).
- IMC ( $\text{kg/m}^2$ ): Relación marginalmente significativa ( $p = 0.059$ ). Los casos donde la TC fue incorrecta ocurrieron en pacientes con un IMC notablemente más bajo

(Media de 20.36 kg/m<sup>2</sup>) frente a los pacientes con diagnósticos correctos (Media de 25.64 kg/m<sup>2</sup>).

- Leucocitos, Sexo, Clasificación T: No mostraron ninguna relación estadística ( $p > 0.15$ ) con la tasa de error de la TC.

Conclusión del resultado del análisis del resto de las variables:

Los resultados indican que la precisión del US no se vio fuertemente afectada por factores demográficos en la muestra (con una ligera excepción límite respecto al tiempo de evolución clínica).

Por el contrario, los escasos errores o limitantes de la TC estuvieron íntimamente ligados a pacientes más jóvenes y delgados (menor edad y menor IMC). Esto se explica ya que la grasa intraabdominal sirve como un "medio de contraste natural" en la TC. En pacientes jóvenes y delgados, la escasez de grasa meso cólica, meso y peri apendicular y, posiblemente, también la mesentérica dificulta la visualización de los planos anatómicos y la estriación de la grasa (un signo indirecto clave de inflamación apendicular), lo que puede elevar el riesgo de resultados indeterminados o falsos negativos en la tomografía, apoyando la justificación de usar primero el ultrasonido en estos perfiles (niños, adolescentes y pacientes delgados).

### **Interpretación**

Para el análisis de concordancia diagnóstica entre el ultrasonido y la tomografía en pacientes sometidos a ambas modalidades, se utilizó el Coeficiente Kappa de Cohen. De los 13 pacientes con diagnósticos registrados en ambos métodos, se observó una concordancia exacta global del 46.15%. El coeficiente Kappa calculado fue de -0.197 (y -0.143 al excluir los estudios no concluyentes), lo cual se interpreta estadísticamente como una ausencia de concordancia (pobre o nula)."

Este valor negativo de Kappa, a pesar de tener un acuerdo del 75% en los casos binarios, se debe al tamaño de muestra muy pequeño de estudios emparejados ( $n=8$  a  $13$ ) y a la ausencia total de verdaderos negativos en ambas modalidades de manera simultánea, lo que matemáticamente penaliza la fórmula del azar en la prueba de Kappa.

### **Discusión**

El presente estudio evaluó retrospectivamente la precisión diagnóstica del US abdominal y la TC para el diagnóstico de apendicitis aguda en un hospital de tercer nivel, utilizando el diagnóstico quirúrgico e histopatológico como estándar de oro.

Nuestros resultados demostraron que la TC tiene un rendimiento superior de forma global, con una exactitud diagnóstica del 96.7% y una sensibilidad del 97.8%. Estos hallazgos son consistentes con la literatura internacional actual. Como se documenta en las revisiones sistemáticas clásicas, la implementación de la TC ha logrado sensibilidades superiores al 95% y ha sido el principal factor para reducir la tasa de apendicectomías negativas históricas del 20% a menos del 3% (6). Asimismo, nuestros datos concuerdan estrechamente con el metaanálisis de Doria *et al.* (7), el cual reportó

una sensibilidad del 94% para la TC en población adulta y pediátrica, confirmando su rol como el estándar de oro imagenológico actual.

Por otro lado, el ultrasonido en nuestra serie demostró una sensibilidad del 91.7% y una exactitud del 91.7%. Al contrastar este resultado con la literatura, notamos que el rendimiento del US en nuestro centro se encuentra por encima de los promedios históricos reportados en décadas anteriores donde oscilaba entre el 69% y 76%, (5, 11), y se alinea más con los estándares modernos de alta resolución tecnológica. Doria et al. (7) reportaron una sensibilidad del US del 88% en niños y 83% en adultos. La alta sensibilidad (91.7%) y el Valor Predictivo Positivo perfecto (100%) encontrados en nuestra población subrayan la madurez técnica de los operadores en nuestro hospital de tercer nivel. Esto coincide con los hallazgos de Lim et al. (10), quienes demostraron que el ultrasonido, cuando es técnicamente factible, puede alcanzar exactitudes de hasta el 98% con valores predictivos positivos formidables.

