



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL**  
DELEGACIÓN SUR DEL DISTRITO FEDERAL  
JEFATURA DE PRESTACIONES MÉDICAS  
**UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN SIGLO XXI**  
COORDINACIÓN CLÍNICA DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN EN SALUD  
UNIDAD CERTIFICADA POR EL CONSEJO DE SALUBRIDAD GENERAL

*VALOR PRONÓSTICO DE LA VELOCIDAD ANGULAR DE CODO Y RODILLA  
MEDIANTE ACELERÓMETRO TRIAXIAL EN ADULTOS MAYORES EN  
PRESENCIA DE SARCOPENIA*

**TESIS**

PARA OBTENER EL DIPLOMA DE  
ESPECIALISTA EN MEDICINA DE REHABILITACIÓN

PRESENTA  
**DRA. ERIKA IRAIS CRUZ REYES**

ASESORES:  
DRA. MARÍA DEL CARMEN MORA ROJAS.  
DR. JESÚS MARTÍN MARTÍNEZ SEVILLA.

MÉXICO, D.F.

2013



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**INSTITUTO MEXICANO DEL SGURO SOCIAL**  
**DELEGACIÓN SUR DEL DISTRITO FEDERAL**  
**UNIDAD DE MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN SIGLO XXI**  
**COORDINACIÓN CLÍNICA DE EDUCACIÓN E INVESTIGACIÓN EN SALUD**  
**UNIDAD CERTIFICADA POR EL CONSEJO DE SALUBRIDAD GENERAL**

Título:

*VALOR PRONÓSTICO DE LA VELOCIDAD ANGULAR DE CODO Y RODILLA  
MEDIANTE ACELERÓMETRO TRIAXIAL EN ADULTOS MAYORES EN  
PRESENCIA DE SARCOPENIA*

Investigador:

**DRA. ERIKA IRAIS CRUZ REYES**

Médico residente de tercer grado en la especialidad de Medicina de Rehabilitación

Asesores:

❖ **DRA. MARÍA DEL CARMEN MORA ROJAS**

Médico especialista en Medicina de Rehabilitación. Jefa de Enseñanza e Investigación Clínica UMFRSXXI

❖ **DR. JESÚS MARTÍN MARTÍNEZ SEVILLA**

Médico especialista en Medicina de Rehabilitación

## HOJA DE AUTORIZACIÓN

---

**DR. MARIO IZAGUIRRE HERNÁNDEZ**

Médico especialista en Audiología y Otoneurología  
Director Médico de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Siglo XXI

---

**DR. JAIME ALFREDO CASTELLANOS ROMERO**

Médico especialista en Medicina de Rehabilitación  
Subdirector Médico de la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Siglo XXI

---

**DRA. MARÍA DEL CARMEN MORA ROJAS**

Médico especialista en Medicina de Rehabilitación  
Jefe de la Coordinación Clínica de Educación e Investigación en Salud  
Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Siglo XXI

## HOJA DE AUTORIZACIÓN DE ASESORES

---

**DRA. MARÍA DEL CARMEN MORA ROJAS**

Médico especialista en Medicina de Rehabilitación  
Jefe de la Coordinación Clínica de Educación e Investigación en Salud  
Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Siglo XXI  
Asesor

---

**DR. JESÚS MARTÍN MARTÍNEZ SEVILLA**

Médico especialista en Medicina de Rehabilitación  
Maestría en administración de sistemas de salud  
Centro de Rehabilitación Iztapalapa; Sistema Nacional DIF  
Asesor Metodológico

## *DEDICATORIA*

A la vida y a mis padres que me la regalaron,  
Cada paso ha sido parte de esta hermosa travesía.  
A mi hermano, amigos y maestros por estar siempre allí  
Y ayudarme mediante su guía, sapiencia y cariño.

## AGRADECIMIENTOS

A mi familia: mis padres Irma Reyes Ramírez y Víctor Manuel Cruz Orozco, y mi hermano Juan Manuel Cruz Reyes, por darme el amor y apoyo que requería, su comprensión en mis constantes ausencias y su impulso cada vez que pensaba que no lo lograría.

A mis asesores de tesis la Dra. María del Carmen Mora Rojas y el Dr. Jesús Martínez Sevilla, sin su conocimiento, experiencia y apoyo jamás podría haber transmitido lo que deseaba en este trabajo.

A la Facultad de ingeniería de la UNAM, en específico al Departamento de Ingeniería biomédica extraordinariamente dirigido por el M.I. Juan Manuel Gómez, y a la Ingeniera Paola Corona Téllez por su trabajo arduo, su entusiasmo en este proyecto y su colaboración en cada parte del procedimiento.

A la UMF 7 al Dr. Juan Olmos y la Dra. Elvira Álvarez, así como a las asistentes médicas que me facilitaron el acceso a los pacientes.

A mis amigas Paola Corona Téllez, Isela Valverde Luna sin su ayuda no podría haberlo logrado fueron mi mano derecha e izquierda agradezco que me hayan dado soporte siempre en cada éxito y fracaso, a mis amigas Elzi Garrido Rivera y Giovanna Jaimes Yescas por su apoyo incondicional y haberme encaminado en este proyecto, a mis amigos Ana Laura Sosa y Javier Arriaga que siempre me brindaron apoyo de todo tipo y compartieron esas tardes larguísimas durante unos meses, y a todos mis demás amigos y compañeros R3 que contribuyeron a la causa de diferentes formas: Gina García, Ana López, Jenny Meneses, Luz Rodríguez, Abril Seañez y Christian Mendoza.

A mis R1 Gisela Medorio, Gabriela Guzmán, Mabel Jaime, Carla Morán, Patricia Acosta, Teresa Álvarez, Víctor López, Elizabeth Villegas, Marah Gutiérrez, Nancy Cruz, Mónica García, Carmen Hernández, Juan Rojas, Marcelo Santana y Blanca Equihua, gracias por haberme ayudado en el proceso con los pacientes y darme ánimo cada vez que olvidaba el objetivo principal y alegrar esas tardes de encierro.

A todo el personal de la UMFRSXXI que me facilitó el acceso de los pacientes y su debida atención.

## ÍNDICE

HOJA DE AUTORIZACIÓN .....	3
HOJA DE AUTORIZACIÓN DE ASESORES .....	4
<i>DEDICATORIA</i> .....	5
<i>AGRADECIMIENTOS</i> .....	6
ÍNDICE .....	7
RESUMEN .....	8
<i>INTRODUCCIÓN</i> .....	9
<i>ANTECEDENTES</i> .....	11
<i>JUSTIFICACIÓN</i> .....	20
<i>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</i> .....	23
<b>OBJETIVOS DEL ESTUDIO</b> .....	24
<b>General</b> .....	24
<b>Específicos</b> .....	24
<i>MATERIAL Y MÉTODOS</i> .....	25
<i>RESULTADOS</i> .....	30
<i>DISCUSIÓN</i> .....	48
<i>RECOMENDACIONES</i> .....	54
<i>CONCLUSIONES</i> .....	56
<b>REFERENCIAS</b> .....	59
<i>ANEXOS</i> .....	62
<i>ANEXO I</i> .....	62
<i>ANEXO II</i> .....	63
<i>ANEXO III</i> .....	64
<i>ANEXO IV</i> .....	65
<i>ANEXO V</i> .....	66
<i>ANEXO VI</i> .....	68
<i>ANEXO VII</i> .....	70

## RESUMEN

### **Valor pronóstico de la velocidad angular de codo y rodilla mediante acelerómetro triaxial en adultos mayores en presencia de sarcopenia**

*Cruz-Reyes EI, Mora-Rojas MC, Martínez-Sevilla JM. Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Siglo XXI; IMSS, Delegación Sur; México, D.F.*

**Introducción:** Sarcopenia se define como disminución de la masa muscular esquelética y fuerza en forma gradual y generalizada se relaciona con el envejecimiento; con mayor relevancia al ser un problema de salud pública es causa de discapacidad entre los adultos mayores. La potencia muscular ( $P=F \times V$ ) es un parámetro que podría agregarse para su diagnóstico pues refleja de forma más certera el desempeño físico.

**Objetivo:** Demostrar el valor pronóstico de la velocidad angular de codo y rodilla en adultos mayores para el diagnóstico de sarcopenia mediante el uso de un dispositivo hecho con un acelerómetro triaxial.

**Material y Métodos:** Diseño: Prospectivo, transversal, analítico y observacional. Lugar: UMF 7 y UMFRSXXI. Sujetos: Adultos mayores de 60 a 85 años con comorbilidad en control y marcha con o sin uso de auxiliar. Procedimientos: 1) Validación del dispositivo con acelerómetro. 2) Integración del diagnóstico de sarcopenia. 3) Medición de velocidad angular de codo y rodilla.

**Análisis estadístico:** Estadística descriptiva medidas de tendencia central; curvas COR con puntos de corte de variables cuantitativas y estadística inferencial con la prueba correlación Pearson, y  $X^2$  con un nivel de significancia estadística de  $p < 0.05$ . Determinando Odds Ratio (OR).

**Resultados:** Se determinó el 36.9% con sarcopenia (en mayor proporción obesidad sarcopénica). La velocidad angular de rodilla es un factor asociado a la sarcopenia (punto de corte de 112°/s) OR 5.252 ( $P < 0.05$ ). No se demuestra significancia estadística con la velocidad angular de codo.

**Conclusiones:** Se determina como factor más importante y principal la velocidad angular de rodilla asociada a sarcopenia con valor pronóstico de OR 5,252:1, significancia estadística de  $X^2$  Pearson  $p < 0.000$ .

**Palabras clave:** Sarcopenia, Acelerometría, Velocidad angular, Adultos mayores.

## **INTRODUCCIÓN**

La sarcopenia directa e indirectamente se ha convertido en una causa de discapacidad entre los adultos mayores, más frecuente de lo que se infiere, y al no ser cuantificada como muchos otros padecimientos en el país, no ha sido posible concertar una cifra exacta de su incidencia, prevalencia y la cifra exacta con la discapacidad; así mismo la falta de búsqueda intencional de este diagnóstico y a veces el no contar con los medios adecuados para el mismo dificultan la intervención por parte del equipo de salud.

Es un tema que cada día va tomando mayor relevancia no sólo en el ambiente médico sino en la sociedad, al ser un problema de salud pública ya que se relaciona de forma importante con el impacto de la inversión de la pirámide poblacional en México, lo cual es un hecho que día a día va en aumento, y en algunos años la población adulta será la más significativa, sin embargo si esta población no se encuentra en óptimas condiciones de salud, funcionalidad e independencia el problema lejos de disminuir aumentará los costos en salud, por lo que el diagnóstico de sarcopenia es una necesidad.<sup>(1)</sup>

De acuerdo a un consenso europeo la sarcopenia se define como la disminución de la masa muscular esquelética y la fuerza en forma gradual y generalizada que se relaciona con el envejecimiento<sup>(2)</sup>. Sin embargo mientras su definición sigue en controversia en muchos países y para varias ramas de la medicina, sus estragos van en aumento, por lo que un diagnóstico precoz, tratamiento y prevención son los puntos claves para abordar el problema.

El consenso europeo de definición y diagnóstico de sarcopenia realizado en 2009 estableció criterios específicos para su diagnóstico, sin embargo, algunos métodos no tienen suficiente difusión, son de alto costo o tienen menos capacidad de integración diagnóstica, por lo cual tener al alcance éstas herramientas, mejorarlas y hacer otras más accesibles son las tareas que debemos llevar a cabo para prevenir complicaciones mediante la realización del diagnóstico e intervenciones

adecuadas y oportunas y en consecuencia mejorar la calidad de vida de los adultos mayores que padecen de sarcopenia.<sup>(2)</sup>

Existen para su tratamiento, indicaciones nutricionales y farmacológicas, así mismo la actividad física es un punto clave para su remisión, sin embargo se ha relegado ante la falta de difusión y estudio de ésta modalidad terapéutica, por lo que la intervención de la rehabilitación es imprescindible a todos los niveles.

## *ANTECEDENTES*

La sarcopenia se define como la disminución de la masa muscular esquelética y la fuerza en forma gradual y generalizada que se relaciona con el envejecimiento <sup>(2)</sup>, lo cual conlleva a la discapacidad, disminución de la calidad de vida y aumento de la mortalidad en distintos niveles y de acuerdo a la correlación directa con el grado de severidad de la misma.

La transición demográfica se define como un proceso durante el cual se pasa de una dinámica de crecimiento de la población caracterizada con altos niveles de mortalidad y fecundidad, a otra de bajo crecimiento poblacional, básicamente debido a una mortalidad y fecundidad reducidas; en una etapa intermedia se pueden observar elevadas tasas de población como resultado del desfase entre los inicios del descenso de la mortalidad y de la fecundidad <sup>(1)</sup> En el mundo la transición demográfica es un panorama latente y México comienza a entrar en esa etapa indiscutiblemente, y nuestro sistema de salud aún no logra avocarse a la atención geriátrica desde el punto de vista preventivo, ya que el tipo de enfermedades al que nos enfrentaremos serán distintas a las que hoy en día son más frecuentes.

El crecimiento diferenciado en los distintos grupos de edad provocará que la proporción de adultos mayores (60 años y más) crezca en forma significativa en los próximos años, según el Fondo de Población de Naciones Unidas (UNFPA por sus siglas en inglés), en 2011, 11.2% de la población mundial tiene 60 años o más y se espera que en 2050 aumente al 21.8 por ciento; mientras que la proporción de niños (menores de 15 años) tenderá a disminuir de 26.6% a 20.5% durante el mismo periodo <sup>(1)</sup>. Por lo cual la atención a la salud del adulto mayor es una prioridad indiscutible que debe tomarse en consideración debido a que las patologías que involucran a este grupo de edad son una amplia gama que incluyen síndromes geriátricos como: síndrome de caídas, síndrome de fragilidad, de reposo prolongado, trastornos de la marcha, trastornos del sueño, maltrato o

abuso; y así mismo trastornos de la composición corporal como lo son la sarcopenia y la obesidad sarcopénica, entre otros, que pueden presentarse de una forma simple o en complejas interacciones, deteriorando de manera importante la vida y calidad de vida de los individuos.

De acuerdo a el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) la población en México en el año 2010 fue cuantificada en 112.3 millones de personas, siendo el onceavo país más poblado del mundo, de este total al menos el 9% corresponde a los adultos mayores para el año 2010 <sup>(1)</sup>. Por lo que en México la incidencia de los síndromes geriátricos tenderá a elevarse y es necesaria tanto una detección oportuna como una intervención adecuada.

Los cambios en el sistema músculo-esquelético conforme avanza la edad son fisiológicos e incluyen cambios estructurales (debido al desajuste de la síntesis y degradación de proteínas), disminución de la velocidad de contracción, rigidez músculo-tendinosa, y otros que influyen de forma importante en el desempeño físico y por tanto el grado de dependencia de los adultos mayores <sup>(3)</sup> esto aunado a una vida sedentaria y a presencia de comorbilidades en órganos diana <sup>(4)</sup>. A pesar de que estos cambios se presenten de forma fisiológica, pueden tener mayor o menor impacto de acuerdo a la actividad física previa y actual de cada individuo así como la influencia de factores hormonales, dietéticos y genéticos.

Muchas actividades motrices requieren rápidos cambios de la activación muscular, y esta disminución de la velocidad de activación puede presentarse como un obstáculo particular cuando las demandas son elevadas como al realizar una caminata rápida, subir y bajar escaleras y recuperación del balance <sup>(3)</sup>. Antes de que los cambios sujetos a la edad se lleven a cabo, las fibras musculares poseen plasticidad en sus propiedades bioquímicas y morfológicas al estar sometidas a diferentes demandas funcionales <sup>(5)</sup>.

