

Investigaciones en salud y trabajo

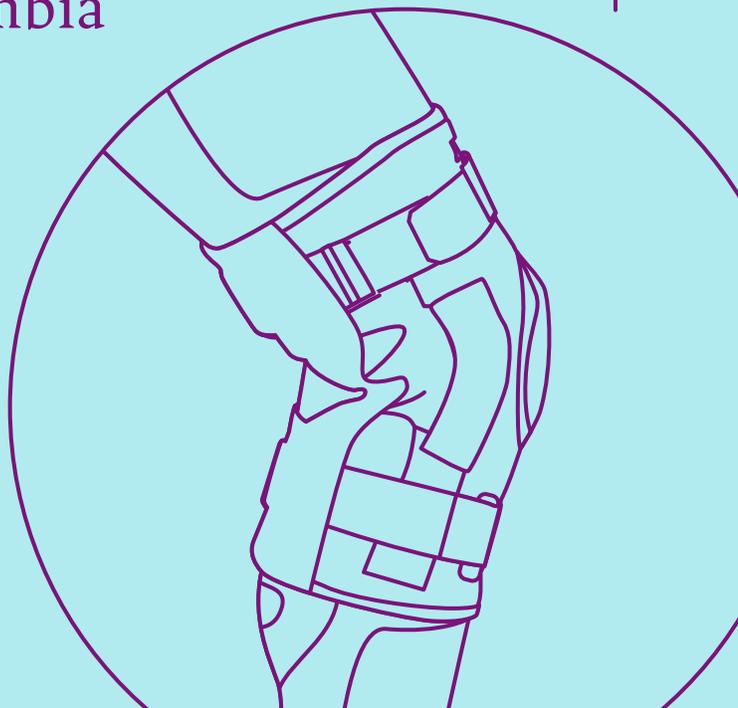
Facultad de Medicina

Año 4, julio-septiembre 2025, ISSN: 2954-6044

Grupo de investigación Salud, Ser Humano y Trabajo

n.º 15

Lineamientos para
la implementación
de protectores de rodilla
en actividades laborales
en Colombia



Diana Carolina Garzón Leal	ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9428-423X
Juan Carlos Angulo López	ORCID: https://orcid.org/0009-0008-4005-7083
Clara Margarita Giraldo Luna	ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8388-3528
Alexandra Yepes Boada	ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3288-5400
Lidy Yadira Cetina	ORCID: https://orcid.org/0009-0007-5575-2735
Diana Carolina Sánchez Calderón	ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5148-520X

n.º 15

Lineamientos para
la implementación
de protectores de rodilla
en actividades laborales
en Colombia

Año 4, n.º 15, julio-septiembre 2025 | ISSN: 2954-6044

doi: <https://doi.org/10.18270/wpst.n4.15>

© Universidad El Bosque

© Editorial Universidad El Bosque

Rectora: María Clara Rangel Galvis

Vicerrector de Investigaciones: Gustavo Silva Carrero

Editor académica:

© Alexandra Yepes Boada

© Juan Carlos Angulo López

© Diana Carolina Garzón Leal

© Clara Margarita Giraldo Luna

© Lidy Yadira Cetina

© Diana Carolina Sánchez Calderón

Editor Universidad El Bosque:

Miller Alejandro Gallego Cataño

Coordinación editorial: Leidy De Ávila Castro

Corrección de estilo: Estefany Escallón Ibáñez

Dirección gráfica y diseño: María Camila Prieto Abello

Diagramación: Luisa Gil

Hecho en Bogotá D. C., Colombia

Vicerrectoría de Investigaciones

Editorial Universidad El Bosque

Av. Cra 9 n.º 131A-02, Bloque A, 6.º piso

(601) 648 9000, ext. 1100

editorial@unbosque.edu.co

<https://investigaciones.unbosque.edu.co/editorial>

Diciembre de 2024

Bogotá, Colombia



Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida ni en su todo ni en sus partes, ni registrada en o transmitida por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electro-óptico, por fotocopia o cualquier otro, sin el permiso previo por escrito de la Editorial Universidad El Bosque.

Universidad El Bosque | Vigilada Mineducación. Reconocimiento como universidad: Resolución n.º 327 del 5 de febrero de 1997, MEN. Reconocimiento de personería jurídica: Resolución 11153 del 4 de agosto de 1978, MEN. Reacreditación institucional de alta calidad: Resolución n.º 013172 del 17 de julio 2020, MEN.

363.11 G245

Garzón Leal, Diana Carolina

Lineamientos para la implementación de protectores de rodilla en actividades laborales en Colombia / Diana Carolina Garzón Leal, Juan Carlos Angulo López, Clara Margarita Giraldo Luna, Alexandra Yepes Boada, Lidy Yadira Cetina, Diana Carolina Sánchez Calderón ; editor Miller Alejandro Gallego Cataño – Bogotá (Colombia): Editorial Universidad El Bosque, Vicerrectoría de Investigaciones, Facultad de Medicina, 2025.

64 páginas

Investigaciones en Salud y Trabajo

Grupo de Investigación Salud, Ser Humano y Trabajo

Año 4, No. 15 julio-septiembre 2025

ISSN: 2954-6044

1. Protección – Trabajadores 2. Seguridad industrial – Rodilleras 3. Calidad de vida en el trabajo – Rodillas – Enfermedades 4. Productividad del trabajo 5. Osteoartritis -- Rodillas

I. Garzón Leal, Diana Carolina II. Angulo López, Juan Carlos III. Giraldo Luna, Clara Margarita IV. Yepes Boada, Alexandra V. Yadira Cetina, Lidy VI. Sánchez Calderón, Diana Carolina VII. Gallego Cataño, Miller Alejandro VIII. Universidad El Bosque IX. Vicerrectoría de Investigaciones X. Facultad de Medicina.

Fuente. SCDD 23ª ed. – Universidad El Bosque. Biblioteca Juan Roa Vásquez (abril de 2025) – LM

Investigaciones en salud y trabajo

Facultad de Medicina

Año 4, julio-septiembre 2025, ISSN: 2954-6044

Grupo de investigación Salud, Ser Humano y Trabajo

n.º 15

Lineamientos para
la implementación
de protectores de rodilla
en actividades laborales
en Colombia

Contenido

1. Introducción

Pág. 8

2. Patologías de rodilla debido a la presión mecánica durante las actividades

Pág. 12

3. Protector de rodilla como elemento de protección personal

Pág. 20

4. Normas actuales y
lineamientos necesarios

Pág. 34

5. Consideraciones
finales

Pág. 42

6. Recomendaciones

Pág. 50

7. Referencias

Pág. 54

1. Introducción

La rodilla es una estructura esencial del cuerpo humano debido a su compleja anatomía y función, ya que soporta gran parte del peso corporal en posición de bipedestación (1,2). Está compuesta por varias articulaciones, como la tibiofemoral, patelofemoral y tibiofibular proximal. Su funcionamiento depende de la interacción entre huesos (fémur, tibia, rótula y peroné), ligamentos, tendones, músculos y la cápsula articular (2). Los meniscos distribuyen el peso y actúan como amortiguadores, mientras que los ligamentos aportan estabilidad, permitiendo movimientos como la flexión, extensión y rotación (1,2). Además, la rodilla permite adoptar diferentes posturas, lo que altera la distribución del peso y los vectores de fuerza, haciendo su evaluación compleja (1,2).

Los trastornos musculoesqueléticos (TME) representan un problema significativo de salud laboral a nivel mundial, afectando tanto a países desarrollados como en vías de desarrollo. Estos trastornos impactan la calidad de vida de los trabajadores y generan costos elevados para las empresas y la sociedad (3). Además de afectar los costos operativos y de producción, los costos sociales derivados de la recuperación y rehabilitación laboral son considerables (4). Esto se traduce en altos niveles de ausentismo prolongado, disminución de la eficiencia productiva y pérdidas económicas para las empresas debido a la contratación de reemplazos temporales y el aumento de los costos de seguridad social y atención médica (5).