Un hallazgo crítico en nuestro análisis metodológico fue la concordancia entre ambas modalidades, evaluada mediante el coeficiente de Kappa de Cohen. Al aislar a los pacientes que fueron sometidos tanto a US como a TC, observamos un nivel de acuerdo bajo ( $Kappa < 0$ ). Este fenómeno clínico-estadístico, lejos de invalidar los métodos, refleja la naturaleza secuencial y de rescate de la tomografía. Como lo sugieren las directrices internacionales (1, 2), los pacientes que requieren ambos estudios suelen ser aquellos con presentaciones atípicas, hábito corporal desfavorable (obesidad) o estudios de US iniciales "no concluyentes". En nuestra serie emparejada, 4 de los estudios "no concluyentes" por US resultaron ser positivos por TC, lo que explica la baja concordancia exacta. Este patrón justifica plenamente el enfoque diagnóstico escalonado (step-up approach) (5).

Asimismo, como señalaron García y Taylor et al., la TC suele interpretarse con una confianza diagnóstica significativamente mayor (91.7%) frente al US (57.6%), lo que disminuye la tasa de estudios indeterminados en el abordaje tomográfico. En nuestra cohorte, la TC logró rescatar el diagnóstico en pacientes donde el ultrasonido falló (falsos negativos) o fue indeterminado, limitando los retrasos quirúrgicos.

Limitaciones del estudio: Es importante reconocer que, al ser un estudio retrospectivo, existe un sesgo de selección en la indicación de la modalidad de imagen (los pacientes más graves o complejos tienen mayor probabilidad de ir directamente a TC). Además, la muestra emparejada (pacientes con ambas modalidades) fue pequeña, lo que afectó el poder estadístico del cálculo del índice Kappa y el cálculo de la especificidad ante la escasa cantidad de verdaderos negativos quirúrgicos.

Conclusión de la discusión: Los hallazgos de esta cohorte validan las recomendaciones internacionales actuales. El ultrasonido es una herramienta altamente resolutive y segura que, cuando es positiva, basta para fundamentar la decisión quirúrgica debido a su 100% de VPP. No obstante, frente a un US negativo o indeterminado en un contexto de alta sospecha clínica, la TC debe emplearse sistemáticamente gracias a su margen superior de sensibilidad y exactitud (>96%).

## Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos en el presente estudio retrospectivo, se concluye que la tomografía computarizada (TC) ofrece una mayor exactitud diagnóstica (96.7%) y sensibilidad (97.8%) en comparación con el ultrasonido abdominal (US) (91.7% en ambas métricas) para la detección de apendicitis aguda. Estos hallazgos confirman que la TC sigue siendo la modalidad de imagen con el rendimiento diagnóstico más robusto y consistente.

Sin embargo, no se recomienda descartar el ultrasonido ni depender exclusivamente de la tomografía computarizada para el abordaje diagnóstico inicial. El análisis demostró que el ultrasonido posee un Valor Predictivo Positivo (VPP) del 100% en la muestra estudiada; es decir, cuando el ultrasonido identifica hallazgos positivos para apendicitis, el diagnóstico se confirma quirúrgicamente en la totalidad de los casos.

Por lo tanto, la recomendación clínica y operativa derivada de este estudio es adoptar un enfoque diagnóstico escalonado (step-up approach):

1. **Uso inicial del Ultrasonido:** Se recomienda mantener el ultrasonido como la modalidad de imagen de primera línea, dada su alta capacidad para confirmar la enfermedad. Su menor costo, mayor accesibilidad y la ausencia de radiación ionizante. Si el US es positivo y concordante con la clínica, se justifica proceder al manejo quirúrgico sin necesidad de estudios adicionales.
2. **Uso condicionado de la Tomografía Computarizada:** Debido a que el ultrasonido presentó una mayor tasa de falsos negativos y resultados no concluyentes (sensibilidad inferior a la TC), la tomografía computarizada debe indicarse de forma complementaria estrictamente en aquellos pacientes donde el ultrasonido inicial sea negativo o indeterminado, pero persista una alta sospecha clínica de apendicitis aguda.