La sarcopenia tiene como consecuencia pérdida funcional y a mediano y largo plazo discapacidad que conlleva a una disminución de la calidad de vida y por tanto aumento de la mortalidad, y esto está inmerso en la gran cantidad de patologías con las que puede relacionarse o difuminarse su presencia. La rehabilitación se encarga de intentar reestablecer funciones y reintegrar al ambiente social del individuo con discapacidad.

Al tomar en cuenta las cifras de prevalencia de sarcopenia podríamos considerar que al menos el 30% de nuestros adultos mayores cuentan con una discapacidad que va mellando su salud y complicándose con otros síndromes geriátricos (síndrome de caídas, fragilidad) elevando así el riesgo de mortalidad y afectando a la salud pública <sup>(6)</sup>. El diagnóstico de sarcopenia puede llevarse a cabo mediante distintos medios, sin embargo, el Consenso Europeo de definición y diagnóstico de la sarcopenia estableció criterios con los cuales se ha demostrado llegar al diagnóstico de una manera adecuada. Los criterios diagnósticos son 3: 1) disminución de la masa muscular, 2) disminución de la fuerza muscular y 3) disminución del rendimiento físico; y se requiere la presencia del criterio 1 (obligado); aunado al criterio 2 y/o 3 [Tabla 1] <sup>(2)</sup>, medidos a través de diferentes métodos dependiendo de si se trata de investigación o su aplicación en la clínica.

Tabla 1

#### **CRITERIOS PARA EL DIAGNÓSTICO DE SARCOPENIA**

- 1. Disminución de la masa muscular.**
- 2. Disminución de la fuerza muscular.**
- 3. Disminución del rendimiento físico.**

La justificación del uso de dos criterios es la siguiente: la fuerza muscular no depende exclusivamente de la masa muscular y la relación entre fuerza y masa no es lineal, la definición exclusiva de sarcopenia en relación con la masa muscular es demasiado estrecha y podría tener una utilidad clínica limitada <sup>(2)</sup>. Y para medir la masa muscular, la fuerza muscular y el rendimiento físico se utilizan varios métodos (Tabla 2).

La etiología de la sarcopenia incluye complejas interacciones entre el sistema endocrino, las enfermedades neurodegenerativas, la nutrición inadecuada y/o malabsorción, así como el envejecimiento per se y el desuso y caquexia.

Tabla 2

VARIABLE	INVESTIGACIÓN	PRÁCTICA CLÍNICA
<b>Masa muscular</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tomografía computarizada</li> <li>✓ Imagen de resonancia magnética</li> <li>✓ Absorbimetría de rayos X de energía dual (DEXA).</li> <li>✓ Análisis de Bioimpedancia</li> <li>✓ Potasio total o parcial en tejido blando magro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Análisis de Bioimpedancia</li> <li>✓ DEXA</li> <li>✓ Antropometría</li> </ul>
<b>Fuerza Muscular</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fuerza de prensión de mano</li> <li>✓ Pico de flujo espiratorio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fuerza de prensión de mano</li> </ul>
<b>Rendimiento físico (Actividad física)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Batería corta de desempeño físico (SPPB)</li> <li>✓ Velocidad de la marcha</li> <li>✓ Test cronometrado levántate y anda</li> <li>✓ Test de capacidad para subir escaleras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ SPPB</li> <li>✓ Velocidad de la marcha</li> <li>✓ Test levántate y anda</li> </ul>

A la sarcopenia se le atribuyen varios factores como: atrofia selectiva de las fibras musculares tipo II como resultado de la muerte de neuronas motoras, decremento de la actividad física, alteraciones hormonales (inicio de la menopausia y disminución de los niveles de testosterona), deficiente ingesta calórica y de proteínas, presencia de mediadores inflamatorios, y síntesis alterada de proteínas con degradación excesiva de las mismas. Junto con estos cambios hay también modificaciones en la estructura muscular que conllevan la alteración de la fuerza y

la velocidad, y consecuentemente la fuerza y la potencia muscular se ven alteradas y a su vez traen como resultado: disminución de la velocidad de la marcha, un incrementado riesgo de caídas y una reducción importante en la capacidad de realizar las actividades de la vida diaria, lo que contribuye a un aumento importante del nivel de dependencia y una disminución significativa de la calidad de vida <sup>(7)</sup>.

Independientemente de la edad, la sarcopenia y las alteraciones funcionales significativas del músculo, la función contráctil de las fibras remanentes puede estar preservada en los ancianos, ya que existe una regulación positiva de los niveles basales de varios factores miogénicos, lo cual sugiere cierta plasticidad a las diferentes demandas funcionales, lo cual permite compensar de forma parcial el déficit de la masa muscular en un intento de mantener una capacidad de generación de fuerza óptima <sup>(5)</sup>.

Estudios recientes mencionan que la sarcopenia podría ser secundaria a la debilidad muscular en los ancianos, y han demostrado que la fuerza muscular, mas no la masa muscular, está independientemente asociada con el desempeño de las extremidades inferiores, otro factor que incrementa el grado de dependencia <sup>(5)</sup>. La fuerza muscular en los adultos está relacionada con el desempeño en las actividades de la vida diaria, incluyendo la marcha la cual mediante entrenamiento de la fuerza mejora muchas características fisiológicas en adultos mayores, resultando en una mejor movilidad y una mayor velocidad de la marcha, por lo que mantener e incrementar la velocidad de la marcha es clínicamente importante por su capacidad como predictor funcional en las actividades de la vida diaria y el estado clínico de los adultos mayores <sup>(8)</sup>.

La fuerza muscular y la habilidad para desarrollar una velocidad alta durante la contracción muscular son fuertes predictores de la función diaria en los adultos mayores, mientras que la masa muscular es menos decisiva en las actividades de la vida diaria <sup>(9)</sup>. La potencia muscular se define como el trabajo realizado en un

período de tiempo, o como el producto de la fuerza y la velocidad del movimiento. Por lo que cualquier afección neural o muscular contribuirá al declive de la potencia y por tanto del desempeño de la función física <sup>(10)</sup>.

Para la detección de la sarcopenia, es muy frecuente la utilización de las medidas antropométricas, sin embargo no son suficientes por sí mismas para detectar déficit de la función. Técnicas como la absorbiometría de rayos X de energía dual (DEXA), son muy costosas en nuestro medio, por lo que se deben optimizar costos para una buena detección sin por ello perder la objetividad; otras como la dinamometría son factibles siempre y cuando se cuente con el equipo, el cual tiene un costo elevado, y con capacitación para realizar el estudio de la manera adecuada, el montaje del dinamómetro depende de la habilidad del evaluador y varía dependiendo del tipo de equipo y marca, y variando en tiempo de acuerdo a estos dos, por lo que dentro de la práctica clínica diaria no es una herramienta accesible para una unidad de rehabilitación básica dentro de una Unidad de Medicina Familiar, siendo la derivación a un tercer nivel para la realización de la prueba o tratamiento en base a isocinecia un proceso difícil para el paciente debido al tiempo y trayecto de traslados así como los costos que implica para un adulto mayor de bajos recursos.

Hay un mayor interés hoy en día por entender las determinantes del desempeño muscular y no solamente el tamaño de la masa muscular, como la velocidad, ya que si se encuentra disminuida, afecta la producción de fuerza dinámica en los miembros pélvicos aún en ancianos sanos <sup>(10)</sup>. La magnitud de la reducción en la longitud del paso y la velocidad de la marcha están asociadas con la magnitud de cualquier declive en la salud durante el envejecimiento <sup>(8)</sup>. Muchos estudios han detectado que la velocidad de contracción muscular se encuentra disminuida en adultos sanos comparados con adultos jóvenes estimando un índice de velocidad máxima mediante aparatos de isocinecia, para comparar; mientras que estudios in vitro comienzan a detectar un declive en la velocidad de la miosina en fibras tipo I que se relaciona con la edad <sup>(7)</sup>.

Se ha establecido que hay un patrón de disminución de la fuerza muscular conforme a las décadas de la vida, presentándose un incremento importante en la 2ª y 3ª décadas, seguido por una meseta y un declive a partir de la 5ª década, que involucra a varios grupos musculares, los cuales parecen ser más evidentes en miembros pélvicos <sup>(11)</sup>.

La potencia muscular se define como el producto de la fuerza por la velocidad, esta velocidad puede ser tanto lineal como angular, y es un parámetro menos utilizado en la práctica clínica, sin embargo se ha demostrado su relación directa con la funcionalidad sobre todo a nivel de miembros pélvicos <sup>(12)</sup>. La potencia muscular voluntaria máxima declina con la edad y este deterioro ha mostrado ser predictivo en la movilidad en los adultos mayores, la medición de la potencia depende de la tasa de movimiento y por tanto es más sensible que otras mediciones tradicionales como la fuerza muscular <sup>(3)</sup>. Por lo que la medición de la fuerza o la velocidad traducen de forma indirecta la potencia muscular y por tanto también son predictivos.

Se ha aceptado, en general, que los músculos extensores de la rodilla son de gran importancia en una gran variedad de tareas cotidianas, y siendo este el grupo más afectado en cuanto a disminución de la fuerza en miembros pélvicos, mientras que en miembros torácicos son los flexores de codo los que más fuerza pierden conforme avanza la edad <sup>(9)</sup> <sup>(7)</sup>. La funcionalidad de las piernas disminuye considerablemente en la vejez, por lo que se involucra en el grado de dependencia y la presencia del síndrome de caídas siendo ambos factores de gran impacto en el rol social de los adultos mayores. <sup>(13)</sup>

Las relaciones potencia-velocidad y fuerza-velocidad pueden ser de utilidad para medir máxima potencia, fuerza óptima y velocidad óptima a diferentes edades al realizar extensión de rodilla. La fuerza óptima y la velocidad óptima son respectivamente la fuerza y velocidad a la que la máxima potencia del miembro pélvico ocurre, y son parámetros que pueden proveer información importante de

los factores musculares cualitativos y cuantitativos que reflejan la arquitectura muscular <sup>(12)</sup>. Existe evidencia acerca de la relación que mantiene la velocidad de contracción y la edad, utilizando diversas modalidades de ejercicio y medición que indican la importancia de ésta en el desempeño físico de los adultos mayores.

En un estudio el decremento de la velocidad óptima en el cuádriceps puede causar gradualmente alteraciones del funcionamiento, y se sugiere el impacto de la velocidad óptima en mujeres con alto riesgo de perder la independencia debido a insuficiente funcionamiento del sistema locomotor, ya que la relación potencia-velocidad es fuerte y la potencia es el mejor predictor de independencia entre los adultos mayores, estando mejor relacionada con la velocidad; por lo tanto consideran que la velocidad es una habilidad necesaria al realizar pruebas de desempeño físico y mantener la movilidad durante la vejez. Muchos estudios indican la relación de la proporción de la cantidad de fibras tipo II y la velocidad óptima en cualquier movimiento que se realice <sup>(12)</sup>. Incluso se ha establecido un parámetro de base para definir la velocidad a la cual los extensores de rodilla son capaces de diferenciar entre una anciana no frágil de una con fragilidad leve (sensibilidad 77% y especificidad 71%), siendo este valor 350°/s (medido con dinamómetro multiarticular con parámetros de isocinecia), pudiendo ser tomado como un primer signo de alarma del síndrome de fragilidad más que como un valor límite absoluto <sup>(9)</sup>.

El acelerómetro triaxial es un dispositivo que mide en tres ejes el movimiento y la velocidad tanto lineal como angular, y se ha empleado en múltiples estudios para monitorizar las actividades de la vida diaria, la velocidad de la marcha, movimientos corporales, postura (estática y dinámica) y equilibrio en los adultos mayores sanos y en presencia de enfermedades neurológicas, neuromusculares y síndromes geriátricos <sup>(14) (15) (16) (17)</sup>. Algunas de sus ventajas son el bajo costo, la accesibilidad, su tamaño, transmite información a distancia, la facilidad en su colocación y transportación así como la capacidad de poder generar información objetiva en forma gráfica y numérica de los parámetros medidos además de ser

una técnica no invasiva y con mínimos riesgos de alguna complicación <sup>(15)</sup> <sup>(17)</sup>. Entre sus desventajas se encuentran la considerable menor aplicación en estudios clínicos en comparación de la dinamometría y/o la electromiografía, por lo que no se cuentan con parámetros establecidos para muchas de las aplicaciones que ha tenido, en pruebas clínicas manejan especificidad y sensibilidad en un promedio de 89% y 83% respectivamente en la mayoría de las pruebas clínicas en las que ha sido utilizado, y que puede aumentar de acuerdo al tipo de acelerómetro y la técnica de aplicación.

El uso del acelerómetro triaxial para la medición de la velocidad angular puede convertirse en una herramienta útil, pero es necesario realizar la investigación y aplicación en rehabilitación donde el campo es vasto.

## JUSTIFICACIÓN

La sarcopenia es un problema de salud con gran impacto en México, sin embargo, es en años recientes que se ha iniciado un estudio más profundo para conocer el panorama en nuestro país, de acuerdo a Arango Lopera y Cols. <sup>(18)</sup> en un estudio de cohorte en la Ciudad de México tomando los criterios diagnósticos del Consenso Europeo de definición y diagnóstico de la sarcopenia, se estimó cerca del 33.8% de prevalencia de sarcopenia en el grupo de edad de 70 años. Y en un estudio realizado por Jaimes-Yescas y Cols. <sup>(19)</sup> en el 2012 en el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), en la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Siglo XXI (UMFR SXXI) se reportó una prevalencia de 18% de presarcopenia, 32% sarcopenia y 20% sarcopenia severa. La población de adultos atendidos en la UMFRSXXI durante el año 2012 se estima en 6211 de entre 60 y 80 años de edad de primera vez reportado de las 10 patologías más frecuentes de la unidad, se está subestimando al aproximado de 30% de los pacientes que están en riesgo potencial de padecer sarcopenia y por tanto en riesgo de presentar una discapacidad y otras complicaciones importantes como caídas, fracturas, entre otras, que conllevan mayores complicaciones y costos.

La rehabilitación tiene como objetivo principal mejorar la capacidad de una persona para realizar por sí misma, actividades necesarias para su desempeño físico, mental, social, ocupacional y económico, por medio de órtesis, prótesis, ayudas funcionales, o cualquier otro procedimiento que le permita integrarse a la sociedad <sup>(20)</sup>, lo cual sólo puede realizarse mediante el diagnóstico adecuado y oportuno, así como una intervención adecuada y de ser posible temprana. Los criterios para la detección de sarcopenia se van modificando de manera constante, considerando hasta la fecha la masa muscular, la fuerza y el rendimiento físico como elementos para establecer el diagnóstico y el grado de sarcopenia, que es uno de los síndromes geriátricos más frecuentes en el adulto mayor y repercute en la marcha e independencia en las actividades de la vida diaria. Realizar el diagnóstico de sarcopenia es difícil debido a la falta de difusión del problema y

muchas veces a la capacidad de acceso a los instrumentos adecuados, por lo que implementar instrumentos y dispositivos accesibles es una de las tareas que a la rehabilitación le conciernen para diagnóstico y prevención de las consecuencias funcionales de la sarcopenia.

En cuanto a la medición de la masa muscular y el rendimiento físico, están descritos y aceptados diferentes procedimientos y pruebas funcionales que proporcionan datos cuantitativos susceptibles de dar seguimiento ante intervenciones específicas. La medición de la fuerza muscular en la actualidad esta reportada y aceptada a través de las pruebas de prensión de mano, por medio de dinamómetros, o la fuerza de músculos espiratorios.

