



DISEÑO DE UN DISPOSITIVO MÉDICO ERGONÓMICO PARA PERSONAS CON OSTEOARTRITIS

DESIGN OF AN ERGONOMIC MEDICAL DEVICE FOR PEOPLE WITH OSTEOARTHRITIS

Ariadna Benítez-Saucedo*

Elizabeth Duarte-Beltrán**

Resumen: En México el organismo del seguro social señala que existen 1,6 millones de personas que han desarrollado osteoartritis y que 1 de cada 10 adultos mayores de 60 años la controla, para diagnosticar este padecimiento pueden pasar hasta 7,7 años. El objetivo de la investigación es diseñar un artefacto ergonómico multifuncional para hombros, manos y dedos que minimice el dolor, la pérdida de fuerza y rigidez de los músculos, sin que los pacientes tengan que trasladarse a un centro de rehabilitación física, exponiéndose a caídas, accidentes, agresiones, desorientación y enfermedades en entornos de hospitales. La metodología de diseño que se aplicó, se integra de diez etapas mismas que permiten considerar todos los aspectos relevantes en el proceso de diseño. Se empleó un constructo a una muestra de cien personas de la tercera edad que padecen de artrosis en las manos observando que las más afectadas con el 62% son mujeres; el 64% se encuentra pensionado, el 21% se distrae con la televisión, el 45% prefiere no salir de su casa, al 78% le gustaría realizar la terapia en los lugares de su preferencia, el 30% elige hacer sus ejercicios en la comodidad de su sala y los dispositivos que consideran los expertos más efectivos para las terapias en manos son: el pronosupinador 20%, escalerilla de dedos 20%, el timón 15%, los flexo-extensores 20% y patineta 15%. La adquisición del dispositivo médico ergonómico propuesto permitirá que en un lapso de 2 años se minimice el dolor en las personas de la tercera edad, evitando la intervención quirúrgica y manteniendo su seguridad e independencia, así como su participación activa con la familia y la sociedad.

Palabras clave: Ergonomía, dispositivo médico, antropometría, fisioterapia, terapia ocupacional.

Abstract: In Mexico, the social security agency indicates that there are 1.6 million people who have developed osteoarthritis and that 1 in 10 adults over 60 years of age control it; it can take up to 7.7 years to diagnose this condition. The objective of the research is to design a multifunctional ergonomic device for shoulders, hands and fingers that minimizes pain, loss of strength and stiffness of the muscles, without patients having to travel to a physical rehabilitation center, exposing themselves to falls, accidents, assaults, disorientation and illnesses in hospital environments. The design methodology that was applied is made up of ten stages that allow considering all relevant aspects in the design process. A construct was used on a sample of one hundred elderly people who suffer from

*Universidad Anáhuac. Oaxaca, México. Correo electrónico: aribesa@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4314-769X>

**Universidad Tecnológica de la Mixteca. Oaxaca, México. Correo electrónico: ebeltran@mixteco.utm.mx. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0365-749X>. Autora de correspondencia.

osteoarthritis in the hands, observing that the most affected, 62%, are women; 64% are retired, 21% are distracted by television, 45% prefer not to leave their house, 78% would like to do therapy in the places of their choice, 30% choose to do their exercises in the comfort of your room and the devices that experts consider most effective for hand therapies are: the pronosupinator 20%, finger ladder 20%, the rudder 15%, the flexo-extensors 20% and the skateboard 15%. The acquisition of the proposed ergonomic medical device will allow pain in the elderly to be minimized in a period of 2 years, avoiding surgical intervention and maintaining their safety and independence, as well as their active participation with family and society.

Keywords: Ergonomics, medical device, anthropometry, physiotherapy, occupational therapy.

Recepción: 12.03.2024 / Revisión: 25.03.2024 / Aceptación: 23.05.2024

Introducción

La Organización Mundial de la Salud ([OMS], 2023) señala que mueren 41 millones de personas al año por Enfermedades No Transmisibles (ENT) esto equivale al 74% de los decesos en todo el mundo, los países más vulnerables son los de bajos ingresos.

En México el Instituto Mexicano del Seguro Social ([IMSS], 2023) al respecto expone que existen 1,6 millones de personas que han desarrollado osteoarthritis (OA) y uno de cada 10 adultos mayores de 60 años la controla y para diagnosticar a una persona con esta enfermedad pueden pasar hasta 7,7 años, esta lesión se reconoce por el desgaste y rompimiento del cartílago que cubre los extremos de los huesos, también produce daños al tejido sinovial, formación de espolones en los bordes y cambios en los tejidos blandos, la prevalencia de estos padecimientos con el 10,5% son más frecuente en mujeres con el 11,7% que en hombres con 8,7% este trastorno se reconoce como una de las primeras causas de invalidez en el país.

Para Martínez et al. (2015) la artrosis es una enfermedad crónica degenerativa que se identifica por la pérdida progresiva del cartílago y es considerada uno de los diez principales problemas de salud en México que afecta principalmente a personas de la tercera edad, los síntomas son fuertes dolores en las articulaciones, pérdida de fuerza e inflamaciones que reducen los movimientos motrices principalmente en manos y rodillas afectando la capacidad móvil. GBD 2021 Osteoarthritis Collaborators (2023) consideran que es el tipo común de artritis que afecta al cartílago, describiéndolo como un tejido resbaloso que cubre a los huesos en las partes extremas, su función es absorber la energía que se produce con el movimiento físico hasta que se desgasta y se rompe provocando que las articulaciones se rocen uno con otro causando fricción, inflamación y en el peor de los casos discapacidad.

Espinosa-Morales et al. (2018) señalan que la artrosis afecta a cualquier parte del cuerpo, pero es más común en las manos con el 43,3%, rodillas 23,9 % y caderas 10,9% y se desarrolla por historia familiar, edad, genética, sobrepeso, sexo femenino, ejercicios de alto impacto y traumatismos.

Restrepo (2020) menciona que el envejecimiento incrementa las probabilidades de desarrollar enfermedades crónicas que afectan a los movimientos motrices y mecánicos provocando que los adultos mayores dependan de cuidadores. La Organización Internacional

del Trabajo ([OIT], 2021) expone que la vejez es la reducción gradual de las capacidades y el desencadenamiento de enfermedades, hasta la muerte, en el mundo se espera que para el año 2050 se incremente la población adulta de 60 años de un 12% a un 22% sobreviviendo con ingresos económicos medios y bajos, las afectaciones comunes que tendrán son pérdida de vista, audición diabetes, demencia, artrosis y depresión.

