



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE MEDICINA

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL

Trabajo de investigación para obtener el diploma en la especialidad de Medicina del Trabajo y Ambiental

CALIDAD Y CONFIABILIDAD DE UNA APLICACIÓN PARA TELÉFONOS INTELIGENTES PARA LA MEDICIÓN ÁNGULOS DE MOVIMIENTO DE CODO Y MUÑECA EN TRABAJADORES ADSCRITOS A LA UMF 45, SLP

Dr JUAN CARLOS LÓPEZ GUERRERO

DIRECTOR CLÍNICO

DR. CARLOS ARMANDO VÉLEZ DÁVILA

Asesor Metodológico. Especialista en Medicina del Trabajo

DIRECTOR METODOLÓGICO

D EN C. ÚRSULA FABIOLA MEDINA MORENO

Profesor Investigador del Departamento de Farmacología Facultad de Medicina, UASLP.

ASESOR CLÍNICO

DR SIMÓN ALMANZA MENDOZA

Asesor Clínico. Especialista en Traumatología y Ortopedia.

SAN LUIS POTOSÍ, S.L.P. ENERO 2025



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE MEDICINA
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL

Trabajo de investigación para obtener el diploma en la especialidad de
Medicina del Trabajo y Ambiental

***“Calidad y confiabilidad de una aplicación para teléfonos inteligentes
para la medición ángulos de movimiento de codo y muñeca en
trabajadores adscritos a la UMF 45, SLP”***

Dr Juan Carlos López Guerrero

No de CVU del CONACYT: 1189938; ORCID: 0009-0006-0391-7107

Director Clínico

Dr. Carlos Armando Vélez Dávila

Especialista en Medicina del Trabajo

No. de CVU del CONACYT: 879117; ORCID: 0000-0003-4024-06182

Director Metodológico

D en C. Úrsula Fabiola Medina Moreno

Profesor Investigador del Departamento de Farmacología Facultad de
Medicina, UASLP.

No. de CVU del CONACYT: 308929; ORCID: 000-0003-4906-223X

Asesor Clínico

Dr. Simón Almanza Mendoza

Especialista en Traumatología y Ortopedia.

No. de CVU del CONACYT: 786074; ORCID: 0000-0001-5573-0068

ENERO 2025

SINODALES

Dr. Jose Miguel Tejeda López

Presidente

Dr. Jorge Enrique Magaña Ortiz

Sinodal

Dr. Edwin Noé Ortega Cortés

Sinodal

ENERO 2025



Calidad y confiabilidad de una aplicación para teléfonos inteligentes para la medición ángulos de movimiento de codo y muñeca en trabajadores adscritos a la UMF 45, SLP © 2025 por Juan Carlos López Guerrero está licenciado bajo [CC BY-NC-ND 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

RESUMEN

Las aplicaciones móviles de goniometría han ganado popularidad, aprovechando los sensores de smartphones para medir ángulos articulares de manera asequible y eficiente. En este estudio se busca analizar la concordancia entre mediciones de ángulos de movilidad realizadas con goniometría basada en una aplicación de smartphone versus el goniómetro universal, esto en pacientes sanos adscritos a la UMF 45. Se realizó un estudio prospectivo, evaluando la concordancia entre diferentes profesionales de la salud de 55 sujetos sanos en mediciones goniométricas de flexo-extensión y prono-supinación de ambos codos y flexo-extensión, desviación radial y cubital de ambas muñecas. Se realizó el análisis de la normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk de los residuos de las variables continuas, posteriormente se determinó la concordancia como método de fiabilidad para el goniómetro tradicional con un coeficiente de repetibilidad que va de 11.26 en la flexión de codo derecho y hasta 21.6 en la flexión de muñeca derecha, dando paso a la determinación del coeficiente de correlación intraclass (ICC) en 29 casos con ángulos de movilidad dentro de parámetros normales, obteniendo ICC3 (IC 95%) de 0.14 (-0.23-0.48) hasta 0.70 (0.45-0.85) en las mediciones de la extensión de muñeca derecha, posteriormente se realizó la determinación del ICC3 del promedio de las mediciones de ambos métodos encontrándose ICC3 substanciales de 0.77 (IC95% 0.57 - 0.88) en la flexión de codo derecho hasta concordancias leve por lo cual la consistencia entre ambos métodos no es suficiente. La exactitud y precisión de las mediciones con la goniometría universal en sujetos sanos fue substancial con concordancias que van de 14% - 70%, no pudo establecer una concordancia igual o mayor de 95% entre los dos métodos evaluados.

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	5
INDICE DE CONTENIDO	6
LISTA DE TABLAS	8
LISTA DE ILUSTRACIONES	10
LISTA DE GRAFICAS	12
LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS	13
DEDICATORIA	14
AGRADECIMIENTOS	14
1. ANTECEDENTES	15
<i>Goniometría</i>	15
a. <i>Ángulos de movilidad y anatomía normal</i>	17
b. <i>Aplicaciones móviles de goniometría</i>	20
c. <i>Fiabilidad y la validez de las medidas goniométricas</i>	22
d. <i>Goniómetro app (Flying ruler pro)</i>	25
e. <i>Evaluación de incapacidad</i>	25
2. JUSTIFICACIÓN	26
3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	27
4. HIPÓTESIS	27
5. OBJETIVOS	27
a. <i>Objetivo General</i>	27
b. <i>Objetivos Específicos</i>	27
6. MATERIAL Y MÉTODOS	28
a) <i>Tipo de estudio o Diseño</i>	28
b) <i>Universo de estudio</i>	28

c) <i>Población de estudio</i>	28
d) <i>Criterios de selección</i>	28
e) <i>Técnica Muestral</i>	29
f) <i>Cálculo del tamaño de la muestra</i>	29
g) <i>Procedimiento</i>	30
h) <i>Cuadro de variables de estudio</i>	32
7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	40
8. ÉTICA	41
9. RESULTADOS	42
10. DISCUSIÓN	66
11. LIMITACIONES Y/O NUEVAS PERSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN	69
12. CONCLUSIÓN	70
13. BIBLIOGRAFÍA	71
14. ANEXOS	75
a) <i>Consentimiento informado</i>	75
b) <i>Cedula para recolección de datos</i>	77
c) <i>Base de datos</i>	78
d) <i>Aplicación de smartphone: Goniometro</i>	79
e) <i>Certificación goniometría</i>	80
f) <i>Aprobación por el comité de ética local</i>	81

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Evaluación de normalidad de las variables	42
Tabla 2. Coeficiente de Relación Intraclase de mediciones con Goniometría Tradicional ambos evaluadores	48
Tabla 3. Edad y Sexo de sujetos evaluados con ambos métodos y ambos evaluadores	49
Tabla 4. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Flexión de codo izquierdo	50
Tabla 5. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Flexión de codo derecho.....	51
Tabla 6. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en Extensión de Codo Izquierdo y Derecho	52
Tabla 7. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Pronación del codo izquierdo.....	53
Tabla 8. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Pronación del Codo Derecho.....	54
Tabla 9. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la supinación del Codo Izquierdo.....	55
Tabla 10. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la supinación del Codo Derecho	56
Tabla 11. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Flexión de la Muñeca Izquierda	57
Tabla 12. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Flexión de la Muñeca Derecha	58
Tabla 13. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Extensión de la Muñeca Izquierda.....	59
Tabla 14. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Extensión de la Muñeca Derecha	60
Tabla 15. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Desviación Radial de Muñeca Izquierda.....	61

Tabla 16. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Desviación Radial de Muñeca Derecha.....	62
Tabla 17. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Desviación Cubital de Muñeca Izquierda.....	63
Tabla 18. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Desviación Cubital de Muñeca Derecha.....	64
Tabla 19. ICC3 del promedio de las mediciones con la goniometría tradicional y el promedio de las mediciones con el teléfono inteligente y nivel de concordancia..	65

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Flexión de codo izquierdo	50
Ilustración 2. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Flexión de codo derecho.....	51
Ilustración 3. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación, en la Extensión de Codo Izquierdo y derecho	52
Ilustración 4. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Pronación de Codo Izquierdo.....	53
Ilustración 5. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Pronación de Codo Derecho.....	54
Ilustración 6. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Supinación de Codo Izquierdo	55
Ilustración 7. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Supinación de Codo Derecho	56
Ilustración 8. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Flexión de Muñeca Izquierda	57
Ilustración 9. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Flexión de Muñeca Derecha	58
Ilustración 10. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Extensión de Muñeca Izquierda.....	59
Ilustración 11. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Extensión de Muñeca Derecha	60
Ilustración 12. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Desviación Radial de Muñeca Izquierda.....	61
Ilustración 13. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Desviación Radial de Muñeca Derecha	62
Ilustración 14. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Desviación Cubital de Muñeca Izquierda.....	63

Ilustración 15. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Desviación Cubital de Muñeca Derecha 64

LISTA DE GRAFICAS

Grafica 1. Repetibilidad en mediciones con goniometría tradicional en flexión de codo izquierdo.....	43
Grafica 2. Repetibilidad en mediciones con goniometría tradicional en flexión de codo derecho	43
Grafica 3. Repetibilidad en mediciones con goniometría tradicional en pronación de codo izquierdo.....	43
Grafica 4. Repetibilidad en mediciones con goniometría tradicional en pronación de codo derecho	44
Grafica 5. Repetibilidad en mediciones con goniometría tradicional en supinación de codo derecho	44
Grafica 6. Repetibilidad en mediciones con goniometría tradicional en supinación de codo derecho	44
Grafica 7. Repetibilidad en mediciones con goniometría tradicional en flexión de muñeca izquierda.....	45
Grafica 8. Repetibilidad en mediciones con goniometría tradicional en flexión de muñeca derecha	45
Grafica 9. Repetibilidad en mediciones con goniometría tradicional en extensión de muñeca izquierda.....	45
Grafica 10. Repetibilidad en mediciones con goniometría tradicional en extensión de muñeca derecha	46
Grafica 11. Repetibilidad en mediciones con goniometría tradicional en desviación radial de muñeca izquierda.....	46
Grafica 12. Repetibilidad en mediciones con goniometría tradicional en desviación radial de muñeca derecha	46
Grafica 13. Repetibilidad en mediciones con goniometría tradicional en desviación cubital de muñeca izquierda	47
Grafica 14. Repetibilidad en mediciones con goniometría tradicional en desviación cubital de muñeca derecha.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

ROM: Angulos de movimiento

VS: Versus (frente,contra)

APP: Aplicación de telefono movil

APP STORE: Tienda de aplicaciones moviles

FCl: flexión codo izquierdo

FCD: flexión codo derecho

ECl: extensión codo izquierdo

ECD: extensión codo derecho

SCl: supinación cod izquierdo

SCD: supinación codo derecho

PCl: pronación codo izquierdo

PCD: pronación codo derecho

FMI: flexión muñeca izquierda

FMD: flexión muñeca derecha

DRMI: desviación radial muñeca izquierda

DRMD: desviación radial muñeca derecha

DCMI: desviación cubital muñeca izquierda

DCMD: desviación cubital muñeca derecha

DEDICATORIA

A Samantha, mi compañera de vida, por ser mi mayor fortaleza y la inspiración constante en este camino. Gracias por tu amor incondicional, tu paciencia infinita y tu apoyo en cada paso de este desafío. Todo lo que soy y logro tiene tu huella.

A Maxine, mi querida hija, por ser mi mayor motivación y la luz de mis días. Que este esfuerzo sea un ejemplo de que, con dedicación y esfuerzo, los sueños pueden hacerse realidad.

A mis padres, por haberme enseñado el valor del esfuerzo, la dedicación y la honestidad. Todo lo que soy y lo que he logrado es gracias a las bases que ustedes me dieron.

A mi hermano, por su apoyo incondicional, espero ser un ejemplo de perseverancia y fortaleza.

A todos ustedes, dedico este logro con gratitud y amor eterno.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a mi director de tesis, el Dr. Vélez. Su experiencia, comprensión y paciencia contribuyeron a mi experiencia en el complejo y gratificante camino de la investigación. Asimismo, quisiera expresar mi gratitud a todas las personas que contribuyeron con el desarrollo de mi investigación. Agradezco a todos los que me ayudaron a recopilar datos, realizar mediciones y aquellos que dedicaron su tiempo a revisar mi trabajo. Los comentarios de mejora, las sugerencias y correcciones fueron indispensables para la conclusión de esta investigación.

1. ANTECEDENTES

Goniometría

La goniometría se utiliza para evaluar y cuantificar los ángulos de movimiento en las articulaciones afectadas por la rigidez. Se pueden obtener mediciones precisas de los ángulos de flexión, extensión, abducción, aducción y otros movimientos específicos de la articulación. Estas mediciones se comparan con los rangos de movimiento normales establecidos para cada articulación y se determina la pérdida o limitación en el rango de movimiento. Estas mediciones son una parte importante del proceso de valuación y ayudan a establecer un porcentaje de pérdida acorde con la disminución del rango de movimiento en las articulaciones afectadas por la rigidez. (1)

El arte y la ciencia de medir los rangos articulares en cada plano de la articulación se denominan "goniometría". Esta deriva de dos vocablos griegos, "gonia", que se refiere a ángulo, y "metron", que significa medir. El rango de movimiento se refiere a la extensión del movimiento en una articulación o una parte específica del cuerpo, en específico aquellos formados por la intersección de los ejes longitudinales de los huesos en las articulaciones. (1)

En la actualidad, la goniometría se utiliza para evaluar y cuantificar el rango de movimiento en las diferentes articulaciones del cuerpo humano. Es una herramienta fundamental en campos como la medicina, la fisioterapia y la rehabilitación, ya que permite obtener datos precisos sobre la movilidad articular y monitorear el progreso del tratamiento. Los profesionales de la salud, como médicos, rehabilitadores, fisioterapeutas, entre otros, utilizan de manera común un goniómetro para medir el ángulo de movimiento en una articulación y evaluar el rango de movimiento. Un goniómetro es un instrumento diseñado en específico para medir el ángulo de movimiento en las articulaciones. (1)

Existen varios tipos de goniómetros utilizados en la medición del rango de movimiento. Estos incluyen:

Goniómetro tradicional: Se presenta en dos variantes, con brazo corto y brazo largo. El goniómetro de brazo corto se utiliza para medir articulaciones más pequeñas como la muñeca, el codo o el tobillo. Por otro lado, el goniómetro de brazo largo se considera más preciso y se utiliza para medir articulaciones con palancas más largas, como la rodilla y la cadera. (1)

Electrogoniómetro de doble eje: Este tipo de goniómetro ofrece una mayor confiabilidad en comparación con el goniómetro universal. Sin embargo, su aplicación clínica en la evaluación de pacientes puede resultar más complicada, por lo que se utiliza en primer lugar con fines de investigación. (1)

Goniómetro/inclinómetro de gravedad: En este caso, un brazo del goniómetro cuenta con un puntero ponderado que se mantiene vertical debido a la influencia de la gravedad. Esto permite medir los ángulos de las articulaciones con mayor precisión. (1)

Goniómetro basado en software/teléfono inteligente: Los teléfonos inteligentes equipados con aplicaciones específicas pueden utilizarse como goniómetros digitales. Estas aplicaciones aprovechan los acelerómetros del teléfono para calcular los ángulos de las articulaciones. Son beneficiosos por su disponibilidad, facilidad de medición, seguimiento de mediciones y uso con una sola mano. (1)

Goniómetro artrodial: Este tipo de goniómetro es ideal para medir la rotación cervical, la flexión anteroposterior y la flexión lateral de la columna cervical. (1)

Entre todos estos tipos, el goniómetro tradicional es el más utilizado en la práctica clínica.