Por otra parte esta descrito que la potencia muscular, como el producto de la fuerza por la velocidad del movimiento (lineal o angular) es un parámetro que podría agregarse a los criterios para definir el rendimiento físico del adulto mayor y por lo tanto diagnosticar el grado de sarcopenia, pues refleja de manera más certera el desempeño físico comparado con la valoración de la fuerza o la masa muscular.

La presente investigación tiene como objetivo encontrar la relación de la potencia muscular para el diagnóstico de sarcopenia mediante la medición de la velocidad angular a través de un dispositivo con acelerómetros triaxiales, es decir, encontrar parámetros cuantitativos válidos mediante herramientas de medición más prácticas, de bajo costo y objetivas así como su difusión a nivel nacional a poblaciones donde no se cuentan con otras herramientas de medición (como el equipo de isocinecia), y a través de las cuales se contribuya al diagnóstico, no solo enfocado a denotar la disminución de la masa muscular sino de su impacto en la función, y vigilancia de la efectividad del tratamiento de la sarcopenia, en asociación con ingenieros biomédicos, al diseñar y probar un dispositivo que valore la potencia muscular de forma indirecta a través de la determinación de la velocidad angular de codo y rodilla en un grupo de adultos mayores,

determinando el grado de error del mismo, con el fin de iniciar una línea de investigación que permita utilizar dicho dispositivo para establecer avances en el diagnóstico y tratamiento de los pacientes con esta patología, basado en la premisa de que la medición de la potencia muscular es de mayor impacto que la medición de la fuerza muscular en las actividades de la vida diaria y por tanto en la calidad de vida.

## *PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA*

¿Es posible determinar el valor pronóstico de la velocidad angular de codo y rodilla para el diagnóstico de sarcopenia en adultos mayores de la UMFRSXXI medida mediante el uso de un dispositivo con acelerómetro triaxial?

## **OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

### **General**

- Demostrar el valor pronóstico de la velocidad angular de codo y rodilla en adultos mayores con sarcopenia de la UMFRSXXI, mediante el uso de un acelerómetro triaxial.

### **Específicos**

1. Describir las características de la población participante en el estudio en cuanto a edad, sexo, índice de masa corporal y las variables dependientes; comorbilidad, escolaridad, uso de fármacos, uso de auxiliares en la marcha y la realización de actividad física.
2. Validar el uso del dispositivo que contiene al acelerómetro triaxial y el que incluye la celda de carga mediante la reproducibilidad, confiabilidad, especificidad y sensibilidad en pruebas clínicas y comparativas en el laboratorio de ingeniería.
3. Definir la presencia de sarcopenia de la población participante mediante: medidas antropométricas de brazos y piernas, fuerza de prensión palmar, velocidad de la marcha.
4. Determinar la velocidad angular del movimiento de flexión del codo y extensión de la rodilla a través de acelerómetros triaxiales.
5. Distinguir la existencia de correlación entre las variables de estudio.
6. Demostrar la relación entre la presencia de sarcopenia con la edad, estatura, IMC, perímetría brazos y pantorrilla, velocidad de la marcha, fuerza de prensión, estado funcional, velocidad angular del codo y velocidad angular de rodilla; determinando la sensibilidad, especificidad para convertir una variable cuantitativa a cualitativa dicotómica y poder establecer un punto de corte y riesgo en aquellas variables con una significancia importante ( $P < 0.005$ ) a través de curvas COR.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se trata de un estudio observacional, prospectivo, transversal y analítico realizado entre enero y diciembre de 2013: el diseño y validación de los dispositivo se realizaron entre marzo y julio, la captación de pacientes entre agosto y septiembre y la aplicación de las pruebas clínicas entre septiembre y noviembre de 2013, llevándose a cabo en la Unidad de Medicina Física y Rehabilitación Siglo XXI (UMFRSXXI) del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). El protocolo de investigación fue puesto a consideración del Comité Local de Investigación en Salud del Instituto Mexicano del Seguro Social en mayo del 2013.

El universo de trabajo incluyó a pacientes de entre 60 y 85 años de edad que cumplieran con los criterios de inclusión: ser o no portadores de alguna patología crónica degenerativa que se encontrará en control, con o sin uso de auxiliar de la marcha, una puntuación de la prueba Mini Mental de 24 o mayor. Los criterios de exclusión fueron los siguientes: aquellos con cualquier alteración severa del equilibrio, pacientes con temblor distal, pacientes con patología musculoesquelética reciente (fracturas de menos de 6 meses, lumbalgia agudizada, gonartrosis agudizada) o con enfermedades neurológicas o que usaran de medicamentos que afecten la función muscular, pacientes con terapia anticoagulante en descontrol, enfermedad crónica agudizada o en estadio terminal, infarto cardíaco reciente u otra sintomatología coronaria (menor de 6 meses). Los criterios de eliminación incluyeron a aquellos pacientes que no completaron la valoración o que tuvieron comorbilidad en descontrol.

El tamaño de la muestra se calculó en 141 sujetos para obtener un nivel de confianza del 99%, siendo una muestra probabilística aleatoria. Con la siguiente formula:

$$n = \frac{N^*(Z)^2*p*q}{(d)^2*(N-1)+(z)^2*p*q}$$

La captación de los pacientes se realizó de forma aleatoria en la Unidad de Medicina Familiar No. 7 (UMF 7) en la sala de espera de la mediante una breve entrevista y de acuerdo a los criterios de selección solicitando la firma del consentimiento informado (Anexo I) previa explicación del proyecto, y la captación de datos generales y de relevancia clínica (Anexo II).

Se realizó el diseño y la validación de los instrumentos de medición en un laboratorio de la Facultad de Ingeniería de la UNAM en Ciudad Universitaria, trabajando en conjunto para los mismos: del dispositivo hecho con el acelerómetro triaxial modelo LIS302DL MEMS Motion Sensor 3-Axis -  $\pm 2g/\pm 8g$  Smart Digital Output "Piccolo" Accelerometer (Anexo V), validación mediante pruebas clínicas en adultos sanos de entre 20 y 25 años de edad y la comparación de las mediciones con videos grabados de estos voluntarios con una cámara Sony Handycam modelo DCR-SR42 que graba 30 fotogramas por segundo, mediante el programa de análisis Vision Builder de National Instruments para corroborar el ángulo y la velocidad detectados; y del dispositivo con celda de carga (Anexo VI) mediante pruebas clínicas y su comparación con la máquina universal de ensayos Modelo 4206 Marca Instron utilizando una celda de carga de 500Kg (Anexo VII).

Se aplicó la prueba Mini Mental (Anexo III) posterior siendo excluidos en esta parte aquellos que tuvieron un puntaje menor a 24 ya que se considera que un puntaje de 27 es normal, de 27 a 24 sospecha de patología y menos de 24 deterioro de la capacidad cognitiva. Y se les aplico el índice de Barthel para medición del grado de independencia en las actividades de la vida diaria, siendo el máximo puntaje 100 (95 en silla de ruedas) siendo el equivalente a independiente, de 99 a 91 dependiente leve, de 90 a 61 dependiente moderado, de 60 a 21 dependiente grave y de 20 a 0 dependiente total (Anexo IV).

El diagnóstico de sarcopenia se realizó mediante la valoración individual aplicando antropometría (peso, talla, índice de masa corporal y perimetría), valoración de la presión manual en la mano dominante (medido mediante la celda de carga en

sustitución del dinamómetro de mano) y la velocidad de la marcha medida con cronómetro mediante la prueba de la velocidad de la marcha de 4 metros.

El peso se midió mediante una báscula digital calibrada modelo de la marca Joycare modelo JC-140 propiedad del investigador, de pie sobre la báscula sin zapatos y con la menor cantidad de ropa posible, manteniéndose estático por 10 segundos. La estatura se midió mediante estadímetro calibrado parte del inmobiliario del consultorio en la UMFRSXXI, de pie, sobre el piso con una separación de los tobillos de 8 cm corrigiendo en la medida de lo posible las anomalías en la postura para una medición más real y exacta.

Para el índice de masa corporal se utilizó la fórmula: peso (Kg) / talla<sup>2</sup> (m<sup>2</sup>), con la referencia de la siguiente escala de la Organización Mundial de la Salud <sup>(21)</sup>:

IMC	Equivalente
<18	Peso por debajo de lo normal
18-24.9	Normal, peso en relación a la altura
25-29.9	Sobrepeso, exceso de peso en relación a la estatura
30-34.9	Obesidad
35-39.9	Obesidad premórbida
>40	Obesidad mórbida

La medición de la presión manual con el dispositivo de celda de carga se realizó de pie, sosteniendo la celda de carga en la mano dominante, rodeándola y realizando una presión máxima sostenida durante 5 segundos 3 intentos tomando el de mayor valor, los valores reportados como puntos de son de 30Kg para los hombres y 20Kg para mujeres, los valores por debajo de estos límites son anormales <sup>(2)</sup>.

Se aplicó la prueba para velocidad de la marcha de 4 metros que consiste en el trazado tres líneas en el piso: una roja a cero metros ("línea de salida"), la siguiente a un metro y la última a cuatro metros; se le pide al participante que ponga sus pies detrás de la línea de salida y que empiece a caminar cuando se le dé la orden, la orden de detenerse se dará hasta que pase por completo la línea

que define los cuatro metros. Se le indica al sujeto “a la señal de ahora”, camine a su paso acostumbrado y le diré cuándo detenerse”. Si es necesario, el sujeto puede utilizar su auxiliar de la marcha. El tiempo comienza a correr al alcanzar la segunda línea y para, cuando cruza por completo la tercera línea, el tiempo normal es de 0.8 m/s <sup>(2)</sup>.

Se clasificó a los participantes en los siguientes categorías: normal, presarcopenia, sarcopenia grave y obesidad sarcopénica; y fueron canalizados a la UMFRSXXI al área asignada (consultorio) para realizarles la medición de la velocidad angular de los extensores de rodilla y flexores de codo del lado dominante mediante acelerómetro triaxial, para los flexores de codo con el paciente de pie con el hombro y codo a 0° colocando el acelerómetro de referencia sobre el apéndice xifoides y el de medición a 2cm por arriba de la muñeca, realizando una flexión del codo sin resistencia 10 repeticiones con un intervalo de 1 segundo en forma constante; en el caso de los extensores de rodilla se realizó con el paciente sentado sobre una superficie firme (mesa de exploración) con cadera y rodilla a 90° de flexión colocando el acelerómetro de referencia a un lado de la articulación de la rodilla fijo a una superficie firme y el de medición 2cm arriba de tobillo, realizando una extensión de la rodilla sin resistencia por 10 repeticiones consecutivas a un intervalo de 1 por segundo. En ambos casos se pidió completar totalmente el arco con un movimiento natural y habitual. La información se transmitió del dispositivo vía Bluetooth a una computadora para su procesamiento mediante el programa Matlab versión R2012b (Anexo VII) <sup>(22)</sup>.

Se registraron los resultados en las hojas de captación de datos (Anexo II) para su posterior análisis, comparando los resultados obtenidos. El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS versión 21 mediante estadística descriptiva con medidas de tendencia central para variables cuantitativas (edad, peso, IMC, velocidad de la marcha, velocidad angular), calculando media y desviación estándar, y para variables cualitativas determinando frecuencia absoluta y relativa; determinando la sensibilidad, especificidad para convertir una variable cuantitativa

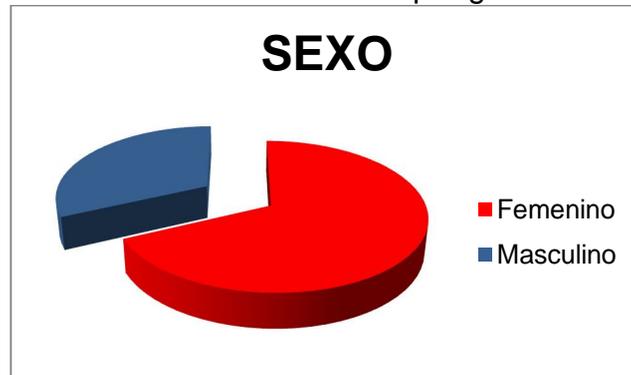
a cualitativa dicotómica y poder establecer un punto de corte y riesgo en aquellas variables con una significancia importante ( $p < 0.005$ ) a través de curvas COR y aplicación de estadística inferencial con la prueba correlación Pearson para variables cuantitativas y  $\chi^2$  de Pearson para variables cualitativas con un nivel de significancia estadística de  $p < 0.05$ , determinando Odds Ratio para las mismas.

## RESULTADOS

Se captaron 205 pacientes de los cuales se eliminaron a 80 por no completar el protocolo de valoración inicial y se excluyeron a 6 pacientes: 2 por no completar seguimiento, 3 por presencia de gonalgia aguda al momento de la realización de las pruebas y uno por la presencia de lumbalgia aguda, quedando un total de 119 pacientes que cumplieron los criterios de inclusión. El tamaño de la muestra es adecuado, la población es significativa ya que se realiza su cálculo tomando en cuenta una pérdida de entre el 20% y 30% para un valor de  $\beta$  adecuado.

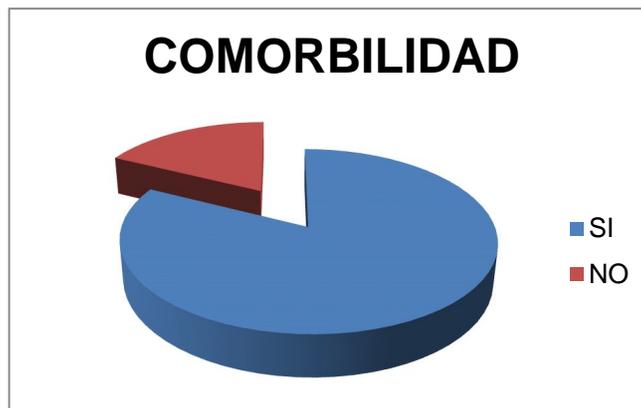
La distribución de los pacientes por género fue la siguiente: 81 pacientes mujeres (68.1%) y 38 hombres (31.9%).

Gráfica 1. Distribución por género



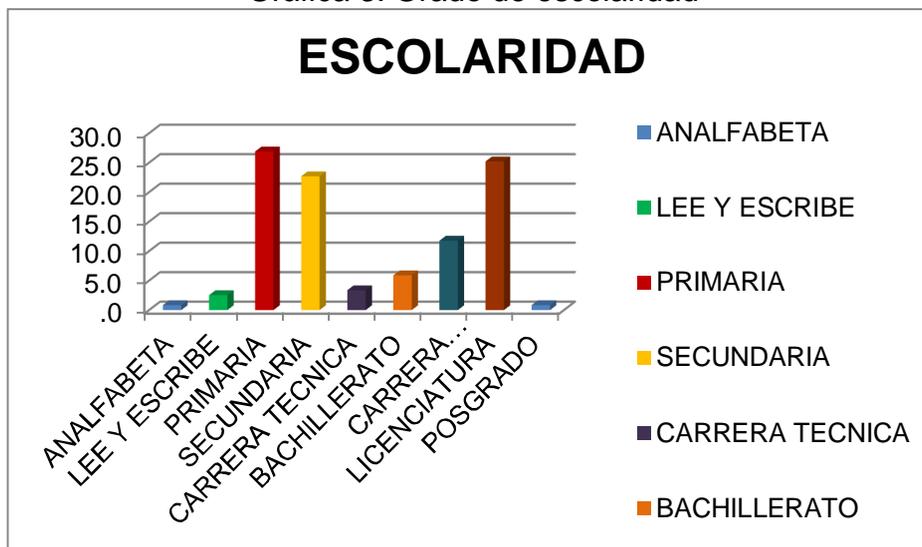
En cuanto a comorbilidad 98 pacientes tenían alguna comorbilidad (82.4%) y los 21 pacientes restantes ninguna (17.6%).