El Instituto Nacional de Personas Adultas Mayores ([INAPAM], 2015) considera personas mayores a aquellas que cuenten con 60 años de edad o más, para el año 2050 se prevé que en México la población de la tercera edad aumente de 18 millones a 32,4 millones, al respecto el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática ([INEGI], 2022) expuso que las personas de la tercera edad representan el 14 % de la población del país con una esperanza de vida promedio de 72 años en hombres y 78 para las mujeres y se espera que una cuarta parte de la población en el 2050 supere los 60 años. Por lo anterior la carga de enfermedades músculo esqueléticas aumentará en las próximas décadas por el envejecimiento de la población prevista.

GBD 2021 Osteoarthritis Collaborators (2023) indican que su tratamiento se lleva a cabo a través de fisioterapias, por medio de ejercicios que ayudan a recuperar los movimientos de las articulaciones o con apoyos de asistencia física como son los bastones, férulas, rodilleras, masajes, acupuntura, analgésicos, programas de autocuidado, reducción de peso y reemplazando a las articulaciones afectadas por medios quirúrgicos con el propósito de aliviar el dolor, reducir la inflamación y retrasar el proceso de la enfermedad haciendo más lenta la pérdida ósea.

Matute y Montero (2021) exponen la falta de medicamentos capaces de modificar el daño estructural de la osteoartritis que es el resultado de dos factores principales la inactividad y el proceso de envejecimiento; por lo que el manejo de la enfermedad se ha centrado en dar alivio al dolor.

Castillo et al. (2023) al respecto comenta que la terapia ocupacional la desempeñan principalmente los traumatólogos, neurólogos, fisiatras y geriatras y su función consiste en ayudar a los pacientes a recuperar sus habilidades físicas, motoras y emocionales con ejercicios, actividades y tratamientos que restauren las habilidades e independencia de las personas.

Morrison (2021) propone que la terapia ocupacional tiene como objetivo ayudar a las personas que de manera voluntaria están dispuestas a ocuparse para elevar su bienestar físico con cinco propósitos a) cada ejercicio tiene un objetivo b) el paciente debe estar convencido de su participación para conseguir un resultado positivo c) la terapia eleva el bienestar y previene futuras lesiones d) ayuda a incorporar a los pacientes a su vida cotidiana e) se desarrollan ejercicios siguiendo las indicaciones de un especialista.

AlQhtani et al. (2024) destaca que el terapeuta ocupacional trabaja con un equipo interdisciplinario para rehabilitar al paciente hasta que sea capaz de integrarse a su vida cotidiana, todo esto se logra a través de los tratamientos y ejercicios planteados por un médico especialista. Jiménez y Lorenzo (2020) destacan que la terapia ocupacional es importante para aquellas personas que se han sometido a una cirugía de mano y para aquellas personas de la tercera edad aquejadas por osteoartritis.

Negrín y Olavarría (2014) exponen la eficacia del tratamiento terapéutico implementando ejercicios pasivos en el que el especialista mueve las articulaciones del paciente con mucho cuidado sin que este realice esfuerzo los movimientos activos se refieren a relejar y contraer los músculos voluntariamente, la dedicación del paciente para realizar ejercicios ocupacionales varias veces al día le ayuda a aumentar la movilidad articular de las partes afectadas.

Bernfort et al. (2015) observan que este deterioro músculo esquelético tiene graves consecuencias personales que afecta sobre todo a las personas mayores, volviéndolas menos activas, dependientes de sus familiares y de enfermeras para sobrellevar sus actividades cotidianas y para superar los síntomas depresivos que les causa su estado de invalidez. Hoy et al. (2014) exponen que es necesario ayudar a las personas afectadas para reducir los dolores crónicos, las limitaciones en las actividades sociales, la participación ocupacional y laboral, los registros de decremento en la salud y calidad de vida de las personas incluyendo su bienestar mental.

Vincent et al. (2014) señala la importancia del diseño de dispositivos médicos interactivos que garanticen la seguridad durante su uso con los pacientes afectados por artrosis, para mejorar las articulaciones a través de descanso y ejercicios, siendo muy claro en las instrucciones del fabricante y en las limitaciones del artefacto. Martín et al. (2012) analizan que el área médica requiere del diseño de prototipos que cumplan con las necesidades ergonómicas del usuario, considerando que se debe hacer un estudio riguroso sobre los requerimientos de antropometría, de uso, funcionalidad, seguridad y practicidad para cumplir con su funcionamiento integral.

Martín et al. (2008) destacan que para desarrollar un artefacto médico de alta calidad se deben realizar encuestas que permitan conocer los patrones de vida y de trabajo de los pacientes, así como las capacidades acordes a su género, edad y entorno en el que el sistema formara parte, conocer los requerimientos clínicos del usuario son esenciales para incorporarlos en el diseño.

Liao et al. (2023) definen a la ergonomía como una ciencia interdisciplinaria que se enfoca a mejorar el sistema hombre máquina y su entorno para reducir enfermedades, lesiones y accidentes en la integración con la antropometría, al adaptar a la medida espacios y productos que elevan el bienestar, seguridad y comodidad del usuario. Al respecto Vicente et al. (2024) señalan la implantación de esta ciencia que permite optimizar y mejorar la calidad de vida de las personas en dos aspectos en la salud y en el económico, con el rendimiento máximo del sistema considerando los aspectos físicos y mentales del usuario para incrementar su eficacia resultando en un efecto sinérgico.

En México el IMSS (2021) expone que el 70% de las personas de la tercera edad siguen activas con un trabajo ya sea por cuenta propia o de manera informal, el 30% disfruta de una pensión o jubilación y de los 7 millones de personas adultas aseguradas, solo brinda atención al 10% de ellas. Al respecto el The New York Times (2020) expuso que los servicios médicos del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) y el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE) no son considerados por los afiliados que se enferman por la precariedad de atención que ofertan a los pacientes, los tiempos de espera

para ser atendidos son de 2 a 3 horas, para ser considerados en una operación quirúrgica deben aguardar hasta 4 meses y en muchas ocasiones deben pagar por sus medicamentos y curaciones, concluyendo que el sistema de salud pública es deficiente y limitado para atender enfermedades degenerativas como la osteoartritis.

Nurul-Shahida et al. (2015) afirman que la antropometría estudia las dimensiones humanas y las agrupa según sus características físicas para determinar valores medios y de desviación estándar. Las personas de la tercera edad suelen reducir sus dimensiones físicas, al igual que la fuerza de presión en la mano, estos factores son de mayor problema para aquellos ancianos que sufren de osteoartritis.