La medición de ángulos en el sistema osteoarticular no forma parte de la enseñanza formal en la carrera de Medicina, tanto en el pregrado como en el posgrado. Por lo tanto, los médicos encargados de realizar estas valuaciones adquieren habilidades para medir los ángulos a través de la observación y la transmisión oral de conocimientos por parte de colegas con experiencia en el campo. (1)

En la actualidad, la medición de ángulos mediante radiografías o pantallas de radioscopía se considera un método más objetivo en comparación con la medición

clínica realizada en la superficie corporal. Este enfoque radiológico se considera el estándar de referencia debido a su mayor precisión y capacidad para brindar mediciones cuantitativas. No obstante, el uso de la medición radiológica de ángulos se reserva para casos especiales que requieren un registro minucioso o para fines de investigación científica. Esto se debe a que la exposición a radiación X tanto para el examinador como para el paciente limita su aplicabilidad en situaciones de rutina. (1)

Es importante destacar que los médicos deben ser conscientes de las limitaciones de las mediciones clínicas y radiológicas, y utilizar las herramientas apropiadas según el contexto clínico y las necesidades individuales de cada paciente. (1)

En el campo de la medicina del trabajo, la goniometría se emplea como una herramienta para evaluar las incapacidades derivadas de secuelas de accidentes o enfermedades que afectan el sistema osteoarticular. En resumen, la goniometría desempeña un papel importante en la medicina del trabajo al permitir evaluar las incapacidades relacionadas con secuelas de accidentes o enfermedades que afectan al sistema osteoarticular. Proporciona mediciones objetivas de los rangos de movimiento, lo que contribuye a una evaluación precisa de la pérdida de función y a la toma de decisiones en cuanto a la capacidad laboral de los trabajadores. Sin embargo, es importante tener una herramienta tanto accesible como confiable para realizar estas mediciones. (1)

a. Ángulos de movilidad y anatomía normal

En el presente estudio se centrará en la medición de los ángulos de movimiento de la articulación del codo y muñeca:

En el **codo**, la fisiología permite distinguir dos funciones distintas: La flexo-extensión, que precisa de la actuación de dos articulaciones: la articulación humero cubital y la articulación humero radial. Y la pronosupinación, que afecta a la articulación radio cubital proximal. (2)

"La extensión es el movimiento que dirige el antebrazo hacia atrás." La posición anatómica corresponde a la extensión completa, por definición, no existe amplitud

en el caso de la extensión del codo, excepto en algunos sujetos que poseen una gran laxitud ligamentosa, como las mujeres y los niños, que pueden alcanzar una hiperextensión de 5 a 10° de codo. (2)

La flexión implica mover el antebrazo hacia adelante de manera que la parte frontal del antebrazo se encuentre en contacto con la parte frontal del brazo. La amplitud de la flexión activa es de 140-145°, La amplitud de la flexión pasiva es de 160°. Puede obtenerse cuando el evaluador empuja la muñeca hacia el hombro. (2)

La pronosupinación es la rotación del antebrazo alrededor de su eje longitudinal. Este movimiento requiere la participación de dos articulaciones que están conectadas de manera mecánica. La primera es la articulación radio cubital proximal, que se encuentra de manera anatómica en la articulación del codo. La segunda es la articulación radio cubital distal, que difiere de la articulación radiocarpiana. (2)

Para analizar la pronosupinación, es necesario que el codo esté flexionado a 90 grados y pegado al cuerpo. La posición anatómica, también conocida como posición cero, se determina por la orientación del pulgar hacia arriba y la palma de la mano hacia adentro. A partir de esta posición de referencia, se miden las amplitudes de los movimientos de pronosupinación. (2)

La posición de supinación ocurre cuando la palma de la mano se orienta hacia arriba con el pulgar hacia afuera. En este caso, el rango de movimiento de la supinación es de 90 grados. (2)

Por otro lado, la posición de pronación se logra cuando la palma de la mano se encuentra hacia abajo y el pulgar se dirige hacia adentro. La amplitud del movimiento de pronación en esta posición es de 85 grados. (2)

La muñeca, que es la articulación ubicada en la parte distal del miembro superior, permite que la mano adopte la posición ideal para el agarre. En realidad, el complejo articular de la muñeca consta de dos articulaciones que forman parte de la misma unidad funcional junto con la articulación radio cubital distal. Estas articulaciones son: La articulación radiocarpiana, que conecta la glenoide antebraquial con el

cóndilo carpiano y la articulación medio-carpiana, que conecta entre sí las dos filas de huesos del carpo. (2)

Los movimientos de la muñeca se llevan a cabo alrededor de dos ejes cuando la mano se encuentra en posición anatómica y en máxima supinación. El primer eje es transversal y se encuentra en el plano frontal. Alrededor de este eje se realizan los movimientos de flexión y extensión en el plano sagital:

Flexión: En este movimiento, la parte frontal o palmar de la mano se acerca a la parte frontal del antebrazo. (2)

Extensión: En este movimiento, la parte posterior o dorsal de la mano se acerca a la parte posterior del antebrazo. (“Hombro resumen del Kapandji año 2020 - Studocu”)

Es preferible no utilizar los términos de flexión dorsal, en contradicción con los músculos extensores, y con mayor abundamiento, flexión palmar, ya que se trata de una tautología. Un eje anteroposterior, perteneciente al plano sagital, y en torno a este eje, en el plano frontal, se efectúan los movimientos de aducción-abducción, que algunos autores incluido en este estudio lo denominaremos, inclinación o desviación cubital o radial. (2)

Aducción o inclinación cubital: la mano se aproxima al eje del cuerpo y su borde interno o borde cubital (el del meñique), forma con el borde interno del antebrazo, un ángulo obtuso abierto hacia dentro. (2)

Abducción o inclinación radial: la mano se aleja del eje del cuerpo y su borde externo o borde radial (el del pulgar) forma con el borde externo del antebrazo, un ángulo obtuso abierto hacia fuera. (2)

La amplitud de los movimientos se mide a partir de la posición anatómica: el eje de la mano, representado por el tercer metacarpiano y el tercer dedo, se localiza en la prolongación del eje del antebrazo. (2)

La amplitud del movimiento de abducción o inclinación radial no sobrepasa los 15°, la amplitud de aducción o inclinación cubital es de 45° cuando se mide el ángulo en

la línea que une el centro de la muñeca con la porción distal del tercer dedo, la amplitud de la flexión activa es de 85° y la amplitud de la extensión, también es de 85°. (2)

Al igual que ocurre con los movimientos laterales, la amplitud de los movimientos de flexión y extensión de la muñeca depende del grado de distensión de los ligamentos del carpo. La máxima flexión y extensión se alcanzan cuando la mano no se encuentra ni en abducción (movimiento lateral hacia afuera) ni en aducción (movimiento lateral hacia adentro). (2)

El método en la actualidad aceptado para medición del antebrazo requiere que el evaluador estime de manera visual la vertical del brazo estacionario y la ubicación del brazo móvil del goniómetro mientras coloca un borde recto a lo largo de una superficie curva. La confiabilidad entre evaluadores puede ser limitada ya que los evaluadores pueden estimar la ubicación de los brazos del goniómetro de manera diferente según su experiencia, postura e incluso su posición en relación con el paciente. (2) La identificación de puntos de referencia ha sido señalada como un desafío al evaluar el rango de movimiento, lo que ha dado lugar a puntuaciones de fiabilidad más bajas para el goniómetro universal según lo mencionado por Gajdosik y Bohannon en 1987. (3)

b. Aplicaciones móviles de goniometría

El desarrollo reciente de dispositivos electrónicos y pequeños acelerómetros con memoria integrada, ha hecho posible el poder realizar mediciones en un tiempo más corto y sin complicaciones. Aun así, para estas mediciones, uno necesita comprar e iniciar dispositivos y ejecutar los análisis en una computadora, lo que puede ser difícil para los profesionales que no han usado ningún método directo antes. Sin embargo, este problema se puede superar con el rápido desarrollo de los teléfonos inteligentes, que brindan posibilidades para realizar evaluaciones prácticas de la postura y el movimiento en la investigación científica y clínica. (3)

En primer lugar, los teléfonos inteligentes son asequibles y la mayoría de la gente los usa a diario. En segundo lugar, tienen una unidad de movimiento inercial integrada (IMU), que contiene un acelerómetro 3D, un giroscopio y un

magnetómetro como características estándar. También están equipados con una pantalla de visualización y un sistema de audio que permite la visualización directa de resultados y la retroalimentación del usuario. (3)

En una revisión sistemática realizada por Fischer y colaboradores en 2021, sobre posibilidades, problemas y perspectivas de la recopilación de datos mediante aplicaciones móviles en estudios epidemiológicos longitudinales describen que, de los estudios analizados, se observó potencial para la transferencia de información en tiempo real, la sincronización rápida de datos (que ahorra tiempo y aumenta la efectividad). Además, las técnicas de recopilación de datos basadas en teléfonos inteligentes pueden evitar sesgos como el sesgo de recordatorio o los errores que ocurren durante las transferencias manuales de datos. (4)

El Institute for Healthcare Informatics (IMS) confirma que son ya más de 40,000 las apps de salud y medicina que se pueden descargar desde la tienda de Apple y 97,000 sumando todas las tiendas de aplicaciones móviles, constituyendo la tercera categoría con mayor crecimiento, sólo después de juegos y utilidades. De todas ellas, 30% se dirigen a los profesionales sanitarios y sus pacientes. En el año 2015, la cantidad de usuarios de teléfonos inteligentes con aplicaciones de salud superó los 500 millones. Dentro de estas aplicaciones dirigidas tanto a profesionales de la salud como a sus pacientes, la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) reconoce aquellas que están diseñadas para uso clínico y que conservan la funcionalidad de herramientas simples de medición. Estas aplicaciones pueden estar equipadas con sensores, como acelerómetros e inclinómetros, para medir parámetros fisiológicos, como el movimiento de las extremidades. En la actualidad, gracias a las tecnologías emergentes, los profesionales de la salud tienen a su disposición más de 20 aplicaciones de salud para medir la movilidad de diversas articulaciones del cuerpo humano. (“Fiabilidad y validez concurrente de la app Goniometer Pro vs ... - SciELO”) Esta tecnología está siendo cada vez más utilizada en la práctica clínica, pues supone una herramienta rápida, precisa y fácil de interpretar. (5)

Una posible ventaja de las aplicaciones para teléfonos inteligentes es que su uso puede sortear algunas de las dificultades de usar el goniómetro universal con respecto a la identificación y alineación de puntos de referencia. Para que los médicos estén dispuestos a reemplazar el goniómetro universal (al menos en algunos contextos), con aplicaciones para teléfonos inteligentes como herramienta para evaluar de manera clínica el ángulo de movimiento, la validez y confiabilidad de las aplicaciones para teléfonos inteligentes deben ser comparables o mejores que las del goniómetro universal. En la terminología psicométrica, la confiabilidad se relaciona con la consistencia en las medidas de ángulo y desplazamiento producidas por las aplicaciones de los teléfonos inteligentes, cuando son utilizadas por múltiples evaluadores (entre evaluadores) y cuando el mismo evaluador realiza múltiples mediciones (intra evaluadores). La validez se refiere a la medida en que la medición obtenida de un dispositivo, como aplicaciones de teléfonos inteligentes, se correlaciona o coincide con los dispositivos de laboratorio de criterio, como la captura de movimiento en 3D, y/o las herramientas clínicas de criterio, como el goniómetro universal. (6)

En uno de los estudios revisados se realizaron búsquedas en las bases de datos de artículos con las palabras clave "mano", "goniometría", "confiabilidad" y derivados de estos términos, la evaluación de la calidad metodológica se realizó mediante la lista de verificación. Se incluyeron quince artículos. Un artículo fue de calidad metodológica regular y 14 artículos fueron de calidad metodológica deficiente. Se informó un nivel aceptable de confiabilidad (coeficiente de correlación intraclase >0.70 o correlación de Pearson > 0.80) en 1 estudio de calidad metodológica regular y en 8 artículos de calidad metodológica baja. Debido a que el cambio mínimo importante no se calculó en los artículos, hubo un nivel de evidencia desconocido para el error de medición. (7)

c. Fiabilidad y la validez de las medidas goniométricas

Aunque se han llevado a cabo numerosas investigaciones sobre la fiabilidad y validez de las medidas goniométricas para evaluar la amplitud de movimiento, los resultados han sido diversos. Sin embargo, existe un consenso general en cuanto

a la fiabilidad de la medición de las articulaciones de los miembros superiores e inferiores, que se considera buena a excelente. (7)

Pietrzak y colaboradores en 2022, probaron la concordancia y repetibilidad de las mediciones de los ROM's de rodilla con la goniometría universal donde reportan valor W de Kendall de los parámetros varió de 0,66 a 0,78, lo que indica una buena concordancia entre evaluadores. (8)

En una revisión sistemática publicada por Van Rijn y colaboradores, de 697 estudios, seleccionaron solo 12 que calificaron con alta calidad, donde encontraron que el coeficiente de correlación intraclase de confiabilidad intra-evaluador osciló entre 0.45 y 0.99, la confiabilidad entre evaluadores osciló entre el coeficiente de correlación intraclase 0.53 - 0.97 y un error estándar máximo de la media de 11,5° para el rango de movimiento total. (9)

Behnouch y colaboradores en su estudio de 2016 comparan una aplicación basada en el inclinómetro de teléfonos inteligentes y la goniometría universal en la evaluación del ángulo de movimiento del codo, obteniendo una alta confiabilidad con coeficiente de relación intraclase de >0.95 . (10)

Ockendon y Robin 2012, propusieron una validación de un novedoso goniómetro de la rodilla basado en un acelerómetro de teléfono inteligente, revelando coeficientes de correlación intraclase con valores de $r >0,90$, los cuales demuestran que, la aplicación del goniómetro con el uso de teléfono inteligente es igual de sensible al cambio de los ángulos de flexión de la rodilla, como el goniómetro universal. (11)

Renée Keijsersy cols. 2018, en la evaluación de los ángulos del codo mediante fotografías y grabaciones de vídeo demostró ser precisa y confiable al medir la flexión y extensión, observó que tanto la consistencia entre observadores como la consistencia dentro del mismo observador fueron altas para las fotografías y películas, pero moderadas a bajas para las aplicaciones de goniometría universal y las aplicaciones en teléfonos inteligentes. (12)

La validez y confiabilidad de las medidas goniométricas no solo se basan en adultos sanos o con alguna patología en específica, también deben ser aptas para valorar

ángulos de movilidad en diferentes tipos de población. Así lo demostró Koong P y colaboradores en el 2020 donde evalúan una población pediátrica con lesión en un codo, obteniendo valores promedios de correlación intraclase arriba de 0.90, esto en mediciones con estimación visual, goniometría universal y la goniometría basada en smartphone, así como una mayor concordancia intraobservador para la aplicación de teléfono inteligentes en comparación con las antes mencionadas. (13)

Pourahmadi y colaboradores 2016, quienes evalúan la confiabilidad y la validez de una aplicación de smartphone y la goniometría universal, encontraron que tanto la confiabilidad entre evaluadores como la confiabilidad dentro del mismo evaluador fueron altas para el goniómetro, con valores de coeficiente de correlación intraclase de $\geq 0,82$ y $\geq 0,73$. De manera similar, la aplicación para iPhone® también demostró una confiabilidad sólida, con valores ICC de $\geq 0,83$ y $\geq 0,79$. (14)

Motaz abdala y colaboradores en 2019 comparan la goniometría universal vs una app de smartphone obteniendo un coeficiente de correlación intraclase (ICC) de 0.87 y el dispositivo basado en teléfonos inteligentes con un ICC de 0.89. La fiabilidad intraevaluador también fue excelente en ambos dispositivos al evaluar la flexión plantar del tobillo, con un ICC medio de 0.85 para el goniómetro universal y 0.82 para el dispositivo SGR. Estos resultados demuestran que tanto el goniómetro UG como el dispositivo basado en teléfonos inteligentes son adecuados para evaluar el rango de movimiento activo, ya que presentan un alto nivel de confiabilidad tanto entre evaluadores como dentro del mismo evaluador, y pueden ser utilizados de manera indistinta. (15)

Sheridan GA y colaboradores en 2022, llevaron a cabo un experimento para examinar el efecto de la posición del observador en relación con la rodilla flexionada en el ángulo percibido, utilizando una aplicación electrónica llamada "Dr. Goniometer" en un iPhone. Los resultados mostraron una excelente correlación intraclase para la variabilidad entre observadores, con un valor de 0.804 (intervalo de confianza del 95%: 0.663-0.889). Esto indica una alta concordancia en las mediciones del ángulo percibido realizadas por diferentes observadores. (16)

La mayoría de los usuarios optan por desinstalar una aplicación tan pronto como enfrentan los primeros problemas de uso. Una experiencia de usuario negativa suele traducirse en una calificación baja. De hecho, cuando el 52% de los usuarios de dispositivos móviles tienen una mala experiencia con una aplicación móvil, tienden a evitar interactuar con ella en el futuro. (17)

d. Goniómetro app (Flying ruler pro)

Aplicación basada en los sensores de inclinómetro del smartphone que realiza mediciones de ángulos de manera general, teniendo aplicabilidad por similitud a la del goniómetro tradicional para la medición de los ángulos de movimiento de articulaciones del cuerpo humano, ubicada en la tienda de aplicaciones de Apple (Apple store), en la categoría de utilidades, creada por el desarrollador Alexey Brilev, quien informa en su página web (www.flying-ruler.com), que la precisión de las mediciones depende del dispositivo, sin embargo, el error rara vez supera el 1,5 % se puede aumentar la precisión realizando una serie de mediciones, el grado de error suele ser del 0,3% o menos. Los ángulos se pueden medir con la aplicación con una precisión de un grado, por lo que la aplicación puede reemplazar a un transportador o un goniómetro. (18)

Por lo anterior en este estudio se evaluará la concordancia de la aplicación para smartphone determinando el índice de correlación intraclase, intraevaluador y el cambio mínimo de medición, para llegar a resultados fiables.

e. Evaluación de incapacidad

Para llevar a cabo las evaluaciones acordes al porcentaje correspondiente en casos de incapacidad (perdida o disminución de las facultades o aptitudes de una persona para desempeñar su trabajo), se utilizan diversas herramientas y escalas diseñadas de manera específica para evaluar diferentes patologías y regiones anatómicas. Estas herramientas permiten medir de manera objetiva y estandarizada la gravedad de la discapacidad (deficiencia corporal, limitación para realizar actividades y restricción en la participación social) y determinar el grado de afectación funcional del individuo. (19)

En San Luis Potosí, de acuerdo con las estadísticas del IMSS en 2022, se reconocieron un total de 12,647 riesgos de trabajo. Dentro de este número, 1,268 casos resultaron en la aparición de alguna secuela, lo que representa alrededor del 10.02% del total de riesgos de trabajo. (19,20)

De las secuelas evaluadas, se registraron 235 casos de secuelas relacionadas a patología de mano, muñeca y codo. Estos casos representan alrededor del 23.35% de todas las secuelas valuadas en los servicios de salud en el trabajo del IMSS en San Luis Potosí. (20).

2. JUSTIFICACIÓN

La goniometría basada en inclinómetros a través de aplicaciones móviles podría mejorar (se espera un 80% de confiabilidad) las mediciones de los rangos de movimiento en la valuación de secuelas, además de reducir costo al no ser necesario comprar un goniómetro y la aplicación de teléfono inteligente es gratis, optimizar el tiempo y el espacio. La goniometría es una técnica de bajo costo y no invasiva, y la disponibilidad de aplicaciones móviles la hace aún más accesible.

En una encuesta realizada para la obtención de datos reales sobre la utilización del goniómetro tradicional en los potenciales usuarios finales de este proyecto, en la UMF del IMSS No.45 en S.L.P, un porcentaje del 59% de respuestas afirman no contar con un goniómetro tradicional propio, pero el 79.5% de los encuestados afirman haber utilizado esta herramienta al menos 1 vez ya sea diario, 1 vez a la semana o 1 vez al mes, también consideran que el goniómetro facilita su trabajo en la consulta diaria y que se podría mejorar en aspectos como fácil manejo, legibilidad de las mediciones, precisión, tamaño y durabilidad en ese orden.

Al validar una aplicación de goniometría en un dispositivo móvil, esta investigación contribuye al desarrollo de nuevas tecnologías y confianza en la utilización de la goniometría basada en teléfonos inteligentes como herramienta de diagnóstico. Esto podría ampliar el uso de la técnica en el contexto laboral y mejorar su precisión.