Gráfica 2. Presencia de comorbilidad.



Respecto a la escolaridad en la gráfica 3 podemos ver que la distribución en cuanto a escolaridad, la mayor cantidad de pacientes reportó: primaria (26.9%), secundaria (22.7%) y licenciatura (25.2%), en este sentido la muestra fue muy heterogénea.

Gráfica 3. Grado de escolaridad



Respecto al uso de fármacos la heterogeneidad también estuvo presente con 10 pacientes (8.4%) que no usaban ningún fármaco, siendo la moda el uso de 2 fármacos (34 pacientes) y siendo un porcentaje bajo (0.8) que utilizaban hasta 12 fármacos (Tabla 1).

Tabla 1. Número de fármacos usados

No. de fármacos	Frecuencia	Porcentaje
0	10	8.4%
1	20	16.8%
2	34	28.6%
3	19	16.0%
4	12	10.1%
5	11	9.2%
6	8	6.7%
7	1	.8%
8	1	.8%
9	1	.8%
10	1	.8%
12	1	.8%
Total	119	100.0%

El uso de auxiliar de la marcha se reportó en 11 pacientes (9.2%) y la mayoría de los pacientes no utilizaban ningún tipo de auxiliar (90.8%) [Gráfica 4].

Gráfica 4. Uso de auxiliar de la marcha.



El reporte de los pacientes en cuanto a realizar actividad física este punto resultó en 42% (50 pacientes) que sí realizaba alguna actividad física o deportiva y el 58% (69 pacientes) se reportó sedentario. (Gráfica 5)

Gráfica 5. Actividad física



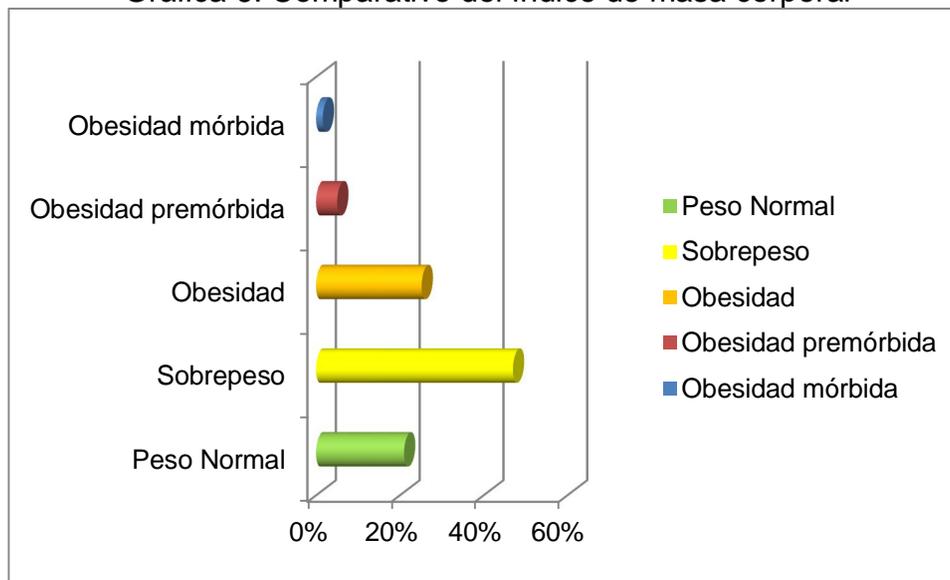
Las características descriptivas de los pacientes en cuanto a peso, estatura e índice de masa se pueden apreciar en la Tabla 2.

Tabla 2. Antropometría

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
EDAD	60 años	85 años	67.73 años	6.766
ESTATURA	1.37 m	1.79 m	1.55 m	.082
PESO	44 Kg	115 Kg	68.78 Kg	12.340
IMC	19 Kg/m <sup>2</sup>	49 Kg/m <sup>2</sup>	28.48 Kg/m <sup>2</sup>	4.636

Con la medición de estatura y peso se obtiene la relación que indica el índice de masa corporal (IMC) el cual fluctuó entre los 19 y 49 Kg/m<sup>2</sup> con una media de 28.48Kg/m<sup>2</sup> (DE 4.636) y en base a ello se clasificó a cada paciente conforme a su resultado y de acuerdo a la escala de la OMS <sup>(21)</sup>, considerándose como normal de 19 a 25Kg/m<sup>2</sup>. La muestra reflejó una prevalencia importante de sobrepeso y obesidad, los porcentajes encontrados en base al IMC fueron los siguientes: peso normal 21% (25 pacientes), sobrepeso 47% (56 pacientes), obesidad 25.21% (30 pacientes), obesidad premórbida 5.04% (6 pacientes) y obesidad mórbida 1.6% (2 pacientes) (Gráfica 6).

Gráfica 6. Comparativo del índice de masa corporal



Se aprecia un rango diferencial de edad de 25 años, sin embargo el 68% de la población se encuentra entre 60.8 y 74.5 años; y respecto al IMC el 68% se encuentra entre 23.8 (normal) y 33.1 (obesidad grado I).

En cuanto a perimetría de ambos brazos y piernas, sin existir diferencia significativa entre derecha e izquierda prueba T  $p > 0.05$  (Tabla 3).

Tabla 3. Perimetría

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
BRAZO DERECHO	21 cm	48 cm	29.79 cm	3.839
BRAZO IZQUIERDO	21 cm	49 cm	29.66 cm	3.978
PANTORRILLA DERECHA	21 cm	48 cm	34.56 cm	3.648
PANTORRILLA IZQUIERDA	21 cm	52 cm	34.66 cm	3.661

Prueba T  $p > 0.05$

En la muestra en general, no se determina como punto positivo para sarcopenia considerando el valor de la media, pero tomando en cuenta la desviación estándar 44 pacientes tienen menor del valor de referencia. (Valor de referencia  $< 31$  cm en pantorrilla)<sup>(2)</sup>. La perimetría de brazo no tiene un punto de corte como criterio diagnóstico.

La validación llevada a cabo en el laboratorio de ingeniería en cuanto a los dispositivos utilizados fueron los siguientes: la celda de carga tuvo un error de 4.4% (margen de error aceptable es  $< 5\%$  para los instrumentos de medición en general) en las pruebas clínicas y se consideró un error menor al 1% por lo que es adecuado para la medición de la fuerza presión palmar en sustitución del dinamómetro de mano; respecto a los acelerómetros incluidos en el dispositivo para medir velocidad angular se encuentra que su sensibilidad es de  $2^\circ$ , pudiendo haber variación con un cambio de temperatura y presentando un mejor funcionamiento a  $25^\circ\text{C}$  de temperatura ambiente (hay una variación de 0.01% por cada grado centígrado por arriba de ese valor), error del 4.52% en cuanto a posición angular y de 3.67% en cuanto a velocidad angular.

Tabla 4. Fuerza prensión manual y velocidad de la marcha

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
FUERZA DE PRENSIÓN PALMAR	5 Kg	37 Kg	14.45 Kg	5.942
VELOCIDAD DE LA MARCHA	0.28 m/s	2.70 m/s	1.0176 m/s	0.336

La fuerza de prensión manual y velocidad de la marcha se describe en la tabla 4. Considerando la media y su desviación estándar, se determina como valor positivo a la fuerza de prensión palmar por tener valor menor al de la referencia (<30kg hombres y <20kg mujeres), y respecto a la media de la velocidad de la marcha en la muestra no se determina como punto positivo para sarcopenia por estar arriba de la referencia (la normalidad es de >0.8m/s indistintamente del sexo). Pero si se considera a la desviación estándar 25 pacientes tienen valor menor al de la referencia.

De acuerdo a lo anterior, las características de la población de acuerdo a la media reflejarían la ausencia de sarcopenia, sin embargo tomando en cuenta la prevalencia encontrada y los valores de la primera desviación estándar por debajo de la media, es allí donde se localizarán a los pacientes portadores de sarcopenia.

El diagnóstico de sarcopenia se realizó a través de la aplicación de los 3 criterios:

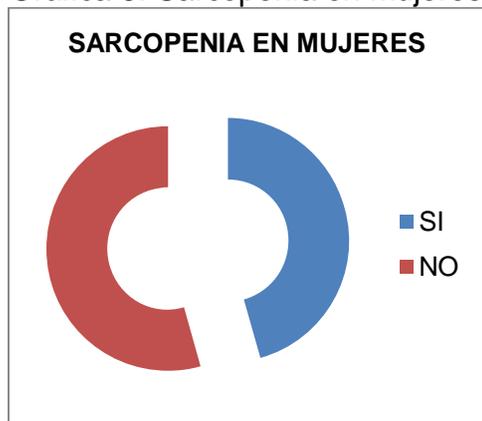
- 1) Masa muscular disminuida, medida a través la perimetría de pantorrilla del lado dominante <31cm y en el caso de la obesidad sarcopénica estableciendo un IMC mayor a 29.9;
- 2) Fuerza muscular disminuida mediante la fuerza de prensión palmar medida con la celda de carga tomando los valores de referencia <30Kg en hombres y <20Kg en mujeres; y
- 3) Disminución del desempeño físico mediante la prueba de los 4 metros para velocidad de la marcha siendo esta <0.8m/s para un valor anormal. Se sumó el resultado del criterio 1 al 2 y/o 3 para diagnosticar y estadificar en forma individual.

Al realizarse el diagnóstico de sarcopenia se encontró que 44 pacientes tenían algún grado de sarcopenia, correspondiendo esto al 36.9%, la mayoría fueron mujeres representando un 84.1% (37 pacientes) y únicamente 7 hombres se encontraron con algún grado de sarcopenia (15.9%). (Gráfica 7, 8 y 9).

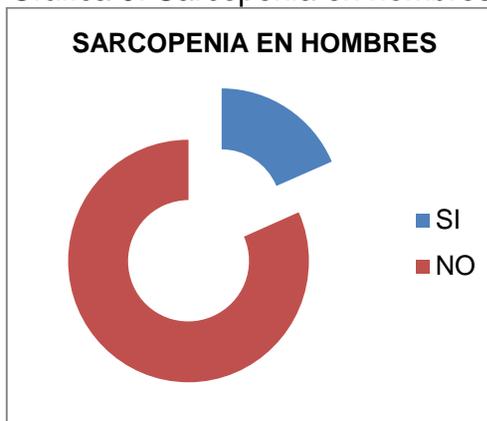
Gráfica 7. Presencia de sarcopenia.



Gráfica 8. Sarcopenia en mujeres



Gráfica 9. Sarcopenia en hombres



De acuerdo al grado de sarcopenia el mayor número correspondió a obesidad sarcopénica 65.9% (29 pacientes), seguido de 15.9% (7 pacientes) con sarcopenia, 11.36% presarcopenia (5 pacientes) y 6.8% (3 pacientes) con sarcopenia grave.

Posterior a la validación del dispositivo con acelerómetro se realizaron las mediciones con la muestra, los resultados para la velocidad angular en codo y rodilla del lado dominante se describen en la siguiente tabla:

Tabla 5. Mediciones de velocidad angular

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
VELOCIDAD ANGULAR DEL CODO	71 °/s	415 °/s	286.07 °/s	53.038
VELOCIDAD ANGULAR DE RODILLA	26 °/s	176 °/s	99.10 °/s	25.490

La velocidad angular del codo tomando en cuenta un arco de movilidad de 180° se demuestra una media de 286.07°/s (DE 53.038); mientras que la velocidad angular de rodilla tomando en cuenta un ángulo de recorrido de 90° (arco de movilidad) con una media de 99.10°/s (DE 25.490). Mediante el método utilizado no hay un valor de referencia reportado en la literatura.

Se realizó una correlación entre las variables (Tabla 6), de éstas las que fueron estadísticamente significativas son las marcadas mediante código de colores que demuestran la fuerza de correlación de Pearson:

<b>Fuerza</b>	<b>C. Pearson</b>
Fuerte	0.9-0.7
Media	0.6-0.4
Baja	0.3-0.1
Nula	0

Se demuestra correlación directamente proporcional y fuerte entre peso, IMC, perímetría de brazos y perímetría de pantorrilla, lo que significa que al aumentar cualquiera de ellos aumenta todos de forma proporcional, de fuerza media entre Mini Mental e índice de Barthel así como entre peso y estatura y finalmente entre el índice de masa corporal y el perímetro de ambas pantorrillas; y de fuerza baja entre el resto de variables que resultaron significativas estadísticamente.

Se obtuvieron curvas COR de las variables estatura, índice de masa corporal, fuerza de prensión palmar, velocidad de la marcha y velocidad angular de rodilla en comparación con la presencia o ausencia de sarcopenia, en las cuales se establece una especificidad, sensibilidad y punto de corte para cada una (Gráficas

9-13) y su valoración mediante la prueba  $X^2$  de Pearson y Odds Ratio en límites superior, inferior y medio, esto para establecer la relación que tiene con cada una la presencia de sarcopenia en la parte de la muestra que resultó portadora de la enfermedad.

Es importante señalar que se transformaron variables cuantitativas a cualitativas para establecer estas relaciones, y que la especificidad y sensibilidad se utilizan para establecer la curva, el nivel de significancia es lo que tomamos como parámetro de relevancia, sin embargo, si es factible determinar una sensibilidad y especificidad mayor tomando en cuenta la variante del grado de significancia.

Tabla 6. Matriz de interacción y fuerza de correlaciones entre las variables de estudio con significancia estadística

		Edad	Mini Mental	Índice Barthel	Estatura	Peso	IMC	Perímetro Brazo Derecho	Perímetro Brazo Izquierdo	Perímetro Pantorrilla Derecha	Perímetro Pantorrilla Izquierda	Fuerza de Presión Palmer	Velocidad de la Marcha	Velocidad Angular de Codo	Velocidad Angular de Rodilla	
Edad	Correl.	1														
	Pearson		-.048													
	Sig. (lateral)		.608													
	N	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119
Mini Mental	Correl.		1													
	Pearson			-.433												
	Sig. (lateral)			.000												
	N		119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119
Índice Barthel	Correl.			1												
	Pearson				-.078											
	Sig. (lateral)				.397											
	N			119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119
Estatura	Correl.				1											
	Pearson					.450										
	Sig. (lateral)					.000										
	N				119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119
Peso	Correl.					1										
	Pearson						-.150									
	Sig. (lateral)						.000									
	N				119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119
IMC	Correl.						1									
	Pearson							.740								
	Sig. (lateral)							.000								
	N						119	119	119	119	119	119	119	119	119	119
Perímetro Brazo Derecho	Correl.							1								
	Pearson								.985							
	Sig. (lateral)								.000							
	N							119	119	119	119	119	119	119	119	119
Perímetro Brazo Izquierdo	Correl.								1							
	Pearson									.753						
	Sig. (lateral)									.000						
	N								119	119	119	119	119	119	119	119
Perímetro Pantorrilla Derecha	Correl.									1						
	Pearson										.971					
	Sig. (lateral)										.000					
	N										119	119	119	119	119	119
Perímetro Pantorrilla Izquierda	Correl.										1					
	Pearson											.986				
	Sig. (lateral)											.000				
	N											119	119	119	119	119
Fuerza de Presión Manual	Correl.											1				
	Pearson												.352			
	Sig. (lateral)												.000			
	N												119	119	119	119
Velocidad de la Marcha	Correl.												1			
	Pearson													.181		
	Sig. (lateral)													.038		
	N													119	119	119
Velocidad Angular de Codo	Correl.													1		
	Pearson														.214	
	Sig. (lateral)														.019	
	N														119	119
Velocidad Angular de Rodilla	Correl.														1	
	Pearson															.210
	Sig. (lateral)															.022
	N															119
																119

## Estatura

El punto de corte para la estatura fue de 1.56 metros. Los pacientes con sarcopenia en su mayoría tuvieron una estatura menor de 1.56 (34 pacientes) y el 57.3% (43 pacientes) de los que no eran sarcopénicos tuvo una estatura mayor de 1.56 m. Con un valor de  $X^2$  de 13.445 y Odds Ratio de 4.569 y un Área bajo la curva de 0.272.