La Organización Internacional del Trabajo (OIT) ha señalado que TME y los desórdenes musculoesqueléticos (DME) son un problema global que afecta a trabajadores de diversas profesiones, con un impacto significativo en la salud, calidad de vida y productividad laboral (3). En la industria de colocación de alfombras, entre el 8 % y el 20 % de los trabajadores ha sido diagnosticado con bursitis en las rodillas (1). En la industria petrolera, trabajar de rodillas

incrementa el riesgo de desarrollar TME en las extremidades inferiores (6). En la construcción, las tareas que requieren posturas forzadas y manipulación de cargas pesadas afectan principalmente la columna lumbar, los hombros y las rodillas. Los trastornos en las rodillas constituyen el 65 % de los TME en las extremidades inferiores y el 5 % de todos los TME, según la Oficina de Estadísticas Laborales de EE. UU. del año 2006 (7). En 2014, este país reportó 268 860 casos de lesiones y enfermedades ocupacionales no mortales relacionadas con los miembros inferiores, incluyendo la rodilla (3), con un costo anual por TME de aproximadamente de 215 mil millones de dólares (3). Estudios realizados en 2020 en Etiopía, Francia y Estados Unidos subrayan la prevalencia del dolor y los trastornos de rodilla relacionados con la ocupación. Se destaca que estas afecciones, como bursitis, lesiones meniscales y osteoartritis, son comunes en industrias que involucran posturas de flexión de rodilla, como la minería y la construcción. En Etiopía, la prevalencia de dolor de rodilla entre la población trabajadora osciló entre el 25,0 % y el 31,5 % (8). El dolor y las lesiones de rodilla asociadas con el trabajo son causas comunes de consultas médicas laborales en España, ocupando las diez principales (9). En Ecuador, el 40,9 % de los trabajadores de la construcción reportaron problemas en las rodillas durante un periodo de 12 meses (10).

Un estudio en una empresa floricultora en Colombia, evaluó 3570 ausencias médicas en 2016, revelando que 124 de estas incapacidades fueron causadas por desórdenes musculoesqueléticos, con un 70,16 % de los casos reportados en mujeres. El costo total estimado de estas incapacidades ascendió a \$111 957 923 pesos colombianos, equivalente a 38 600 dólares estadounidenses (11). Una investigación realizada en Cundinamarca en 2022, destacó que el 21 % de los trabajadores en cultivos de flores reportaron síntomas

en las rodillas, destacando la prevalencia de estos problemas en el sector (12).

La comprensión de la relación entre las actividades laborales que implican arrodillarse y los trastornos de las rodillas es crucial para mejorar la prevención y protección de los trabajadores en diversas industrias. Se identifican varios tipos de lesiones relacionadas con el arrodillamiento durante su actividad laboral. Para prevenir estas afectaciones, se han diseñado elementos de protección personal (EPP) con diversos grados de eficacia. A pesar de la frecuencia de este tipo de lesiones y sus repercusiones económicas y sociales, destaca la ausencia de una regulación adecuada de estos EPP por parte de los estados.

Esta investigación plantea lineamientos para la implementación de protectores de rodilla que proporcionen confort y reduzcan las lesiones causadas por presión mecánica en actividades laborales realizadas en planos bajos. Los lineamientos propuestos tienen como objetivo mejorar la calidad de vida de los trabajadores y disminuir los costos económicos y sociales asociados a los trastornos musculoesqueléticos.

2. Patologías
de rodilla
debido a la
presión mecá-
nica durante
las actividades

Algunas actividades ocupacionales como arrodillarse y agacharse contribuyen al desarrollo de osteoartritis de rodilla, así como de otros trastornos como bursitis, tendinitis y lesiones meniscales (1,13). Este problema puede manifestarse inicialmente con molestias, hormigueo o entumecimiento en las piernas (1). La presión ejercida sobre la rodilla durante estas actividades puede generar microlesiones (13,14).

La presión mecánica sobre la rodilla se refiere a la tensión y las fuerzas aplicadas sobre esta articulación en actividades que implican arrodillarse (15). Entre las posturas que ejercen presión sobre las rodillas, con potencial para desencadenar trastornos musculoesqueléticos (TME), se identifican dos posiciones específicas:

- Gatear, que implica moverse sobre manos y rodillas o pies.
- Arrodillarse, que consiste en doblar las piernas a nivel de las rodillas para descansar sobre una o ambas. (16).

Cuanto más pronunciada es la posición en cuclillas, mayor será la incomodidad generada (1). Además, estudios han identificado que las fuerzas estáticas en las rodillas oscilan entre el 22 % y el 68 % del peso corporal, dependiendo de la postura de cuclillas utilizada (1). La fuerza máxima que puede soportar la articulación de la rodilla al arrodillarse varía según la actividad y las características individuales. Se ha demostrado que durante actividades como levantarse de rodillas, las fuerzas en la articulación pueden alcanzar hasta 4,6-5,2 veces el peso corporal durante el ascenso con ambas piernas y 3,0-3,8 con una sola pierna (17). Esta carga, dependiente de la duración de la actividad, puede acelerar el desgaste del cartílago, dando lugar a la osteoartritis y lesiones meniscales ya mencionadas (1,7,13).

Comprender estos riesgos es crucial para desarrollar estrategias de prevención que mitiguen el impacto en la salud musculoesquelética de los trabajadores. A continuación, se presentan las patologías de rodilla más frecuentes derivadas de la postura de rodillas.

2.1 Osteoartritis

La osteoartritis (OA) es una enfermedad articular caracterizada por la degradación progresiva del cartílago, un tejido que cubre y permite el deslizamiento suave de los huesos en las articulaciones, actuando amortiguador (3,18). Este desgaste provoca dolor, hinchazón y pérdida de movilidad. La fricción entre los huesos genera espolones óseos y la liberación de fragmentos de hueso o cartílago, intensificando el dolor (3,18). La OA implica múltiples alteraciones anatómicas y fisiológicas de los tejidos articulares, incluyendo la remodelación ósea y la formación de osteofitos. Esto resulta en manifestaciones clínicas como dolor, rigidez y limitaciones en la función articular (18). La enfermedad avanza lentamente y sus síntomas se agravan con el tiempo, afectando no solo la función física, sino también la salud mental, el sueño, la participación laboral e incluso la mortalidad (3,18). La OA de rodilla es común en el 10 % de las personas mayores de 55 años y afecta hasta el 100% de los mayores de 65 años (19).

Las ocupaciones que implican una alta carga física sobre las articulaciones de las rodillas, como los trabajadores de astilleros, mineros, estibadores y colocadores de alfombras o pisos, muestran frecuencias significativamente más altas de OA de rodilla en comparación con ocupaciones administrativas o manuales ligeros (20). Las ocupaciones físicamente exigentes presentan una mayor probabilidad de desarrollar OA de rodilla debido al estrés biomecánico

generado durante las tareas laborales extenuantes (21). Actividades que requieren doblar repetitiva y sostenidamente las rodillas incrementan el estrés articular y aceleran la degradación del cartílago (22), lo que puede causar un daño acumulativo a las estructuras de la articulación, incluidas el cartílago, meniscos y ligamentos (23). En otros estudios, los colocadores de pisos que frecuentemente se arrodillan presentan una incidencia significativamente mayor de OA de rodilla sintomática y desgarros meniscales en comparación con los diseñadores gráficos (24). Aproximadamente el 5 % de los casos de OA de rodilla se pueden atribuir a ocupaciones que implican el uso repetitivo de las rodillas (23). La implementación de medidas preventivas y la reducción de la frecuencia de estas actividades son cruciales para disminuir la incidencia de OA de rodilla.

Adicionalmente, la evidencia sugiere que el riesgo de OA de rodilla aumenta con otras actividades como levantar cargas pesadas y caminar más de dos millas al día (25). Levantar pesos mayores a 10 libras y realizar trabajos que requieran estar de pie por periodos prolongados incrementan significativamente las probabilidades de desarrollar OA de rodilla debido al desgaste progresivo del cartílago articular (26). La combinación de un alto peso corporal y la carga ocupacional sobre las rodillas aument multiplicativa el riesgo de desarrollar OA de rodilla. Este factor es especialmente relevante en ocupaciones físicamente exigentes, donde el desgaste y el estrés sobre las articulaciones son constantes y acumulativos (23). La obesidad amplifica los efectos del estrés ocupacional sobre las rodillas, aumentando el riesgo de OA de rodilla. La interacción entre la obesidad y las actividades laborales intensas subraya la importancia de manejar ambos factores para prevenir la OA de rodilla.