Este abordaje secuencial permite optimizar los recursos hospitalarios, proteger a los pacientes de la exposición innecesaria a radiación ionizante (especialmente en poblaciones vulnerables) y mantener una precisión diagnóstica global óptima al aprovechar las fortalezas metodológicas de ambas modalidades de imagen.

**Algoritmo Propuesto: Abordaje Diagnóstico Escalonado.**

Se propone un algoritmo diagnóstico escalonado, diseñado específicamente para optimizar recursos en entornos hospitalarios donde el ultrasonido (US) es la herramienta principal y la tomografía computarizada (TC) debe racionarse (recursos limitados o escasos).

Este algoritmo se fundamenta en los hallazgos de este estudio (donde el US demostró un Valor Predictivo Positivo del 100%).

Fase 1: Estratificación Clínica Inicial Todo paciente con dolor en fosa ilíaca derecha debe ser evaluado con escalas clínicas validadas (ej. Escala de Alvarado o AIR - Appendicitis Inflammatory Response).

Riesgo Bajo: Observación activa o alta con datos de alarma. No se solicita imagen inicial para evitar saturar el servicio de radiología.

Riesgo Intermedio / Alto: Avanzar a la Fase 2.

Fase 2: Ultrasonido (US) como primera línea universal.

Se realiza US abdominal a todos los pacientes de riesgo intermedio y alto. Es económico, accesible, sin radiación y operador-dependiente.

US Positivo (Diagnóstico Confirmado): Pase directo a valoración por cirugía para apendicectomía. Como demostraron los datos, si el US detecta apendicitis, el VPP es del 100%. No se requiere confirmación por TC.

US Negativo o No Concluyente: Avanzar a la Fase 3, estratificando por el perfil del paciente.

Fase 3: Uso Racional y Condicionado de la Tomografía (TC) Dado que la TC es un recurso limitado, no se indica automáticamente tras un US negativo. Se decide en conjunto con el equipo quirúrgico basándose en el fenotipo del paciente y la evolución clínica:

Perfil A (Pacientes pediátricos, jóvenes o con IMC bajo -  $<25 \text{ kg/m}^2$ ): En este grupo, la TC tiene mayor probabilidad de fallar por la falta de grasa mesentérica, y el US suele ser más preciso. Acción recomendada: Evitar la TC inmediata. Preferir observación clínica intrahospitalaria por 12-24 horas, repetir el US o, si hay abdomen agudo, considerar laparoscopia diagnóstica.

Perfil B (Pacientes adultos mayores, atípicos o con IMC alto -  $>25 \text{ kg/m}^2$ ): En este grupo, la grasa abdominal limita al US, pero actúa como un excelente contraste natural para la TC, elevando su rendimiento a casi el 100%. Acción recomendada: Uso justificado de la TC. Si el equipo de radiología aprueba el estudio, es aquí donde el recurso tiene el mayor impacto para evitar una apendicectomía en blanco o el retraso de una perforación.

Si la TC no está disponible en absoluto: Mantener vigilancia clínica seriada (leucocitos, PCR, exploración física). La decisión de intervenir será netamente clínica por parte del cirujano.

Este abordaje protege los recursos del hospital al filtrar inmediatamente todos los casos positivos claros mediante ultrasonido. Reserva el desgaste del tomógrafo, los insumos de contraste y la radiación ionizante única y exclusivamente para los casos dudosos

(falsos negativos del US), priorizando a los pacientes con mayor tejido adiposo, donde la TC demuestra su superioridad anatómica.

El algoritmo puede ser consultado en la figura 4 (ver anexos).