3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la concordancia y correlación en las mediciones de ángulos de movilidad realizadas con la goniometría basada en una aplicación de teléfonos inteligentes versus la goniometría universal en codo y muñeca entre dos evaluadores, en trabajadores adscritos a la UMF 45 del IMSS?

4. HIPÓTESIS

Si la medición de ángulos de movilidad del teléfono inteligente con la aplicación digital tiene concordancia del 95% con el goniómetro universal, entonces será un método confiable y seguro para emplearse en la consulta de Salud en el Trabajo.

5. OBJETIVOS

a. Objetivo General

Analizar la concordancia y correlación de las mediciones de ángulos de movilidad, realizadas con la goniometría basada en una aplicación de teléfono inteligente versus la goniometría universal en codo y muñeca, en trabajadores adscritos de la UMF 45 del IMSS.

b. Objetivos Específicos

- Determinar la exactitud y precisión de las mediciones de ángulos de movimiento en codo y muñeca (flexión, extensión, desviación radial y cubital) con la goniometría universal en sujetos sanos.
- Determinar la exactitud y precisión de las mediciones de ángulos de movimiento en codo y muñeca (flexión, extensión, desviación radial y cubital)

con la goniometría digital (aplicación de teléfono inteligente), en sujetos sanos.

- Determinar la correlación (exactitud y precisión) de las mediciones realizadas con la goniometría basada en una aplicación de teléfono entre los evaluadores.
- Determinar la correlación (exactitud y precisión) de las mediciones realizadas con la goniometría universal entre los evaluadores.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

a) Tipo de estudio o Diseño

Transversal Analítico

b) Universo de estudio

Unidad de Medicina Familiar No. 45 del IMSS, S. L. P.

c) Población de estudio

Unidad de investigación: Sujetos sin patología de codo y muñeca que estén adscritos a la Unidad de Medicina Familiar No 45.

d) Criterios de selección

- Criterios de inclusión:
 - Trabajadores afiliados al Instituto Mexicano del Seguro Social.
 - Hombres y mujeres con edades de 18-64 años.
 - Que acudan a la Unidad de Medicina Familiar No 45.
 - Que acepten ser incluidos a esta investigación firmando el consentimiento informado.
- Criterios de exclusión:
 - Sujetos con amputaciones en miembros torácicos a cualquier nivel
 - Sujetos con prótesis u ortesis en miembros torácicos
 - Sujetos con alguna discapacidad motora para caminar
- Criterios de eliminación:

- Sujetos que abandonen el protocolo
- Sujetos que no completen las 2 mediciones por los evaluadores

e) Técnica Muestral

Muestreo no probabilístico por conveniencia hasta completar el tamaño de la muestra.

f) Cálculo del tamaño de la muestra

De acuerdo con Bonett, D.G (2002) y Walter, S.D (1998), y utilizando la siguiente formula $n = 8z_{\alpha/2}^2 \{ (1 - \tilde{\rho}_1)^2 (1 + (k - 1)\tilde{\rho}_1)^2 \} / \{ k(k - 1)w^2 \} + 1$ los requisitos para determinar el tamaño de la muestra para estimar las correlaciones intraclases con exactitud y precisión deseada, se considera los siguientes parametros:

- o Fiabilidad mínima de 60%
- o Fiabilidad esperada de 80%
- o Tasa de abandono del 10%.

Se determina la muestra con la Sample size calculator (web) en la cual obtenemos un tamaño de muestra de 55 repeticiones por método con una fiabilidad mínima de 60% y una fiabilidad esperada de 80% y una tasa de abandono del 10%. (21)

- Tipo de población: infinita con remplazo
- Tipo de inferencia: prueba de hipótesis Chi cuadrada y Tau de Kendall
- Tipo de parámetro empleado: coeficiente de correlación de Pearson
- Numero de grupos: 2 grupos comparados por 2 evaluadores

Sample Size Calculator (web)

Intraclass Correlation Coefficient (ICC) - Hypothesis Testing¹

Minimum acceptable reliability (ICC) (ρ_0):	<input type="text" value="0.6"/>
Expected reliability (ICC) (ρ_1):	<input type="text" value="0.8"/>
Significance level (α):	<input type="text" value="0.05"/> Two-tailed
Power (1 - β):	<input type="text" value="80"/> %
Number of raters/repetitions per subject (k):	<input type="text" value="2"/>
Expected dropout rate:	<input type="text" value="10"/> %
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Restablecer"/>	
Sample size, n =	<input type="text" value="49"/>
Sample size (with 10% dropout), n _{drop} =	<input type="text" value="55"/>

g) Procedimiento

1. El investigador principal realizó una certificación sobre goniometría otorgada por la Universidad del Carmen, constancia de acreditación en anexos.
2. Para disminuir el sesgo de medición con el método de goniometría tradicional y debido a que no se cuenta con laboratorio certificado para la calibración de este, se utilizaron dos goniómetros universales de la misma marca: cheap medic con rango de medición de 360 grados de material PVC transparente.
3. Para las mediciones del método de goniometría digital se utilizó un teléfono tipo iPhone 12 pro max con la app Flying Ruler, cuya calibración proviene de fábrica, y se utilizó para ambas mediciones.
4. Se seleccionaron a los participantes de este estudio por conveniencia, con pacientes que lleguen a la consulta de rehabilitación sin patología de mano y brazo.
5. Se le explicó y se otorgó la carta de consentimiento informado de este protocolo al paciente para que decida su participación.
6. Al decidir participar y firma el consentimiento informado, se explicaron los movimientos y la forma en la que se medirán.
7. Dentro del consultorio se llevaron a cabo las mediciones por parte del médico rehabilitador con el goniómetro tradicional, los movimientos a medir fueron: flexión, extensión, pronación y supinación de codo y flexión, extensión, desviación radial y cubital de muñeca, explicadas a detalle en el cuadro de variable, estas mediciones fueron anotadas en el instrumento de recolección de datos.
8. Posteriormente el médico rehabilitador realizó las mediciones con la **App Flying Ruler**, primeramente, se inició la aplicación y se colocó sobre las articulaciones de codo y muñeca. Para su precisión en las mediciones, el lugar para colocar el teléfono inteligente se explica detalladamente en el cuadro de variables, una vez colocado el teléfono en posición inicial se dio tap en iniciar la medición y se realizó el movimiento a medir, terminando el movimiento la aplicación da una alerta al tener la medición completada

mediante una vibración y un flash, en ese momento se quitó el celular y se colocó en el lugar de la siguiente medición, una vez terminado se anotó la medición en la hoja de recolección de datos.

9. Terminadas todas las mediciones por parte del médico rehabilitador, se llevaron a cabo las mediciones por parte del investigador de este estudio bajo el mismo procedimiento descrito anteriormente.
10. Se realizaron las mediciones en aproximadamente 10 pacientes por turno del médico rehabilitador hasta completar el tamaño total de muestra, esto respetando el horario laboral y jornada de lunes a viernes del médico rehabilitador.
11. Una vez completadas las mediciones y el número total de pacientes, se transcribieron los datos de las hojas de recolección a una tabla de Excel para poder realizar el análisis estadístico.
12. Se llevo a cabo el análisis de resultados con el software estadístico (RStudio 2024.12.0+467) y conclusiones por parte del investigador principal, así como la presentación de estos para acreditación de este estudio.

h) Cuadro de variables de estudio.

Nombre de variable	Definición conceptual	Definición operacional	Escala de medición	Estadístico	Fuente de información
Método utilizado	Métodos empleados para realizar medición de los ángulos de movimiento.	Uso de los métodos empleados en la medición de los ángulos de movimiento 1= Método universal 2= Método digital	Cualitativa Nominal Dicotómica	Frecuencia / porcentaje, razón proporción	Cédula de obtención de datos
Extensión de codo derecho con goniometría digital	Es el movimiento que lleva el antebrazo hacia la parte posterior. En la posición anatómica, la extensión completa del codo es considerada la referencia, y por definición, no hay amplitud adicional en la extensión del codo, a menos que una persona tenga una gran laxitud ligamentosa.	Se realizará al determinar los grados (0°-10°) colocando el teléfono inteligente en la cara anterior antebrazo con ayuda de una banda para la medición y se llevará a cabo el movimiento de extensión.	Cuantitativa continua	Media y desviación estándar	Cedula de obtención de datos
Extensión de codo derecho con goniometría tradicional	Es el movimiento que lleva el antebrazo hacia la parte posterior. En la posición anatómica, la extensión completa del codo es considerada la referencia, y por definición, no hay amplitud adicional en la extensión del codo, a menos que una persona tenga una gran laxitud ligamentosa.	Se realizará al determinar los grados (0°-10°) colocando del goniómetro tradicional el brazo no móvil en la cara interna del brazo alineándolo con el humero y el brazo móvil en la cara interna del antebrazo y se llevará a cabo el movimiento de extensión.	Cuantitativa continua	Media y desviación estándar	Cedula de obtención de datos
Extensión de codo izquierdo con goniometría digital	Es el movimiento que lleva el antebrazo hacia la parte posterior. En la posición anatómica, la extensión completa del codo es considerada la referencia, y por definición, no hay amplitud adicional en la extensión del codo, a menos que una	Se realizará al determinar los grados (0°-10°) colocando el teléfono inteligente en antebrazo con ayuda de una banda para la medición y se llevará a cabo el movimiento de extensión.	Cuantitativa continua	Media y desviación estándar	Cedula de obtención de datos

	persona tenga una gran laxitud ligamentosa.				
Extensión de codo izquierdo con goniometría tradicional	Es el movimiento que lleva el antebrazo hacia la parte posterior. En la posición anatómica, la extensión completa del codo es considerada la referencia, y por definición, no hay amplitud adicional en la extensión del codo, a menos que una persona tenga una gran laxitud ligamentosa.	Se realizará al determinar los grados (0°-10°) colocando del goniómetro tradicional el brazo no móvil en la cara interna del brazo alineándolo con el humero y el brazo móvil en la cara interna del antebrazo y se llevará a cabo el movimiento de extensión.	Cuantitativa continua	Media y desviación estándar	Cedula de obtención de datos
Flexión de codo derecho con goniometría Tradicional	La flexión es el movimiento que lleva el antebrazo hacia adelante, de manera que la parte frontal del antebrazo entra en contacto con la parte frontal del brazo.	Se realizará al determinar los grados (0°-160°) colocando del goniómetro tradicional el brazo no móvil en la cara interna del brazo alineándolo con el humero y el brazo móvil en la cara interna del antebrazo y se llevará a cabo el movimiento de flexión.	Cuantitativa continua	Media y desviación estándar	Cedula de obtención de datos
Flexión de codo derecho con goniometría digital	La flexión es el movimiento que lleva el antebrazo hacia adelante, de manera que la parte frontal del antebrazo entra en contacto con la parte frontal del brazo, se colocará el teléfono inteligente en antebrazo con ayuda de una banda para la medición.	Se realizará al determinar los grados (0°-160°) colocando el teléfono inteligente en antebrazo con ayuda de una banda para la medición y se llevará a cabo el movimiento de flexión.	Cuantitativa continua	Media y desviación estándar	Cedula de obtención de datos
Flexión de codo izquierdo con goniometría Tradicional	La flexión es el movimiento que lleva el antebrazo hacia adelante, de manera que la parte frontal del antebrazo entra en contacto con la parte frontal del brazo.	Se realizará al determinar los grados (0°-160°) colocando del goniómetro tradicional el brazo no móvil en la cara interna del brazo alineándolo con el humero y el brazo móvil en la cara interna del antebrazo y se llevará a cabo el movimiento de flexión.	Cuantitativa continua	Media y desviación estándar	Cedula de obtención de datos
Flexión de codo izquierdo con	La flexión es el movimiento que lleva el antebrazo hacia adelante, de manera que la	Se realizará al determinar los grados (0°-160°) colocando el teléfono inteligente en	Cuantitativa continua	Media y desviación estándar	Cedula de obtención de datos

goniometría digital	parte frontal del antebrazo entra en contacto con la parte frontal del brazo, se colocará el teléfono inteligente en antebrazo con ayuda de una banda para la medición.	antebrazo con ayuda de una banda para la medición y se llevará a cabo el movimiento de flexión.			
Pronación de codo derecho con goniometría tradicional	Es el movimiento de rotación del antebrazo en torno a su eje longitudinal, cuando la palma de la mano "mira" hacia abajo y el pulgar hacia dentro.	Se realizará al determinar los grados (0°-90°) con el goniómetro tradicional, se llevará a cabo la pronación con el codo flexionado a 90° pegado al cuerpo, la dirección del pulgar hacia arriba y la palma de la mano hacia dentro.	Cuantitativa continua	Media y desviación estándar	Cedula de obtención de datos
Pronación de codo derecho con goniometría digital	Es el movimiento de rotación del antebrazo en torno a su eje longitudinal, cuando la palma de la mano "mira" hacia abajo y el pulgar hacia dentro.	Se realizará al determinar los grados (0°-90°) colocando el teléfono inteligente en antebrazo (tercio distal) con ayuda de una banda para la medición y se llevará a cabo la pronación con el codo flexionado a 90° pegado al cuerpo, la dirección del pulgar hacia arriba y la palma de la mano hacia dentro.	Cuantitativa continua	Media y desviación estándar	Cedula de obtención de datos
Pronación de codo izquierdo con goniometría tradicional	Es el movimiento de rotación del antebrazo en torno a su eje longitudinal, cuando la palma de la mano "mira" hacia abajo y el pulgar hacia dentro.	Se realizará al determinar los grados (0°-90°) con el goniómetro tradicional, se llevará a cabo la pronación con el codo flexionado a 90° pegado al cuerpo, la dirección del pulgar hacia arriba y la palma de la mano hacia dentro.	Cuantitativa continua	Media y desviación estándar	Cedula de obtención de datos
Pronación de codo izquierdo con goniometría digital	Es el movimiento de rotación del antebrazo en torno a su eje longitudinal, cuando la palma de la mano "mira" hacia abajo y el pulgar hacia dentro.	Se realizará al determinar los grados (0°-90°) colocando el teléfono inteligente en antebrazo (tercio distal) con ayuda de una banda para la medición y se llevará a cabo la pronación con el codo flexionado a 90° pegado al cuerpo, la dirección del pulgar hacia arriba y la palma de la mano hacia dentro.	Cuantitativa continua	Media y desviación estándar	Cedula de obtención de datos

Supinación de codo derecho con goniometría Tradicional	Es el movimiento de rotación del antebrazo en torno a su eje longitudinal, cuando la palma de la mano "mira" hacia arriba y el pulgar hacia fuera.	Se realizará al determinar los grados (0°-85°) con el goniómetro tradicional, se llevará a cabo la supinación con el codo flexionado a 90° pegado al cuerpo, la dirección del pulgar hacia arriba y la palma de la mano hacia dentro.	Cuantitativa continua	Media y desviación estándar	Cedula de obtención de datos
Supinación de codo derecho con goniometría Digital	Es el movimiento de rotación del antebrazo en torno a su eje longitudinal, cuando la palma de la mano "mira" hacia arriba y el pulgar hacia fuera.	Se realizará al determinar los grados (0°-85°) colocando el teléfono inteligente en antebrazo (tercio distal) con ayuda de una banda para la medición y se llevará a cabo la supinación con el codo flexionado a 90° pegado al cuerpo, la dirección del pulgar hacia arriba y la palma de la mano hacia dentro.	Cuantitativa continua	Media y desviación estándar	Cedula de obtención de datos
Supinación de codo izquierdo con goniometría Tradicional	Es el movimiento de rotación del antebrazo en torno a su eje longitudinal, cuando la palma de la mano "mira" hacia arriba y el pulgar hacia fuera.	Se realizará al determinar los grados (0°-85°) con el goniómetro tradicional, se llevará a cabo la supinación con el codo flexionado a 90° pegado al cuerpo, la dirección del pulgar hacia arriba y la palma de la mano hacia dentro.	Cuantitativa continua	Media y desviación estándar	Cedula de obtención de datos
Supinación de codo izquierdo con goniometría Digital	Es el movimiento de rotación del antebrazo en torno a su eje longitudinal, cuando la palma de la mano "mira" hacia arriba y el pulgar hacia fuera.	Se realizará al determinar los grados (0°-85°) colocando el teléfono inteligente en antebrazo (tercio distal) con ayuda de una banda para la medición y se llevará a cabo la supinación con el codo flexionado a 90° pegado al cuerpo, la dirección del pulgar hacia arriba y la palma de la mano hacia dentro.	Cuantitativa continua	Media y desviación estándar	Cedula de obtención de datos
Flexión de muñeca derecha con goniometría tradicional	La cara anterior o palmar de la mano se aproxima a la cara anterior del antebrazo, se efectúa con la mano en posición anatómica, en máxima supinación.	Se realizará al determinar los grados (0°-80°) con el goniómetro tradicional, se colocará el brazo no móvil sobre el antebrazo alineándolo entre el cubito y radio y el brazo	Cuantitativa continua	Media y desviación estándar	Cedula de obtención de datos