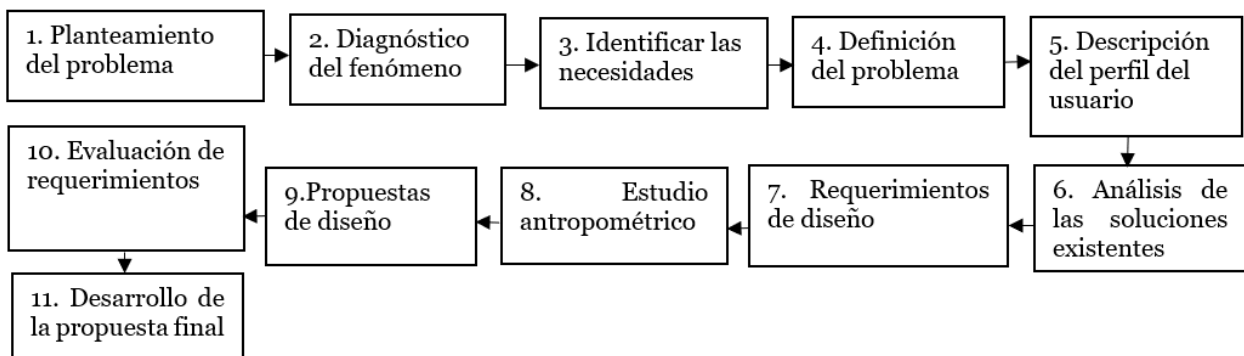
Para Rodríguez (2023) el Diseño Industrial en México ha desarrollado su propia identidad al proyectar una imagen nacional y de modernidad creativa, que se aplica en la invención de productos que cubren las necesidades del usuario de un sector para fabricarse en serie.

El objetivo de la investigación es diseñar un dispositivo médico ergonómico para hombros, manos y dedos que alivie el dolor, la pérdida de fuerza y la rigidez, sin que los pacientes tengan que trasladarse a un centro de rehabilitación física, exponiéndose a caídas, accidentes de tráfico, robos, agresiones, desorientación y enfermedades en entornos de hospitales.

Materiales y métodos

La metodología empleada es de tipo cualitativa al explorar por medio de entrevistas y métodos de observación el fenómeno de estudio y cuantitativa por la presentación estadística en la recopilación y presentación detallada de los resultados, para comprender los procedimientos de la investigación se presenta en la figura 1 de la metodología de diseño empelada con base a la propuesta de Rodríguez (2015).

Figura 1. Abstracción de la metodología de diseño de Rodríguez (2015).



Descripción de las once etapas

1. Descripción de la problemática.
2. Diagnóstico de las necesidades de los usuarios por medio de encuestas, entrevistas, observación o análisis de documentos.
3. Aplicar el cuestionario a las personas afectadas para identificar las necesidades sobre el tema.
4. Se describen las necesidades de los consumidores a resolver.
5. Se detallan las características del usuario.
6. Se analizan los productos similares que se comercializan para determinar sus características.
7. Estos se clasifican por su cumplimiento Requerimientos obligatorios: de practicidad; conveniencia, seguridad, mantenimiento, reparación, antropometría, ergonomía, transportación. Requerimientos de función: mecanismos, confiabilidad, versatilidad, resistencia, acabados. Requerimientos estructurales: número de componentes, carcasa, uniones, estructura, peso y material.
8. Se obtienen las dimensiones antropométricas requeridas para determinar las dimensiones precisas.
9. Se elige una técnica de diseño para generar propuestas creativas potenciales que den solución a los requerimientos del usuario.
10. Se evalúan con un análisis y se contraponen con los requerimientos.
11. La propuesta con mayor puntaje es la que se detalla con dibujos y planos de ingeniería elaborados en CAD/CAE.

Resultados y discusión

Planteamiento del problema

En México 1,6 millones de personas adultas padecen de artrosis una enfermedad de las articulaciones que provoca el desgaste del tejido en el cartílago, esta enfermedad degenerativa con el paso del tiempo deforma los huesos al grado de limitar las actividades normales como barrer, lavar, bañarse, caminar, mover los brazos o los dedos de las manos y en casos graves provoca discapacidad. Los tratamientos farmacéuticos además de costosos tienen efectos secundarios, la cirugía es de gran riesgo en personas mayores algunos pacientes pueden experimentar alteraciones físicas después de la operación además de una recuperación lenta, por lo tanto, la terapia ocupacional es una gran alternativa para que se aminore el dolor en las zonas afectadas con ejercicios que pueden realizarse en casa.

Diagnóstico del fenómeno

La osteoartritis es una enfermedad articular degenerativa que afecta los tejidos del cartílago en manos y codos principalmente se presenta en personas adultas mayores de 60 años provocando fuertes dolores crónicos y limitando los movimientos, hasta hacerlos dependientes de las personas que los rodean.

Detectar las necesidades

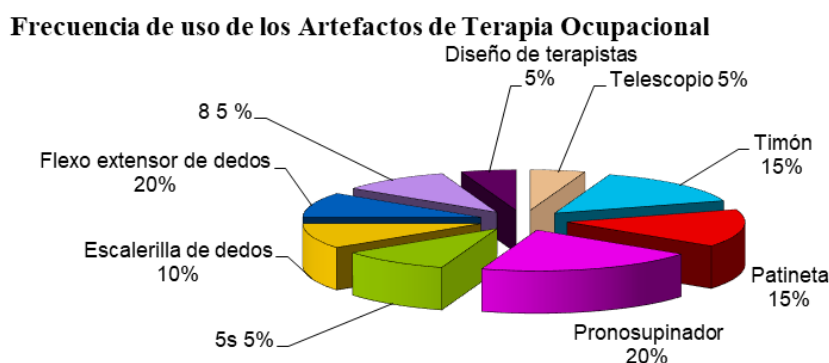
Se realizaron 100 entrevistas a personas de la tercera edad que presentan osteoartritis en manos y brazos y que acudían a terapia ocupacional en las áreas de rehabilitación del IMSS en Huajuapán de León, Oaxaca y en la Ciudad de Oaxaca. De igual manera se entrevistaron a 8 expertos en el área; médicos y terapeutas ocupacionales. Los resultados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados de la encuesta.

Ítem	Respuesta	Porcentaje
1. Género	Mujeres	62%
	Hombres	38%
2. Ocupación	Casa	64%
	Empleado	17%
	Independiente	19%
3. Actividades que realiza con frecuencia en su casa	Barrer	18%
	Planchar	5%
	Lavar	17%
	Cocinar	18%
	Leer	3%
	Veo TV	21%
	Caminar	11%
	Cuida a los nietos	7%
4. ¿Lugares en donde se encuentra o acude frecuentemente?	Hogar	45%
	Casa de familiares	25%
	Trabajo	10%
	Clínicas y hospitales	15%
	Otros	5%
5. ¿Requiere de los cuidados de un familiar para realizar actividades cotidianas?	Sí	77%
	No	23%
6. ¿Le gustaría realizar su terapia en la comodidad de su hogar?	Sí	73%
	No	27%
7. ¿Le gustaría realizar su terapia en los lugares a los que usted acude?	Sí	78%
	No	22%
8. ¿Elija el espacio en el que le gustaría realizar su terapia?	Sala	30%
	Comedor	11%
	Recámara	28%
	Cocina	9%
	Jardín	12%
	Patio	4%
	Otros	6%

En la figura 2 se señalan los artefactos más utilizados en la terapia ocupacional para controlar la osteoartritis en hombros, manos y codos, algunos de ellos como la mesa de Kanavel, la escalerilla y otros artefactos han sido fabricados por los terapeutas para brindar una solución a este padecimiento.