Más allá de la osteoartritis (OA), otros trastornos de rodilla relacionados con actividades ocupacionales incluyen desgarros meniscales degenerativos y bursitis. Los tra-

bajadores de minas de baja altura, que requieren posturas como arrodillarse y ponerse en cuclillas, sufren frecuentemente de estas lesiones (27).

2.2 Bursitis

La bursitis es una inflamación de las bolsas sinoviales llenas de líquido, conocidas como bursas, cuya función principal es reducir la fricción entre estructuras en movimiento, como la piel y el tendón, o entre el tendón y el hueso (3,28). En la rodilla, existen varias bursas, incluyendo la prepatelar, la infrapatelar y la suprapatelar (3,28). La inflamación de estas bursas, especialmente la prepatelar, puede ocurrir por la presión repetida y el arrodillamiento en trabajos manuales (3,28). Las causas de la bursitis pueden incluir traumatismos, infecciones, uso excesivo y enfermedades sistémicas como la artritis inflamatoria (28).

La bursitis crónica es común entre trabajadores de la construcción y artesanos, especialmente aquellos que realizan tareas de rodillas, como colocadores de baldosas y pulidores de piedras. La posición arrodillada, no natural para el ser humano, pone una carga excesiva en la rodilla, una articulación no diseñada para esfuerzos prolongados en esta postura (5). Mantenerse en esta postura durante largos periodos puede causar hinchazón y dolor agudo, y si no se trata adecuadamente, puede evolucionar a bursitis crónica (29).

El diagnóstico de bursitis de rodilla en trabajadores a menudo se asocia con una percepción de alta carga de laboral y exposición prolongada a posturas de arrodillamiento. Estudios indican que la prevalencia de bursitis aumenta considerablemente con la duración del tiempo en esa postura, variando desde un 0,1 % en quienes no se arrodillan hasta un 3,6 % en quienes lo hacen más de 4 horas al día.

Por ejemplo, el 87 % de los trabajadores con bursitis de rodilla reportaron alta carga laboral, y el 67 % se arrodillaron más de 2 horas al día (3).

Para prevenir la bursitis, se recomienda alternar frecuentemente las posturas durante el trabajo y usar protectores de rodilla que cumplan con la norma UNE-EN 14404:2004, los cuales distribuyen mejor la presión sobre las rodillas. Además, es aconsejable realizar tareas auxiliares en superficies elevadas y en posición de pie cuando sea posible, con el fin de aliviar la carga ejercida sobre las rodillas (5).

En casos graves de bursitis, cuando las medidas preventivas no son suficientes, puede ser necesaria la escisión quirúrgica de la bursa para permitir el retorno al trabajo (29). La incapacidad temporal para bursitis de origen profesional se estima en 20 días, tiempo en el cual se busca la desaparición del dolor y la recuperación funcional mediante tratamientos adecuados (5).

Por lo tanto, la bursitis es una condición prevalente y significativa en ocupaciones que implican trabajo de rodillas, lo que subraya la importancia de implementar medidas preventivas y un tratamiento adecuado para evitar complicaciones crónicas (5,29).

2.3 Lesiones meniscales

Las lesiones meniscales, comunes en el trabajo, limitan la flexión y extensión de la rodilla, y pueden causar bloqueos, generalmente debido a una rotación forzada en posición semiflexionada (30). Estas lesiones pueden ser traumáticas, como las sufridas en deportes, o no traumáticas, por esfuerzos repetitivos, y están asociadas a la osteoartritis en personas mayores (30,31). Los síntomas incluyen dolor, hinchazón y bloqueo de la rodilla. Actividades como arro-

dillarse o ponerse en cuclillas generan tensiones biomecánicas que favorecen estas lesiones (31).

Arrodillarse en el ámbito laboral está asociado a una mayor prevalencia de desgarros degenerativos del menisco medial, especialmente agravados por la edad y la experiencia en el oficio (32). En países como Alemania, estas lesiones en mineros han sido reconocidas como relacionadas con el trabajo desde hace más de 40 años, y en Dinamarca, los desgarros meniscales causados por trabajar en cuclillas en espacios confinados son reconocidos como una enfermedad ocupacional (30). Trabajos que requieren posturas prolongadas en hiperflexión de la rodilla, como los realizados por electricistas, soldadores, instaladores de suelos de madera y fontaneros, pueden inducir lesiones del menisco debido a mecanismos de arrancamiento y compresión asociados (5).

Estas fuerzas estáticas en las rodillas, que varían entre el 22 % y el 68 % del peso corporal según la postura, combinadas con largos periodos arrodillados, aceleran el desgaste del cartílago y pueden causar lesiones meniscales (1). Este fenómeno es especialmente notable en profesiones que requieren mantener posturas en cuclillas durante periodos prolongados (3).

3. Protector de rodilla como elemento de protección personal

Reconocer los riesgos ocupacionales con la rodilla es crucial para diseñar estrategias preventivas, particularmente frente al aumento de las patologías relacionadas con las posturas laborales y la prolongación de la vida laboral (33). Estas problemáticas han impulsado la necesidad de investigaciones específicas sobre la efectividad de los protectores de rodilla como equipo de protección personal EPP (34).

Se denomina EPP a cualquier equipo, ropa o accesorios que el trabajador lleva para reducir la exposición a uno o varios riesgos que puedan afectar su seguridad o salud durante el trabajo (35,36). Aunque el uso de EPP no previene directamente accidentes ni elimina el contacto con elementos peligrosos, su función principal es minimizar la gravedad de las lesiones (36).

Los protectores de rodilla son dispositivos esenciales que se colocan en la parte posterior de la pierna y hacen contacto con el muslo durante la flexión profunda al ponerse en cuclillas o arrodillarse. Estas herramientas reducen el riesgo de lesiones en la rodilla (37). La biomecánica de la rodilla muestra que, cuando se alcanzan posiciones de flexión casi completa, se ejercen tensiones sobre la rodilla, lo que puede contribuir a condiciones como la osteoartritis de rodilla (38).

A pesar de que los protectores de rodilla han sido utilizados comúnmente como equipo de protección personal desde 1983 (38), los trastornos en las rodillas continúan presentándose, lo que plantea dudas sobre su eficacia (1). Estos problemas persisten debido a fallos en el diseño, como el aplanamiento rápido, calor excesivo, correas ajustadas, peso excesivo, falta de impermeabilidad y mal aislamiento del terreno, lo que subraya la necesidad de continuar mejorando su diseño (38). Para abordar estos desafíos, se requiere una investigación más profunda para comprender el impacto de diferentes tipos de protectores

de rodilla y su capacidad para redistribuir las fuerzas durante su uso en el trabajo (1).

Los trabajadores a menudo personalizan sus protectores de rodilla utilizando materiales disponibles como espuma, alfombras y cojines para mejorar el confort y la protección. Esta improvisación resalta las deficiencias de los protectores de rodilla estándar y la necesidad de soluciones de EPP más personalizadas, reflejando un enfoque proactivo para mitigar el malestar y reducir los síntomas musculoesqueléticos (39). Sin embargo, existen muchos estilos diferentes de protectores de rodilla, y su diseño puede modificar las fuerzas en la articulación, disminuyendo la presión en el tendón rotuliano y la tuberosidad tibial al trabajar en superficies planas (27). A pesar de sus limitaciones, siguen siendo vitales para reducir el daño en las rodillas, al reducir la presión sobre las partes que soportan peso en la articulación (38).

3.1 Tipos de protectores de rodilla

La norma europea EN 14404:2004+A1:2010 establece una clasificación general para los protectores de rodilla utilizados en el ámbito laboral. A través de esta norma, se definen distintos tipos de protectores según su diseño y funcionalidad, brindando pautas para la elección adecuada de acuerdo con las necesidades de protección y comodidad en el trabajo (40). La tabla 1 muestra una comparación de los diferentes tipos de protectores.