		móvil sobre la cara dorsal de la mano y se llevará a cabo la flexión.			
Flexión de muñeca derecha con goniometría digital	La cara anterior o palmar de la mano se aproxima a la cara anterior del antebrazo, se efectúa con la mano en posición anatómica, en máxima supinación.	Se realizará al determinar los grados (0°-80°) con colocando el teléfono inteligente sobre la cara dorsal de la mano con ayuda de una banda y se llevará a cabo la flexión.	Cuantitativa continua	Media y desviación estándar	Cedula de obtención de datos
Flexión de muñeca izquierda con goniometría tradicional	La cara anterior o palmar de la mano se aproxima a la cara anterior del antebrazo, se efectúa con la mano en posición anatómica, en máxima supinación.	Se realizará al determinar los grados (0°-80°) con el goniómetro tradicional, se colocará el brazo no móvil sobre el antebrazo alineándolo entre el cubito y radio y el brazo móvil sobre la cara dorsal de la mano y se llevará a cabo la flexión.	Cuantitativa continua	Media y desviación estándar	Cedula de obtención de datos
Flexión de muñeca izquierda con goniometría digital	La cara anterior o palmar de la mano se aproxima a la cara anterior del antebrazo, se efectúa con la mano en posición anatómica, en máxima supinación.	Se realizará al determinar los grados (0°-80°) con colocando el teléfono inteligente sobre la cara dorsal de la mano con ayuda de una banda y se llevará a cabo la flexión.	Cuantitativa continua	Media y desviación estándar	Cedula de obtención de datos
Extensión de muñeca derecha goniometría tradicional	La cara posterior o dorsal de la mano se aproxima a la cara posterior del antebrazo, se efectúa con la mano en posición anatómica, en máxima supinación.	Se realizará al determinar los grados (0°-70°) con el goniómetro tradicional, se colocará el brazo no móvil bajo el antebrazo alineándolo entre el cubito y radio y el brazo móvil sobre la cara ventral de la mano y se llevará a cabo la flexión.	Cuantitativa continua	Media y desviación estándar	Cedula de obtención de datos
Extensión de muñeca derecha goniometría digital	La cara posterior o dorsal de la mano se aproxima a la cara posterior del antebrazo, se efectúa con la mano en posición anatómica, en máxima supinación.	Se realizará al determinar los grados (0°-70°) con colocando el teléfono inteligente sobre la cara ventral de la mano con ayuda de una banda y se llevará a cabo la flexión.	Cuantitativa continua	Media y desviación estándar	Cedula de obtención de datos
Extensión de muñeca izquierda	La cara posterior o dorsal de la mano se aproxima a la cara posterior del antebrazo, se efectúa con la mano en	Se realizará al determinar los grados (0°-70°) con el goniómetro tradicional, se colocará el brazo no móvil bajo	Cuantitativa continua	Media y desviación estándar	Cedula de obtención de datos

goniometría tradicional	posición anatómica, en máxima supinación.	el antebrazo alineándolo entre el cubito y radio y el brazo móvil sobre la cara ventral de la mano y se llevará a cabo la flexión.			
Extensión de muñeca izquierda goniometría digital	La cara posterior o dorsal de la mano se aproxima a la cara posterior del antebrazo, se efectúa con la mano en posición anatómica, en máxima supinación.	Se realizará al determinar los grados (0°-70°) con colocando el teléfono inteligente sobre la cara ventral de la mano con ayuda de una banda y se llevará a cabo la flexión.	Cuantitativa continua	Media y desviación estándar	Cedula de obtención de datos
Desviación radial de muñeca derecha goniometría tradicional	La mano se aleja del eje del cuerpo y su borde externo o borde radial (el del pulgar) forma con el borde externo del antebrazo, un ángulo obtuso abierto hacia fuera.	Se realizará al determinar los grados (0°-20°) con el goniómetro tradicional, se colocará el brazo no móvil sobre el antebrazo alineándolo entre el cubito y radio y el brazo móvil sobre la cara dorsal de la mano y se llevará a cabo la desviación radial.	Cuantitativa continua	Media y desviación estándar	Cedula de obtención de datos
Desviación radial de muñeca derecha goniometría digital	La mano se aleja del eje del cuerpo y su borde externo o borde radial (el del pulgar) forma con el borde externo del antebrazo, un ángulo obtuso abierto hacia fuera.	Se realizará al determinar los grados (0°-20°) con colocando el teléfono inteligente sobre la cara dorsal de la mano con ayuda de una banda y se llevará a cabo la desviación radial.	Cuantitativa continua	Media y desviación estándar	Cedula de obtención de datos
Desviación radial de muñeca izquierda con goniometría tradicional	La mano se aleja del eje del cuerpo y su borde externo o borde radial (el del pulgar) forma con el borde externo del antebrazo, un ángulo obtuso abierto hacia fuera.	Se realizará al determinar los grados (0°-20°) con el goniómetro tradicional, se colocará el brazo no móvil sobre el antebrazo alineándolo entre el cubito y radio y el brazo móvil sobre la cara dorsal de la mano y se llevará a cabo la desviación radial.	Cuantitativa continua	Media y desviación estándar	Cedula de obtención de datos
Desviación radial de muñeca izquierda goniometría digital	La mano se aleja del eje del cuerpo y su borde externo o borde radial (el del pulgar) forma con el borde externo del antebrazo, un ángulo obtuso abierto hacia fuera, se colocará el teléfono inteligente	Se realizará al determinar los grados (0°-20°) con colocando el teléfono inteligente sobre la cara dorsal de la mano con ayuda de una banda y se llevará a cabo la desviación radial.	Cuantitativa continua	Media y desviación estándar	Cedula de obtención de datos

	en la cara dorsal de la mano con ayuda de una banda para la medición.				
Desviación cubital de muñeca derecha goniometría tradicional	La mano se aproxima al eje del cuerpo y su borde interno o borde cubital (el del meñique), forma con el borde interno del antebrazo, un ángulo obtuso abierto hacia dentro	Se realizará al determinar los grados (0°-30°) con el goniómetro tradicional, se colocará el brazo no móvil sobre el antebrazo alineándolo entre el cubito y radio y el brazo móvil sobre la cara dorsal de la mano y se llevará a cabo la desviación cubital.	Cuantitativa continua	Media y desviación estándar	Cedula de obtención de datos
Desviación cubital de muñeca derecha goniometría digital	La mano se aproxima al eje del cuerpo y su borde interno o borde cubital (el del meñique), forma con el borde interno del antebrazo, un ángulo obtuso abierto hacia dentro, se colocará el teléfono inteligente en la cara dorsal de la mano con ayuda de una banda para la medición.	Se realizará al determinar los grados (0°-30°) con colocando el teléfono inteligente sobre la cara dorsal de la mano con ayuda de una banda y se llevará a cabo la desviación cubital.	Cuantitativa continua	Media y desviación estándar	Cedula de obtención de datos
Desviación cubital de muñeca izquierda goniometría tradicional	La mano se aproxima al eje del cuerpo y su borde interno o borde cubital (el del meñique), forma con el borde interno del antebrazo, un ángulo obtuso abierto hacia dentro	Se realizará al determinar los grados (0°-30°) con el goniómetro tradicional, se colocará el brazo no móvil sobre el antebrazo alineándolo entre el cubito y radio y el brazo móvil sobre la cara dorsal de la mano y se llevará a cabo la desviación cubital.	Cuantitativa continua	Media y desviación estándar	Cedula de obtención de datos
Desviación cubital de muñeca izquierda goniometría digital	La mano se aproxima al eje del cuerpo y su borde interno o borde cubital (el del meñique), forma con el borde interno del antebrazo, un ángulo obtuso abierto hacia dentro, se colocará el teléfono inteligente en la cara dorsal de la mano con ayuda de una banda para la medición.	Se realizará al determinar los grados (0°-30°) con colocando el teléfono inteligente sobre la cara dorsal de la mano con ayuda de una banda y se llevará a cabo la desviación cubital.	Cuantitativa continua	Media y desviación estándar	Cedula de obtención de datos

Edad	Determina el número de años de vida de una persona.	Años cumplidos al momento del estudio	Cuantitativa discreta.	Mínimo, media y máxima	Cedula de obtención de datos
Sexo	Determinación biológica reproductiva en un ser vivo.	Se registrará en la cedula de obtención de datos mediante interrogatorio directo	Cualitativa Nominal Dicotómica Masculino. Femenino.	Porcentaje y frecuencia	Cedula de obtención de datos
Antecedentes de patologías osteotendinosas	Cualquier patología relacionada a mano, muñeca y codo.	Se registrará en la cedula de obtención de datos mediante interrogatorio directo	Cualitativa Nominal Dicotómica SI/No	Porcentaje y frecuencia	Cedula de obtención de datos

7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Análisis descriptivo: Se describen las medidas de resumen de cada variable, las de escala continua como media y desviación estándar si su distribución es normal, y como mediana y rango intercuartílico si no lo es. Para conocer la distribución se realizó la prueba de Shapiro-Wilk y QQplots. Las variables categóricas se reportan como frecuencia y porcentaje.

Análisis inferencial: Se realizó análisis de correlación con coeficiente de correlación intraclase entre los evaluadores (22). Se aplicará la prueba de Kappa para medición de la concordancia entre la goniometría tradicional y la goniometría por teléfono inteligente. Posterior a obtener una concordancia superior a 0.80, se realizó el análisis de correlación con coeficiente de correlación intraclase tipo 3, análisis de concordancia de Bland y análisis de coeficiente de concordancia de Lin entre los métodos evaluados (tradicional vs la goniometría digital).

La precisión de la medición se determinó con el coeficiente de variación entre las mediciones obtenida por goniometría tradicional y la variación en la goniometría digital, para posteriormente evaluar la correlación entre las mediciones de los diferentes goniómetros.

8. ÉTICA

Los procedimientos propuestos en este protocolo están de acuerdo con las normas éticas, el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud en los artículos 13, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22, y del 28 al 33, con la declaración de Helsinki de 1975 y sus enmiendas, así como los códigos y normas Internacionales vigentes para las buenas prácticas en la investigación clínica, siguiendo los principios bioéticos de Beneficencia, no maleficencia, Justicia y Autonomía, esta última mediante un consentimiento informado para la toma de mediciones descritas en el presente protocolo. Por último, se acatará la Declaración de Ginebra cumpliendo el texto hipocrático que tiene como fin crear una base moral para todos los médicos. Se reconoce que en el presente estudio no existe algún conflicto de interés con las herramientas utilizadas para las mediciones, así como no tener ninguna clase de financiamiento externo, se obtuvo aprobación por el comité de ética el cual se encuentra en anexos. (23, 24,25).

9. RESULTADOS

La evaluación de la normalidad de los datos se realizó mediante la prueba de Shapiro-Wilk de los residuos de cada una de las variables continuas, como se muestra en la tabla 1. Así mismo, se evaluó la homogeneidad de las varianzas mediante el test de Levene.

Variable	P_shapiro_resid	P_levene
Flexión codo izquierdo	<0.001*	0.26
Flexión codo derecho	<0.001*	0.86
Extensión codo izquierdo	N/A	N/A
Extensión codo derecho	N/A	N/A
Pronación codo izquierdo	0.00255	0.42
Pronación codo derecho	<0.001*	0.05
Supinación codo izquierdo	<0.001*	0.95
Supinación codo derecho	<0.001*	0.01
Flexión muñeca izquierda	0.01411	0.9
Flexión muñeca derecha	<0.001*	0.36
Extensión muñeca izquierda	0.0052	0.44
Extensión muñeca derecha	0.00476	0.54
Desviación radial muñeca izquierda	0.00345	0.58
Desviación radial muñeca derecha	0.01981	0
Desviación cubital muñeca izquierdo	<0.001*	0.7
Desviación cubital muñeca derecha	0.10045	0.26

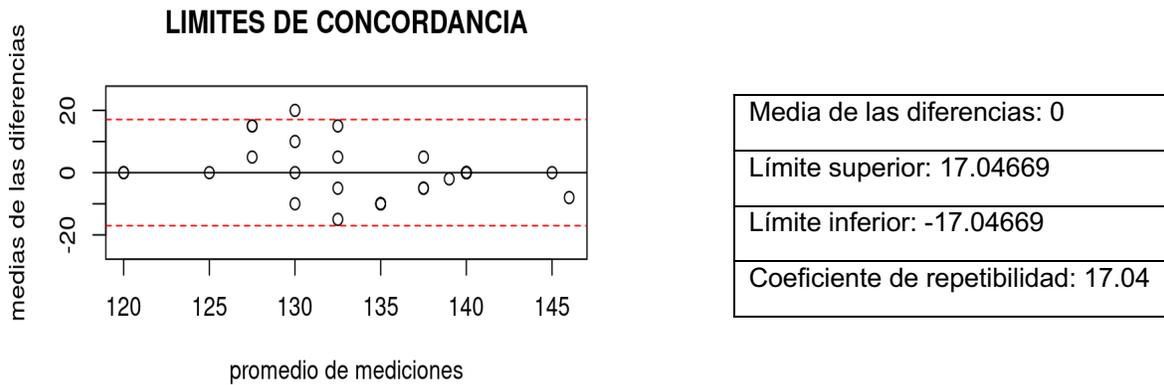
Tabla 1. Evaluación de normalidad de las variables

Coefficiente de repetibilidad de las mediciones

Posteriormente se realizó el análisis del coeficiente de repetibilidad de las mediciones entre los dos evaluadores como método de fiabilidad para el goniómetro tradicional. A continuación, se presenta cada una de las mediciones realizadas obteniendo un coeficiente de repetibilidad que va de 11.26 en las mediciones de flexión de codo derecho y hasta 21.6 en las mediciones de flexión de muñeca

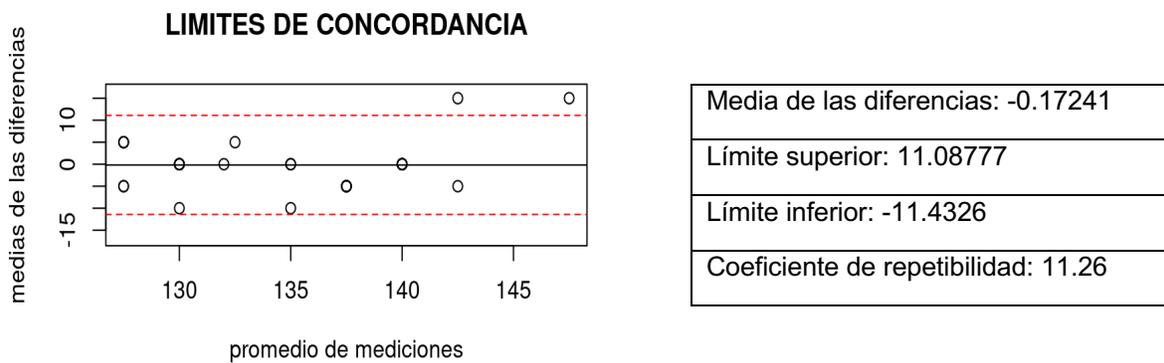
derecha. A continuación, se muestran las gráficas individuales de cada una de las variables (ver grafica 1-14).

Flexión codo izquierdo



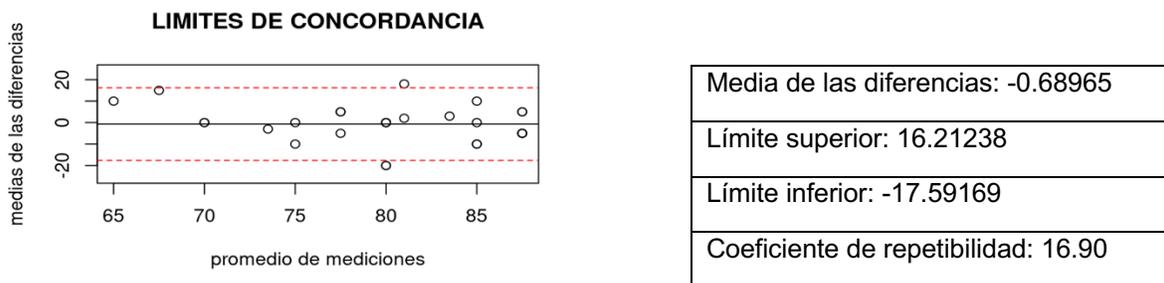
Grafica 1. Repetibilidad en mediciones con goniometría tradicional en flexión de codo izquierdo

Flexión codo derecho



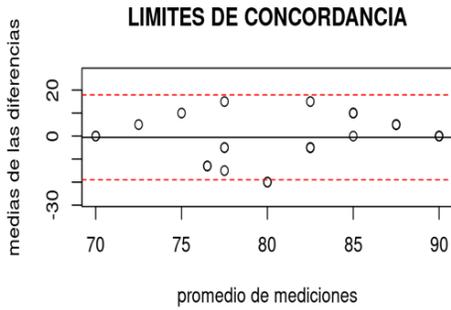
Grafica 2. Repetibilidad en mediciones con goniometría tradicional en flexión de codo derecho

Pronación codo izquierdo



Grafica 3. Repetibilidad en mediciones con goniometría tradicional en pronación de codo izquierdo

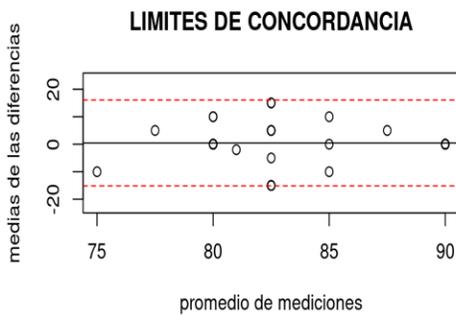
Pronación Codo derecho



Media de las diferencias: -0.55172
Límite superior: 17.89123
Límite inferior: -18.99468
Coefficiente de repetibilidad: 18.44

Grafica 4. Repetibilidad en mediciones con goniometría tradicional en pronación de codo derecho

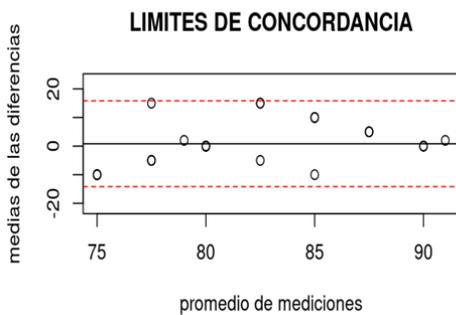
Supinación Codo izquierdo



Media de las diferencias: 0.448275
Límite superior: 16.04569
Límite inferior: -15.14914
Coefficiente de repetibilidad: 15.59

Grafica 5. Repetibilidad en mediciones con goniometría tradicional en supinación de codo derecho

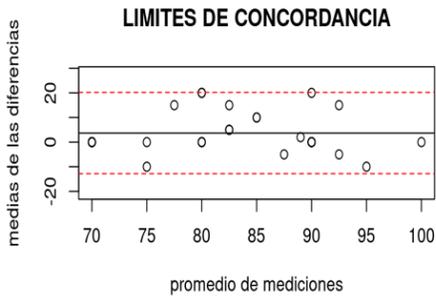
Supinación Codo derecho



Media de las diferencias: 0.827586
Límite superior: 15.81933
Límite inferior: -14.16416
Coefficiente de repetibilidad: 14.9