### **Bibliografía.**

1. Moris D, Paulson EK, Pappas TN. Diagnosis and Management of Acute Appendicitis in Adults: A Review. JAMA [Internet]. el 14 de diciembre de 2021 [citado el 7 de marzo de 2025];326(22):2299–311. Disponible en: <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2787111>
2. Kabir SA, Kabir SI, Sun R, Jafferbhoy S, Karim A. How to diagnose an acutely inflamed appendix; a systematic review of the latest evidence. International Journal of Surgery. El 1 de abril de 2017; 40:155–62.
3. Baird DLH, Simillis C, Kontovounisios C, Rasheed S, Tekkis PP. Acute appendicitis. Br Med J. el 19 de abril de 2017;357: j1703.
4. Boermeester MA, Scheijmans JCG, Bom WJ, Skjold-Ødegaard B, Søreide K. The Diagnostic Differentiation Challenge in Acute Appendicitis: How to Distinguish between Uncomplicated and Complicated Appendicitis in Adults. Diagnostics 2022, Vol 12, Page 1724 [Internet]. el 15 de julio de 2022 [citado el 7 de marzo de 2025];12(7):1724. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2075-4418/12/7/1724/htm>
5. Giljaca V, Nadarevic T, Poropat G, Nadarevic VS, Stimac D. Diagnostic Accuracy of Abdominal Ultrasound for Diagnosis of Acute Appendicitis: Systematic Review and Metaanalysis. World J Surg [Internet]. el 1 de marzo de 2017 [citado el 7 de marzo de 2025];41(3):693–700. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1007/s00268-016-3792-7>
6. Rao PM, Rhea JT, Novelline RA. HELICAL CT OF APPENDICITIS AND DIVERTICULITIS. Radiol Clin North Am. el 1 de septiembre de 1999;37(5):895–910.
7. Doria AS, Moineddin R, Kellenberger CJ, Epelman M, Beyene J, Schuh S, et al. US or CT for diagnosis of appendicitis in children and adults? A meta-analysis. Radiology [Internet]. el 1 de octubre de 2006 [citado el 3 de febrero de 2025];241(1):83–94. Disponible en: <https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/radiol.2411050913>
8. Terasawa T, Blackmore CC, Bent S, Kohlwes RJ. Systematic review: computed tomography and ultrasonography to detect acute appendicitis in adults and adolescents. Ann Intern Med [Internet]. el 5 de octubre de 2004 [citado el 5 de febrero de 2025];141(7):537–46. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15466771/>
9. Peña BMG, Taylor GA. Radiologists' Confidence in Interpretation of Sonography and CT in Suspected Pediatric Appendicitis. <https://doi.org/10.2214/ajr.175.1.1750071> [Internet]. el 23 de noviembre de 2012 [citado el 4 de febrero de 2025];175(1):71–4. Disponible en: <https://www.ajronline.org/doi/10.2214/ajr.175.1.1750071>
10. Lim HK, Bae SH, Seo GS. Diagnosis of acute appendicitis in pregnant women: value of sonography. <https://doi.org/10.2214/ajr.159.3.1503019> [Internet]. el 19 de enero de 2013 [citado el 4 de febrero de 2025];159(3):539–42. Disponible en: <https://ajronline.org/doi/10.2214/ajr.159.3.1503019>