Figura 2. Artefactos que se aplican en terapia ocupacional para personas aquejadas de osteoartritis de manos.



En la gráfica se observa que el aparato que más se utiliza es el pronosupinador 20%, flexo extensor 20% seguido de la patineta 15% y el timón 15%.

Definición del problema a resolver

Diseñar un artefacto multifuncional que permita realizar fisioterapia ocupacional en el hogar a los adultos de la tercera edad con artrosis en manos y codos para reducir el dolor y la rigidez de los dedos y evitar riesgos y gastos en el traslado a clínicas o centros de rehabilitación que ofrecen este servicio médico. El dispositivo debe cumplir con las dimensiones adecuadas para ser utilizado por personas adultas que tengan más de 60 años de edad.





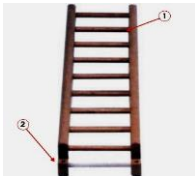
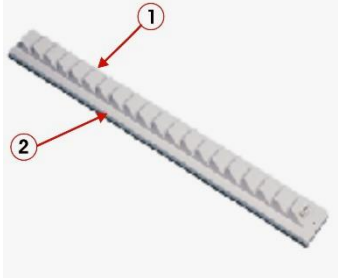
Descripción del perfil de usuario

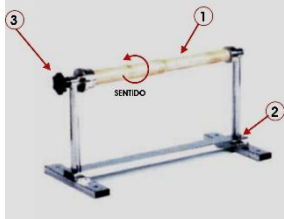

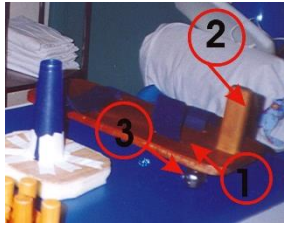
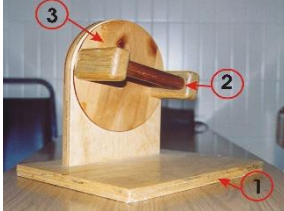
Adultos mayores de 60 años hombres y mujeres, jubilados o con actividades laborales o del hogar, originarios de Oaxaca, con problemas de osteoartritis en manos codos y hombros, motivados en su autocuidado y dispuestos a realizar los ejercicios de rehabilitación solos o acompañados en su hogar, independientes o dependientes de familiares, con movilidad física.

Análisis de soluciones existentes

Se realizó un análisis estricto como se muestra en la tabla 2 de los productos mecánicos que se venden en el mercado para abatir los efectos de la osteoartritis, estos se describen a continuación.

Tabla 2. Análisis de mercado de los dispositivos que se utilizan para mitigar la artrosis.

Nombre	Características	Imagen
Dispositivo de entrenamiento de antebrazo para escritorio	Rotación de la mano con movimientos de pronación y supinación, tiene una perilla que permite ajustar la resistencia del giro. Se coloca una o las dos manos y se gira. Origen: China	
Ejercitador de dedos para manos	Con anillos de caucho que se colocan alrededor de los dedos, se realizan ejercicios de flexión y extensión con dos opciones para elegir menor o mayor tensión de 20 y 40 libras. Se entrenan los dedos individualmente y es portátil. Origen: USA	
Pelota- terapia-rehabilitación	Pelota de plástico con velcro que se coloca alrededor de los dedos para ejercer fuerza de flexión y extensión. Origen: China	
Timón o rueda de hombro	Se acciona la manivela con la fuerza mecánica que ejerce el usuario sobre la rueda girando una y otra vez, las partes del cuerpo que se ejercen son el hombro y el codo que realizan ejercicios de rotación, flexión y extensión. Origen: México	
Escalerilla de hombros	Tiene 9 peldaños de madera, el paciente pasa los dedos lenta o rápidamente. Alivia el dolor de los hombros y codos. Origen: México	
Escalerilla de dedos	Se empotra a la pared y se desplazan los dedos por los pequeños peldaños hacia arriba y abajo, es fácil de utilizar. Reduce los dolores de codos mano y dedos.	

Nombre	Características	Imagen
Flexo extensor o Telescopio	<p>El usuario coloca las manos en el rodillo para hacerlo girar, la intensidad del giro se regula con la perilla con la que cuenta el aparato.</p> <p>Origen: México</p>	
Mesa Kanavel	<p>Se adaptó un timón, ligas elásticas, flexo extensor y la mesa que sirve como base. Se utiliza para flexionar y extender los dedos, el timón ayuda a rotar y mover el codo en posición de prona supinación. Trabaja manos, hombro y codo.</p> <p>Origen: México</p>	
Patineta	<p>Se apoya el antebrazo en la superficie de madera sujetando con la palma de la mano la base vertical de madera, se realizan ejercicios en diferentes direcciones para ejercitar el codo y el hombro.</p> <p>Origen: México</p>	
Pronosupinador	<p>Se sujeta el asa con la mano afectada realizando movimientos de pronación y supinación ayuda a rehabilitar las manos.</p> <p>Origen: México</p>	

De los dispositivos analizados se concluye que son fáciles de manipular y cumplen con el propósito de rehabilitar las manos, codo y dedos, se destaca; que no todos se encuentran disponibles para su compra se consiguen por separado para su uso, por lo tanto; la adquisición de más de un dispositivo incrementaría los gastos y la necesidad de espacio para almacenarlos o transportarlos. Se destaca que el pronosupinador, la patineta, la mesa de Kanavel y el timón de rueda; son artefactos exclusivos de los centros de fisioterapias y no se venden al público en general

Requerimientos de diseño

Son las variables que debe cumplir una solución de diseño y se precisan previamente por los aspectos legales o por cualquier otra disposición para ser aceptada, se describen en la tabla 3.


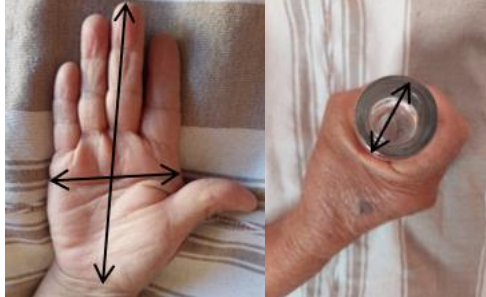
Tabla 3. Requerimientos de diseño a considerar.