Grafica 6. Repetibilidad en mediciones con goniometría tradicional en supinación de codo derecho

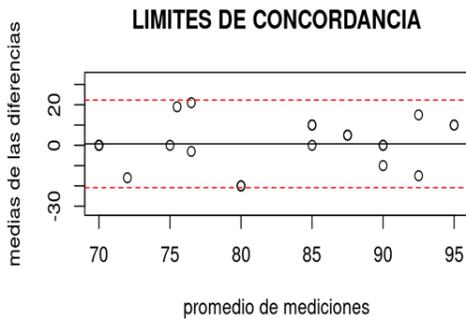
Flexión muñeca izquierda



Media de las diferencias: 3.689655
Límite superior: 20.18915
Límite inferior: -12.80984
Coefficiente de repetibilidad: 16.4

Grafica 7. Repetibilidad en mediciones con goniometría tradicional en flexión de muñeca izquierda

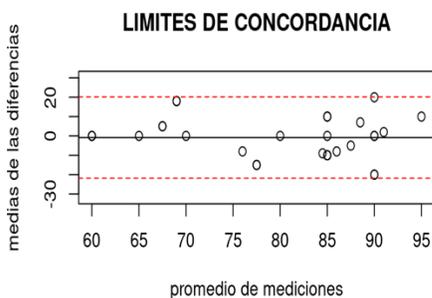
Flexión muñeca derecha



Media de las diferencias: 0.724137
Límite superior: 22.32798
Límite inferior: -20.8797
Coefficiente de repetibilidad: 21.6

Grafica 8. Repetibilidad en mediciones con goniometría tradicional en flexión de muñeca derecha

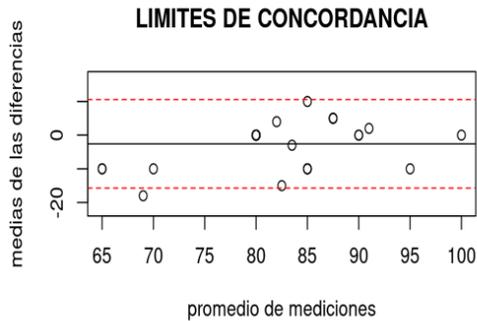
Extensión muñeca izquierda



Media de las diferencias: -0.86206
Límite superior: 20.1352
Límite inferior: -21.85933
Coefficiente de repetibilidad: 20.9

Grafica 9. Repetibilidad en mediciones con goniometría tradicional en extensión de muñeca izquierda

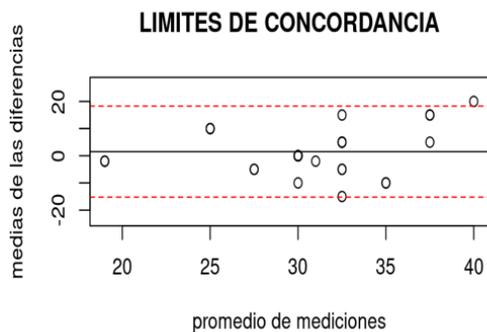
Extensión muñeca derecha



Media de las diferencias: -2.58620
Límite superior: 10.55683
Límite inferior: -15.72925
Coefficiente de repetibilidad: 13.1

Grafica 10. Repetibilidad en mediciones con goniometría tradicional en extensión de muñeca derecha

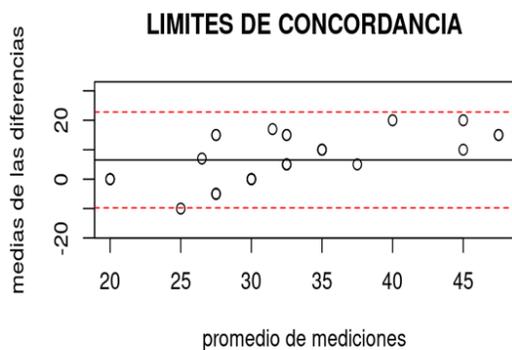
Desviación radial muñeca izquierda



Media de las diferencias: 1.517241
Límite superior: 18.26857
Límite inferior: -15.23409
Coefficiente de repetibilidad: 16.7

Grafica 11. Repetibilidad en mediciones con goniometría tradicional en desviación radial de muñeca izquierda

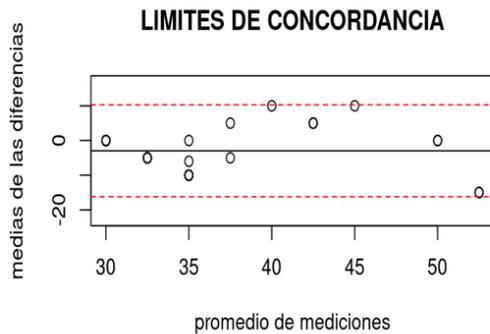
Desviación radial muñeca derecha



Media de las diferencias: 6.517241
Límite superior: 22.79503
Límite inferior: -9.760545
Coefficiente de repetibilidad: 16.27

Grafica 12. Repetibilidad en mediciones con goniometría tradicional en desviación radial de muñeca derecha

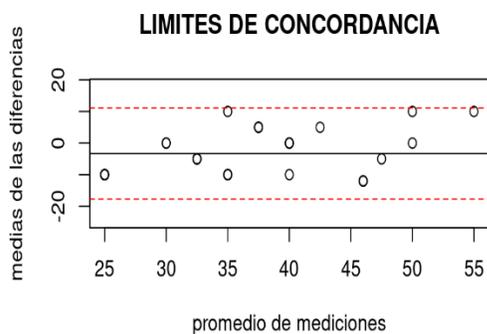
Desviación cubital muñeca izquierda



Media de las diferencias: -2.96551
Límite superior: 10.2915
Límite inferior: -16.22253
Coefficiente de repetibilidad: 13.2

Grafica 13. Repetibilidad en mediciones con goniometría tradicional en desviación cubital de muñeca izquierda

Desviación cubital muñeca derecha



Media de las diferencias: -3.31034
Límite superior: 11.10316
Límite inferior: -17.72385
Coefficiente de repetibilidad: 14.4

Grafica 14. Repetibilidad en mediciones con goniometría tradicional en desviación cubital de muñeca derecha

Coefficiente de relación intraclase (ICC)

Se llevo a cabo la determinación del coeficiente correlación intraclase (ICC) entre el evaluador experto 1 y el evaluador certificado 2 para las mediciones con goniómetro tradicional. Este coeficiente nos indicará el nivel de concordancia (fiabilidad), entre los evaluadores, indicando qué tan bien coinciden sus mediciones en una escala común. Se utiliza la escala para el nivel de concordancia propuesta por (Landis y Koch) (26), donde un valor de 0 es un grado de acuerdo Pobre, de 0.01 – 0.20 es un grado de acuerdo Leve, de 0.21 – 0.40 es un grado de acuerdo Regular, de 0.41 – 0.60 es un grado de acuerdo Moderado, de 0.61- 0.80 es un grado de acuerdo substancial y de 0.81 – 1.00 es un grado de acuerdo Casi Perfecto.

Inicialmente se contó con 55 pacientes en los cuales se realizaron las 16 determinaciones (flexión, extensión, pronación y supinación de codo izquierdo y derecho, flexión, extensión, desviación radial y cubital de muñeca izquierda y derecha), sin embargo, se identificaron casos de hiperlaxitud articular (mediciones que salen del rango normal de movimiento) por lo que tuvieron que ser removidas. Estudios previos muestran que puede haber diferencias de hasta 10° por fuera del rango normal (26). Lo anterior, ya que se debe partir de sujetos sin alteraciones o anomalías en los ángulos de movimiento. Al final, se logró analizar 29 casos, que a continuación se presentan (ver tabla 2):

Medición	ICC3 (IC95%)	Nivel de concordancia
Flexión codo izquierdo	0.40 (0.41-0.46)	Moderada
Flexión codo derecho	0.60 (0.30-0.79)	Substancial
Extensión de codo izquierdo	N/a	
Extensión de codo derecho	N/a	
Pronación codo izquierdo	0.39 (0.30-0.66)	Regular
Pronación codo derecho	0.24 (-0.13-0.56)	Regular
Supinación codo izquierdo	0.61 (-0.31- 0.41)	Substancial
Supinación codo derecho	0.28 (-0.91-0.58)	Regular
Flexión muñeca izquierda	0.61 (0.30-0.79)	Substancial
Flexión muñeca derecha	0.41 (0.052-0.67)	Moderado
Extensión muñeca izquierda	0.57 (0.27-0.77)	Moderado
Extensión muñeca derecha	0.70 (0.45-0.85)	Substancial
Desviación radial muñeca izquierda	0.14 (-0.23-0.48)	Leve
Desviación radial muñeca derecha	0.53 (0.2-0.75)	Moderado
Desviación cubital muñeca izquierda	0.62 (0.33-0.80)	Substancial
Desviación cubital muñeca derecha	0.68 (0.42-0.83)	Substancial

Tabla 2. Coeficiente de Relación Intraclase de mediciones con Goniometría Tradicional ambos evaluadores

Se encontró una concordancia substancial para las mediciones del ángulo de movimiento de flexión y supinación de codo, flexión, extensión y desviación cubital de muñeca que oscila entre 0.60 y 0.70. Las determinaciones de la extensión de ambos codos no fueron incluidas debido a que no hubo variación alguna las mediciones con el goniómetro tradicional y la aplicación de celular no es capaz de medir cero grados de movimiento.

Posterior a estas determinaciones y dado que el promedio de las mediciones se encuentra entre moderado y substancial, se procedió con el comparativo de las mediciones observadas en promedio por los dos evaluadores y los métodos comparados (método 1 = Goniometría Tradicional y método 2 = Goniometría basada en una aplicación de teléfono inteligente).

Respecto a variables demográficas, los datos correspondientes a la edad y sexo de sujetos evaluados se muestran a continuación (ver tabla 3). Como podemos observar, la edad promedio fue de 45.4 años y que van desde los 29 a los 63 años en ambos métodos y una población masculina en su mayoría con el 58.8% de los participantes.

	Método 1 (N=29)	Método 2 (N=29)	TOTAL (N total=58)
Edad			
<i>Media (sd)</i>	45.4 (10.6)	45.4 (10.6)	45.4 (10.5)
<i>Mediana [min, max]</i>	46.0 [29.0, 63.0]	46.0 [29.0, 63.0]	46.0 [29.0, 63.0]
Sexo			
<i>Hombre</i>	17 (58.6%)	17 (58.6%)	34 (58.6%)
<i>Mujer</i>	12 (41.4%)	12 (41.4%)	24 (41.4%)

Tabla 3. Edad y Sexo de sujetos evaluados con ambos métodos y ambos evaluadores

A continuación, describiremos los resultados obtenidos en cada una de las mediciones realizadas. Para la Flexión del Codo Izquierdo observamos (ver ilustración 1, tabla 4), que, a pesar de no observar diferencias entre las mediciones, el método 2 presentó un rango más amplio en las mediciones en comparación con el goniómetro tradicional.

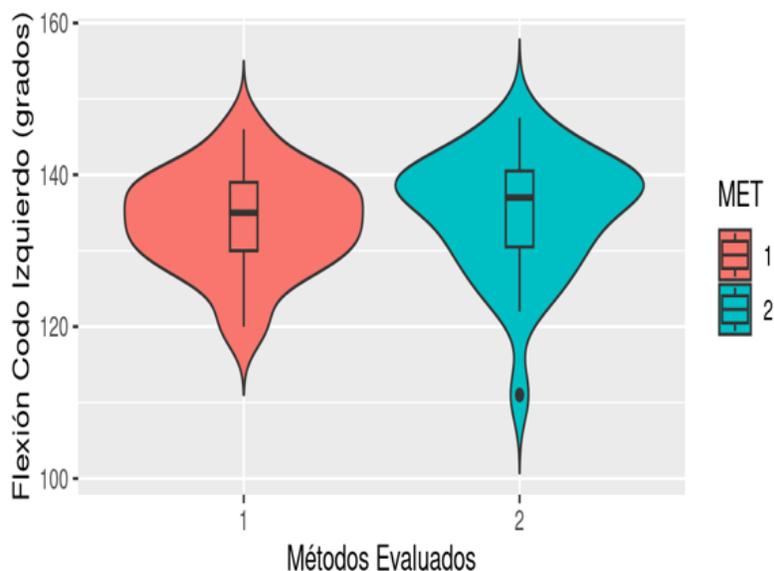


Ilustración 1. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Flexión de codo izquierdo

	Método 1	Método 2	TOTAL
	(N=29)	(N=29)	(N=58 mediciones)
Flexión Codo Izquierdo			
Media (SD)	134 (6.50)	135 (7.88)	134 (7.19)
Mediana [Min, Max]	135 [120, 146]	137 [111, 148]	135 [111, 148]

Tabla 4. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Flexión de codo izquierdo

En la Flexión del Codo Derecho observamos (ver ilustración 2, tabla 5), que, a pesar de tener diferencias mínimas entre las mediciones, el método 1, presentó un rango más amplio en las mediciones en comparación con el goniómetro tradicional.

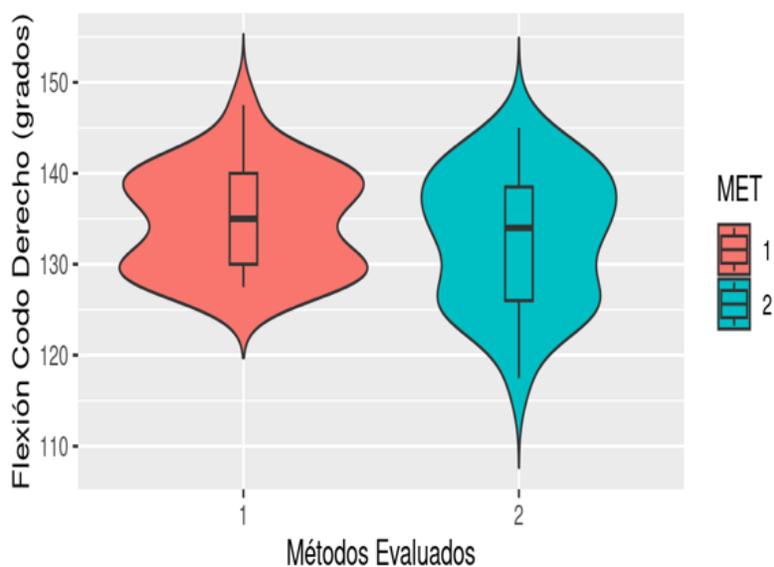


Ilustración 2. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Flexión de codo derecho

	Método 1 (N=29)	Método 2 (N=29)	TOTAL (N=58)
Flexión Codo Derecho			
Media (SD)	135 (5.64)	133 (7.16)	134 (6.46)
Mediana [Min, Max]	135 [128, 148]	134 [118, 145]	135 [118, 148]

Tabla 5. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Flexión de codo derecho

Para la Extensión del Codo Izquierdo y Derecho observamos (ver ilustración 3, tabla 6), que al ser las mediciones todas de 0 grados sin diferencia, hay una distribución uniforme.

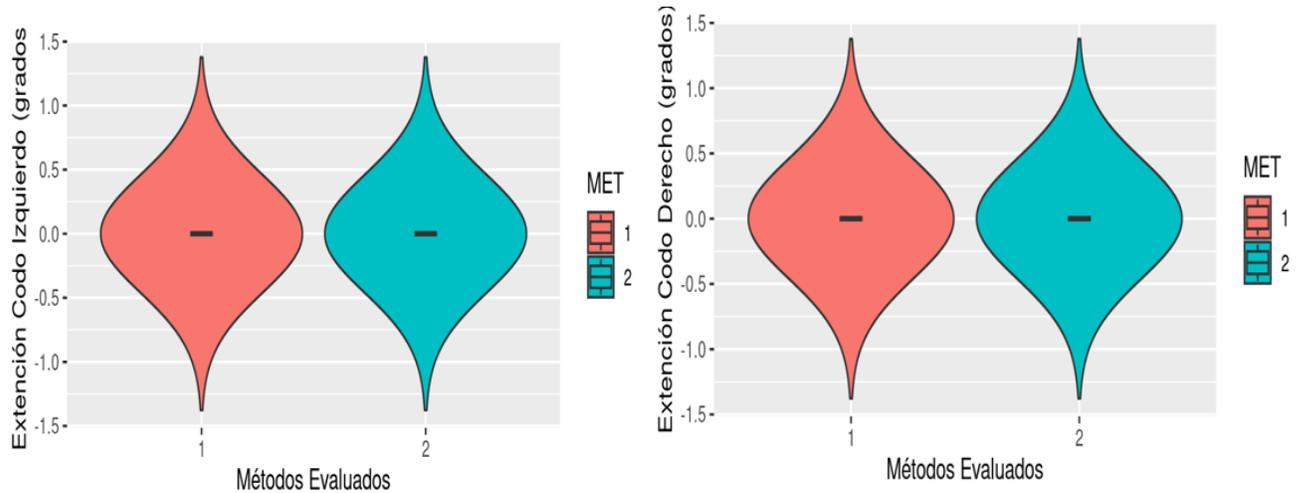


Ilustración 3. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación, en la Extensión de Codo Izquierdo y derecho

	Método 1 (N=29)	Método 2 (N=29)	TOTAL (N=58)
Extensión Codo Izquierdo			
Media (SD)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Mediana [Min, Max]	0 [0, 0]	0 [0, 0]	0 [0, 0]
Extensión Codo Derecho			
Media (SD)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Mediana [Min, Max]	0 [0, 0]	0 [0, 0]	0 [0, 0]

Tabla 6. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en Extensión de Codo Izquierdo y Derecho

En la Pronación del Codo Izquierdo observamos (ver ilustración 4, tabla 7), que, a pesar de observarse un rango de mediciones amplio, se comportan similarmente con algunas mediciones aisladas en ambos métodos y una sobrestimación de medición en las medias de 1.6° por parte del método 2.