11. Incesu L, Coskun A, Selcuk MB, Akan H, Sozubir S, Bernay F. Acute appendicitis: MR imaging and sonographic correlation. *American Journal of Roentgenology* [Internet]. 1997 [citado el 4 de febrero de 2025];168(3):669–74. Disponible en: [www.ajronline.org](http://www.ajronline.org)
12. Heinitz S, Müller J, Jenderka KV, Schlögl H, Stumvoll M, Blüher M, et al. The application of high-performance ultrasound probes increases anatomic depiction in obese patients. *Scientific Reports* 2023 13:1 [Internet]. el 28 de septiembre de 2023 [citado el 5 de febrero de 2025];13(1):1–10. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-43509-9>
13. Tantisook T, Aravapalli S, Chotai PN, Majmudar A, Meredith M, Harrell C, et al. Determining the impact of body mass index on ultrasound accuracy for diagnosing appendicitis: Is it less useful in obese children? *J Pediatr Surg* [Internet]. el 1 de noviembre de 2021 [citado el 4 de febrero de 2025];56(11):2010–5. Disponible en: <http://www.jpedsurg.org/article/S0022346821000683/fulltext>
14. Abo A, Shannon M, Taylor G, Bachur R. The influence of body mass index on the accuracy of ultrasound and computed tomography in diagnosing appendicitis in children. *Pediatr Emerg Care* [Internet]. agosto de 2011 [citado el 4 de febrero de 2025];27(8):731–6. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21811194/>
15. Yiğiter M, Kantarci M, Yalçın O, Yalçın A, Salman AB. Does obesity limit the sonographic diagnosis of appendicitis in children? *J Clin Ultrasound* [Internet]. mayo de 2011 [citado el 5 de febrero de 2025];39(4):187–90. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21480284/>
16. Sauvain MO, Tschirky S, Patak MA, Clavien PA, Hahnloser D, Muller MK. Acute appendicitis in overweight patients: the role of preoperative imaging. *Patient Saf Surg* [Internet]. el 17 de mayo de 2016 [citado el 4 de febrero de 2025];10(1):13. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4869359/>
17. Neal JT, Monuteaux MC, Rangel SJ, Bachur RG, Barnewolt CE. Does age affect the test performance of secondary sonographic findings for pediatric appendicitis? *Pediatr Radiol* [Internet]. el 1 de octubre de 2021 [citado el 5 de febrero de 2025];51(11):2018. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8158081/>
18. Gilligan LA, Trout AT, Davenport MS, Zhang B, O'Hara SM, Dillman JR. Predictors of Clinical Outcomes in Pediatric Appendicitis: Role of the Individual Sonographer and Radiologist When Using a First-Line Ultrasound Approach. *J Am Coll Radiol* [Internet]. el 1 de agosto de 2021 [citado el 6 de febrero de 2025];18(8):1128–38. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2021.03.026>
19. de Oliveira Peixoto R, Nunes TA, Gomes CA. Índices diagnósticos da ultrassonografia abdominal na apendicite aguda: influência do gênero e constituição física, tempo evolutivo da doença e experiência do radiologista. *Rev Col Bras Cir* [Internet]. marzo de 2011 [citado el 6 de febrero de 2025];38(2):105–11. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rcbc/a/FVN5xhb7RJ5gTNXJ8VT43Cy/?lang=pt>
20. Benabbas R, Hanna M, Shah J, Sinert R. Diagnostic Accuracy of History, Physical Examination, Laboratory Tests, and Point-of-care Ultrasound for Pediatric Acute Appendicitis in the Emergency Department: A Systematic Review and Meta-analysis. *Academic Emergency Medicine* [Internet]. el 1 de mayo de 2017 [citado el 6 de febrero de 2025];24(5):523–51. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/acem.13181>
21. Ramalingam V, Bates DDB, Buch K, Uyeda J, Zhao KM, Storer LA, et al. Diagnosing acute appendicitis using a nonoral contrast CT protocol in patients with a BMI