1. Funcional	Debe satisfacer las necesidades de los usuarios afectados por osteoartritis para disminuir el dolor y la rigidez en las articulaciones de manos y brazos a través de los ejercicios que se llevan a cabo con el artefacto propuesto para realizar la terapia ocupacional en cualquier lugar de la casa con un familiar o en la oficina en sus momentos de ocio.
2. Ergonómico	En su diseño se tienen que incluir las dimensiones antropométricas de manos y brazos de personas adultas para que lo utilicen y calcen cómodamente, deberá optimizar los movimientos para realizar la terapia.
3. Seguridad	Sus acabados deberán ser lisos, de preferencia con materiales de neopreno y polivinilo (PVC) ya que no se rompen con facilidad, los mecanismos propuestos deberán ser simples y duraderos y estar fabricados en policarbonato (PC)
4. Fácil mantenimiento	No deberá tener huecos o espacios pequeños donde la suciedad se acumule para que se pueda limpiar con un paño húmedo sin presentar ralladuras o manchas.
5. Estético	Por tratarse de un artefacto médico los colores que se apliquen deben ser neutros para percibirse limpios e higiénicos.
6. Fácil de transportar	Deberá ser portátil y liviano con un peso menor de un kilo y con un dispositivo que permita el agarre adecuado.

Estudio antropométrico

En la tabla 4 se exponen las dimensiones del brazo, mano y dedos que se tomaron a una muestra de cien personas de la tercera edad para determinar el tamaño adecuado del artefacto multifuncional.

Tabla 4. Dimensiones antropométricas de brazo, mano y dedos.

Brazo	1. Largo del brazo: del codo al dedo medio de la mano	
Mano	Palma de la mano con movimiento en supinación 2. Ancho 3. Largo 4. Diámetro del puño	

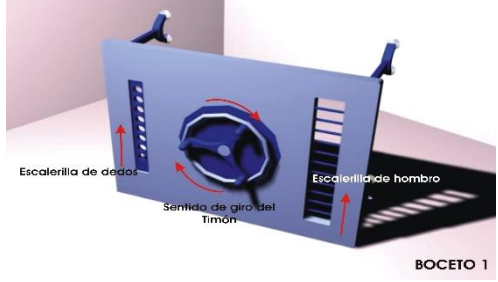
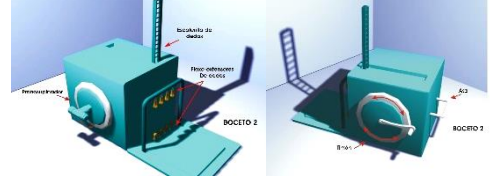
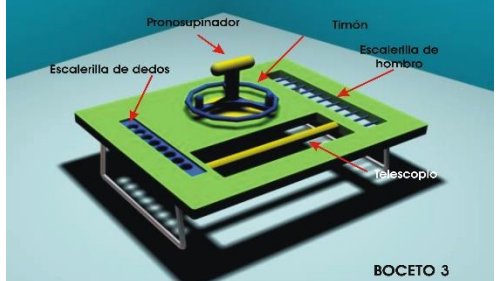
<p>Dedos</p>	<p>Circunferencia y largo del: 5. Dedo pulgar 6. Dedo índice 7. Dedo medio 8. Dedo anular 9. Dedo meñique 10. Alto de la mano</p>	
---------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------

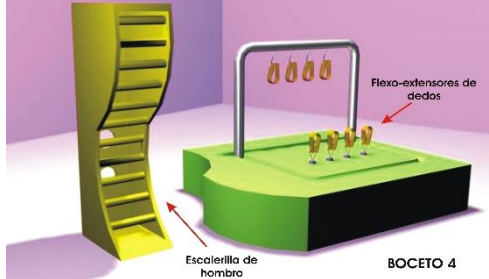
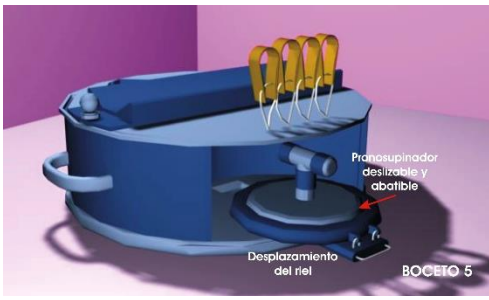
Para Gündel et al. (2021) supinación es la acción en la que la palma de la mano es colocada viendo hacia arriba y pronación girarla 180° para abajo. Como cualquier parte del cuerpo humano las dimensiones de las manos son una variable antropométrica que depende de cada individuo y es importante considerar estos datos en la propuesta de diseño del artefacto médico multifuncional.

Propuestas de diseño

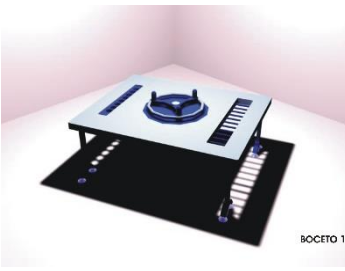
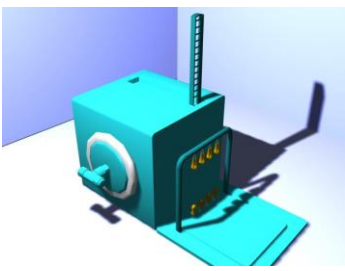
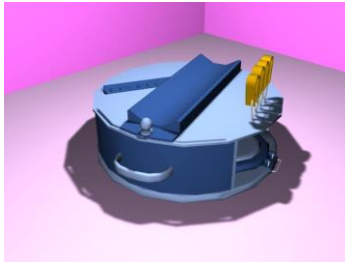
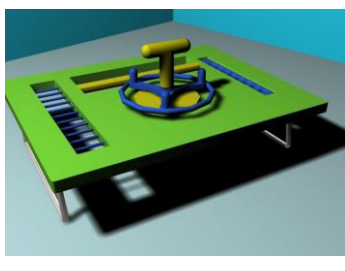
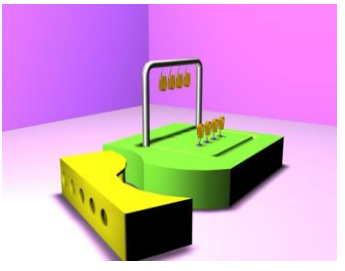
Galindo (2009) expone la técnica creativa que se conoce como Combinación y sirve para obtener nuevas ideas empleando soluciones ya existentes para crear nuevos productos con base a los requerimientos explícitos. En la combinación de elementos se consideró el timón, pronosupinador, escalerilla de dedos, escalerilla de hombros patineta y telescopio generando más de 20 combinaciones destacando las cinco que se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Propuestas de diseño.