Tabla 1

Comparación de tipos de protectores de rodilla de trabajo

Tipo de protector de rodilla	Definición	Imagen	Forma de uso en el trabajo	Forma de contacto con el cuerpo
Tipo 1	Protectores de rodilla que se abrochan alrededor de la pierna, independientemente del resto de la vestimenta.		Ideales para trabajos que requieren flexibilidad y movimiento constante. Ofrecen protección en las rodillas sin comprometer la movilidad.	Se ajustan a la rodilla para proteger la articulación durante el movimiento.
Tipo 2	Un relleno acolchado hecho de plástico u otro material, insertado en los bolsillos de las piernas de los pantalones o unidos permanentemente a la prenda.		Recomendados para trabajos que requieren protección constante de las rodillas en superficies duras. Ofrecen comodidad y protección todo el día.	Acolchados en los bolsillos para amortiguar la zona de las rodillas.
Tipo 3	Elementos que no se fijan al cuerpo, sino que se colocan cuando la persona se mueve. Pueden usarse en una sola rodilla o en ambas rodillas simultáneamente.		Ideales para profesionales que alternan tareas con y sin protección de rodillas, facilitando poner y quitar los protectores fácilmente.	Se adaptan a la rodilla según el tipo de tarea y movimiento.
Tipo 4	Protectores de rodilla para una o ambas rodillas, que forman parte de dispositivos con funciones adicionales, como un asiento para arrodillarse. Estos protectores pueden llevarse puestos directamente en el cuerpo o ser utilizados de manera independiente.		Recomendados para trabajos que requieren movimientos repetitivos de arrodillarse y levantarse, ya que además de proteger las rodillas, ofrecen funcionalidades adicionales de apoyo para posturas laborales prolongadas.	Integrados para apoyar la postura y movimiento en actividades laborales.

Fuente: elaboración propia, basada en la información de European Standard (40).

Los protectores de rodilla tipo 1 han sido objeto de estudios científicos que han permitido identificar diferentes características en el mercado. La tabla 2 muestra una agrupación de una variedad de protectores de rodilla de tipo 1, seleccionados para representar diversas opciones disponibles. Estos protectores han sido diseñados con características específicas para diferentes necesidades y preferencias. Desde protectores ultraligeros hasta aquellos que tienen tapas duras y protectores con gel, cada uno de ellos ofrece ventajas particulares para situaciones de trabajo específicas donde la protección de las rodillas es vital. Esta diversidad asegura una visión detallada y completa del panorama actual de estos dispositivos de protección en diferentes entornos laborales.

Tabla 2

Agrupación de variedad de protectores de rodilla de Tipo 1

Protector de rodilla	Imagen	Descripción	Uso
Ultraligera		Diseñada con una espuma resistente y moldeada. Cuenta con una banda elástica y cierre de velcro ajustable, lo que permite que se adapte a diferentes tallas.	En entornos donde es importante proteger la superficie de trabajo.
Antideslizante de goma		Acolchado de espuma interior, tejido resistente y ligero exterior, con tapa ranurada para evitar abrasión y doble correa para sujeción.	Diseñada para suelos delicados



Tapa dura		Espuma gruesa en la cara interna, tapa de plástico duro con forma de rótula en la cara externa, y doble correa.	Para arrodillarse durante periodos prolongados, común en carpintería, albañilería, y mantenimiento doméstico.
Gel		Tapa sobredimensionada exterior, centro relleno de gel, espuma de ¾ de pulgada para mayor comodidad, y cierre de doble correa.	Arrodillamiento prolongado.

Nota: las imágenes fueron tomadas de sitios de comercio en línea¹.

Fuente: Elaboración propia, basada en los datos de (1).

¹ Imágenes referenciadas en orden de aparición:

- Amazon. Disponible en: <https://www.amazon.com/-/es/Custom-Leathercraft/dp/B00KHILHKW>, <https://www.amazon.com/Ergody-ProFlex-335-Resistant-Closure/dp/B000095SHP>
- Mercado Libre. Disponible en: <https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-917758262-rodilleras-trabajo-jardineria-carpinteria-construccion-JM>, <https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-1286644427-rodilleras-bucket-boss-93012-power-pad-soft-shell-JM>
- AliExpress. Disponible en: <https://es.aliexpress.com/item/32948517518.html>, <https://es.aliexpress.com/i/1005005685986538.html>
- Bontool. Disponible en: <https://www.bontool.com/superlight-rubber-foam-knee-pads-pair-12-309>
- Jordanbrans. Disponible en: <https://www.jordanbrans.com/rodilleras-de-proteccion-maverick>
- Impacto.ca. Disponible en: <https://www.impacto.ca/products/terrain-gel-knee-pads>

Los protectores de rodilla tipo 1 analizados se presentan en la tabla 3, que muestra sus atributos físicos clave. Estos incluyen dimensiones, peso, materiales utilizados, sistema de amortiguación, mecanismo de retención, estabilidad y certificación normativa. Cada protector ha sido evaluado en función de estos criterios, lo que garantiza un análisis preciso de las opciones disponibles en el mercado.

Tabla 3

Características físicas de los protectores de rodilla tipo 1

Tipo de protector de rodilla	Imagen	Tamaño			Peso	Composición del material			Forma de amortiguación			Sistema de retención		Estabilidad		Norma	
		Medida alto	Medida ancha	Medida grosor		Duro	Blando	Combinado	Plana	Dona	Cóncava	Una correa	Dos correas	Base plana	Base curva		
Ultraligera		19	15	1,2	250 g	EVA				✓			✓				
Antideslizante de goma		34,29	19,05	11	317 g			EVA + PVC	✓				✓				
Tapa dura		23,5	18	6,35	420 g			Poliéster + PF + EVA					✓				
Gel		24	17	7	454 g			PVC+ EVA + Gel + Poliéster				✓		✓			✓

Nota: las imágenes fueron tomadas de sitios de comercio en línea².

² Imágenes referenciadas en orden de aparición:

- Mercado libre. Disponible en: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-917758262-rodilleras-trabajo-jardineria-carpinteria-construccion-_JM
- Bontool. Disponible en: <https://www.bontool.com/superlight-rubber-foam-knee-pads-pair-12-309>
- Jordanbrans. Disponible en: <https://www.jordanbrans.com/rodilleras-de-proteccion-maverick>
- Impacto.ca. Disponible en: <https://www.impacto.ca/products/terrain-gel-knee-pads>

El estudio de la Universidad de Utah mostró diferencias significativas en las puntuaciones de dolor de rodilla y comodidad al usar de protectores de rodilla en comparación con no usarlos. Arrodillarse sin protector fue calificado como muy doloroso, una categoría que no fue elegida con ningún protector. En general, los protectores redujeron las fuerzas máximas de contacto en al menos un 40 % comparado con no usar protector. Sin protector, la fuerza máxima fue de 1500 N. En comparación, los protectores evaluados presentaron las siguientes características:

El protector de rodilla Gel registró el menor dolor de rodilla con una puntuación de 1,55 y la mayor comodidad con una puntuación de 7,55. Además, el 54,5 % de los sujetos (6 de 11) no experimentaron dolor. Este protector también mostró una reducción de más del 70 % en las fuerzas de contacto, con una fuerza máxima de aproximadamente 450 N y una fuerza media de aproximadamente 200 N (1).

Por otro lado, el protector de rodilla Ultraligera tuvo la menor comodidad entre los evaluados. En el caso del protector Tapa dura, aunque no se detallaron datos específicos sobre comodidad y dolor, mostró una mayor fuerza pico y media en comparación con las otras rodilleras evaluadas. El protector de rodilla Antideslizante de goma presentó un mejor rendimiento que los protectores Ultraligera y Tapa dura, gracias a su carcasa exterior con acolchado interior de espuma (1).

3.2 Casos de éxito del uso de protectores de rodilla en el contexto ocupacional

La implementación de medidas de salud ocupacional, como el uso de protectores de rodilla, ha demostrado ser altamente efectiva en la reducción de riesgos de lesiones en esta articulación. Estudios indican que el uso adecuado

de estos protectores distribuye las fuerzas sobre la rodilla, disminuyendo las fuerzas de contacto pico que pueden causar lesiones (41). Además, se ha observado una disminución de la fatiga y una mejora en la moral de los trabajadores, lo que resulta en mayor comodidad y eficiencia en la realización de tareas (42,43). Aparte de su función protectora, los protectores de rodilla también contribuyen significativamente al confort y la productividad laboral (42).