- of less than 25. *Emerg Radiol* [Internet]. el 1 de octubre de 2016 [citado el 6 de febrero de 2025];23(5):455–62. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10140-016-1421-2>
22. Farrell CR, Bezinque AD, Tucker JM, Michiels EA, Betz BW. Acute appendicitis in childhood: oral contrast does not improve CT diagnosis. *Emerg Radiol* [Internet]. el 1 de junio de 2018 [citado el 6 de febrero de 2025];25(3):257–63. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10140-017-1574-7>
23. Weltman DI, Yu J, Krumenacker J, Huang S, Moh P. Diagnosis of acute appendicitis: Comparison of 5- and 10-mm CT sections in the same patient. *Radiology*. 2000;216(1):172–7.
24. Di Saverio S, Podda M, De Simone B, Ceresoli M, Augustin G, Gori A, et al. Diagnosis and treatment of acute appendicitis: 2020 update of the WSES Jerusalem guidelines. *World J Emerg Surg* [Internet]. el 15 de abril de 2020 [citado el 6 de febrero de 2025];15(1):27. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7386163/>
25. Incesu L, Yazicioglu AK, Selcuk MB, Ozen N. Contrast-enhanced power Doppler US in the diagnosis of acute appendicitis. *Eur J Radiol*. mayo de 2004;50(2):201–9.
26. Dogan K, Selcuk T. A Novel Deep Learning Approach for the Automatic Diagnosis of Acute Appendicitis. *J Clin Med* [Internet]. el 1 de agosto de 2024 [citado el 10 de marzo de 2025];13(16). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39201090/>
27. Aguilar-Barojas S. Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco* [Internet]. 2005 [citado el 9 de marzo de 2025];11(1–2):333–8. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48711206>
28. SHAPIRO SS, WILK MB. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* [Internet]. el 1 de diciembre de 1965 [citado el 10 de marzo de 2025];52(3–4):591–611. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1093/biomet/52.3-4.591>
29. J R Landis GJK. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. marzo de 1977;33(1).
30. World Medical Association. WMA Declaration of Helsinki - Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. 2013.
31. DOF - Diario Oficial de la Federación [Internet]. [citado el 11 de marzo de 2025]. Disponible en: [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5284148&fecha=04/01/2013#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5284148&fecha=04/01/2013#gsc.tab=0)
32. DOF - Diario Oficial de la Federación [Internet]. [citado el 11 de marzo de 2025]. Disponible en: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4931612&fecha=15/09/2006#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4931612&fecha=15/09/2006#gsc.tab=0)

## **ANEXO 1. Cuadros.**

**Cuadro 1. Variables del estudio.**

| Variable                                | Definición                                                                                                                                                                | Escala de Medición                                                                                                    |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Diagnóstico por US                      | Hallazgos de apendicitis aguda en ultrasonido (diámetro $\geq 6$ mm, fecalito, falta de compresibilidad, engrosamiento $> 3$ mm de su pared, hiperemia al Doppler color). | Categórica (Positivo, Negativo, No concluyente).                                                                      |
| Diagnóstico por TC                      | Hallazgos de apendicitis en TC.                                                                                                                                           | Categórica (Positivo, Negativo).                                                                                      |
| Concordancia US-TC                      | Acuerdo entre ambos métodos (kappa de Cohen).                                                                                                                             | Numérica (0-1).                                                                                                       |
| Diagnóstico quirúrgico/histopatológico. | Gold standard.                                                                                                                                                            | Apendicitis confirmada, apendicitis no confirmada.                                                                    |
| Variable de control                     |                                                                                                                                                                           | Importancia                                                                                                           |
| Índice de Masa Corporal (IMC)           |                                                                                                                                                                           | Pacientes con IMC $\geq 30$ kg/m <sup>2</sup> tienen mayor probabilidad de US no concluyente.                         |
| Edad                                    |                                                                                                                                                                           | La apendicitis tiene presentaciones atípicas en adultos mayores.                                                      |
| Género                                  |                                                                                                                                                                           | En mujeres, patologías ginecológicas pueden confundirse con apendicitis.                                              |
| Tiempo entre US y TC                    |                                                                                                                                                                           | Un intervalo $> 24$ h podría permitir progresión de la enfermedad, afectando la concordancia.                         |
| Tiempo desde inicio de síntomas         |                                                                                                                                                                           | La perforación apendicular (más común después de 48h) altera los hallazgos imagenológicos.                            |
| Protocolo de TC utilizado               |                                                                                                                                                                           | TC con contraste vs. sin contraste puede variar la precisión.                                                         |
| Embarazo                                |                                                                                                                                                                           | Tiende a disminuir la sensibilidad del ultrasonido y a evitarse o diferirse la realización de estudios de tomografía. |

| <b>Tipo</b>   | <b>Variable</b>          | <b>Escala/Medición</b>                          |
|---------------|--------------------------|-------------------------------------------------|
| Dependiente   | Concordancia             | Coeficiente Kappa (0-1)                         |
| Independiente | Resultado del US         | Categoría (Positivo, Negativo, No concluyente)  |
| Control       | IMC                      | Continua (kg/m <sup>2</sup> )                   |
| Control       | Experiencia del operador | Categórica (R1, R2, R3 y radiólogo certificado) |
| Control       | Tiempo entre US y TC     | Continua (h)                                    |