Propuestas	Descripción
	<p>1. Se propone que el artefacto esté integrado por la escalera de manos, de hombros, pronosupinador y el timón, que se empotra a la pared y por medio de un mecanismo de bisagras se pliega para ahorrar espacio.</p>
	<p>2. Esta propuesta es un cubo ligero y portátil; integra al pronosupinador, flexo extensor, timón y escalerilla de dedos siendo esta última abatible.</p>
	<p>3. El boceto tres integra al pronosupinador, timón, telescopio escalerilla de dedos y de hombros, se propone que funcione como una mesa abatible para que pueda guardarse y transportarse fácilmente, se desmontan el timón y el pronosupinador para hacerla más ligera, se recomienda utilizarla en cualquier superficie plana.</p>

Propuestas	Descripción
	<p>4. Esta alternativa está compuesta de dos partes que se embonan la verde y la amarilla, esta última está conformada por la escalera de dedos de la cara interna y la escalera de hombros en la cara externa, cuenta con los flexos extensores que se despliegan.</p>
	<p>5. Se presenta la última combinación; en este dispositivo se integran los flexo-extensores de dedos, la patineta y escalerilla de dedos en la parte exterior, éstos se integran a un cilindro hueco que en su interior almacena al timón y al pronosupinador que son abatibles y se transportan por medio de un asa. La patineta se desliza sobre un riel que después de deslizarse a 60° tiene topes que regresan la acción y reinicia nuevamente.</p>

Las alternativas presentadas de diseño son versátiles y cumplen con la función de disminuir el dolor de hombros y codos, así como la rigidez de los dedos, se proponen que sean fijas o portátiles, los materiales propuestos son neopreno para los flexo-extensores y policarbonato para las estructuras de las cajas, así como para la fabricación de los instrumentos de terapia. Se aplicaron formas simétricas e irregulares para proyectar limpieza y orden, con lo colores se transmite alegría, deseos de vivir y tranquilidad.

<p>1</p> 	<p>2</p> 	<p>5</p> 
<p>3</p> 	<p>4</p> 	

Análisis de requerimientos

Los bocetos que se presentan a continuación se consideran que satisfacen las necesidades del usuario por lo que se van a evaluar y a contraponer con los requisitos que deben cumplir, de esta manera se selecciona la alternativa que mejor funcione como se expone en la tabla 6.

Tabla 6. Bocetos obtenidos con la técnica de combinación.

Análisis Comparativo					
Requerimiento	Boceto 1	Boceto 2	Boceto 3	Boceto 4	Boceto 5
Funcional	3	2	2	3	4
Ergonómico	3	4	3	4	4
Resistente	2	3	3	4	4
Seguro	2	3	3	3	4
Fácil mantenimiento	3	3	2	3	4
Ligero	3	2	3	3	3
Estético	2	3	2	3	4
Fácil de transportar	2	3	2	3	4
Puntuación total	20	23	20	26	31

Nota. 1 = No cumple; 2 = Regular; 3 = Normal; 4 = Excelente.

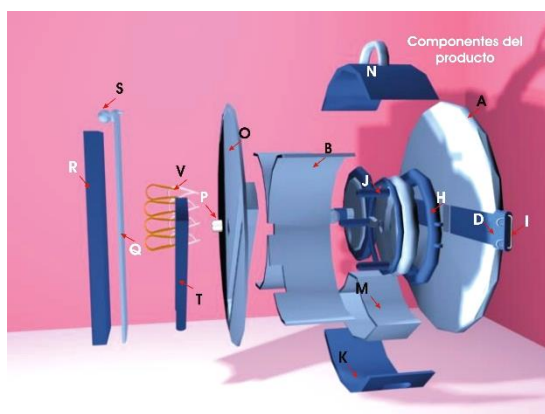
La propuesta creativa con mayor puntaje es la cinco, siendo esta opción la que se desarrollará para fabricar el modelo.

Desarrollo de la propuesta mejor calificada

Es necesario que se detallen los componentes del artefacto enlistando a continuación las 22 piezas que lo constituyen:

A. Base, B. Paredes Circulares, C. Riel 1, D. Riel 2, E. Base del pronosupinador, F. Argollas sujetadoras del pronosupinador, G. Manija del pronosupinador, H. Base del timón. Argollas sujetadoras del timón, J. Manija del timón, K. Puerta del compartimento de medicamentos, L. Tubo metálico plástico sujetador de la puerta de medicamentos, M. Charola de medicamentos, N. Asa, O. Base 1, P. Balero de la patineta Q. Base de la patineta, R. Base acolchonada de la patineta, S. Manija de la patineta, T. Escalerilla de dedos, U. Tubo plástico sujetador de la escalerilla, V. Ligas de dedos (4).

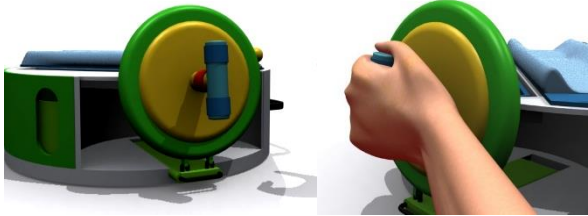

Figura 3. Representación de las piezas en explosivo.



En la tabla 7 se presenta el prototipo virtual que se desarrolló utilizando el software de diseño y de ingeniería asistida por computadora, para apreciar su funcionalidad, ergonomía y la interacción con el usuario. El diseño propuesto permite que las personas afectadas por artrosis lleven a cabo los ejercicios de terapia ocupacional en la comodidad de su casa y lo empleen de forma cotidiana sin correr riesgos al trasladarse a los centros de rehabilitación más cercanos a su domicilio, con el uso del dispositivo se pretende reducir el dolor intenso que sufren en las articulaciones de hombro, codos y dedos, así como la rigidez de los músculos.

Tabla 7. Simulación de los movimientos en terapia ocupacional.

Imagen	Descripción de movimientos
	<p>El artefacto cuenta con 5 componentes diferentes con el propósito de llevar a cabo ejercicios terapéuticos en dedos, manos, brazos y hombros:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Flexores de dedos 2. Patineta 3. Escalerilla de dedos y hombro 4. Pronosupinador 5. Timón
	<p>1. Se coloca la mano afectada con la palma de la mano viendo hacia arriba con el cuerpo de frente a los flexores de dedos, se introducen los dedos y se flexionan y estiran los dedos aplicando una fuerza ligera en contra de la gravedad. Este ejercicio fortalece los extensores y flexores de los dedos.</p>
	<p>2. Apoye el brazo sobre la base acolchada de la patineta y sujete con la palma de la mano la esfera para darse apoyo, enseguida rote sobre el riel aplicando una ligera fuerza moviendo el brazo derecha e izquierda de manera natural y en relación al ángulo marcado en la base del artefacto.</p>
	<p>3. Se utiliza el dedo índice y el dedo medio para realizar el movimiento de subir y bajar peldaños de manera lenta o rápida según se le indique al paciente. Fortalece las articulaciones del hombro, muñeca y aumenta la movilidad natural de los dedos de la mano.</p>

Imagen	Descripción de movimientos
	<p>4. Se aplica una fuerza ligera con el puño cerrado haciendo movimientos ligeros de supinación y pronación en sentido rotativo hacia la derecha e izquierda una y otra vez hasta finalizar la rutina.</p>
	<p>5. Colóquese de pie o sentado lateralmente al timón, tome con la mano afectada la manivela de la rueda exterior y rote aplicando una fuerza ligera con movimientos lentos o rápidos formando círculos una y otra vez.</p>

El envejecimiento saludable y digno hace referencia al estilo de vida de calidad y bienestar que disfrutaron las personas de la tercera edad, para ser independientes y conscientes de la importancia de su autocuidado, esto los hace capaces de tener una disciplina en su alimentación, desarrollar actividades físicas y mentales para disfrutar de la vida plenamente y contribuir a la sociedad disfrutando del entorno que los rodea.