Tabla 8. Relación estatura y presencia de sarcopenia

			Sarcopenia		Total
			Si	No	
ESTATURA	<=1.56 m	Número	34	32	66
		%	77.3%	42.7%	55.5%
	>1.56 m	Número	10	43	53
		%	22.7%	57.3%	44.5%
Total			44	75	119

Prueba x2 p=0.000

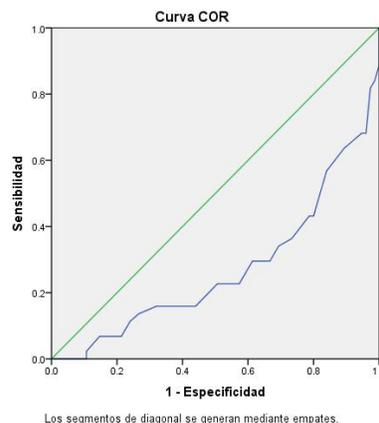
Tabla 9. Estatura

ESPECIFICIDAD	0,573
SENSIBILIDAD	0,227
CORTE	1.56

Tabla 10

$X^2$	Sig	Odds	Inf	Sup
13.445	0,000	4.569	1,971	10,589

Gráfica 10. Estatura



*Índice de masa corporal (IMC)*

El punto de corte para el índice de masa corporal fue de 25 Kg/m<sup>2</sup>. Los pacientes con sarcopenia en su mayoría tuvieron un IMC mayor a 25 93.2% (41pacientes) y el 56% (43 pacientes) de los que no eran sarcopénicos tuvo un IMC mayor de 25 Kg/m<sup>2</sup>. Con un valor de X<sup>2</sup> de 6.305 y Odds Ratio 3.429. Área bajo la curva 0.679.

Tabla 11.

		Sarcopenia		Total	
		Si	No		
IMC	>25 Kg/m <sup>2</sup>	Número	41	56	97
		%	93.2%	74.7%	81.5%
	<=25 Kg/m <sup>2</sup>	Número	3	19	22
		%	6.8%	25.3%	18.5%
Total			44	75	119

p<0.012

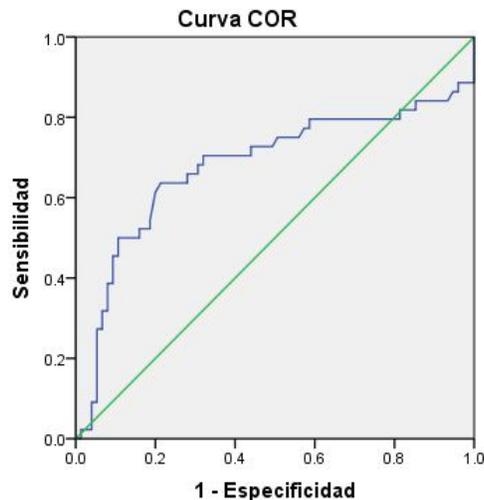
Tabla 12.

ESPECIFICIDAD	0,200
SENSIBILIDAD	0,614
CORTE	25

Tabla 13.

X <sup>2</sup>	Sig	Odds	Inf	Sup
6,305	0.012	4,637	1,286	16,720

Gráfica 11.



Los segmentos de diagonal se generan mediante empates.

*Fuerza de presión palmar*

El punto de corte para la fuerza fue de 14 Kg. Los pacientes con sarcopenia en un 75% tuvieron una fuerza de presión palmar menor de 14 kilogramos (33 pacientes) y el 46.7% (43 pacientes) de los que no eran sarcopénicos tuvo una fuerza de presión palmar menor de 14 Kg. Con un valor de  $X^2$  de 9.090 y Odds Ratio de 4.569. Área bajo la curva 0.302.

Tabla 14.

			Sarcopenia		Total
			Si	No	
FUERZA DE PRENSIÓN PALMAR	≤14 Kg	Número	33	35	68
			75.0%	46.7%	57.1%
	>14 Kg	Número	11	40	51
			25.0%	53.3%	42.9%
Total			44	75	119

p<0.003

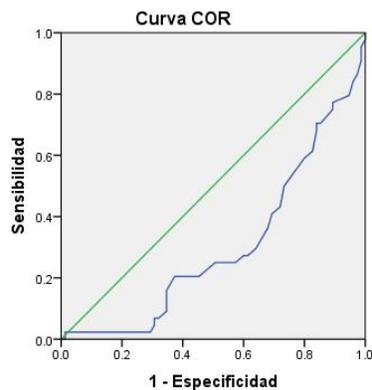
Tabla 15.

ESPECIFICIDAD	0,507
SENSIBILIDAD	0,250
CORTE	14

Tabla 16.

$X^2$	Sig	Odds	Inf	Sup
9,090	0,003	3,429	1,511	7,780

Gráfica 12.



Los segmentos de diagonal se generan mediante empates.

### Velocidad de la marcha

El punto de corte para la velocidad de la marcha fue de 0.8 m/s. Los pacientes con sarcopenia en un 36.4% (16 pacientes) tuvieron una velocidad de la marcha menor al punto de corte y el 88.0% (66 pacientes) de los pacientes no sarcopénicos tuvo una velocidad de la marcha menor al punto de corte. Con un valor de  $X^2$  de 9.919 y Odds Ratio de 4.190. Área bajo la curva 0.282.

Tabla 17.

			Sarcopenia		Total
			Si	No	
VELOCIDAD DE LA MARCHA	<= 0.80 m/s	Número	16	9	25
		%	36.4%	12.0%	21.0%
	>0.80 m/s	Número	28	66	94
		%	63.6%	88.0%	79.0%
Total			44	75	119

p<0.002

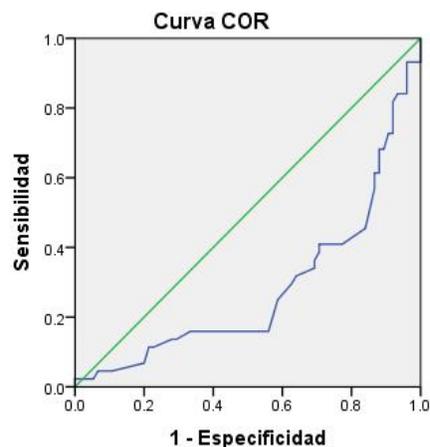
Tabla 18.

ESPECIFICIDAD	0,627
SENSIBILIDAD	0,295
CORTE	0.8

Tabla 19.

$X^2$	Sig	Odds	Inf	Sup
9,919	0.002	4,190	1,056	10,606

Gráfica 13.



Los segmentos de diagonal se generan mediante empates.

### Velocidad angular de rodilla

El punto de corte para la velocidad angular de rodilla fue de 112°/s. Los pacientes con sarcopenia en un 86.4% (38 pacientes) tuvieron una velocidad angular de rodilla menor al punto de corte y el 54.7% (41 pacientes) de los pacientes no sarcopénicos tuvo una velocidad angular menor al punto de corte. Con un valor de  $X^2$  de 12.486 y Odds Ratio de 5.252. Área bajo la curva 0.283.

Tabla 20.

			Sarcopenia		Total
			Si	No	
VELOCIDAD ANGULAR	<=112 °/s	Número	38	41	79
		%	86.4%	54.7%	66.4%
	>112 °/s	Número	6	34	40
		%	13.6%	45.3%	33.6%
Total			44	75	119

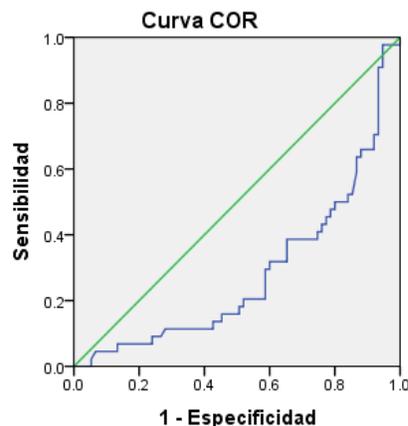
Tabla 21.

ESPECIFICIDAD	0,480
SENSIBILIDAD	0,159
CORTE	112

Tabla 22.

$X^2$	Sig	Odds	Inf	Sup
12,486	0,000	5,252	1,984	13,905

Gráfica 14



Los segmentos de diagonal se generan mediante empates.

*Comparativo de pacientes con y sin sarcopenia*

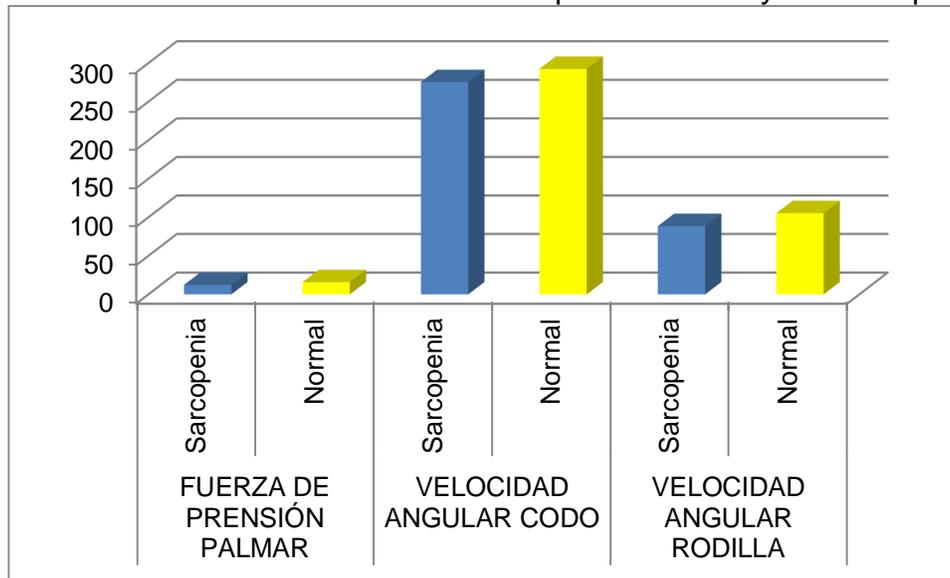
En la Tabla 23 se aprecian de forma clara las características de la muestra comparando a la parte que es portadora de sarcopenia y la contraparte normal, se denota que en cuanto a características de edad, estatura, peso puntaje de la prueba Mini Mental, Índice de Barthel, así como la perimetría de brazo y pantorrilla, y velocidad de la marcha no hay diferencias importantes.

Tabla 23.

SARCOPENIA		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
EDAD	Si	44	67.55	7.030	1.060
	No	75	67.84	6.652	.768
MINI MENTAL	Si	44	26.73	3.007	.453
	No	75	27.55	3.116	.360
ÍNDICE DE BARTHEL	Si	44	96.02	5.765	.869
	No	75	97.47	5.476	.632
ESTATURA	Si	44	1.5114	.07796	.01175
	No	75	1.5761	.07485	.00864
PESO	Si	44	68.54	14.047	2.118
	No	75	68.93	11.318	1.307
ÍNDICE DE MASA CORPORAL	Si	44	29.91	5.165	.779
	No	75	27.64	4.105	.474
PERIMETRÍA BRAZO DERECHO	Si	44	29.89	4.518	.681
	No	75	29.73	3.410	.394
PERIMETRÍA BRAZO IZQUIERDO	Si	44	29.85	4.801	.724
	No	75	29.55	3.437	.397
PERIMETRÍA PANTORRILLA DERECHA	Si	44	34.04	4.529	.683
	No	75	34.86	3.007	.347
PERIMETRÍA PANTORRILLA IZQUIERDA	Si	44	34.24	4.775	.720
	No	75	34.90	2.821	.326
FUERZA DE PRENSIÓN PALMAR	Si	44	12.20	5.205	.785
	No	75	15.76	5.983	.691
VELOCIDAD DE LA MARCHA	Si	44	.9066	.36113	.05444
	No	75	1.0828	.30399	.03510
VELOCIDAD ANGULAR CODO	Si	44	275.33	46.869	7.066
	No	75	292.36	55.682	6.430
VELOCIDAD ANGULAR RODILLA	Si	44	88.47	23.279	3.509
	No	75	105.34	24.791	2.863

En forma contraria el índice de masa corporal, la fuerza de prensión palmar y la velocidad angular de codo y rodilla si muestran una diferencia más clara (Gráfica 15).

Gráfica 15. Diferencias relevantes entre población con y sin sarcopenia

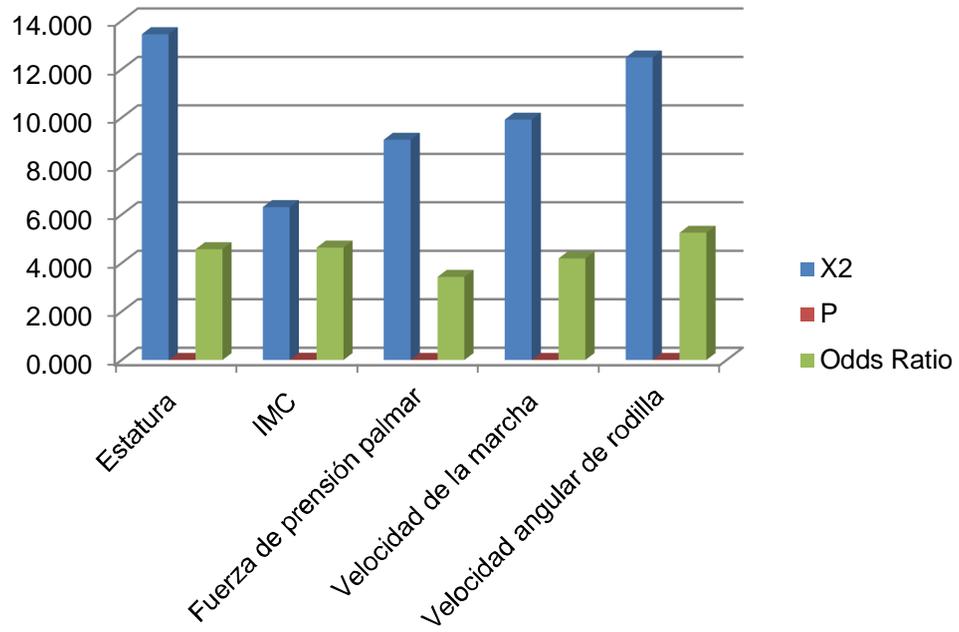


En la tabla 24 se resume lo encontrado en cuanto a riesgos de cada variable comparativa entre la presencia de sarcopenia obtenidos de la muestra y se observa en la Gráfica 16 un comparativo de  $X^2$ , valor de P y Odds Ratio.