**Cuadro 2. Términos de búsqueda**

| Concepto                 | Términos MESH                             | Términos libres                                                        |
|--------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Apendicitis aguda        | Appendicitis/diagnosis                    | "Acute appendicitis," "Appendicular Inflammation"                      |
| Ultrasonido              | Ultrasonography, Ultrasonographic Imaging | "Abdominal ultrasound," "Sonography"                                   |
| Tomografía computarizada | Tomography. X-Ray Computed                | "Multidetector CT," "Computed Tomography"                              |
| Concordancia             | Observer Variation                        | Diagnostic Concordance, "Intermodality agreement," "Kappa coefficient" |

**Cuadro 3. Pregunta PICO.**

| Paciente                                     | Intervención          | Comparación          | Resultado                                       |
|----------------------------------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------------------------------|
| Pacientes con sospecha de apendicitis aguda. | Ultrasonido abdominal | Tomografía computada | Concordancia diagnóstica.<br>Costo-efectividad. |

**Cuadro 4. Descriptores.**

| Palabra clave        | DECS                                    | Sinónimos | MESH                       | Synonyms                                               | Definition                                                                                                                              |
|----------------------|-----------------------------------------|-----------|----------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Apendicitis aguda | Apendicitis.<br>Apendicitis/diagnóstico |           | Appendicitis/<br>diagnosis | Acute<br>appendicitis,<br>Appendicular<br>inflammation | Acute inflammation of the APPENDIX.                                                                                                     |
| 2. Ultrasonido       | Ultrasonografía                         | Ecografía | Ultrasonography            | Echography,<br>Ultrasonographic<br>Imaging             | The visualization of deep structures of the body by recording the reflections or echoes of ultrasonic pulses directed into the tissues. |

|                             |                                      |                                                                         |                             |                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3. Tomografía computarizada | Tomografía Computarizada por Rayos X | Tomografía Computarizada Multidetector                                  | Tomography, Xray Computed   | Multidetector CT, Computed tomography          | Tomography uses x-ray transmission and a computer algorithm to reconstruct the image.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 4. Concordancia diagnóstica | Concordancia Diagnóstica             | Variaciones Dependientes del Observador, Reproducibilidad de Resultados | Observer Variation          | "Intermodality agreement", "Kappa coefficient" | The failure by the observer to measure or identify a phenomenon accurately, which results in an error. Sources for this may be due to the observer's missing an abnormality, or faulty technique resulting in incorrect test measurement, or to misinterpretation of the data. Two varieties are inter-observer variation (the amount observers vary from one another when reporting on the same material) and intraobserver variation (the amount one observer varies between observations when reporting more than once on the same material). |
| 5. Rendimiento diagnóstico  | Sensibilidad y Especificidad         | Valor Predictivo de las Pruebas                                         | Sensitivity and Specificity | Predictive Value of Tests                      | In screening and diagnostic tests, the probability that a person with a positive test is a true positive (i.e., has the disease), is referred to as the predictive value of a positive test; whereas the predictive value of a negative test is the probability that a person with a negative test does not have the disease. Predictive value is related to the sensitivity and specificity of the test.                                                                                                                                        |

**Cuadro 5. Hoja de recolección de datos.**

**1. HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

**2. Estudio: Evaluación de la concordancia diagnóstica entre ultrasonido y tomografía computarizada en apendicitis aguda**

ID Paciente: \_\_\_\_\_ Fecha de Estudio: // \_\_\_\_ Recolector: \_\_\_\_\_

**4. I. Datos Demográficos y Clínicos**

| Variable                           | Dato                    | Código/Notas                |
|------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 1. Edad                            | _____ años              |                             |
| 2. Género                          | Masculino Femenino      |                             |
| 3. IMC                             | _____ kg/m <sup>2</sup> | Clasificar: <25, 25-30, >30 |
| 4. Tiempo desde inicio de síntomas | _____ horas             | (<24h, 24-48h, >48h)        |
| 5. Leucocitos al ingreso           | _____ células/μL        | (Valor numérico)            |