La herramienta de diseño multifuncional ergonómica propuesta pretende otorgar múltiples beneficios a las personas adultas que lo empleen con un plan de terapias personalizado y monitoreado por un médico especialista para mantener la fuerza y flexibilidad muscular reduciendo el dolor y mejorando la función articular.

Para Tveter et al. (2021) presentan un análisis controlado de dos años de estudio con pacientes elegidos al azar de la clínica de reumatología de Noruega aplicando tratamientos de primera línea en terapia ocupacional a pacientes con osteoartritis que habían sido canalizados a cirugía, se les instruyó que realizaran ejercicios con las manos tres veces a la semana asignándoles cinco dispositivos de asistencia de uso común y una prótesis para que la usaran todo el tiempo que fuera posible. Se monitoreó el avance de la salud con cuestionarios y otras técnicas sanitarias que se les aplicaron en los 24 meses posteriores. Los resultados a largo plazo demuestran que el dolor disminuye y la función de la mano afectada mejoró su función.

Se espera que, con la adquisición del artefacto multifuncional propuesto que integra cinco ejercicios de terapia ocupacional, las personas de la tercera edad en dos años presenten una reducción significativa del dolor en las articulaciones afectadas evitando la intervención quirúrgica. Esto se logrará con la vigilancia de su médico de cabecera o geriatra para que le brinde la atención adecuada al paciente, prescribiendo los ejercicios específicos para ralentizar la progresión de la enfermedad.

Tveter et al. (2020) exponen que los dispositivos de asistencia médica para mitigar la osteoartritis en la mano se consideran tratamientos de primera línea y que son mucho más rentables y efectivos que la cirugía en la mano, ya que esta no garantiza que se elimine por completo el dolor, además del tiempo de recuperación del paciente y gastos por visitas

médicas con el terapeuta ocupacional incrementan los costos de la rehabilitación total.

El artefacto multifuncional para personas afectadas con osteoartritis en las manos propuesto; permite realizar actividades diarias en cualquier lugar de manera menos dolorosa y eficiente sin que los pacientes tengan que trasladarse solos o acompañados por familiares a un centro de rehabilitación ocupacional, además de exponerse a riesgos como caídas, accidentes de tráfico, robos, agresiones, desorientación y exponerse a enfermedades en entornos de hospitales o consultorios médicos. Al realizar la terapia en su hogar además de dinero, se ahorra tiempo y tiene seguridad. La inversión es mínima al gasto que conlleva una cirugía en las manos con todos los costos y riesgos de salud que se pueden complicar durante y después de la cirugía.

Conclusiones

Las personas de la tercera edad en México dedican una parte significativa de su tiempo al trabajo; ya sea formal o informal, además de sus empleos suelen ocuparse de las tareas del hogar como la limpieza de la casa o el cuidado de los nietos, en su tiempo libre se distraen viendo la televisión y en muy pocas ocasiones salen de su casa para caminar o realizar ejercicio físico, las personas adultas son muy propensas a desarrollar enfermedades no transmisibles como diabetes, sobrepeso, enfermedades cardíacas, hipertensión y osteoartritis, por lo que se hace necesario intervenir para promover una cultura de autocuidado para que realicen actividades ocupacionales en su hogar con dispositivos clínicos que les permiten prevenir las enfermedades en las articulaciones o en caso de haberlas adquirido enseñarles a controlar el progreso de las mismas.

El artefacto multifuncional médico integra cinco ejercicios de terapias ocupacionales que son los flexo- extensores de dedos; la patineta, escalera de hombros, pronosupinador y el timón, cada uno de ellos otorga un beneficio a las articulaciones trabajadas, el diseño es liviano para que sea fácil de transportar, considerando que las personas adultas adquieran hábitos de autocuidado y cumplan con los ejercicios prescritos por su médico, es fácil de utilizar y manipular, se pretende que le asignen un espacio en el hogar en donde el paciente se dedique el tiempo necesario a practicar por la semana, ocupando su tiempo con el propósito de mejorar su salud y su autonomía.

Con la edad se pierde la capacidad para recuperarse de intervenciones quirúrgicas, existen mayores riesgos de infecciones, problemas cardíacos, pulmonares y de cicatrización de las heridas, y tratar una enfermedad con fármacos aumenta el riesgo de desarrollar efectos secundarios negativos para la salud. Por ende, la terapia ocupacional es una buena opción para mejorar la calidad de vida en los adultos y aliviar el dolor y estrés de las articulaciones con opciones mecánicas que le permita mantener su independencia y su participación activa con la familia y la sociedad.