Tabla 24. Resumen de Riesgos

Factor	Área bajo curva	Especificidad	Sensibilidad	$X^2$	Valor de P	Odds Ratio	Límite Inferior	Límite Superior
Estatura < 1.56 m	0,272	0,573	0,227	13,445	0,000	4,569	1,971	10,589
IMC >25 Kg/m <sup>2</sup>	0,679	0,200	0,614	6,308	0,012	4,637	1,286	16,720
Fuerza de prensión palmar <14Kg	0,302	0,507	0,250	9,090	0,003	3,429	1,511	7,780
Velocidad de la marcha <0.80 m/s	0,282	0,627	0,295	9,919	0,002	4,190	1,056	10,606
Velocidad angular de rodilla <112°/s	0,283	0,480	0,159	12,486	0,000	5,252	1,989	13,905

Gráfica 16. Comparativo entre variables con significancia relevante



## DISCUSIÓN

La muestra corrobora lo que la literatura reporta en cuanto a la prevalencia de la sarcopenia en los adultos mayores de entre 60 y 85 años de edad al reportar el 36.9%, el 84.1% fueron mujeres y el 15.9% hombres lo cual también coincide con la literatura <sup>(2)</sup> <sup>(18)</sup> <sup>(19)</sup>. La mayoría cuenta con una comorbilidad (82.4%) y en mayor o menor cantidad al menos el 91.6% usa algún fármaco. La cantidad de pacientes con uso de auxiliar de la marcha fue mínima apenas un 9.2%, con un 58% de pacientes sedentarios. En cuanto a escolaridad la muestra fue muy heterogénea siendo primaria, secundaria y licenciatura los de mayor porcentaje <sup>(18)</sup>. Estatura baja media de 1.55m es una característica de la población mexicana sobre todo con la disminución importante debido a la edad, los cambios crónico-degenerativos propios de la columna vertebral y las alteraciones posturales además de tomar en cuenta que la mayoría de los participantes fueron mujeres, el peso medio fue de 68.78Kg lo cual es elevado para la estatura en general; encontrándose una media para el IMC que muestra sobrepeso, se esperaría un menor índice de masa corporal como lo reportado en otros estudios <sup>(18)</sup>, sin embargo el resultado puede ser debido a que se no todos los pacientes presentaron sarcopenia, la sarcopenia sólo fue demostrable en el 36.9% de la muestra.

El realizar de acuerdo a la literatura actividad física ha sido relacionado con un mayor o menor riesgo a tener sarcopenia, en nuestra muestra el 58% se reportó sedentario, por lo que se debe de analizar el tipo de actividad física que realizan así como el tiempo y continuidad.

Las mediciones antropométricas no son de elección para el diagnóstico de sarcopenia <sup>(2)</sup>, sin embargo en un estudio reciente aplicado a la población mexicana se ha considerado como una herramienta útil, de bajo costo y adecuada al alcance de la mayoría de los investigadores <sup>(18)</sup>, además de que se utilizaron en combinación con herramientas más objetivas y validadas con menor margen de

error, la premisa de la sarcopenia se centra en no solamente ser pérdida muscular per se sino ésta pérdida aunada con la deficiencia y consecuentemente discapacidad a nivel del sistema musculo-esquelético y que a la larga trae consigo consecuencias que mayoritariamente se van sumando y que producen una cadena de sucesos que indefectiblemente llega hasta una mala y pobre calidad de vida y posteriormente la muerte. No hubo diferencia significativa entre medir el lado dominante y el contralateral, por lo cual puede medirse indiferentemente esta medida, la cual se relacionó fuertemente con el IMC. Para definir sarcopenia el límite es 31 cm es decir que igual o menor a esta medida es un criterio de positividad para sarcopenia, aunque la mayoría de la población superó este límite debido a la ausencia de sarcopenia aparentemente o debido al sobrepeso importante, hay que tener en cuenta que la infiltración grasa puede dar pseudohipertrofia a nivel de la pantorrilla, por lo cual para definir obesidad sarcopénica no es una medición útil.

En la muestra la obesidad sarcopénica fue la que mayor número de pacientes abarcó con un 65.9%, y el otro 34.1% que abarco los otros grados de sarcopenia contrario a lo reportado en la mayoría de la literatura <sup>(18) (19) (4)</sup>. El consenso de sarcopenia <sup>(2)</sup> sólo menciona a la obesidad sarcopénica y no indica si exactamente los mismos criterios de la sarcopenia son aplicables para su diagnóstico, en múltiples estudios se ha tomado sólo como factores diagnósticos el índice de masa corporal aunado a la presencia de la velocidad de la marcha y/o la fuerza prensión manual por debajo de los límites normales <sup>(23) (24)</sup>, en contraste con muchos que utilizan las técnicas de imagen para medir nivel de grasa y músculo y así establecer el diagnóstico <sup>(25)</sup>, sin duda no es lo único la imagen sino también la afección a la capacidad funcional manifestada por algún grado de dependencia lo que tiene mayor impacto y es el punto central tanto de la sarcopenia como de la obesidad sarcopénica <sup>(26)</sup>. En esta investigación se utilizaron como criterios de diagnóstico para obesidad sarcopénica un índice de masa corporal indicativo de obesidad y anomalía en la prueba de prensión palmar y/o en la prueba de velocidad de la marcha de 4 metros. Tendrá en un futuro que establecerse si es por el tipo de individuos incluidos en el estudio que tienen un cierto nivel

socioeconómico al ser derechohabientes del IMSS y características propias además.

Sí bien se ha corroborado en varias investigaciones <sup>(2), (18), (6), (26)</sup> que hay estudios como DEXA o TAC que son totalmente confiables en la detección de la pérdida de masa muscular, algunas de ellas no al alcance de la investigación en todos los países debido al alto costo de estas técnicas de imagen, lo cual retrasa tanto a la investigación como al diagnóstico, tratamiento y prevención oportunos en muchos lugares, sobre todo aquellos con recursos insuficientes. La finalidad de esta investigación es contribuir a la innovación en el diagnóstico, tratamiento y por tanto prevención de la sarcopenia mediante el uso de nuevas herramientas de menor costo y más accesibles tanto para investigación como para su aplicación en la clínica y no solamente en hospitales de concentración sino finalmente difundirlo para atacar este problema de salud en áreas, como las rurales, que tienen menos acceso a muchos ámbitos de la salud. Además deben ser herramientas más objetivas y que puedan medir cuantitativamente el parámetro en estudio, ya que muchas de las estrategias usadas en la clínica suelen ser subjetivas y/o explorador-dependientes, lo que les resta sensibilidad y especificidad en el diagnóstico. Otras que si están al alcance de nosotros como lo son la isocinecia a través de la valoración con aparatos como el Con-Trex o el Cybex tienen la desventaja del alto costo, del tiempo en que tarda una valoración (demasiado extenso para una gran cantidad de pacientes) y la necesidad de entrenamiento para su uso; esto aunado a que al ser aparatos con resistencia y los adultos mayores tener disminuida la fuerza per se y afección en la mayoría de las articulaciones sumado al sedentarismo llega a ser una prueba extenuante para ellos, además el diseño de estos aparatos fue basado en la valoración de pacientes deportistas por lo que se debería hacer una adaptación diferente para el resto de la población. En esta investigación resalta el equipo formado con la facultad de ingeniería para el diseño de nuevas herramientas que sean adecuadas para la población en estudio, se corroboró la necesidad del trabajo multi e

interdisciplinario no solo entre ramas de la medicina sino entre otras ciencias para lograr un propósito común, además que la mayor parte de las veces al no estar presente el médico en el proceso de diseño y de los resultados que arrojará algunos dispositivos no tienen el alcance que deseáramos. El trabajo en conjunto logró cubrir las necesidades del estudio, y claro está, en el proceso de denotaron nuevas necesidades y aún con el producto final se requiere su perfección para poder aplicarlo a mayor tipo de poblaciones. Es necesario también poner a prueba la utilidad y lograr más pruebas clínicas, ya que así es como ha sido el proceso de la mayoría de los aparatos que se usan no solo en la rehabilitación sino en otras ramas de la medicina.

La fuerza de prensión palmar es parte del algoritmo de diagnóstico de la sarcopenia <sup>(2)</sup>, se usó dispositivo que funciona mediante una celda de carga y registra la prensión en kilogramos como lo haría un dinamómetro, debido a los altos costos de éste último y a la falta de accesibilidad a uno que se encontrará bien calibrado. El dispositivo con celda de carga fue validado tanto de forma clínica como mediante un método más exacto como con la máquina de ensayos universal que es una herramienta muy utilizada en la ingeniería. No se realizó su comparación con el dinamómetro de mano, pero es en un futuro prioridad realizar la comparación con ambas para poder establecer si la celda de carga en verdad puede llegar a sustituir al dinamómetro de mano como una herramienta de medición cuantitativa válida y de menor costo. La prensión palmar de la población se cuantificó en 14Kg la media en general, es decir que la muestra refleja disminución de esta característica en general, se debe diferenciar en nuevas investigaciones si es una característica de la población de adultos mayores en poblaciones mexicanas e incluso latinas ya que el consenso europeo está hecho para esa población, a pesar de que se ha considerado al algoritmo allí consignado como útil para la valoración de nuestros adultos mayores <sup>(18)</sup>, debe establecerse la caracterización adecuada para nuestros parámetros de fenotipo.

Como se ha mencionado con anterioridad en este trabajo, la velocidad ha sido considerada en múltiples estudios que utilizan diferentes tipos de modalidad para medirla, como un método para medir de forma objetiva la capacidad funcional, e incluso la velocidad de la marcha es parte del algoritmo de diagnóstico de la sarcopenia, siendo utilizado en esta investigación con la prueba de 4 metros, estableciéndose un punto de corte igual al reportado por la literatura de 0.8m/s siendo un criterio positivo para sarcopenia cuando se encuentra por debajo de este punto, positivo en 36.4% de los pacientes con sarcopenia y en el 12% de los que no la presentaron. Basada en la premisa de que la velocidad medida en cualquier parte del cuerpo es un factor pronóstico de la capacidad funcional, ya que ésta es dependiente desde el sistema nervioso central hasta el sistema muscular, las motoneuronas y las fibras musculares en conjunto logran el movimiento, la potencia, la fuerza y la velocidad, por lo que la disfunción a cualquier nivel será un reflejo de disfunción. La velocidad medida en forma angular en la población adulta medida en un estudio mediante isocinecia <sup>(12)</sup> demostró que la velocidad está mejor relacionada con la potencia muscular y a su vez con la capacidad funcional de las piernas que a su vez es pronóstico de discapacidad. No hay un estudio con el cual comparar la velocidad angular medido con acelerometría para los propósitos que tuvo esta investigación, por ello la necesidad de establecer puntos de corte para poder establecer si esta relación es real y aceptable como un factor pronóstico para la sospecha y/o diagnóstico de sarcopenia. Lo que se encontró dista de lo reportado mediante isocinecia ya que en ese estudio se establece como punto de corte 350°/s <sup>(12)</sup>, contra los 112°/s encontrados en esta investigación, sin embargo debe tomarse en cuenta que las pruebas de isocinecia tienen una resistencia involucrada, en el caso del dispositivo utilizado en las pruebas de la presente investigación no se utilizó resistencia sino tiempo establecido para cada repetición del movimiento, lo cual hizo más fácil la aplicación de la prueba tanto para el investigador como para cada participante, haciéndola más inocua y con menores riesgos. Se encontró de igual forma que si se al aplicar esta prueba se tiene al menos 5.2 veces más riesgo para presentar sarcopenia, por lo cual se concluye en este estudio que la velocidad angular de

rodilla si es un factor pronóstico de sarcopenia y de la capacidad funcional de los miembros pélvicos en adultos mayores de 60 años.

Otros factores que se encontraron como riesgo para la presencia de sarcopenia fueron:

- Estatura menor a 1.56m con un riesgo de 4.56;
- Índice de masa corporal mayor a 25Kg/m<sup>2</sup> con un riesgo de 4.6;
- Fuerza de prensión palmar menor a 14Kg con un riesgo de 3.4;
- Velocidad de la marcha menor a 0.80m/s con un riesgo de 4.1.

Todos estos deberán ser corroborados en una muestra mucho mayor de pacientes exclusivamente portadores de sarcopenia. La necesidad de adentrarnos más en la investigación de este tópico y los que de él se desprendan es una obligación para la medicina.

## RECOMENDACIONES

1. Se requiere de una mejor definición de obesidad sarcopénica y sus criterios diagnósticos tanto para investigación como para clínica. Esto debe ser mediante la realización de un algoritmo mediante distintas pruebas aplicables a la investigación similar a lo hecho para la sarcopenia, siendo corroborada la información con un análisis estadístico adecuado. La obesidad es un problema importante en el país y causa de muchos decesos y estamos viendo su interacción con la sarcopenia en el reflejo de esta muestra, por lo que tanto rehabilitación como otras ramas de la medicina en forma individual y multi e interdisciplinaria deben adentrarse en investigación, y caracterizar a nuestra población nacional.
2. Se requiere corroborar lo encontrado en esta investigación con una población mayor de pacientes portadores de sarcopenia y obesidad sarcopénica. Mediante un estudio que incluya una muestra mayor tanto de pacientes con sarcopenia (en cualquiera de sus tres estadios primordiales) como de obesidad sarcopénica, aplicando una metodología similar pero con corrección de los posibles errores en este estudio, así como identificar si los puntos de corte son replicables y si es posible aumentar la sensibilidad y especificidad de cada prueba con esta información.
3. La atención de la sarcopenia es una necesidad real en la población mexicana y la intervención de la medicina de rehabilitación es una prioridad para los adultos mayores. Medicina de rehabilitación puede que no sea quien indique el diagnóstico de primer instancia la mayoría de las veces, pero es imprescindible que a partir de este momento nos involucremos en ello, a través de un análisis adecuado de la información clínica y la búsqueda intencionada en nuestros pacientes adultos mayores, así mismo dar las intervenciones pertinentes e individualizadas a cada uno para tanto dar tratamiento a la sarcopenia como prevención de la misma y de las patologías asociadas, mediante el ejercicio y técnicas de utilidad incorporando también a la tecnología para lograr una cuantificación más

objetiva para la medición de los resultados y que ésta a su vez sea accesible.

4. El crear nuevas herramientas de investigación y aplicación clínica en conjunto con ingeniería es importante para mejorar la calidad de atención en los pacientes con sarcopenia y con otras patologías a las cuales sean aplicables. Esta subvalorado el trabajo en equipo sin embargo cada día existe la necesidad imperante de expandir los horizontes del conocimiento y su aplicación a muchas ramas, mucho más si los encargados de proporcionarnos los equipos no tienen información suficiente para cubrir las necesidades que demandamos, por lo cual la comunicación estrecha entre varias ciencias es necesaria, tanto a nivel académico como institucional, romper barreras es una tarea importante.