Desde 1964, innovaciones en protectores de rodilla, como la “Bursa Pad”, han mostrado resultados prometedores en la prevención de lesiones entre los mineros. Durante el experimento realizado entre septiembre de 1957 y noviembre de 1958, se emitieron 476 pares de “Bursa Pad” y se informaron 109 episodios de bursitis aguda o aguda-crónica. De los 54 casos agudos, 49 ocurrieron en mineros que no usaban las almohadillas, mientras que solo 5 se presentaron en quienes sí las usaban. Asimismo, de los 55 episodios agudo-crónicos, 39 ocurrieron en mineros que no usaban las almohadillas, en comparación con 16 en aquellos que las utilizaban. Aunque los desafíos en la distribución aleatoria complicaron el análisis estadístico, las evaluaciones clínicas demostraron que las “Bursa Pad” redujeron significativamente la incidencia de episodios agudos de bursitis, destacando su efectividad y potencial en la prevención de la rodilla de minero (29).

En el año 2010, en un estudio determinó el estrés transmitido a la rodilla a través de la rótula, el tendón rotuliano y el tubérculo tibial en posturas estáticas asociadas con la minería, tanto sin rodilleras como usando dos tipos de rodilleras comunes en la industria (una articulada y una no articulada). Los resultados mostraron que la mayor parte de la presión se transmitía a la rodilla a través de la región combinada del tendón rotuliano y el tubérculo tibial (PTT), con una alta variación de presión debido a la formación de “puntos calientes”. El uso de rodilleras mejoró la distribu-

ción del estrés en la región PTT, reduciendo la variación de presión en un 60 %. La proporción de presión media indicó que más del 60 % de la presión aplicada a la rodilla durante las posturas de arrodillado se concentraba en la región PTT. Las rodilleras no presentaron un impacto significativo en la distribución general del estrés entre las estructuras de la rodilla, ya que los materiales utilizados mostraron pocas diferencias. Se observó que las posturas de flexión completa reducían la presión en la rótula (<3 psi de media, <10 psi máxima), proporcionando alivio inmediato del estrés en la superficie de la rodilla. Los resultados sugieren la necesidad de investigar diseños alternativos que redistribuyan el estrés hacia áreas menos perjudiciales (44).

En el año 2011, otro estudio encontró diferencias significativas en las cargas y momentos aplicados a la tibia durante posturas de arrodillado y en cuclillas, tanto con rodilleras como sin ellas. Se observó que las posturas de alta flexión, como estar en cuclillas y casi en flexión completa, presentaban mayores cargas en el compartimento medial de la rodilla. Por ejemplo, las fuerzas de contacto entre el muslo y la pantorrilla alcanzaron hasta el 39 % del peso corporal en la postura de cuclillas y el 28 % en arrodillado casi completo. En la postura de una rodilla, se registraron fuerzas posteriores de hasta el 60 % del peso corporal y momentos de flexión de hasta el 5 % del peso corporal por altura. El uso de rodilleras afecta la distribución de las cargas en la articulación de la rodilla, disminuyendo los momentos de flexión en aproximadamente un 10% y las fuerzas posteriores en la tibia en un 15 %. Esto resulta en una presión más uniformemente distribuida a través de la articulación y una mejora en la postura general. Estas variaciones posturales, combinadas con el uso de rodilleras, pueden reducir significativamente el riesgo de lesiones en la rodilla, especialmente en entornos laborales que requieren posturas de alta flexión (27).

En el año 2018, en Ecuador, se llevó a cabo un análisis en una empresa que presta servicios a compañías de agua potable, electricidad, telefonía y gas, que implementó un plan piloto de 20 días utilizando protectores de rodilla tipo Gel. Durante este periodo, los tiempos de ejecución de las 350 lecturas diarias se redujeron en casi una hora, permitiendo a los trabajadores finalizar su jornada laboral una hora antes. Además, el 40 % de los trabajadores aumentó su productividad, logrando 100 lecturas adicionales por día en promedio, lo que resultó beneficioso tanto para la Gerencia General, ya que se puede cumplir la misma cantidad de lecturas mensuales con menos personal, como para los trabajadores, quienes incrementaron su remuneración mensual al recibir un porcentaje por cada factura entregada. La encuesta realizada al final del piloto reveló que la mayoría de los trabajadores considera que la rodillera debería formar parte de su equipo de protección personal, mejorando la efectividad en terrenos irregulares y la estabilidad durante sus actividades. Aunque muchos desconocen su importancia a largo plazo, el 10 % del personal administrativo coincidió en que las rodilleras mejoraron la efectividad de los trabajadores y debería incluirse en los equipos de protección personal (43).

En el año 2019, durante el estudio, se observó que las intervenciones con protectores de rodilla tipo Gel y almohadillas de rodilla alteraron significativamente la cinemática de las extremidades inferiores en techadores arrodillados en superficies inclinadas. Aunque la flexión de la rodilla fue similar en todas las pendientes, la presencia de una intervención redujo la flexión profunda de la rodilla durante periodos de reposo. La flexión de la cadera aumentó con la inclinación de la pendiente, pero se redujo con el uso de almohadillas y protectores de rodilla. La inversión del tobillo y la abducción de la cadera también disminuyeron con las intervenciones. Aunque estos cam-

bios no siempre fueron estadísticamente significativos, representaron una reducción en las posturas incómodas y extremas, disminuyendo el riesgo de TME. Esto evidencia que los protectores de rodilla y almohadillas pueden ser efectivos para reducir las posturas extremas y el riesgo de TME en techadores (42).

4. Normas actuales y lineamientos necesarios

A nivel mundial, la normativa relacionada con la prevención de lesiones en rodillas en el trabajo, a pesar de su frecuencia, es limitada. La norma europea EN 14404:2004+A1:2010 es la única guía reconocida. La existencia de vacíos en la investigación subraya la necesidad de abordar este problema desde diversas perspectivas, no solo ocupacionales, para resolverlo de manera integral.

4.1 Vacíos en la normativa en Colombia para protectores de rodilla

En Colombia, la regulación de los EPP es esencial para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores en diversos sectores industriales. Sin embargo, la falta de lineamientos específicos sobre el uso de protectores de rodilla como parte del EPP en la normativa colombiana representa un grave problema. Este vacío normativo pone en riesgo la integridad física de los trabajadores, especialmente aquellos que deben pasar largos periodos arrodillados o trabajando sobre superficies duras.

El documento Gestión integral de los Elementos De Protección Personal tiene como objetivo establecer lineamientos para garantizar la correcta gestión en la selección, suministro, uso, mantenimiento, reposición y disposición final de los EPP requeridos por servidores públicos y contratistas expuestos a riesgos laborales. Aunque abarca una amplia gama de EPP para proteger la salud de los trabajadores, en lo que respecta a los miembros inferiores, se enfoca principalmente en pantalones y calzado, omitiendo la inclusión de protectores de rodilla (36).

En la normativa vigente, como la Resolución 2400 de 1979 del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, se detallan disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo, incluyendo requisitos

específicos para el calzado y otros elementos de protección para pies y piernas. Esta resolución establece, por ejemplo, el uso de calzado de seguridad con puntera de acero, botas de caucho para ambientes húmedos y polainas para protección contra metales fundidos. No obstante, no se menciona la necesidad de protectores de rodilla para actividades que impliquen riesgo de lesiones en esta articulación (45).

Además, la Ley 9 de 1979 y el Decreto 1072 de 2015 subrayan la obligación de los empleadores de proporcionar EPP adecuados a los riesgos presentes en el lugar de trabajo, así como cumplir con las normas oficiales y regulaciones técnicas aprobadas por el gobierno. A pesar de estas disposiciones, la omisión de protectores de rodilla en estas normativas refleja una falta de consideración a un aspecto crucial de la seguridad laboral (46).

La incorporación de protectores de rodilla como EPP en la normativa colombiana es esencial para llenar este vacío y asegurar una protección integral para todos los trabajadores. Esto es especialmente crítico en sectores donde las rodillas están expuestas a constantes impactos y presiones, lo que puede llevar a lesiones graves y crónicas. Por tanto, la revisión y actualización de las normativas para incluir lineamientos específicos sobre el uso de protectores de rodilla contribuiría significativamente a la prevención de lesiones y a la promoción de un ambiente de trabajo más seguro.