**6. II. Resultados de Imagenología 7. Ultrasonido (US)**

| Variable              | Dato                             | Código/Notas                           |
|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------------|
| 6. Realización de US  | Si No                            |                                        |
| 7. Operador de US     | Radiólogo Residente              | Especificar años de experiencia: _____ |
| 8. Hallazgos de US    | Apéndice visualizado             | Diámetro ≥6 mm Fecalito Hiperemia      |
| 9. Diagnóstico por US | Positivo Negativo No concluyente |                                        |

**8. Tomografía Computarizada (TC)**

| Variable                 | Dato                        | Código/Notas                   |
|--------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| 10. Tiempo entre US y TC | _____ horas                 | (Registrar en números enteros) |
| 11. Protocolo de TC      | Con contraste Sin contraste |                                |
| 12. Diagnóstico          | por TC Positivo Negativo    | (Gold estándar)                |

9. \_\_\_\_\_

### 10. III. Datos Adicionales

| Variable      | Dato                     | Código/Notas                 |
|---------------|--------------------------|------------------------------|
| quirúrgico    | Apendicitis confirmada   | 13. Resultado<br>(Si aplica) |
|               | Otro                     | 14. Ej.: "Gas intestinal"    |
| Observaciones | limitó la visualización" |                              |

**Cuadro 6.**

### TABLAS DE CONTINGENCIA 2x2: PRECISIÓN DIAGNÓSTICA

| Ultrasonido (US) vs. Estándar de Oro (Qx) |                                  |                                 | Tomografía Computarizada (TC) vs. Estándar de Oro (Qx) |                                  |                                 |
|-------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
|                                           | Resultado Qx Positivo            | Resultado Qx Negativo           |                                                        | Resultado Qx Positivo            | Resultado Qx Negativo           |
| Diagnóstico x US Positivo                 | TP<br>33<br>(Verdadero Positivo) | FP<br>0<br>(Falso Positivo)     | Dx x TC Positivo                                       | TP<br>88<br>(Verdadero Positivo) | FP<br>1<br>(Falso Positivo)     |
| Diagnóstico x US Negativo                 | FN<br>3<br>(Falso Negativo)      | TN<br>0<br>(Verdadero Negativo) | Dx x TC Negativo                                       | FN<br>2<br>(Falso Negativo)      | TN<br>1<br>(Verdadero Negativo) |
| Sensibilidad = $33 / (33+3) = 91.7\%$     |                                  |                                 | Sensibilidad = $88 / (88+2) = 97.8\%$                  |                                  |                                 |

## ANEXO 2. Figuras

**Figura 1. Cálculo del tamaño de la muestra.**

$$\begin{aligned}x &= Z(\alpha/100)^2 r(100-r) \\n &= N x / ((N-1)E^2 + x) \\E &= \text{Sqrt}[(N - n)x / n(N-1)]\end{aligned}\quad (27)$$

**Figura 2. Normalidad de la distribución por la fórmula de Shapiro-Wilk (28).**

$$W = \frac{\left( \sum_{i=1}^n a_i x_{(i)} \right)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

**Figura 3. Coeficiente Kappa para concordancia.**

**Tabla 3. Valoración del coeficiente kappa  
(Landis y Koch, 1977)<sup>4</sup>**

| Coeficiente kappa | Fuerza de la concordancia               |
|-------------------|-----------------------------------------|
| 0,00              | Pobre ( <i>Poor</i> )                   |
| 0,01 - 0,20       | Leve ( <i>Slight</i> )                  |
| 0,21 - 0,40       | Aceptable ( <i>Fair</i> )               |
| 0,41 - 0,60       | Moderada ( <i>Moderate</i> )            |
| 0,61 - 0,80       | Considerable ( <i>Substantial</i> )     |
| 0,81 - 1,00       | Casi perfecta ( <i>Almost perfect</i> ) |

(29)

**Figura 4.**

**Algoritmo Diagnóstico Escalonado para Apendicitis Aguda  
(Entornos con Recursos Limitados)**