## CONCLUSIONES

1. La media de edad correspondió a  $67.7 \pm 6.7$  años; 68.1% del sexo femenino y con una media de IMC de  $28.5 \pm 4.6$  kg/m<sup>2</sup> que corresponde a sobrepeso. Se demuestra la existencia de comorbilidad en el 82.4%; el 49.6% tenía escolaridad básica; el 28.6% usa dos fármacos al día aunque es heterogéneo (entre 0 fármacos y 12 diferentes al día); el 90.8% no utilizaba ningún auxiliar para su marcha y el 58% es sedentario. Siendo esta información una caracterización de la población de estudio y en algunos puntos similar a la reportada en la literatura, es importante mediante mayor cantidad de investigaciones ver si es posible transpolar a la población en general o si es sólo característica de la población del instituto y si es influencia de factores socioeconómicos o puramente fisiopatológicos.
2. La media de la perimetría del brazo fue de  $29.9 \pm 3.8$ ; y de la pantorrilla de  $34.6 \pm 3.6$ ; sin existir diferencia estadísticamente significativa entre derecha e izquierda; La fuerza de presión es de  $14.5 \pm 5.9$  kg; la velocidad de la marcha  $1.0176 \pm 0.33582$  m/s; concluyendo que el 36.9% presentan sarcopenia; 84.1% fueron mujeres; siendo el 65.9% obesidad sarcopénica la más frecuente. Las medidas antropométricas pueden involucrarse en el diagnóstico pero se requiere un estudio más profundo, sin embargo fueron una herramienta útil y accesible. En cuanto a la fuerza de prensión es necesario hacer la descripción de la población nacional, ya que dista bastante de lo reportado en la literatura, por lo que hay que realizar muchas pruebas, identificar las herramientas que brindan información precisa y reproducible y su validación en la población en general y en poblaciones específicas como en este caso la sarcopenia.
3. La celda de carga y el dispositivo hecho con acelerómetros triaxiales es una herramienta válida y útil que nos ayuda a tener mediciones cuantitativas de la fuerza de prensión palmar y de la velocidad angular de rodilla respectivamente. Presentando un error aceptable de 4.44% y 3.26%

respectivamente. La necesidad de innovar en cuanto a herramientas útiles para el diagnóstico, valoración y tratamiento de este y otros padecimientos en conjunto, en un equipo interdisciplinario es una obligación de la medicina tanto para encontrar nuevas herramientas y posteriormente corroborar su especificidad, sensibilidad y reproducibilidad, así como el hecho que sean de menor costo y más accesibles para la mayoría de la población que el sistema de salud debe atender.

4. La velocidad angular de codo es de  $286.07 \pm 53.038$  °/s y de rodilla en  $99.10 \pm 25.490$  °/s en promedio para la muestra, y de  $112^\circ$ /s como riesgo para la sarcopenia. No existe un parámetro comparable a lo encontrado en esta investigación, lo que abre la capacidad para otra línea de investigación importante.
5. Se demuestra correlación directamente proporcional y fuerte entre peso, IMC, perimetría de brazos y perimetría de pantorrilla, lo que significa que al aumentar cualquiera de ellos aumenta todos de forma proporcional  $p < 0.05$ . Lo que corrobora que las medidas antropométricas deben estudiarse más a fondo y encontrar técnicas adecuadas, ya que debido a la simplicidad aparente de su medición se cometen muchos errores que deben corregirse aplicando un método bien establecido.
6. Los factores que se asocian con sarcopenia son: una estatura menor de 1.56 m, 77.3% (34 pacientes) y Odds Ratio de 4.569; un IMC mayor a 25  $\text{kg/m}^2$ , 93.2% (41 pacientes) y Odds Ratio de 3.429; una fuerza de prensión palmar menor de 14 kg, 75% (33 pacientes) y Odds Ratio de 4.569; una velocidad de la marcha de 0.8 m/s, 36.4% (16 pacientes) y Odds Ratio de 4.190; Y el punto de corte para la velocidad angular de rodilla fue de  $112^\circ$ /s. 86.4% (38 pacientes) y Odds Ratio de 5.252. Todos con valor  $\chi^2$  de pearson  $p < 0.05$ . No se demuestra significancia estadística con la velocidad angular de codo. Se determina como factor más importante y principal a la

velocidad angular de rodilla asociado a sarcopenia por tener el valor pronóstico de Odds Ratio 5,252:1, más alto de todos los factores con una significancia estadística de  $X^2$  de Pearson  $p < 0.000$ . No así para la velocidad angular de codo. Está claro entonces que sí hay una relación de la capacidad funcional con los miembros pélvicos y no con los torácicos, pero sería importante encontrar si ello tiene relación con algún otro factor concerniente al envejecimiento. Es importante encontrar la génesis de esta asociación para mejorar aún más el diagnóstico y tratamiento, lograr intervenciones más tempranas e incluso prevención, para así en verdad lograr combatir el problema y mejorar la calidad de vida de los adultos mayores en nuestro país.

## REFERENCIAS

- (1) <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/Default.aspx>
- (2) Cruz-Jentoft y cols. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis / Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age and Ageing*. 2010; 39: 412–423.
- (3) Clark DJ, Patten C, Reid KF, Carabello RJ, Phillips EM, Fielding RA. Muscle performance and physical function are associated with voluntary rate of neuromuscular activation in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2011; 66A (1): 115-121.
- (4) Osuna-Pozo CM, Serra-Rexach JA, Viña J, Gómez-Cabrera MC, Salvá A, Ruiz D, et al. Prevalencia de sarcopenia en consultas de geriatría y residencias. Estudio ELLI. *Rev Esp Geriatr Gerontol*. 2013; In press.
- (5) Pillard F, Laoudj-Chenivesse D, Carnac G, Mercier J, Rami J, Rivière D et al. Physical Activity and Sarcopenia. *Clin Geriatr Med*. 2011; 27: 449-470.
- (6) Visser M, Schaap LA. Consequences of Sarcopenia. *Clin Geriatr Med*. 2011; 27: 387-399.
- (7) Raj IS, Bird SR, Shield AJ. Aging and the force-velocity relationship of muscles. *Experimental Gerontology*. 2010; 45: 81-90.
- (8) Beijersbergen CMI, Granacher U, Vandervoort AA, DeVita P y Hortobágyi T. The biomechanical mecanismo of how strength and power training improves walking speed in old adults remains unknown. *Ageing Research Reviews*. 2013; 12: 618-627.
- (9) Van Roie E, Verschueren SM, Boonen S, Bogaerts A, Kennis E, Coudyzer W, Delecluse C. Force-velocity characteristics of the knee extensors: an indication of the risk for physical frailty in elderly women. *Arch Phys Med Rehabil*. 2011; 92: 1827-32.
- (10) Pojednic RM, Clark DJ, Patten C, Reid K, Phillips EM, Fielding RA. The specific contributions of force and velocity to muscle power in older adults. *Experimental Gerontology*. 2012; 47: 608-613.

- (11) Gallagher MA, Cuomo F, Polonsky L, Berliner K, Zuckerman JD. Effects of age, testing speed, and arm dominance on isokinetic strength of the elbow. *J Shoulder Elbow Surg.* 1997; 6: 340-346.
- (12) Clémenson M, Hautier CA, Rahmani A, Cornu C, Bonnefoy M. Potential role of optimal velocity as a qualitative factor of physical functional performance in women aged 72 to 96 years. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008; 89: 1594-1599.
- (13) Yamada T, Demura S-I. Relationships between ground reaction force parameters during a sit-to-stand movement and physical activity and falling risk of the elderly and a comparison of the movement characteristics between the young and the elderly. *Archives of Gerontology and Geriatrics.* 2009; 48: 73-77.
- (14) Lyons GM, Culhane KM, Hilton D, Grace PA, Lyons D. A description of an accelerometer-based mobility monitoring technique. *Medical Engineering & Physics.* 2005; 27: 49.
- (15) Godfrey A, Bourke AK, Ólaighin GM, van de Ven P, Nelson J. Activity classification using a single chest mounted tri-axial accelerometer. *Medical Engineering & Physics.* 2011; 33: 1127-1135.
- (16) Aoyagi Y, Shephard RJ. Sex differences in relationships between habitual physical activity and health in the elderly: Practical implications for epidemiologists based on pedometer/accelerometer from the Nakanojo Study. *Archives of Gerontology and Geriatrics.* 2013; 56: 327-338.
- (17) Muscillo R, Schmid M, Conforto S, D'Alessio T. An adaptive Kalman-based Bayes estimation technique to classify locomotor activities in young and elderly adults through accelerometers. *Medical Engineering & Physics.* 2010; 32: 849-859.
- (18) Arango-Lopera VE et al. Prevalence of sarcopenia in Mexico City. *European Geriatric Medicine.* 2012; 3: 157–160.
- (19) Jaimes-Yescas G, Lupercio-Morales G, Hernández-Rodríguez De León S, Martínez-Sevilla JM. Estudio descriptivo del grado de sarcopenia, composición corporal y estado funcional en adultos mayores. *Unidad de*

Medicina Física y Rehabilitación Siglo XXI; IMSS, Delegación Sur, México, D.F.

- (20) NOM-173-SSA1-1998.
- (21) [www.who.int/topics/obesity/es](http://www.who.int/topics/obesity/es)
- (22) Corona-Téllez JP. Sistema electrónico para la evaluación de terapias para la prevención de la sarcopenia. Facultad de Ingeniería. 2014
- (23) Waters DL, Baumgartner RN. Sarcopenia and Obesity. Clin Geriatr Med. 2011; 27: 401-421.
- (24) Lu CW, Yang KC, Chang HH, Lee LT, Chen CY & Huang KC. Sarcopenic obesity is closely associated with metabolic síndrome. Obesity Research & Clinical Practice. 2013; 7: e301 – e307.
- (25) Zamboni M, Mazzali G, Fantin F, Rossi A, Di Francesco V. Sarcopenic obesity: A new category of obesity in the elderly. Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases. 2008; 18: 388-395.
- (26) Vincent HK, Raiser SN, Vincent KR. The aging musculoskeletal system and obesity-related considerations with exercise. Ageing Research Reviews. 2012; 11: 361-373.
- (27) S.-L. Tian et al. Mechanomyography is more sensitive than EMG in detecting age-related sarcopenia. Journal of Biomechanics. 2010; 43 551–556.
- (28) Ávila-Funes J. A. y col. Beneficios del ejercicio en los ancianos. Gac Méd México. 2004; 140 (4)

# ANEXOS

## ANEXO I



**INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
UNIDAD DE EDUCACIÓN, INVESTIGACIÓN  
Y POLITICAS DE SALUD  
COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN EN SALUD  
CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO  
(ADULTOS)**

**CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPACIÓN EN PROTOCOLOS DE INVESTIGACIÓN**

Nombre del estudio: \_\_\_\_\_

Patrocinador externo (si aplica): \_\_\_\_\_

Lugar y fecha: \_\_\_\_\_

Número de registro: \_\_\_\_\_

Justificación y objetivo del estudio: \_\_\_\_\_

Procedimientos: \_\_\_\_\_

Posibles riesgos y molestias: \_\_\_\_\_

Posibles beneficios que recibirá al participar en el estudio: \_\_\_\_\_

Información sobre resultados y alternativas de tratamiento: \_\_\_\_\_

Participación o retiro: \_\_\_\_\_

Privacidad y confidencialidad: \_\_\_\_\_

En caso de colección de material biológico (si aplica):

<input type="checkbox"/>	No autoriza que se tome la muestra.
<input type="checkbox"/>	Si autorizo que se tome la muestra solo para este estudio.
<input type="checkbox"/>	Si autorizo que se tome la muestra para este estudio y estudios futuros.

Disponibilidad de tratamiento médico en derechohabientes (si aplica): \_\_\_\_\_

Beneficios al término del estudio: \_\_\_\_\_

En caso de dudas o aclaraciones relacionadas con el estudio podrá dirigirse a:

Investigador Responsable: \_\_\_\_\_

Colaboradores: \_\_\_\_\_

En caso de dudas o aclaraciones sobre sus derechos como participante podrá dirigirse a: Comisión de Ética de Investigación de la 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: [comision.etica@imss.gob.mx](mailto:comision.etica@imss.gob.mx)

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del sujeto

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma de quien obtiene el consentimiento

\_\_\_\_\_  
Testigo 1

\_\_\_\_\_  
Testigo 2

\_\_\_\_\_  
Nombre, dirección, relación y firma

\_\_\_\_\_  
Nombre, dirección, relación y firma

Este formato constituye una guía que deberá completarse de acuerdo con las características propias de cada protocolo de investigación, sin omitir información relevante del estudio

**Clave: 2810-009-013**

ANEXO II

**HOJA DE CAPTACIÓN DE DATOS**

- Nombre: \_\_\_\_\_
- Número de afiliación: \_\_\_\_\_
- Edad: \_\_\_\_\_ Teléfono: \_\_\_\_\_
- Sexo: F M Delegación/Municipio: \_\_\_\_\_
- Escolaridad: \_\_\_\_\_
- Comorbilidades: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
- Uso de fármacos: SI NO
  - Cantidad: \_\_\_\_\_
  - Nombre y dosis: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
- Uso de auxiliar de la marcha: SI NO ¿Cuál? \_\_\_\_\_
- Actividad física: SI NO
  - Cuál y cantidad de tiempo y días a la semana: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
- Mini-mental: \_\_\_\_\_ puntos
- Barthel: \_\_\_\_\_ puntos

Peso corporal	Kg
IMC	
Perimetría pantorrilla	cm
Fuerza de prensión manual	Kg
Velocidad de la marcha	m/s

Velocidad angular flexores de codo	°/s
Velocidad angular extensores de rodilla	°/s
Ángulo de movimiento flexores de codo	°
Ángulo de movimiento extensores de rodilla	°

- Grado de sarcopenia: LEVE MODERADA SEVERA

OBESIDAD SARCOPENICA

**CITA UMFRSXXI:**

## ANEXO III

### MINI MENTAL STATE EXAMINATION (MMSE) Basado en Folstein et al. (1975), Lobo et al. (1979)

Nombre:  
Varón [ ] Mujer [ ]                      Fecha:              F. nacimiento:              Edad:  
Estudios/Profesión:                      Observaciones:

#### ORIENTACIÓN TEMPORAL (Máx.5)

¿En qué año estamos? 0-1  
¿En qué estación? 0-1  
¿En qué día (fecha)? 0-1  
¿En qué mes? 0-1  
¿En qué día de la semana? 0-1

#### ORIENTACIÓN ESPACIAL (Máx.5)

¿En qué hospital (o lugar) estamos? 0-1  
¿En qué piso (o planta, sala, servicio)? 0-1  
¿En qué pueblo (ciudad)? 0-1  
¿En qué provincia estamos? 0-1  
¿En qué país (o nación, autonomía)? 0-1

#### FIJACIÓN-Recuerdo Inmediato (Máx.3)

Nombre tres palabras Peseta-Caballo-Manzana (o Balón- Bandera-Arbol) a razón de 1 por segundo. Luego se pide al paciente que las repita. Esta primera repetición otorga la puntuación. Otorgue 1 punto por cada palabra correcta, pero continúe diciéndolas hasta que el sujeto repita las 3, hasta un máximo de 6 veces.

Peseta 0-1 Caballo 0-1 Manzana 0-1  
(Balón 0-1 Bandera 0-1 Árbol 0-1)  
Nº de repeticiones necesarias

#### ATENCIÓN-CÁLCULO (Máx.5)

Si tiene 30 pesetas y me va dando de tres en tres, ¿Cuántas le van quedando?  
Detenga la prueba tras 5 sustracciones. Si el sujeto no puede realizar esta prueba, pídale que deleetree la palabra MUNDO al revés.

30 0-1 27 0-1 24 0-1 21 0-1 18 0-1  
(O 0-1 D 0-1 N 0-1 U 0-1 M0-1)

#### RECUERDO diferido (Máx.3)

Preguntar por las tres palabras mencionadas anteriormente.  
Peseta 0-1 Caballo 0-1 Manzana 0-1  
(Balón 0-1 Bandera 0-1 Árbol 0-1)

#### LENGUAJE (Máx.9)

**DENOMINACIÓN.** Mostrarle un lápiz o un bolígrafo y preguntar ¿qué es esto?. Hacer lo mismo con un reloj de pulsera. Lápiz 0-1 Reloj 0-1

**REPETICIÓN.** Pedirle que repita la frase: "ni sí, ni no, ni pero" (o "En un trigal había 5 perros") 0-1

**ÓRDENES.** Pedirle que siga la orden: "coja un papel con la mano derecha, dóblelo por la mitad, y póngalo en el suelo".