Referencias

- AlQhtani, A., Alwaleed, K., Alammam, M., Abdulhadi, S., & Alqahtani, F. (2024). Perceptions of Hand Surgery Patients About Occupational Therapy. *Journal of Hand Surgery Global Online*. <https://doi.org/10.1016/j.jhsg.2023.12.011>
- Bernfort, L., Gerdle, B., Rahmqvist, M., Husberg, M., & Levin, L. Å. (2015). Severity of chronic pain in an elderly population in Sweden—impact on costs and quality of life. *Pain, National library of medicine*, 156, 521–527 <https://doi.org/10.1097/01.j.pain.0000460336.31600.01>
- Castillo, N., López, G., & Marques, D. (2023). Intervenciones en terapia ocupacional con personas mayores en procesos finales de vida. Cuadernos Brasileños de terapia ocupacional. Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Terapia Ocupacional. Área: Ciencias De La Salud Versión. <https://doi.org/10.1590/2526-8910.ctoAO258533773>
- Espinosa-Morales, R., Alcántar-Ramírez, J., Arce-Salinas, C. A., Chávez-Espina, L. M., Esquivel-Valerio, J. A., Gutiérrez-Gómez, J. J., De la Lanza, L., Martínez-Hernández, J. L., Méndez-Medina, C., Robles-San Román, M., Santillán-Barrera, E., Torres-Roldán, F., Sosa-García, J. O., Aldrete-Velasco, J., & Romero-González, A. (2018). Reunión multidisciplinaria de expertos para el diagnóstico y tratamiento de la osteoartritis. Actualización basada en evidencias. *Medicina interna de México*, 34(3), 443-476. <https://doi.org/10.24245/mim.v34i3.1433>
- Galindo, R. (2009). Creatividad en el diseño industrial. Experiencias con dos técnicas creativas. *Revista Digital Universitaria*, 10(12). <https://www.revista.unam.mx/vol.10/num12/art83/art83.pdf>
- GBD 2021 Osteoarthritis Collaborators. (2023). Global, regional, and national burden of osteoarthritis, 1990-2020 and projections to 2050: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet Rheumatology*, 5(9), e508-e522. [https://doi.org/10.1016/S2665-9913\(23\)00163-7](https://doi.org/10.1016/S2665-9913(23)00163-7)
- Gündel, A., Vidal, C., & Yañez, R. (2021). Pronación dolorosa: diagnóstico y manejo de urgencia. *Revista Chilena de Pediatría*, 92(5). <https://doi.org/10.32641/andespediatr.v92i5.2976>
- Hoy, D., Geere, J., Davatchi, F., Meggitt, B., & Barrero, L. H. (2014). A time for action: Opportunities for preventing the growing burden and disability from musculoskeletal conditions in low and middle-income countries. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, 28, 377–393. <https://doi.org/10.1016/j.berh.2014.07.006>
- Instituto Mexicano del Seguro Social. ([IMSS], 2021). *Programas de Geriátría enfocados a mejorar la calidad de vida y seguimiento a la salud de los adultos mayores*. <https://www.imss.gob.mx/prensa/archivo/202101/002>
- Instituto Mexicano del Seguro Social. ([IMSS], 2023). *Campaña institucional “Triada por la salud” Las Enfermedades crónicas No Transmisibles (ECNT) constituyen un importante problema de salud pública en México*. <https://www.gob.mx/imss/articulos/campana-institucional-triada-por-la-salud>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. ([INEGI], 2022). *Estadísticas a propósito del día internacional de las personas adultas mayores*. <https://goo.su/CQDESo>
- Instituto Nacional de Personas Adultas Mayores. ([INAPAM], 2015). *Situación de las personas adultas mayores en México*. Boletín del Gobierno de México. http://cedoc.inmujeres.gob.mx/documentos_download/101243_1.pdf
- Jiménez, A., & Lorenzo, M. (2000). La terapia ocupacional. *Revista Medicina Integral*, 36(3), 105-108. <https://goo.su/XGdAr>

- Liao, L., Liao, K., Wei, N., Ye, Y., Li, L., & Wu, Z. (2023). A holistic evaluation of ergonomics application in health, safety, and environment management research for construction workers. *Safety Science*, 165, 106198. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106198>
- Martín, J., Beverley J., & Murphy, E. (2008). Medical device development: The challenge for ergonomics. *Applied Ergonomics*, 39(3), 271-283. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2007.10.002>
- Martín, J., Clarkb, D., Morgan, S., & Crowe, J. (2012). A user-centred approach to requirements elicitation in medical device development: A case study from an industry perspective. *Applied Ergonomics*, 43(1), 184-190. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2011.05.002>
- Martínez, R., Martínez, C., Calvo, R., & Figueroa, P. (2015). Osteoartritis (artrosis) de rodilla. *Revista Chilena de Ortopedia y Traumatología*. <https://doi.org/10.1016/j.rchot.2015.10.005>
- Matute, M., & Montero, A. (2021). Review of the pharmacological treatment of osteoarthritis pain with paracetamol, non-steroid anti-inflammatory (NSAIDSS) and selective cyclooxygenase-2 inhibitors (COXIB). *Revista de la Sociedad Española del Dolor*, 28(Suppl. 1). <https://doi.org/10.20986/resed.2021.3864/2020>
- Morrison, R. (2021). La Terapia Ocupacional. Una interpretación desde Eleanor Clarke Slagle. *Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, 21(21), 103-126. <https://goo.su/132DHft>
- Negrín, R., & Olavarría, F. (2014). Artrosis y ejercicio físico. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 25(5), 805-811. <https://goo.su/j1hco>
- Nurul-Shahida, M. S., Siti-Zawiah, M. D., & Case, K. (2015). The relationship between anthropometry and hand grip strength among elderly Malaysians. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 50, 17-25. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2015.09.006>
- Organización Internacional del Trabajo. (2021). *Envejecimiento y salud*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>
- Organización Mundial de la Salud. (2023). *Enfermedades no transmisibles*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>
- Restrepo, M. (2020). Leptina en osteoartritis de mano: ¿potencial biomarcador o asociación espuria? *Revista Colombiana de Reumatología*, 27(1), 1-2. <https://doi.org/10.1016/j.rcreu.2020.02.001>
- Rodríguez, G. (2015). *Manual de diseño industrial*. Ediciones G. Gili, S.A. de C.V. <https://goo.su/deAeO>
- Rodríguez, L. (2023). *El surgimiento del diseño industrial en México. Una cronología*. Universidad Autónoma Metropolitana. <https://goo.su/zRtiuLv>
- The New York Times. (2020). *La salud pública en México es eso que nadie quiere*. <https://www.nytimes.com/es/2020/08/03/espanol/opinion/servicio-salud-mexico.html>
- Tveter, A., Kleven, L., Østerås, N., Nossun, R., Eide, R. E., Klokkeide, Å., Matre, K. H., Olsén, M. F., Andreassen, Ø., & Kjekken, I. (2020). Cost-utility analysis of multimodal occupational therapy in patients with thumb base osteoarthritis. *Osteoarthritis and Cartilage*, 28(Suppl. 1), S439. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2020.02.683>
- Tveter, A., Østerås, N., Nossun, R., Eide, R., Klokkeide, Å., Matre, K., Olsen, M., Andreassen, Ø., & Kjekken, I. (2021). Long-term effect of multimodal occupational therapy and surgery on pain and hand function in patients with carpometacarpal osteoarthritis. *Osteoarthritis and Cartilage*, 29(Suppl. 1), S379. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2021.02.492>
- Vicente, I., Godina, R., & Gabriel, A. (2024). Applications and future perspectives of integrating Lean Six Sigma and Ergonomics. *Safety Science*, 172, 106418. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2024.106418>

Vincent, J., Yunqiu, Li., & Blandford, A. (2014). Integration of human factors and ergonomics during medical device design and development: It's all about communication, *Applied Ergonomics*, 45(3), 413-419. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.05.009>



Todos los contenidos de la revista **Ergonomía, Investigación y Desarrollo** se publican bajo una [Licencia Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) y pueden ser usados gratuitamente, dando los créditos a los autores y a la revista, como lo establece la licencia