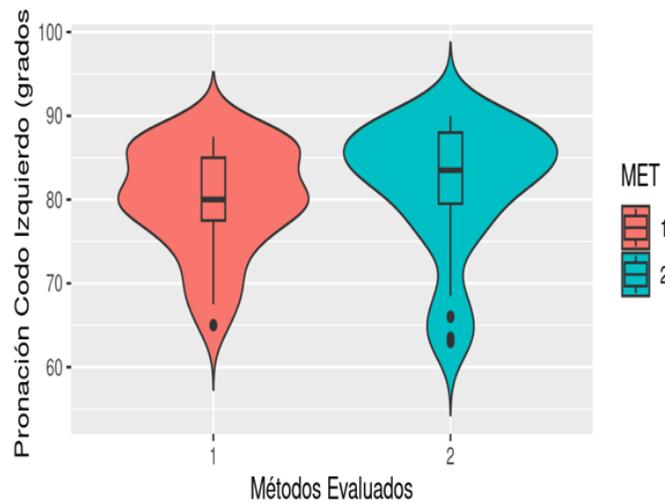


Ilustración 4. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Pronación de Codo Izquierdo

	Método 1 (N=29)	Método 2 (N=29)	TOTAL (N=58)
Pronación Codo Izquierdo			
Media (SD)	80.0 (6.39)	81.6 (7.79)	80.8 (7.11)
Mediana [Min, Max]	80.0 [65.0, 87.5]	83.5 [63.0, 90.0]	82.3 [63.0, 90.0]

Tabla 7. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Pronación del codo izquierdo

Para la Pronación del Codo Derecho observamos (ver ilustración 5, tabla 8), que las diferencias de ambas mediciones son mínimas tan solo por 1 grado, sin embargo, con un rango mayor en las mediciones realizadas con el método tradicional.

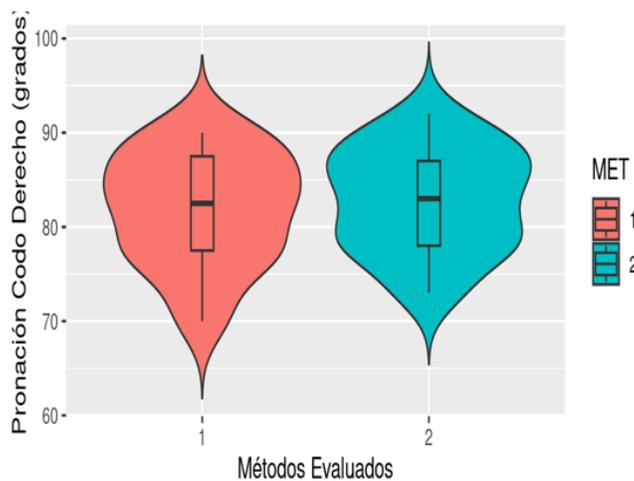


Ilustración 5. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Pronación de Codo Derecho

	Método 1	Método 2	TOTAL
	(N=29)	(N=29)	(N=58)
Pronación Codo Derecho			
Media (SD)	81.8 (5.95)	82.8 (5.50)	82.3 (5.70)
Mediana [Min, Max]	82.5 [70.0, 90.0]	83.0 [73.0, 92.0]	82.5 [70.0, 92.0]

Tabla 8. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Pronación del Codo Derecho

En la Supinación del Codo Izquierdo observamos (ver ilustración 6, tabla 9), que se encuentran importantes discrepancias en las mediciones entre ambos métodos con una subestimación de las mediciones en la media de 7.3 grados y un rango de medición mayor para el método 2.

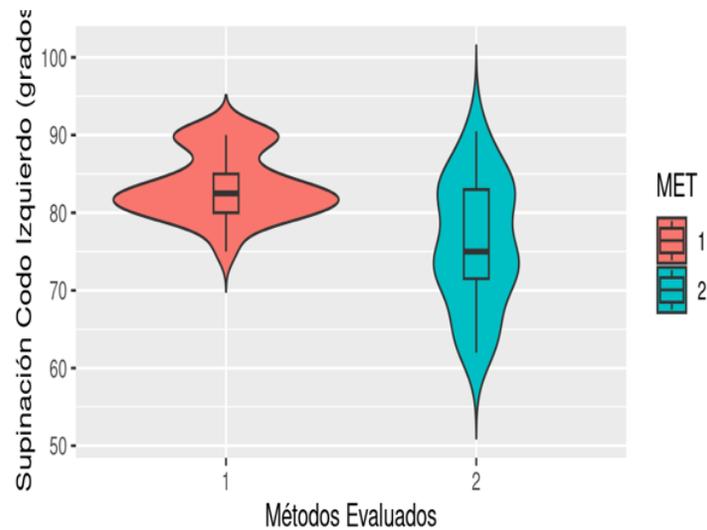


Ilustración 6. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Supinación de Codo Izquierdo

	Método 1	Método 2	TOTAL
	(N=29)	(N=29)	(N=58)
Supinación Codo Izquierdo			
Media (SD)	83.4 (4.16)	76.0 (8.01)	79.7 (7.35)
Mediana [Min, Max]	82.5 [75.0, 90.0]	75.0 [62.0, 90.5]	81.5 [62.0, 90.5]

Tabla 9. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la supinación del Codo Izquierdo

Para la Supinación del Codo Derecho observamos (ver ilustración 7, tabla 10), una diferencia de 4 grados en la media de las mediciones sin embargo un rango similar en las mediciones por ambos métodos.

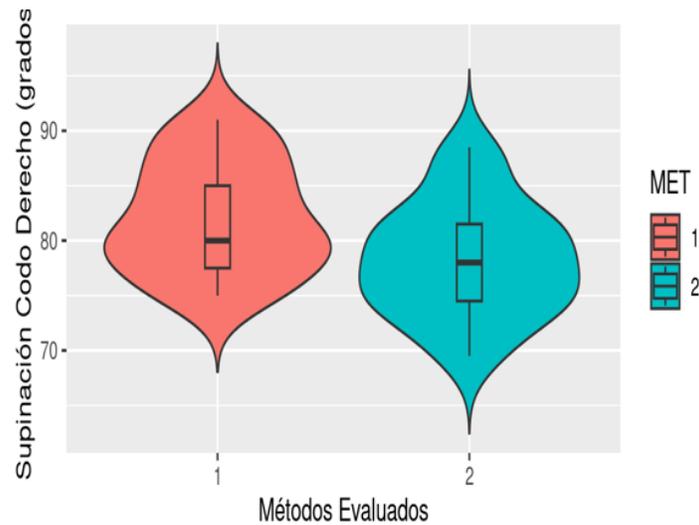


Ilustración 7. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Supinación de Codo Derecho

	Método 1 (N=29)	Método 2 (N=29)	TOTAL (N=58)
Supinación Codo Derecho			
Media (SD)	82.1 (5.04)	78.2 (5.11)	80.1 (5.39)
Mediana [Min, Max]	80.0 [75.0, 91.0]	78.0 [69.5, 88.5]	80.0 [69.5, 91.0]

Tabla 10. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la supinación del Codo Derecho

En la Flexión de Muñeca Izquierda observamos (ver ilustración 8, tabla 11), una diferencia en las medias de ambos métodos, así como un rango más amplio en las mediciones realizadas con el método 2 dando como resultado una subestimación en las mediciones con este método.

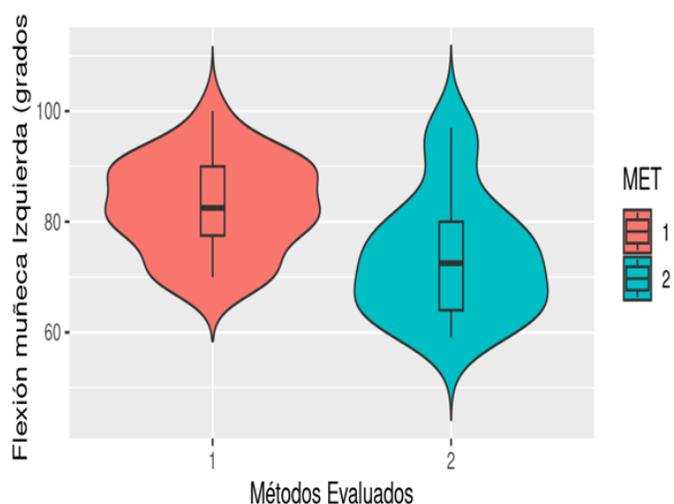


Ilustración 8. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Flexión de Muñeca Izquierda

	Método 1 (N=29)	Método 2 (N=29)	TOTAL (N=58)
Flexión Muñeca Izquierda			
Media (SD)	82.8 (8.39)	73.6 (10.8)	78.2 (10.6)
Mediana [Min, Max]	82.5 [70.0, 100]	72.5 [59.0, 97.0]	79.8 [59.0, 100]

Tabla 11. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Flexión de la Muñeca Izquierda

Para la Flexión de Muñeca Derecha observamos (ver ilustración 9, tabla 12), una distribución contrapuesta de las mediciones entre ambos métodos de evaluación, sin embargo, la diferencia de medias de ambos métodos no es muy amplia.

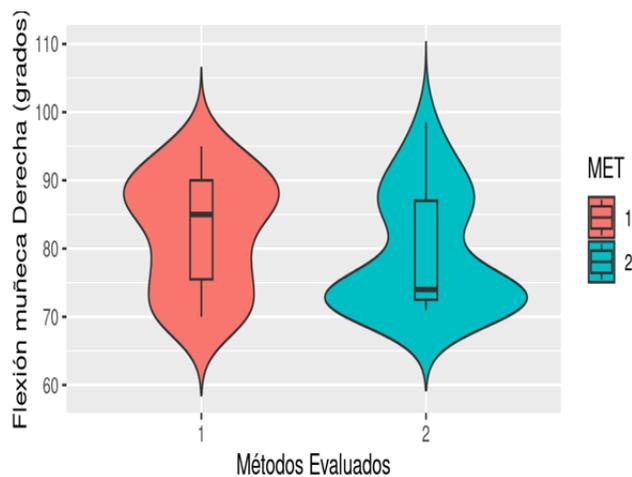


Ilustración 9. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Flexión de Muñeca Derecha

	Método 1	Método 2	TOTAL
	(N=29)	(N=29)	(N=58)
Flexión Muñeca Derecha			
Media (SD)	82.4 (8.34)	79.3 (8.54)	80.9 (8.52)
Mediana [Min, Max]	85.0 [70.0, 95.0]	74.0 [71.0, 98.5]	80.0 [70.0, 98.5]

Tabla 12. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Flexión de la Muñeca Derecha

Para la Extensión de Muñeca Izquierda observamos (ver ilustración 10, tabla 13), una diferencia de 2.7 grados en las medias de mediciones, sin embargo un rango de mediciones mayor en la goniometría tradicional.

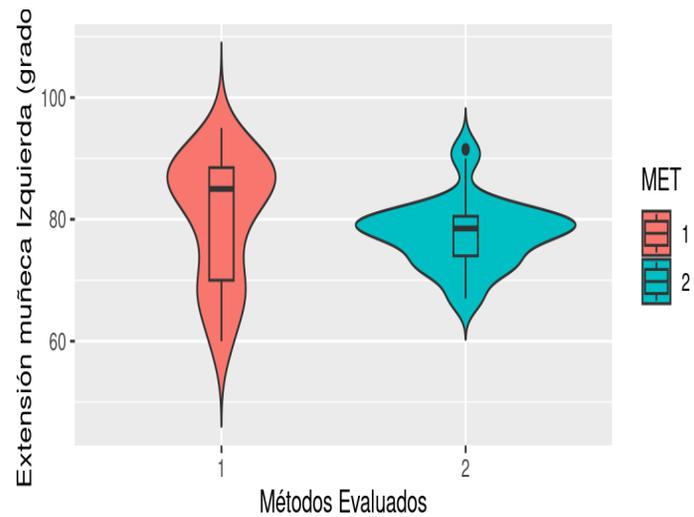


Ilustración 10. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Extensión de Muñeca Izquierda

	Método 1 (N=29)	Método 2 (N=29)	TOTAL (N=58)
Extensión Muñeca Izquierda			
Media (SD)	80.4 (10.1)	77.7 (5.49)	79.0 (8.20)
Mediana [Min, Max]	85.0 [60.0, 95.0]	78.5 [67.0, 91.5]	79.0 [60.0, 95.0]

Tabla 13. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Extensión de la Muñeca Izquierda

Para la Extensión de Muñeca Derecha observamos (ver ilustración 11, tabla 14), que, a pesar de no observar diferencias entre las mediciones, el método automático con la aplicación presentó un rango más amplio en comparación con el goniómetro tradicional.

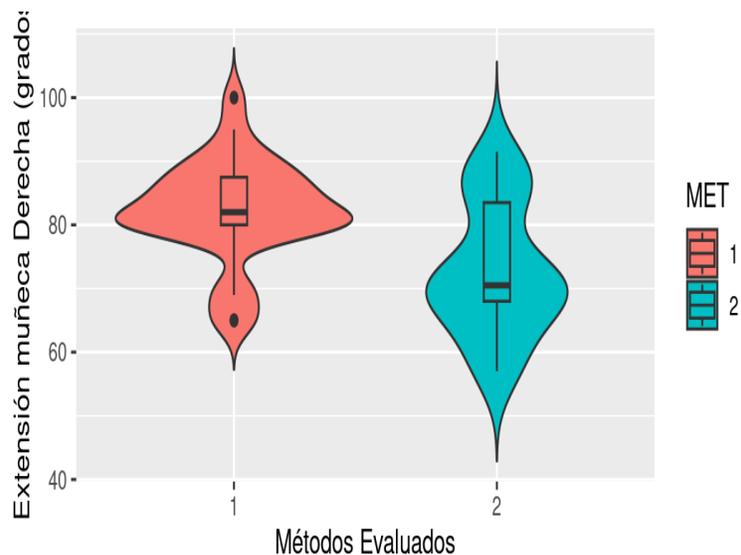


Ilustración 11. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Extensión de Muñeca Derecha

	Método 1 (N=29)	Método 2 (N=29)	TOTAL (N=58)
Extensión Muñeca Derecha			
Media (SD)	82.3 (7.93)	72.7 (10.2)	77.5 (10.3)
Mediana [Min, Max]	82.0 [65.0, 100]	70.5 [57.0, 91.5]	80.0 [57.0, 100]

Tabla 14. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Extensión de la Muñeca Derecha

Para la Desviación Radial Muñeca Izquierda observamos (ver ilustración 12, tabla 15), rangos de mediciones amplios en el método 2 en comparación con las mediciones realizadas con el método 1.

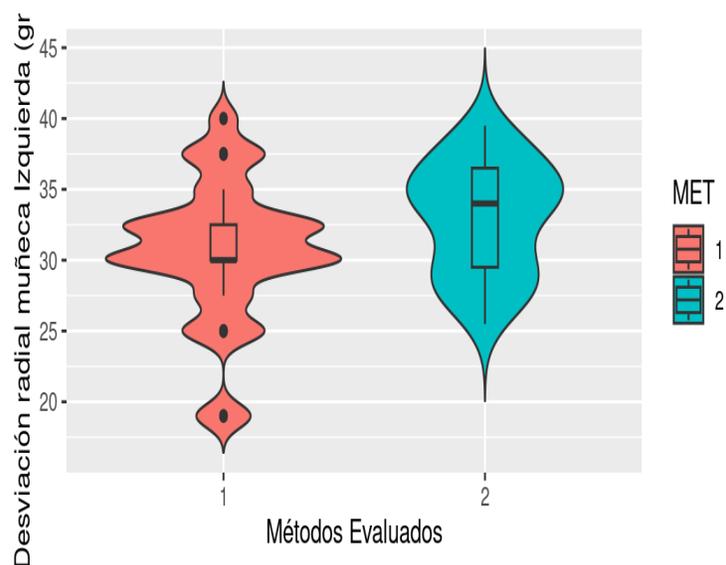


Ilustración 12. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Desviación Radial de Muñeca Izquierda

	Método 1 (N=29)	Método 2 (N=29)	TOTAL (N=58)
Desviación Radial Muñeca Izquierda			
Media (SD)	30.7 (4.93)	32.9 (3.94)	31.8 (4.57)
Mediana [Min, Max]	30.0 [19.0, 40.0]	34.0 [25.5, 39.5]	32.5 [19.0, 40.0]

Tabla 15. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Desviación Radial de Muñeca Izquierda

Para la Desviación Radial Muñeca Derecha observamos (ver ilustración 13, tabla 16), mediciones similares en ambos métodos, aunque con un rango amplio debido a alguna medición aislada.

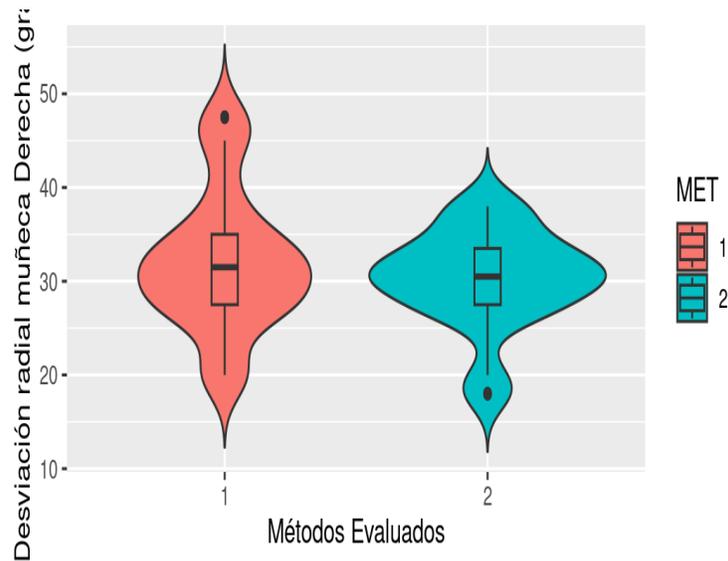


Ilustración 13. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Desviación Radial de Muñeca Derecha

	Método 1 (N=29)	Método 2 (N=29)	TOTAL (N=58)
Desviación Radial Muñeca Derecha			
Media (SD)	32.1 (7.49)	30.2 (5.21)	31.1 (6.46)
Mediana [Min, Max]	31.5 [20.0, 47.5]	30.5 [18.0, 38.0]	30.5 [18.0, 47.5]

Tabla 16. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Desviación Radial de Muñeca Derecha

Para la Desviación Cubital de Muñeca Izquierda observamos (ver ilustración 14, tabla 17), que, a pesar de no observar diferencias entre los rangos de mediciones, las medias de las mediciones de ambos métodos tienen una diferencia considerable.