Coge con mano d. 0-1 dobla por mitad 0-1 pone en suelo 0-1

**LECTURA.** Escriba legiblemente en un papel "Cierre los ojos". Pídale que lo lea y haga lo que dice la frase 0-1

**ESCRITURA.** Que escriba una frase (con sujeto y predicado) 0-1

**COPIA.** Dibuje 2 pentágonos intersectados y pida al sujeto que los copie tal cual. Para otorgar un punto deben estar presentes los 10 ángulos y la intersección. 0-1

Puntuaciones de referencia 27 ó más: normal  
24 ó menos: sospecha patológica 12-24: deterioro  
9-12 : demencia  
Puntuación Total  
(Máx.: 30 puntos)

a.e.g.(1999)

## ANEXO IV

ÍNDICE DE BARTHEL					
Comida:			FECHAS		
	10	Independiente. Capaz de comer por sí solo en un tiempo razonable. La comida puede ser cocinada y servida por otra persona			
	5	Necesita ayuda para cortar la carne, extender la mantequilla... pero es capaz de comer sólo			
	0	Dependiente. Necesita ser alimentado por otra persona			
<b>Lavado (baño)</b>					
	5	Independiente. Capaz de lavarse entero, de entrar y salir del baño sin ayuda y de hacerlo sin que una persona supervise			
	0	Dependiente. Necesita algún tipo de ayuda o supervisión			
<b>Vestido</b>					
	10	Independiente. Capaz de ponerse y quitarse la ropa sin ayuda			
	5	Necesita ayuda. Realiza sin ayuda más de la mitad de estas tareas en un tiempo razonable			
	0	Dependiente. Necesita ayuda para las mismas			
<b>Arreglo</b>					
	5	Independiente. Realiza todas las actividades personales sin ayuda alguna, los complementos necesarios pueden ser provistos por alguna persona			
	0	Dependiente. Necesita alguna ayuda			
<b>Deposición</b>					
	10	Continente. No presenta episodios de incontinencia			
	5	Accidente ocasional. Menos de una vez por semana o necesita ayuda para colocar enemas o supositorios.			
	0	Incontinente. Más de un episodio semanal			
<b>Micción</b>					
	10	Continente. No presenta episodios. Capaz de utilizar cualquier dispositivo por si solo ( botella, sonda, orinal ... ).			
	5	Accidente ocasional. Presenta un máximo de un episodio en 24 horas o requiere ayuda para la manipulación de sondas o de otros dispositivos.			
	0	Incontinente. Más de un episodio en 24 horas			
<b>Ir al retrete</b>					
	10	Independiente. Entra y sale solo y no necesita ayuda alguna por parte de otra persona			
	5	Necesita ayuda. Capaz de manejarse con una pequeña ayuda; es capaz de usar el cuarto de baño. Puede limpiarse solo			
	0	Dependiente. Incapaz de acceder a él o de utilizarlo sin ayuda mayor			
<b>Transferencia (traslado cama/sillón)</b>					
	15	Independiente. No requiere ayuda para sentarse o levantarse de una silla ni para entrar o salir de la cama.			
	10	Mínima ayuda. Incluye una supervisión o una pequeña ayuda física.			
	5	Gran ayuda. Precisa ayuda de una persona fuerte o entrenada.			
	0	Dependiente. Necesita una grúa o el alzamiento por dos personas. Es incapaz de permanecer sentado			
<b>Deambulaci3n</b>					
	15	Independiente. Puede andar 50 metros o su equivalente en casa sin ayuda supervisi3n. Puede utilizar cualquier ayuda mecánica excepto un andador. Si utiliza una prótesis, puede ponérsela y quitársela solo.			
	10	Necesita ayuda. Necesita supervisi3n o una pequeña ayuda física por parte de otra persona o utiliza andador.			
	5	Independiente en silla de ruedas. No requiere ayuda ni supervisi3n			
<b>Subir y bajar escaleras</b>					
	10	Independiente. Capaz de subir y bajar un piso sin ayuda ni supervisi3n de otra persona.			
	5	Necesita ayuda. Necesita ayuda o supervisi3n.			
	0	Dependiente. Es incapaz de salvar escalones			
<b>La incapacidad funcional se valora como:</b>		* Total: < 20 puntos. * Grave: 21 - 60 puntos.	* Moderada: 61-90 puntos. * Leve: 91-99 Independiente: 100 (95 en silla de ruedas)	TOTAL	

## CARACTERÍSTICAS DEL ACELERÓMETRO



## LIS302DL

MEMS motion sensor  
3-axis -  $\pm 2g/\pm 8g$  smart digital output “piccolo” accelerometer

## Feature

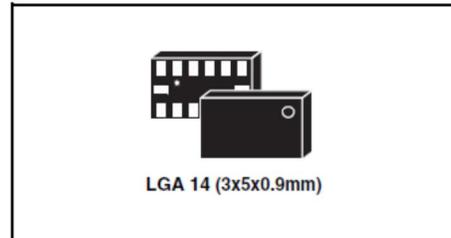
- 2.16 V to 3.6 V supply voltage
- 1.8 V compatible I/Os
- <1 mW power consumption
- $\pm 2g/\pm 8g$  dynamically selectable full-scale
- I<sup>2</sup>C/SPI digital output interface
- Programmable multiple interrupt generator
- Click and double click recognition
- Embedded high pass filter
- Embedded self test
- 10000g high shock survivability
- ECOPACK® RoHS and “Green” compliant (see [Section 9](#))

## Description

The LIS302DL is an ultra compact low-power three axes linear accelerometer. It includes a sensing element and an IC interface able to provide the measured acceleration to the external world through I<sup>2</sup>C/SPI serial interface.

The sensing element, capable of detecting the acceleration, is manufactured using a dedicated process developed by ST to produce inertial sensors and actuators in silicon.

The IC interface is manufactured using a CMOS process that allows to design a dedicated circuit which is trimmed to better match the sensing element characteristics.



The LIS302DL has dynamically user selectable full scales of  $\pm 2g/\pm 8g$  and it is capable of measuring accelerations with an output data rate of 100 Hz or 400 Hz.

A self-test capability allows the user to check the functioning of the sensor in the final application.

The device may be configured to generate inertial wake-up/free-fall interrupt signals when a programmable acceleration threshold is crossed at least in one of the three axes. Thresholds and timing of interrupt generators are programmable by the end user on the fly.

The LIS302DL is available in plastic Thin Land Grid Array package (TLGA) and it is guaranteed to operate over an extended temperature range from -40 °C to +85 °C.

The LIS302DL belongs to a family of products suitable for a variety of applications:

- Free-fall detection
- Motion activated functions
- Gaming and virtual reality input devices
- Vibration monitoring and compensation

Table 1. Device summary

Part number	Temp range, °C	Package	Packing
LIS302DL	-40 to +85	LGA	Tray
LIS302DLTR	-40 to +85	LGA	Tape and reel ( 5000 pcs/reel )
LIS302DLTR8	-40 to +85	LGA	Tape and reel ( 8000 pcs/reel )

## Block diagram

Figure 1. Block diagram

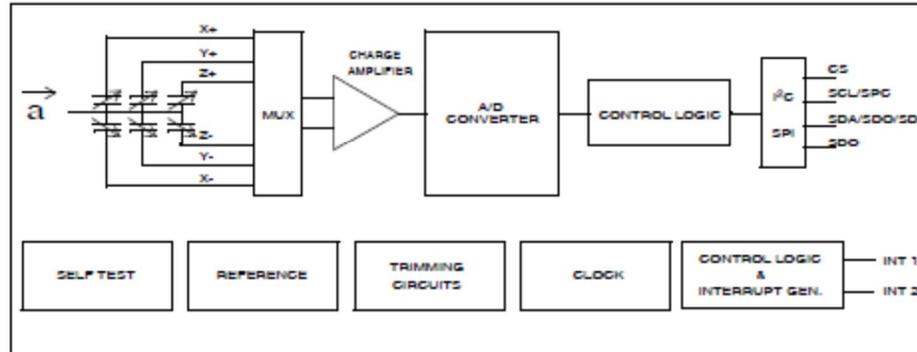
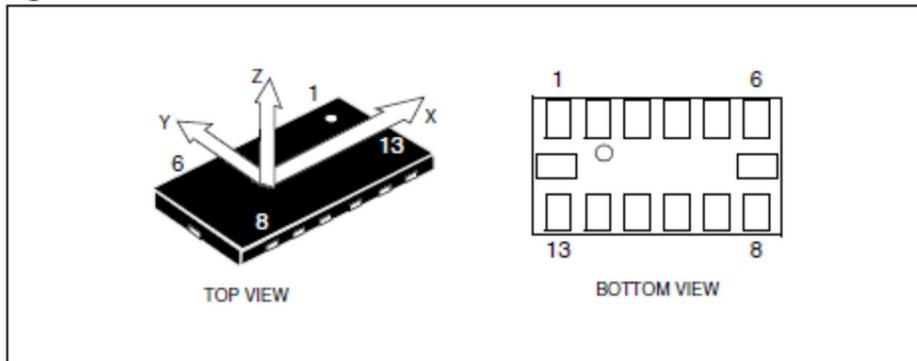


Figure 2. Pin connection

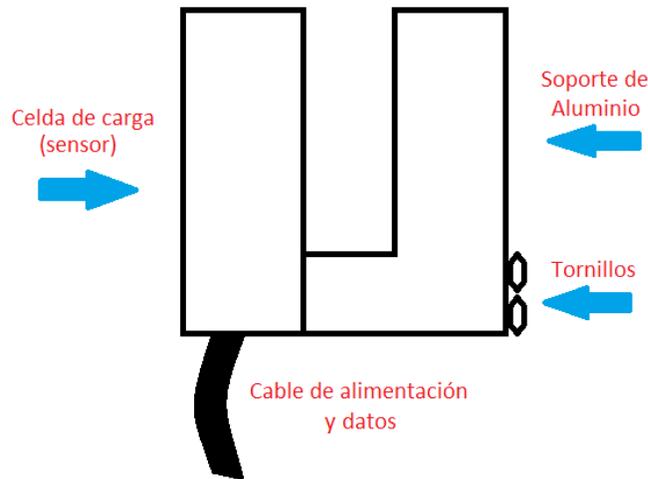


## ANEXO VI

### CARACTERÍSTICAS DE LA CELDA DE CARGA

#### *Funcionamiento del sensor de fuerza de presión*

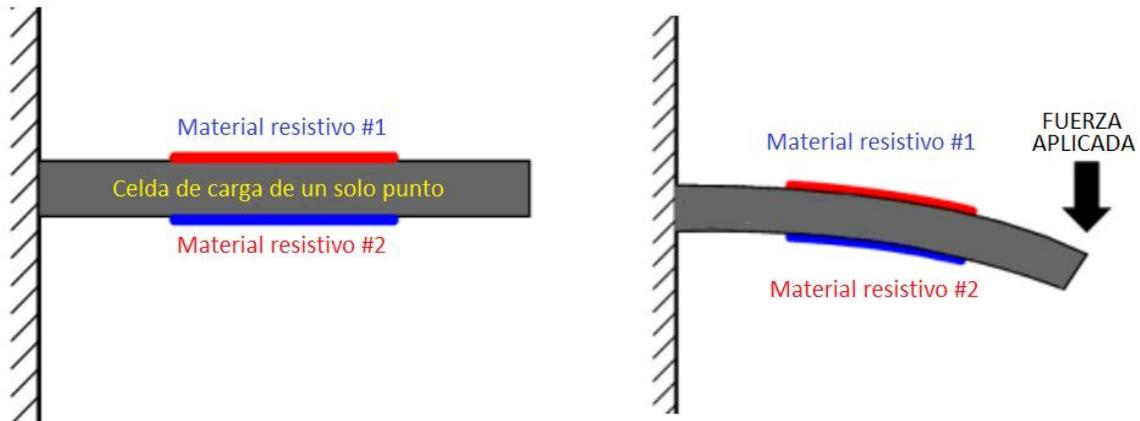
El instrumento está compuesto de un sensor y una barra de aluminio en forma de "L" que funciona como soporte, están unidos por dos tornillos en un costado.



#### *Funcionamiento de la celda de carga*

Una celda de carga es un transductor que transforma una fuerza aplicada en una señal eléctrica. La celda está compuesta por una serie de galgas extensiométricas (mide deformación o carga aplicada, está hecha con materiales que su resistencia eléctrica cambia cuando es sometida a esfuerzos) conectadas en una configuración de puente de Wheatstone. La galga extensiométrica al sufrir una deformación envía señales eléctricas, su valor depende del grado de deformación del material con el que está hecha.

En el caso del sensor se utilizó una celda de carga de un solo punto. Este tipo de celda funciona como un trampolín de alberca, la fuerza es aplicada en una dirección, deformando el material y cambiando las señales eléctricas las cuales son interpretadas según la hoja de especificaciones de la misma.



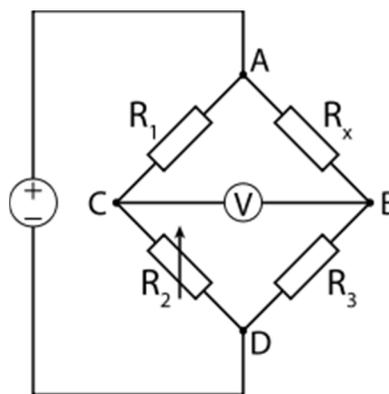
La interpretación de los datos obedece a una simple regla de tres. En el caso de nuestra celda su sensibilidad es de 2 [mV/V], esto quiere decir que por cada volt de alimentación al sensor, este valor se multiplica por los 2 [mV/V] dando el voltaje de salida total. Nuestra celda estaba alimentada con 5 [V] dando un resultado de 10 [mV] ( $5 [V] * 2 [mV/V]$ ) a la salida. La capacidad máxima para un trabajo optimo de la celda es de 40 [Kg]. Ahora calculamos por medio de la regla de tres:

40[Kg] -----> 10 [mV]      Donde X es igual a: 4 [Kg]  
 X -----> 1[mV]              Por cada mili-volt obtenido es equivalente a 4Kg de fuerza.

Hay que las señales eléctricas son muy pequeñas, estas se deben amplificar por medio de la configuración de amplificador de instrumentación, para después digitalizar la señal, convertir los datos y desplegarlos en un display.

*Puente de Wheatstone*

Está formado por 4 resistencias en circuito cerrado, una de ellas será la resistencia a medir (resistencia variable).



Las resistencias 1,2 y 3 son de valores conocidos, la resistencia x es la de valor desconocido y la que es de objeto saber su magnitud. Analizando el circuito:

$$R_x = (R_1 * R_3) / R_2.$$

## ANEXO VII

Figura A. Dispositivo con acelerómetros triaxiales



Se trata de un dispositivo que utiliza como fuente de energía una pila de 9 volts, manda la información vía Bluetooth a una computadora en donde se traducen los datos mediante el programa Matlab versión R2012b. Para mayor referencia consultar la referencia 22.

Figura B. Procedimiento para medición de velocidad angular de codo



Figura C. Procedimiento de velocidad angular de rodilla



Figura D. Posición de medición de velocidad angular de rodilla vista anterior



Figura E. Celda de carga



Figura F. Posición de uso de celda de carga vista anterior y lateral