4.2 Lineamientos generales basados en la norma EN 14404

Los criterios normativos mínimos sobre los protectores de rodilla en Colombia deberían considerar aspectos ergonómicos que aseguren la salud y seguridad de los trabajadores, basándose en aspectos anatómicos, biomecánicos, antropométricos, fisiológicos, de confort y de seguridad.

Siendo la norma EN 14404, los requisitos para los protectores de rodilla que garanticen la eficacia en la protección para la posición arrodillada son (40):

- **Diseño de la protección:** Los protectores de rodilla deben ofrecer protección a una o ambas rodillas, e incluir características adicionales como un marco para ayudar a levantarse o un asiento para arrodillarse.
- **Mantenimiento de la posición:** Los protectores de rodilla deben mantenerse en su lugar al arrodillarse o caminar sobre las rodillas.
- **Comodidad y movilidad:** Los protectores de rodilla no deben obstaculizar el drenaje venoso de la pierna, ya sea al estar de rodillas o de pie. Además, los trabajadores deben poder cambiar de postura fácilmente para mejorar la circulación.

4.2.1 Requisitos mínimos

Los protectores de rodilla deben ser seguros, adecuados para su finalidad y diseñados para brindar protección sin comprometer la seguridad del usuario. Las superficies internas de los productos no deben incluir bordes afilados, costuras, hebillas u otros elementos que puedan causar daño durante el uso normal. Los requerimientos generales se alinean con la norma (40):

4.2.2 Tamaño y dimensiones

- Los protectores de rodilla deben marcarse con la talla correspondiente a la circunferencia de la cintura de los usuarios.
- Las zonas de protección deben cumplir las dimensiones establecidas en la norma según los usuarios a los que se destinan.

4.2.3 Resistencia a la penetración

- Los protectores de rodilla deben resistir la penetración completa bajo las fuerzas especificadas en la norma, de acuerdo con los niveles de rendimiento establecidos, garantizando una protección adecuada.

4.2.4 Distribución de la fuerza

- La fuerza media registrada por cada transductor debe ser inferior al valor especificado en la norma en los ensayos sobre un yunque plano, garantizando una distribución adecuada de la fuerza.

4.2.5 Fuerza máxima transmitida

- Las fuerzas máximas transmitidas en los impactos de prueba no deben superar los valores especificados en la norma, garantizando la seguridad del usuario con energías definidas.

4.2.6 Sujeción y comodidad

- Los protectores de rodilla deben incluir un sistema de sujeción que garantice una colocación correcta para trabajar arrodillado, con correas ajustables que no se enrollen durante el uso.

4.2.7 Resistencia al agua (requisito opcional)

- Al aprobarlos, la superficie interior y el filtro deben permanecer secos para asegurar la resistencia al agua.

4.3 Requisitos adicionales basados en la evidencia

Adicionalmente, se proponen los siguientes lineamientos basados en la evidencia, que amplían los aspectos revisados por la normativa, con las siguientes características funcionales:

- *Materiales transpirables:* Los protectores de rodilla deben estar fabricados con materiales que permitan la transpiración para evitar el exceso de calor y la sudoración.
- *Aislamiento térmico:* Deben proporcionar un buen aislamiento térmico, manteniendo la rodilla a una temperatura confortable, evitando el sobrecalentamiento y la acumulación de humedad.

- *Agarre y estabilidad:* Deben tener superficies planas con buen agarre para asegurar la estabilidad en terrenos irregulares o cubiertos de escombros, evitando el deslizamiento y la rotación.

Al seguir las recomendaciones de la normativa, se asegura que los protectores de rodilla cumplan con los estándares de seguridad y rendimiento necesarios para los trabajadores que realizan tareas arrodillados. Esto no solo garantiza una protección adecuada, sino que también mejora el confort y la productividad, contribuyendo a un ambiente laboral más seguro y saludable.

5. Consideraciones finales

La falta de regulación específica en Colombia sobre protectores de rodilla constituye una preocupación significativa que expone a los trabajadores a riesgos de lesiones musculoesqueléticas al arrodillarse. Sin directrices claras y eficaces, los empleados pueden encontrarse en situaciones que incrementan el riesgo de daños en la articulación de la rodilla, como lo demuestran diversos estudios sectoriales (1,7,13). La alta incidencia de lesiones relacionadas con las rodillas en sectores como la floricultura ha sido destacada en estudios (12), subrayando la necesidad de abordar esta problemática.

El análisis de los distintos tipos de protectores de rodilla y su correlación con la evidencia científica disponible es esencial para garantizar su efectividad. Estudios como el de la Universidad de Utah han demostrado que algunos protectores reducen de manera significativa la presión en la articulación (1). Sin embargo, en Colombia, la falta de información precisa y estudios locales sobre el uso de estos dispositivos limita una comprensión integral del problema. Es crucial identificar y llenar estos vacíos en la legislación (36,45,46) para mejorar la protección de los trabajadores.

Comparar la prevalencia de lesiones de rodilla en trabajadores colombianos con la de otras regiones y profesiones, como en la construcción o en el personal administrativo, proporcionaría una perspectiva más amplia de la situación (24). Este tipo de comparación subraya la importancia de investigaciones detalladas y comparativas, que son esenciales para abordar de manera eficaz los riesgos laborales específicos de cada sector.

Un caso de éxito relevante es el estudio realizado en una empresa de Ecuador, donde la implementación de protectores de rodilla mostró una reducción significativa en los tiempos de ejecución y una mejora en la productividad (43). Estos resultados destacan cómo la adopción de protectores de rodilla eficaces puede contribuir significativamente a la prevención de lesiones y al mantenimiento de un entorno laboral más seguro y productivo.

Finalmente, es fundamental proponer lineamientos adicionales a la normativa europea (40) basados en evidencia científica y comparaciones internacionales para mejorar la seguridad laboral en Colombia. Fortalecer la normativa existente mediante la identificación de vacíos y la incorporación de mejoras respaldadas por la investigación contribuirá significativamente a reducir las lesiones de rodilla en los entornos de trabajo del país.

Luego de la revisión realizada, se concluye que las principales patologías de rodilla asociadas a la presión mecánica generada por el arrodillamiento y otras posturas forzadas en el trabajo incluyen la osteoartritis, la bursitis y las lesiones meniscales. Estas afecciones son especialmente comunes entre los trabajadores de sectores productivos como la construcción, la minería y la agricultura. Asimismo, es importante tener en cuenta factores de riesgo adicionales, como la obesidad y la necesidad de caminar largas distancias diariamente, que hacen que ciertos trabajadores no sean los mejores candidatos para actividades que requieran estar arrodillados. La prevalencia de estas enfermedades resalta la magnitud del problema y subraya la urgente necesidad de implementar soluciones preventivas eficaces y reguladas.

Esta revisión integral de las alternativas existentes brindó un panorama sobre las capacidades de los protectores de rodilla tipo 1 para distribuir adecuadamente las fuerzas ejercidas sobre la articulación de la rodilla. Se identificó que una amortiguación eficaz, conseguida mediante materiales como espumas y geles, es fundamental para absorber y disipar las cargas durante actividades que requieren arrodillarse. Además, una sujeción estable, proporcionada por sistemas de correas y cierres ajustables, mantiene el protector en su lugar, garantizando la distribución uniforme de las fuerzas. Un diseño ergonómico facilita el movimiento y evita concentraciones de presión que podrían causar lesiones.

Para actividades que requieren mayor movilidad, se recomienda el uso de protectores de rodilla tipo 1 y tipo 2, que están en contacto directo con las rodillas. Para posturas más estáticas, los protectores de rodilla tipo 3 o 4 son más apropiados, ya que ofrecen mayor soporte y funcionalidades adicionales, como asientos para arrodillarse. Seleccionar el tipo de protector adecuado es fundamental para prevenir lesiones de manera eficaz y mejorar el confort de los trabajadores.

La ausencia de lineamientos y regulaciones específicas sobre el uso de protectores de rodilla como EPP en la normativa colombiana constituye un vacío significativo que pone en riesgo la salud y seguridad de los trabajadores expuestos a actividades que implican trabajos en planos bajos, los cuales llevan a la posición sobre las rodillas.