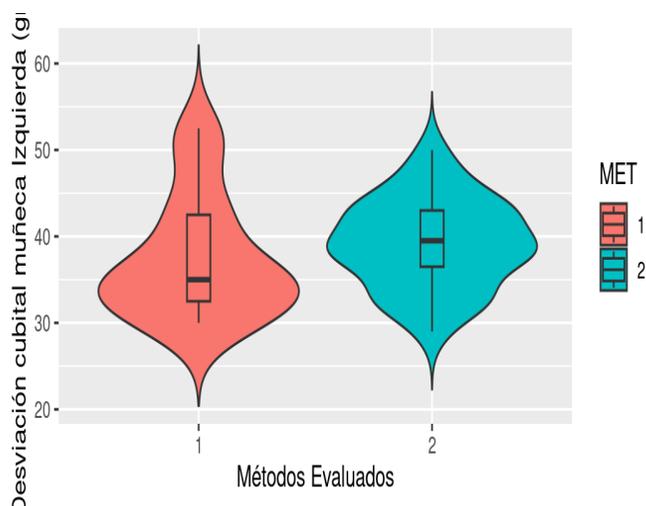


Ilustración 14. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Desviación Cubital de Muñeca Izquierda

	Método 1	Método 2	TOTAL
	(N=29)	(N=29)	(N=58)
Desviación Cubital Muñeca Izquierda			
Media (SD)	37.4 (6.96)	39.2 (5.14)	38.3 (6.13)
Mediana [Min, Max]	35.0 [30.0, 52.5]	39.5 [29.0, 50.0]	37.5 [29.0, 52.5]

Tabla 17. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Desviación Cubital de Muñeca Izquierda

Para la Desviación Cubital de Muñeca Izquierda observamos (ver ilustración 15, tabla 18), mediciones más distantes con el método 1, sin embargo, el método 2 con la aplicación, presentó un rango más amplio en comparación con el goniómetro tradicional.

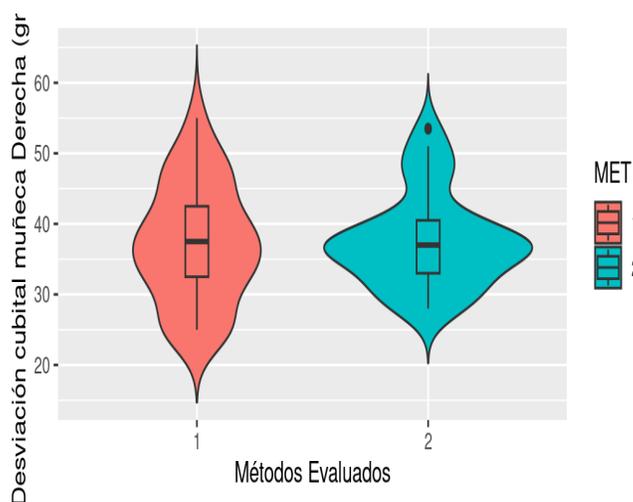


Ilustración 15. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Desviación Cubital de Muñeca Derecha

	Método 1	Método 2	TOTAL
	(N=29)	(N=29)	(N=58)
Desviación Cubital Muñeca Derecha			
Media (SD)	37.2 (8.40)	37.5 (6.65)	37.4 (7.51)
Mediana [Min, Max]	37.5 [25.0, 55.0]	37.0 [28.0, 53.5]	37.0 [25.0, 55.0]

Tabla 18. Comparativo de los métodos evaluados 1) tradicional, 2) aplicación en la Desviación Cubital de Muñeca Derecha

Finalmente, posterior a realizar las determinaciones de la media (SD) y mediana (min,max) se procedió a realizar el ICC3 del promedio de las mediciones con la goniometría tradicional y el promedio de las mediciones con el teléfono inteligente (ver tabla 19).

Al evaluar el nivel de concordancia entre los métodos de medición (goniometría tradicional vs goniometría basada en smartphone), observamos concordancias discrepantes. Por un lado, tenemos un nivel de concordancia substancial en la flexión de codo derecho (0.77) con un índice de confianza que llega a casi perfecto

(IC95% 0.57 - 0.88), lo mismo pasa con la pronación de codo izquierdo [0.63 (IC95% 0.34 - 0.81)] y la desviación radial de muñeca izquierda [0.80 (IC95% 0.62 - 0.90)].

Por contraparte en las mediciones realizadas de la extensión de muñeca derecha y la desviación radial de muñeca izquierda, se observa un nivel de concordancia leve, por lo cual la consistencia entre ambos métodos no es suficiente. Así mismo se tienen resultados regulares en 4 determinaciones y 5 con un nivel de concordancia moderada, estos últimos con un índice de confianza muy amplio que obedece a los rangos amplios de mediciones que se obtuvieron con ambos métodos.

Medición	ICC3 (IC95%)	Nivel de concordancia
<i>Flexión codo izquierdo</i>	0.22 (-0.15 - 0.54)	Regular
<i>Flexión codo derecho</i>	0.77 (0.57 - 0.88)	Substancial
<i>Extensión de codo izquierdo</i>	N/a	
<i>Extensión de codo derecho</i>	N/a	
<i>Pronación codo izquierdo</i>	0.63 (0.34 - 0.81)	Substancial
<i>Pronación codo derecho</i>	0.51 (0.18 - 0.74)	Moderado
<i>Supinación codo izquierdo</i>	0.21 (-0.16 - 0.53)	Regular
<i>Supinación codo derecho</i>	0.57 (0.26 - 0.77)	Moderado
<i>Flexión muñeca izquierda</i>	0.42 (0.07 - 0.68)	Moderado
<i>Flexión muñeca derecha</i>	0.54 (0.23 - 0.76)	Moderado
<i>Extensión muñeca izquierda</i>	0.34 (0.02 - 0.63)	Regular
<i>Extensión muñeca derecha</i>	0.05 (-0.31 - 0.41)	Leve
<i>Desviación radial muñeca izquierda</i>	0.18 (-0.20 - 0.50)	Leve
<i>Desviación radial muñeca derecha</i>	0.80 (0.62 - 0.90)	Substancial
<i>Desviación cubital muñeca izquierda</i>	0.26 (0.11 - 0.57)	Regular
<i>Desviación cubital muñeca derecha</i>	0.42 (0.42 - 0.68)	Moderado

Tabla 19. ICC3 del promedio de las mediciones con la goniometría tradicional y el promedio de las mediciones con el teléfono inteligente y nivel de concordancia

10. DISCUSIÓN

El objetivo principal del presente estudio fue “Analizar la concordancia y correlación de las mediciones de ángulos de movilidad, realizadas con la goniometría basada en una aplicación de teléfono inteligente versus la goniometría universal en codo y muñeca, en trabajadores adscritos de la UMF 45 del IMSS”. Para ello, se contó con la participación de 55 sujetos, los cuales fueron medidos por una evaluadora médico especialista en Medicina Física y de Rehabilitación del Instituto Mexicano del Seguro Social y un evaluador (Médico Residente de Medicina del trabajo y Ambiental certificado por la Universidad del Carmen en Valoración Articular mediante Goniometría (anexo e). Sin embargo, a pesar de ello, no se logró un acuerdo substancial o excelente.

Sin embargo, es importante destacar que este es el primer estudio que explora la calidad y confiabilidad de esta nueva aplicación goniométrica para teléfonos inteligentes basada en acelerómetro (Flying Ruler©) diseñada para medir ángulos de movimiento.

De los resultados obtenidos en esta investigación destacan principalmente los amplios rangos de movilidad obtenidos con la goniometría tradicional, por lo que se decidió eliminar las mediciones que se encontraban fuera del rango normal de movilidad como sugiere Chapleau J y cols. en 2011. Motivo por el cual pudo repercutir en la baja concordancia obtenida en los resultados. Aunque las mediciones fueron tomadas por un experto y el investigador principal certificado en goniometría, existen factores operador-dependiente, del entorno y del sujeto a evaluar al momento de realizar las mediciones. De estos, se observó por Van Hoof T y cols. en 2012 que la estimación visual antes de realizar la medición, automatización del proceso goniométrico, tiempo disponible para realizar la medida, la cooperación del paciente al momento de realizar las diferentes mediciones y la discrepancia de mediciones entre lado derecho e izquierdo, pueden no proporcionar resultados completamente certeros. Esto establece un precedente a tomar en cuenta en futuras investigaciones de este tipo.

En este estudio las mediciones con la goniometría tradicional se obtuvieron con una concordancia entre evaluadores de moderada a substancial en promedio como lo mencionado por Gajdosik y Bohannon en 1987, sin embargo, Behnouth B y cols. en 2016, reportan en la articulación de codo concordancias de substancial a casi perfecto, aunque en su estudio solo se establecieron mediciones de un solo brazo y en tres ocasiones. Para la concordancia entre la goniometría tradicional y la basada en una aplicación de teléfono inteligente se obtuvieron concordancias casi perfectas a diferencia de nuestra investigación en la que solo en tres determinaciones [flexión de codo derecho 0.77 (0.57 - 0.88) con una subestimación de 2° por parte del método digital, pronación de codo izquierdo 0.63 (0.34 - 0.81) con una sobrestimación de 1.6° en el método digital y la desviación radial de muñeca izquierda 0.80 (0.62 - 0.90) con una subestimación de 2.1° por parte del método digital], fue posible determinar una concordancia substancial por parte de la goniometría basada en un teléfono inteligente.

Las mediciones realizadas con la aplicación para teléfonos inteligentes muestran una variabilidad de mediciones importante entre ambos métodos. Aunque esto no era esperado de acuerdo con la literatura descrita previamente en el marco teórico de esta investigación (Van Rijn y colaboradores). También existen estudios donde los resultados obtenidos con este tipo de mediciones goniométricas no son tan favorables como se anticipaba. Como en 2017, Vauclair y colaboradores compararon la goniometría tradicional, una aplicación para teléfonos inteligentes y la goniometría mediante rayos X, en la cual reportaron que, en la flexión y la supinación del codo, las mediciones con la aplicación sobrestimaron los resultados en un medio de 6,4° y 5,9°, respectivamente. En contraste, nuestras mediciones solo sobreestimaron 1° en el codo izquierdo y subestimaron 2° en el codo derecho. Para la supinación, observamos una subestimación de 7,3° y 4° en los codos izquierdo y derecho, respectivamente. Cruz J en 2017 y cols. no examina el nivel de concordancia entre evaluadores por ser un único examinador, la variabilidad de las mediciones es comparable a la de nuestro estudio y esto se puede deber debido al tamaño del teléfono que no es posible establecer un plano paralelo al antebrazo en los movimientos de prono-supinación, así como la necesidad de apoyar el codo en

una superficie sólida para la medición con el teléfono inteligente esto debido a la sensibilidad del giroscopio que marca la medición una vez que se tiene un estatismo completo lo que conlleva mayor tiempo y dificultad al realizar las mediciones.

Para la medición de los ángulos de movimiento en la muñeca hubo una buena concordancia en la desviación radial y cubital derecha, probablemente debido a una estabilización mejor de la extremidad evaluada a diferencia de la flexión y extensión que no se obtuvo buenos resultados de concordancia, esto reportado también por Lender N, 2017 y cols. donde reportan la dificultad del uso del teléfono inteligente para medir ángulos de movimiento de la muñeca debido a los requisitos de posición específicos y las consideraciones especiales necesarias para obtener lecturas precisas, mencionando la falta de experiencia al usar la aplicación, por lo que una mejor estabilización del teléfono inteligente en la extremidad así como una mejor estabilización de la extremidad podrían mejorar las mediciones.

En una investigación por Pourahmadi MR en 2017 donde se tomaron en cuenta métodos de estabilización para la medición de ángulos de movimiento de la muñeca con goniometría tradicional vs una aplicación de teléfono inteligente obtuvieron resultados de igual manera discrepantes entre la goniometría tradicional y la del teléfono inteligente, con una subestimación con el método digital, mencionan que debido a las técnicas de colocación del goniómetro tradicional así como las dificultades en el uso del teléfono inteligente para la toma de mediciones. Sin embargo, compartimos algunas de las ventajas de esta medición como la disponibilidad de la aplicación para cualquier persona que tenga un teléfono Apple, aunque en nuestro caso Flying Ruler no se encuentra disponible para SO Android eso la haría aún más accesible.

Con el número de usuarios de teléfonos inteligentes en aumento y lo accesible de obtener una aplicación, es importante realizar validaciones de estas aplicaciones, aunque no se comprobó que el uso de una aplicación para teléfonos inteligentes fuera lo suficientemente confiable para la medición de ángulos de movimientos en codo y muñeca, existen algunas recomendaciones desde el diseño de estudio hasta

mejoras para la aplicación, con la finalidad de que investigaciones futuras puedan llevarse a cabo y obtener concordancias adecuadas para ambos métodos.

11. LIMITACIONES Y/O NUEVAS PERSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio presenta varias limitaciones:

- Diseño de estudio: Falta de experiencia en las mediciones al momento de la realización del protocolo para poder determinar criterios de selección de muestra más estrictos.
- Evaluadores: Falta de tiempo para la adaptación de tomas de mediciones con el teléfono inteligente y automatización del proceso para la toma de mediciones con la goniometría tradicional.
- Ambientales: Falta de un espacio dedicado a la toma de mediciones, falta de tiempo para la toma de mediciones debido a la agenda de pacientes.
- Aplicación móvil: Alta sensibilidad en el giroscopio por lo que es difícil mantener estático el teléfono para la toma de medición (movimiento del evaluador y de paciente), por lo mismo la toma de la medición toma en algunas ocasiones (flexión y extensión de muñeca y flexión de codo) mucho tiempo, el teléfono es muy grande para algunos ángulos de movimiento como el de las desviaciones radiales y cubitales de muñeca, falta de una opción para que se bloquee la pantalla mientras se hace la medición (similar al modo llamada) de este modo no reiniciar la medición en caso de tocar accidentalmente la pantalla.

Recomendaciones para futuras investigaciones relacionadas a este tema:

- Realizar las mediciones de cada evaluador y tener a un tercer moderador que anote las mediciones para que ambos evaluadores sean ciegos y no

haya redondeo de valores o confusión al leer los valores debido a la rapidez que se hacen las mediciones.

- Utilizar métodos de estabilización de la extremidad a medir sin que se afecten los ángulos de movimiento.
- Capacitación previa sobre la aplicación a utilizar (por lo general viene un tutorial al iniciar la aplicación por primera vez)
- Utilizar un teléfono inteligente de tamaño compacto para facilitar la medición.
- Disponer un tiempo adecuado para cada medición dependerá de la experiencia de cada evaluador, sin embargo, no establecer un tiempo límite ya que eso puede afectar la medición.

12. CONCLUSIÓN

La exactitud y precisión de las mediciones con la goniometría universal en sujetos sanos fue substancial con concordancias que van de 14% - 70%.

La concordancia y correlación realizadas con la goniometría basada en una aplicación de teléfono inteligente vs la goniometría universal fue substancial, la mayor de 0.80 (0.62 - 0.90).

Se concluye que no se cumple con la hipótesis propuesta al no alcanzar una concordancia igual o mayor de 95% entre los dos métodos evaluados.

El uso de aplicaciones podría ser confiable en algunas mediciones sin embargo se requiere elaborar protocolos más específicos para el uso de esta.

13. BIBLIOGRAFÍA

1. Taboadela CH. Goniometría: una herramienta para la evaluación de las incapacidades laborales. - Buenos Aires: Asociart ART; 2007.
2. Kapandji AI. Fisiología Articular. Tomo I Miembro Superior. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2012.
3. Melián-Ortiz A, Varillas-Delgado D, Laguarda-Val S, Rodríguez-Aparicio I, Senent-Sansegundo N, Fernández-García M, et al. Reliability and concurrent validity of the app Goniometer Pro vs Universal Goniometer in the determination of passive knee flexion. *Acta Ortop Mex.* 2019;33(1):18–23.
4. Fischer F, Kleen S. Possibilities, Problems, and Perspectives of Data Collection by Mobile Apps in Longitudinal Epidemiological Studies: Scoping Review. *J Med Internet Res.* 2021 Jan 22;23(1):e17691. doi: 10.2196/17691. PMID: 33480850; PMCID: PMC7864774
5. Yang, L., Grooten, W. J. A., & Forsman, M. (2017). An iPhone application for upper arm posture and movement measurements. *Applied Ergonomics*, 65, 492–500. <https://doi.org/10.1016/J.APERGO.2017.02.012>
6. Melián-Ortiz A, Varillas-Delgado D, Laguarda-Val S, Rodríguez-Aparicio I, Senent-Sansegundo N, Fernández-García M. Fiabilidad y validez concurrente de la app Goniometer Pro vs goniómetro universal en la determinación de la flexión pasiva de rodilla. *Acta ortop. mex [revista en la Internet]*. 2019.
7. Keogh JWL, Cox A, Anderson S, Liew B, Olsen A, Schram B, et al. (2019) Reliability and validity of clinically accessible smartphone applications to measure joint range of motion: A systematic review. *PLoS ONE* 14(5): e0215806. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215806>
8. Pietrzak K, Miechowicz I, Nowocień K, Kraszewski B, Rzymiski P. The agreement and repeatability of measurements of ankle joint dorsiflexion and popliteal angle in healthy adolescents. *J Foot Ankle Res.* 2022 Sep 7;15(1):67. doi: 10.1186/s13047-022-00572-1. PMID: 36071503; PMCID: PMC9450273.