La implementación exitosa de protectores de rodilla en diversos sectores productivos ha demostrado ser una medida preventiva eficaz para reducir la incidencia de trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo. Estos casos muestran una reducción notoria en el número de lesiones en las rodillas, una mayor satisfacción de los trabajadores y un aumento en la productividad gracias a la mejora de las condiciones laborales.

La incorporación de lineamientos mínimos basados en la norma europea EN 14404 y adaptados al contexto colombiano es un paso fundamental para la regulación y estandarización del uso de protectores de rodilla como EPP. Estas recomendaciones, sustentadas en la mejor evidencia disponible y en las necesidades específicas de la industria, deben servir como base para que empresas y trabajadores adopten soluciones efectivas, en aras de construir entornos laborales más seguros y saludables.

Teniendo en cuenta los vacíos identificados en la investigación y los aportes clave del documento analizado, se plantean las siguientes recomendaciones:

1. Revisión y actualización de la normativa colombiana en materia de EPP:
 - » Realizar exhaustiva de la normativa vigente: Se sugiere analizar a fondo regulaciones como la Resolución 2400 de 1979, la Ley 9 de 1979 y el Decreto 1072 de 2015, para identificar vacíos sobre el uso de protectores de rodilla como EPP.
 - » Incorporación de normativas específicas: Proponer normativas que regulen el uso de protectores de rodilla en actividades laborales de alto riesgo que involucren arrodillamiento prolongado o posturas forzadas de la rodilla.
 - » Adopción de lineamientos basados en la norma europea: Incorporar los requisitos mínimos establecidos en la norma europea EN 14404, ajustándolos al contexto colombiano.

2. Desarrollo de lineamientos para la gestión de protectores de rodilla como EPP:
 - » Guías y protocolos específicos: Desarrollar protocolos claros para la selección, suministro, uso, mantenimiento y reposición de protectores de rodilla, como parte de la gestión integral de EPP en los lugares de trabajo.
 - » Mejorar las características técnicas: Incluir las pruebas de desempeño, tallas adecuadas y criterios de confort y seguridad para los trabajadores.
 - » Cumplimiento normativo: Asegurar que los protectores de rodilla se ali-

neen con los requisitos de resistencia a la penetración, distribución de la fuerza y fuerza máxima transmitida, según lo establecido en la normativa.

3. Validación de los riesgos y necesidades de protección de rodilla en diferentes sectores:
 - » Evaluaciones de riesgo específicas: realizar evaluaciones en sectores como la construcción, la minería, la agricultura y la industria de servicios, donde se identifique una alta prevalencia de actividades que impliquen arrodillarse.
 - » Caracterización de zonas de trabajo: Determinar las características de las zonas de trabajo, las posturas adoptadas y las fuerzas ejercidas sobre las rodillas, estableciendo los requisitos de protección adecuados.
 - » Consideraciones antropométricas: Tomar en cuenta las diferencias físicas de los trabajadores y las particularidades de cada entorno laboral al seleccionar los protectores de rodilla.

4. Evaluación y selección de protectores de rodilla efectivos:
 - » Análisis comparativo: evaluar el desempeño de los protectores de rodilla disponibles en el mercado colombiano, tomando como referencia los estudios mencionados en el documento.
 - » Prioridad en eficacia: seleccionar aquellos protectores que ofrezcan

- mayor reducción de fuerzas y presión sobre la rodilla, mejorando el confort y la productividad de los trabajadores.
- » Consideraciones adicionales: tomar en cuenta características como transpirabilidad, el aislamiento térmico y agarre, para asegurar un mejor rendimiento en las condiciones de trabajo colombianas.
5. Capacitación y entrenamiento para el uso adecuado de protectores de rodilla:
- » Programas de capacitación: implementar formaciones para enseñar a los trabajadores el uso correcto y el mantenimiento de los protectores de rodilla.
 - » Protocolos personalizados: establecer directrices específicas basadas en la actividad laboral y las características antropométricas de los empleados, asegurando el ajuste y la colocación adecuada de los EPP.
 - » Participación activa: Fomentar la retroalimentación de los sobre la efectividad de los protectores de rodilla, con el fin de mejorar continuamente las soluciones implementadas.
6. Promoción de la investigación y la difusión de buenas prácticas:
- » Investigación avanzada: Fomentar proyectos que estudien la duración adecuada para permanecer de rodillas, la presión máxima soportada y la

- incidencia de lesiones de rodilla relacionadas con el trabajo en el contexto colombiano.
- » Difundir casos de éxito: compartir los casos de éxito en la implementación de protectores de rodilla en diferentes sectores productivos a nivel nacional, con el fin de promover su adopción y la mejora continua de las soluciones.
 - » Colaboración institucional: Establecer sinergias entre la academia, las empresas y las entidades regulatorias para generar nuevos conocimientos y propuestas innovadoras en torno a la protección de las rodillas de los trabajadores.
 - » Ergonomía: Abordar no solo el diseño del EPP, sino también la organización del trabajo, incluyendo regulaciones sobre la duración de la actividad y recomendaciones desde el punto de vista de la ergonomía y los factores humanos.
 - » Generar nuevos conocimientos y propuestas innovadoras en torno a la protección de las rodillas de los trabajadores, integrando la perspectiva de la biomecánica, la ergonomía y la gestión de la salud.

6. Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos se plantean las siguientes recomendaciones:

—— Para las empresas

- Crear e implementar políticas empresariales para reducir la brecha de género.
- Fomentar la participación de las trabajadoras en órganos de gobierno y co-gobiernos institucionales, así como en la gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SST).
- Identificar estrategias que permitan la adecuada conciliación de la vida profesional y familiar de las mujeres trabajadoras, como la flexibilización de jornadas y horarios laborales.
- Establecer canales de comunicación donde la mujer pueda expresarse sin temor a ser discriminada o recibir represalias de compañeros o superiores.
- Establecer medidas de control y sancionar los actos y comportamientos que afecten la integridad de las mujeres, independientemente del nivel jerárquico del presunto agresor.
- Garantizar procesos de selección y ascenso sin discriminación de género.
- Fomentar el liderazgo femenino y la sororidad entre mujeres en sectores masculinizados.

—— Para los profesionales y responsables de SST

- Fomentar la participación de mujeres en el Comité de Convivencia Laboral (COCOLA) y el Comité Paritario de Seguridad y Salud en el Trabajo (COPASST).

- Evaluar la exposición a factores de riesgo psicosociales relacionados con las brechas de género.
- Dirigir estrategias de formación y capacitación hacia trabajadores hombres sobre violencia de género y no discriminación en el trabajo.

—— Para los gobiernos

- Verificar el cumplimiento de las normativas que protegen a las mujeres trabajadoras.
- Invertir en programas que fomenten la participación femenina en áreas STEM y sectores masculinizados desde una edad temprana (becas, programas de mentoría y campañas para eliminar estereotipos de género).
- Implementar estrategias para fortalecer la empleabilidad de las mujeres en sectores masculinizados.
- Facilitar el acceso a financiamiento, redes de apoyo y recursos empresariales para mujeres emprendedoras que desean ingresar o expandirse en sectores masculinizados.
- Implementar sistemas de recopilación de datos desglosados por género para evaluar avances hacia la igualdad de género en sectores masculinizados. Utilizar estos datos para evaluar políticas y programas y ajustar estrategias para cada sector económico.
- Llevar a cabo campañas públicas y programas educativos que sensibilicen sobre la importancia de la igualdad de género y desafíen los

- estereotipos de género arraigados en la sociedad latinoamericana.
- Establecer alianzas con empresas, instituciones, organizaciones sin fines de lucro y la sociedad civil que trabajen en temas de igualdad de género para impulsar el cambio hacia la igualdad de género.

—— Para las instituciones educativas

- Deconstruir la educación de niños y niñas en términos de sexo y género, orientando los contenidos académicos, culturales, deportivos artísticos y sociales, sin limitaciones según el sexo del estudiante, desde la primera infancia hasta la educación universitaria.
- Impulsar la participación de la mujer, en la educación superior y universitaria, en especialidades tradicionalmente masculinas, acompañando su formación para evitar situaciones de violencia, acoso o discriminación.
- Implementar campañas de no discriminación y prevención del acoso hacia las mujeres, dirigidas a toda la comunidad educativa, incluidos estudiantes, docentes, personal administrativo, operativo y directivo.