9. Van Rijn SF, Zwerus EL, Koenraadt KL, Jacobs WC, van den Bekerom MP, Eygendaal D. The reliability and validity of goniometric elbow measurements in adults: A systematic review of the literature. *Shoulder Elbow*. 2018 Oct;10(4):274-284. doi: 10.1177/1758573218774326. Epub 2018 Jun 3. PMID: 30214494; PMCID: PMC6134535.
10. Behnoush B, Tavakoli N, Bazmi E, Nateghi Fard F, Pourgharib Shahi MH, Okazi A, Mokhtari T. Smartphone, and Universal Goniometer for Measurement of Elbow Joint Motions: A Comparative Study. *Asian J Sports Med*. 2016 Jun 11;7(2): e30668. doi: 10.5812/asjasm.30668. PMID: 27625754; PMCID: PMC5003314.
11. Ockendon M, Gilbert RE. Validation of a novel smartphone accelerometer-based knee goniometer. *J Knee Surg*. 2012 Sep;25(4):341-5. doi: 10.1055/s-0031-1299669. PMID: 23150162.
12. Keijsers R, Zwerus EL, van Lith DRM, Koenraadt KLM, Goossens P, The B, van den Bekerom MPJ, Eygendaal D. Validity and Reliability of Elbow Range of Motion Measurements Using Digital Photographs, Movies, and a Goniometry Smartphone Application. *J Sports Med (Hindawi Publ Corp)*. 2018 Nov 29; 2018:7906875. doi: 10.1155/2018/7906875. PMID: 30631776; PMCID: PMC6304590.
13. Koong DP, Lee J, Cheng TL, Little DG. Validity and reliability of smartphone inclinometer applications for measurement of elbow range of motion in pediatric patients. *J Child Orthop*. 2020 Oct 1;14(5):488-494. doi: 10.1302/1863-2548.14.200123. PMID: 33204358; PMCID: PMC7666793.
14. Gandbhir VN, Cunha B. Goniometer. 2022 Jul 30. In: *StatPearls [Internet]*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan–. PMID: 32644411.
15. Alawna MA, Unver BH, Yuksel EO. The Reliability of a Smartphone Goniometer Application Compared With a Traditional Goniometer for Measuring Ankle Joint Range of Motion. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2019 Jan;109(1):22-29. doi: 10.7547/16-128. PMID: 30964318.
16. Reid S, Egan B. The validity and reliability of DrGoniometer, a smartphone application, for measuring forearm supination. *J Hand Ther [Internet]*. 2019;32(1):110–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jht.2018.03.003>

17. Alonso-Arévalo Julio, Mirón-Canelo José Antonio. Aplicaciones móviles en salud: potencial, normativa de seguridad y regulación. *Rev. cuba. inf. cienc. salud* [Internet]. 2017 Sep [citado 2023 Jul 14] ; 28(3). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2307-21132017000300005&lng=es.
18. Super User. FLYING RULER [Internet]. Flying-ruler.com. [cited 2023 Jul 11]. Available from: <https://www.flying-ruler.com/>
19. Salud y seguridad en trabajo en América Latina y el Caribe (América Latina y el Caribe). [cited 2023 Jul 11]; Available from: <https://www.ilo.org/americas/temas/salud-y-seguridad-en-trabajo/lang--es/index.html>
20. Memorias estadísticas del IMSS 2021-2022. Sitio Web “Acercando el IMSS al Ciudadano” [Internet]. Gob.mx. [cited 2023 Jul 11]. Available from: <http://www.imss.gob.mx/conoce-al-imss/memoria-estadistica-2022>
21. Vancouver: Arifin WN. Sample size calculator (web) [Internet]. 2024 [cited 10 January 2024]. Available from: <http://wnarifin.github.io>
22. Shrout, P. E., & Fleiss, J. L. (1979). Intraclass correlations: Uses in assessing rater reliability. *Psychological bulletin*, 86(2), 420–428. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.86.2.420>
23. De Diputados, C., Congreso De, D. H., & Unión, L. A. (s/f). *REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE SALUD EN MATERIA DE INVESTIGACION PARA LA SALUD*. Gob.mx. Recuperado el 12 de mayo de 2023, de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGS_MIS.pdf
24. *Declaración de Helsinki de la AMM – Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos*. (s/f). Wma.net. Recuperado el 12 de mayo de 2023, de <https://www.wma.net/es/policias-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/>
25. Declaración de Ginebra, Adoptada por la V Asamblea de la Sociedad de Naciones, 24/09/1924 Biblioteca Jurídica Virtual del Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM, Disponible: www.juridicas.unam.mx
26. Mandeville PB. El coeficiente de relación intraclase. Ciencia UANL, 2005.

27. Chapleau J, Canet F, Petit Y, Laflamme GY, Rouleau DM. Validity of goniometric elbow measurements: comparative study with a radiographic method. *Clin Orthop Relat Res*. 2011 Nov;469(11):3134-40. doi: 10.1007/s11999-011-1986-8. Epub 2011 Jul 21. PMID: 21779866; PMCID: PMC3183177.
28. Van Hoof T, Vangestel C, Shacklock M, Kerckaert I, D'Herde K. Asymmetry of the ULNT1 elbow extension range-of-motion in a healthy population: consequences for clinical practice and research. *Phys Ther Sport*. 2012 Aug;13(3):141-9. doi: 10.1016/j.ptsp.2011.09.003. Epub 2011 Oct 26. PMID: 22814447.
29. Cruz J, Morais N. Intrarater Agreement of Elbow Extension Range of Motion in the Upper Limb Neurodynamic Test 1 Using a Smartphone Application. *Arch Phys Med Rehabil*. 2016 Nov;97(11):1880-1886. doi: 10.1016/j.apmr.2016.05.001. Epub 2016 May 17. PMID: 27207436.
30. Lendner N, Wells E, Lavi I, Kwok YY, Ho PC, Wollstein R. Utility of the iPhone 4 Gyroscope Application in the Measurement of Wrist Motion. *Hand (N Y)*. 2019 May;14(3):352-356. doi: 10.1177/1558944717730604. Epub 2017 Sep 16. PMID: 28918662; PMCID: PMC6535937.
31. Pourahmadi MR, Ebrahimi Takamjani I, Sarrafzadeh J, Bahramian M, Mohseni-Bandpei MA, Rajabzadeh F, Taghipour M. Reliability and concurrent validity of a new iPhone® goniometric application for measuring active wrist range of motion: a cross-sectional study in asymptomatic subjects. *J Anat*. 2017 Mar;230(3):484-495. doi: 10.1111/joa.12568. Epub 2016 Dec 2. PMID: 27910103; PMCID: PMC5314391.

14. ANEXOS

a) Consentimiento informado

 Carta de consentimiento informado para participación en protocolos de investigación en salud	
Lunes 13 de Noviembre de 2024 San Luis Potosi, S.L.P	
No. de registro institucional _____	
Título del protocolo:	Calidad y confiabilidad de una aplicación para teléfonos inteligentes para la medición ángulos de movimiento de codo y muñeca en trabajadores adscritos a la UMF 45, SLP
Justificación y objetivo de la investigación:	Medir cómo se mueven nuestras articulaciones es importante cuando vamos al doctor o al trabajo para cuidar nuestra salud. Desde hace muchos años, se han usado herramientas especiales para medir estos movimientos, pero hoy en día, con los teléfonos celulares, han aparecido muchas aplicaciones que también lo hacen. Sin embargo, todavía no se ha probado si funcionan del todo bien. Este trabajo busca comprobar si una aplicación en el celular es efectiva para medir los movimientos de las articulaciones en el área de Salud en el Trabajo.
Procedimientos y duración de la investigación	Si estás de acuerdo en participar, tendrás que firmar para dar tu consentimiento. Una vez firmado, dos doctores tomarán medidas en tu codo y muñeca, y este proceso tomará alrededor 5 minutos.
Riesgos y molestias:	Posibles molestias: Puede que sientas dolor al mover tus articulaciones o durante las mediciones. Si esto ocurre, se detendran las mediciones. El tiempo total de las mediciones no pasará de 5 minutos.
Beneficios que recibirá al participar en la investigación:	La participación en el presente estudio contribuirá con la mejora en el servicio de salud en el trabajo, teniendo esto como beneficio mas rapidez en la atención con tiempos cortos de espera para los pacientes.
Información sobre resultados y alternativas de tratamiento:	Tu participación en este estudio ayudará a mejorar el servicio de salud en el trabajo. Como beneficio, los pacientes podrán recibir atención más rápida y con menos tiempo de espera.
Participación o retiro:	Participar en este estudio es por completo voluntario, y el paciente puede decidir salirse en cualquier momento si así lo desea.
Privacidad y confidencialidad:	Los datos que se recojan en este estudio son solo para fines académicos y siempre se manejarán de manera confidencial y segura. No se usará tu nombre, solo un número de paciente, para proteger tu información personal.
En caso de dudas o aclaraciones relacionadas con la investigación podrá dirigirse a:	

En caso de dudas o aclaraciones sobre sus derechos como participante podrá dirigirse a:
Comité Local de Ética de Investigación en Salud del CNIC del IMSS: Avenida Cuauhtémoc 330 4°
piso Bloque "B" de la Unidad de Congresos, Colonia Doctores. México, D.F., CP 06720. Teléfono
(55) 56 27 69 00 extensión 21230, correo electrónico: comité.eticainv@imss.gob.mx.

Investigador Responsable:
Dr. Carlos Armando Vélez Dávila
Matricula 99250780
Adscripción: UMF 45 SLP

Colaboradores:
Dr. Juan Carlos Lopez Guerrero
Matrícula: 97252118.
Adscripción: UMF 45 SLP

Declaración de consentimiento:

<input type="checkbox"/>	No autorizo participar en el estudio.
<input type="checkbox"/>	Si autorizo participar y que se utilice la información solo para este estudio.

Se conservarán los datos o muestras hasta por 1 año tras lo cual se destruirán.

Nombre y firma del participante

Nombre y firma de quien obtiene el
consentimiento

Nombre y firma del testigo 1

Nombre y firma del testigo 2

b) Cedula para recolección de datos

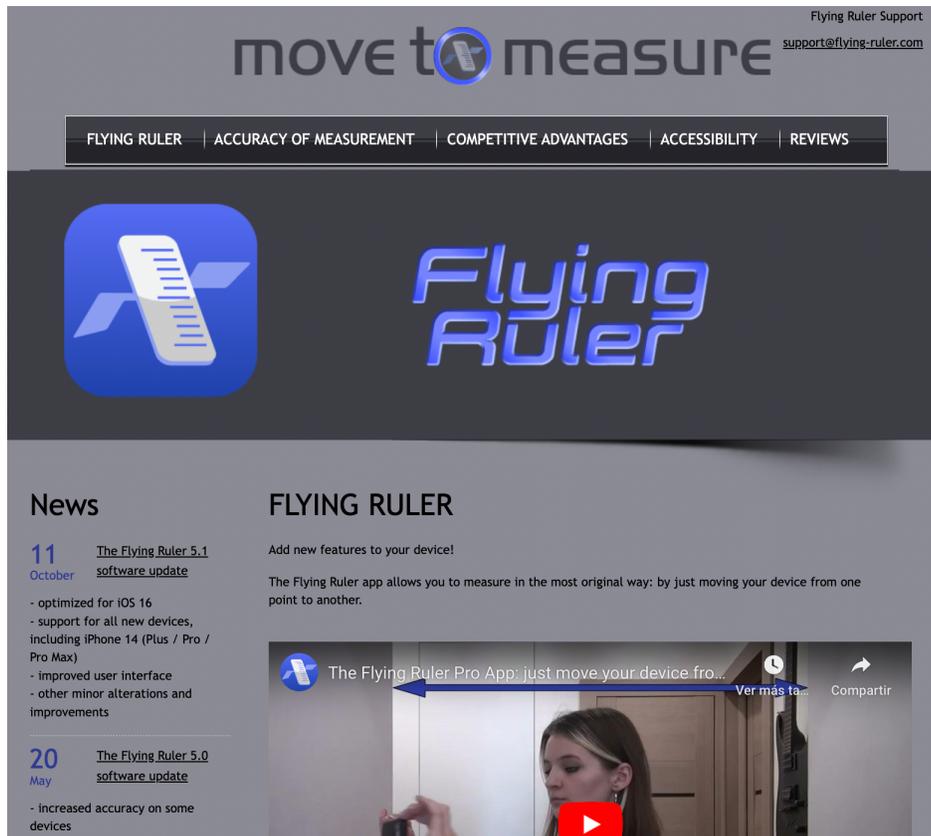
Cedula de obtencion de datos goniometricos							
Evaluador:							
Edad:				Sexo:			
No.Folio							
		Miembro Superior Izquierdo			Miembro superior derecho		
		Goniometria tradicional	Goniometria Digital	Diferencia	Goniometria tradicional	Goniometria Digital	Diferencia
Codo:	Flexión 1						
	Flexión 2						
	Extensión 1						
	Extensión 2						
	Pronación 1						
	Pronación 2						
	Supinación 1						
	Supinación 2						
Muñeca	Flexión 1						
	Flexión 2						
	Extensión 1						
	Extensión 2						
	Desviación radial 1						
	Desviación radial 2						
	Desviación cubital 1						
	Desviación cubital 2						

c) Base de datos

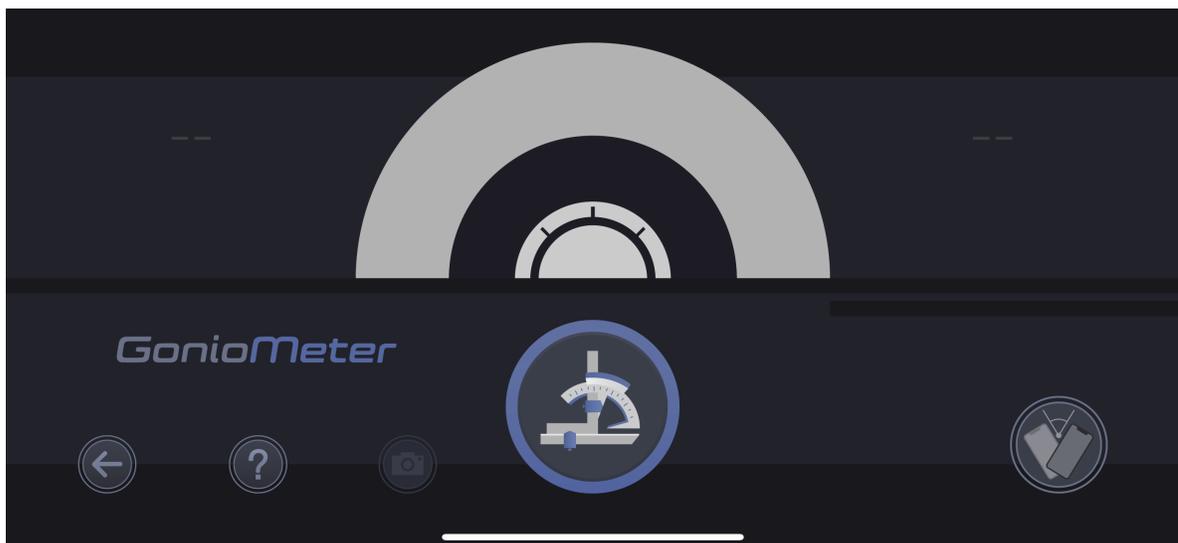
Paciente	Codo				Muñeca			
	Flexión	Extensión	Pronación	Supinación	Flexion	Extención	Desviación radial	Desviación cubital
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								
41								
42								
43								
44								
45								
46								
47								
48								
49								
50								
51								
52								
53								
54								
55								

d) Aplicación de smartphone: Goniometro

Página web del desarrollador, link: <https://www.flying-ruler.com/>



Captura de pantalla real de la aplicación en el smartphone.





académica

Otorga la presente

CONSTANCIA

a:

Juan Carlos Lopez Guerrero

Por su destacada participación en el curso:

Valoración articular mediante goniometría

Creado por personal académico de la Universidad Autónoma del Carmen



Con una duración de 20 horas de estudio

Mtra. Vianet Murrieta Álvarez
Responsable de Académica



FUNDACIÓN
Carlos Slim

TELMEX
está contigo

Ciudad de México, 30 de septiembre de 2024



e) Certificación goniometría

f) Aprobación por el comité de ética local



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
SEGURIDAD Y SOLIDARIDAD SOCIAL

Dirección de Prestaciones Médicas
Unidad de Educación e Investigación
Coordinación de Investigación en Salud



Dictamen de Aprobado

Comité Local de Investigación en Salud **2402**.
H GRAL ZONA -MF- NUM 1

Registro COFEPRIS **17 CI 24 028 082**
Registro CONBIOÉTICA **CONBIOETICA 24 CEI 003 2018072**

FECHA **Viernes, 13 de diciembre de 2024**

Doctor (a) CARLOS ARMANDO VÉLEZ DÁVILA

P R E S E N T E

Tengo el agrado de notificarle, que el protocolo de investigación con título **CALIDAD Y CONFIABILIDAD DE UNA APLICACIÓN PARA TELÉFONOS INTELIGENTES PARA LA MEDICIÓN ÁNGULOS DE MOVIMIENTO DE CODO Y MUÑECA EN TRABAJADORES ADSCRITOS A LA UMF 45, SLP** que sometió a consideración para evaluación de este Comité, de acuerdo con las recomendaciones de sus integrantes y de los revisores, cumple con la calidad metodológica y los requerimientos de ética y de investigación, por lo que el dictamen es **A P R O B A D O**:

Número de Registro Institucional

R-2024-2402-050

De acuerdo a la normativa vigente, deberá presentar en junio de cada año un informe de seguimiento técnico acerca del desarrollo del protocolo a su cargo. Este dictamen tiene vigencia de un año, por lo que en caso de ser necesario, requerirá solicitar la reaprobación del Comité de Ética en Investigación, al término de la vigencia del mismo.