7. Referencias

1. Xu H, Jampala S, Blosswick D, Zhao J, Merryweather A. Evaluation of knee joint forces during kneeling work with different kneepads. *Appl Ergon* [Internet]. 2017;58:308-13. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2016.07.003>
2. Hirschmann MT, Müller W. Complex function of the knee joint: the current understanding of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* [Internet]. 2015 [citado 2024 Jun 20];23(10):2780-8. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25962963/>
3. Valenzuela J, Augusto M. Revisión documental: Trastornos musculoesqueléticos de rodilla: osteoartritis, tendinitis y bursitis de origen laboral [Internet]. Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana; 2017 [citado 2024 Jun 20]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10554/39972>
4. Bejarano Beltrán SA, Castro Cañón AN. Guía para la prevención de riesgos músculo-esqueléticos en empleados del sector floricultor de la Empresa SCI Inversiones la Montaña SAS [Internet]. Manizales: Universidad Católica de Manizales; 2020 [03/10/2024]. Disponible en: <https://repositorio.ucm.edu.co/handle/10839/2862>
5. Burrell AP. Trastornos musculoesqueléticos y enfermedades profesionales en la construcción [Internet]. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya; 2015 [03/10/2024]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/76361/memoria.pdf>
6. Llongo Cali BC, Cadena Cisneros SA. Prevalencia de trastornos musculoesqueléticos asociados a las condiciones laborales y sociodemográficas del personal de operaciones en comparación con el personal de mantenimiento en taladros de reacondicionamiento

- de pozos petrolíferos [Internet]. Quito: Universidad de las Américas; 2023 [03/10/2024]. Disponible en: <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/15165>
7. Reid CR, Bush PM, Cummings NH, McMullin DL, Durrani SK. A review of occupational knee disorders. *J Occup Rehabil* [Internet]. 2010 [citado 2024 Jun 20];20(4):489-501. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20490901/>
 8. Mengistu DA, Gutema GD, Demmu YM, Alemu A, Asefa YA. Occupational-related upper and lower extremity musculoskeletal pain among working population of Ethiopia: Systematic review and meta-analysis. *Inquiry* [Internet]. 2022;59:469580221088620. <http://dx.doi.org/10.1177/00469580221088620>
 9. Personal Sanitario Umivale. Patología de la Rodilla [Internet]. 2011 [citado 2024 Jun 20]. Disponible en: https://umivalesalud.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/09/guia_rodilla_2011.pdf
 10. López AGV, Ronquillo JWV. Prevalencia de trastornos musculoesqueléticos asociados a condiciones de trabajo en los trabajadores de obras de construcción en Ecuador, 2021 [Internet]. Quito: Universidad de las Américas; 2022 [03/10/2024]. Disponible en: <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/13824>
 11. Arias Almonacid D, Rodríguez Gómez A, Zapata Diaz J, Vásquez Trespalcacios EM. Incapacidad laboral por desórdenes musculo esqueléticos en población trabajadora del área de cultivo en una empresa floricultora en Colombia. *Rev Asoc Esp Espec Med Trab* [Internet]. 2018 [citado 20204 Jun 20];27(3):166-74. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S3020-11602018000300166&lng=es.

12. Orozco Vásquez MM, Zuluaga Ramírez YC, Campos Guzmán NR. Sintomatología musculoesquelética en trabajadores de postcosecha de un cultivo de flores de Cundinamarca. *Rev Asoc Esp Espec Med Trab* [Internet]. 2022 [2024 Jun 20];31(2):198-207. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S3020-11602022000200007&lng=es.
13. Cooper C, McAlindon T, Coggon D, Egger P, Dieppe P. Occupational activity and osteoarthritis of the knee. *Ann Rheum Dis* [Internet]. 1994;53(2):90-3. <http://dx.doi.org/10.1136/ard.53.2.90>
14. Jensen LK. Knee osteoarthritis: influence of work involving heavy lifting, kneeling, climbing stairs or ladders, or kneeling/squatting combined with heavy lifting. *Occup Environ Med* [Internet]. 2008;65(2):72-89. <http://dx.doi.org/10.1136/oem.2007.032466>
15. Logerstedt D, Ebert JR., MacLeod TD, Heiderscheid BC, Gabbett TJ, Eckenrode BJ. Effects of and response to mechanical loading on the knee. *Sports Med* [Internet]. 2021;1-35. <http://dx.doi.org/10.1007/S40279-021-01579-7>
16. U.S. Bureau Of Labor Statistics. Low postures [Internet]. Occupational Requirements Survey. [2024 Jun 20]. Disponible en: <https://www.bls.gov/ors/factsheet/low-postures.htm>
17. Hirokawa S, Fukunaga M, Mawatari M. Calculation of the forces acting on the knee joint when rising from kneeling positions (Effects of the leg alignment and the arm assistance on the knee joint forces). *Int J Med Sci* [Internet]. Disponible en: <https://zenodo.org/records/1329200>
18. Allen KD, Thoma LM, Golightly YM. Epidemiology of osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage* [Inter-

- net]. 2022;30(2):184-95. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joca.2021.04.020>
19. Mayo Astudillo A. Osteoartritis de rodilla y su frecuencia con discapacidad laboral evaluación por escala MSH1 [Internet]. Veracruz: Universidad Veracruzana; 2010. Disponible en: <https://cdigital.uv.mx/handle/123456789/32322>
 20. Cooper C, Coggon D. Physical activity and knee osteoarthritis. *Lancet* [Internet]. 1999;353(9171):2177-8. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(99\)90094-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(99)90094-6)
 21. Wang X, Perry TA, Arden N, Chen L, Parsons CM, Cooper C, et al. Occupational risk in knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Arthritis Care Res (Hoboken)* [Internet]. 2020;72(9):1213-23. <http://dx.doi.org/10.1002/acr.24333>
 22. Litwic A, Edwards MH, Dennison EM, Cooper C. Epidemiology and burden of osteoarthritis. *Br Med Bull* [Internet]. 2013;105:185-99. <http://dx.doi.org/10.1093/bmb/lds038>
 23. Dulay GS, Cooper C, Dennison EM. Knee pain, knee injury, knee osteoarthritis & work. *Best Pract Res Clin Rheumatol* [Internet]. 2015;29(3):454-61. <http://dx.doi.org/10.1016/j.berh.2015.05.005>
 24. Jensen LK, Rytter S, Bonde JP. Symptomatic knee disorders in floor layers and graphic designers. A cross-sectional study. *BMC Musculoskelet Disord* [Internet]. 2012 [2024 Jun 20];13(1). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23009280/>
 25. Coggon D, Croft P, Kellingray S, Barrett D, McLaren M, Cooper C. Occupational physical activities and osteoarthritis of the knee. *Arthritis Rheum* [Internet].

- 2000 [citado 2024 Jun 20];43(7):1443-9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10902744/>
26. Allen KD, Chen J-C, Callahan LF, Golightly YM, Helmick CG, Renner JB, et al. Associations of occupational tasks with knee and hip osteoarthritis: the Johnston County Osteoarthritis Project. *J Rheumatol* [Internet]. 2010;37(4):842-50. <http://dx.doi.org/10.3899/jrheum.090302>
 27. Porter WL, Mayton AG, Moore SM. Pressure distribution on the anatomic landmarks of the knee and the effect of kneepads. *Appl Ergon* [Internet]. 2010;42(1):106-13. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2010.05.007>
 28. Singh A, Devgan A, Kaur S, Singh P. Knee cap bursitis/housemaid's knee role of magnetic resonance imaging: A case report. *Ind J Case Rep* [Internet]. 2021;7(3):102-4. <http://dx.doi.org/10.32677/ijcr.2021.v07.i03.009>
 29. Sharrard WJW. Pressure effects on the knee in kneeling miners: Joseph Henry lecture delivered at the Royal College of Surgeons of England on 15th may 1964. *Ann R Coll Surg Engl* [Internet]. 1965 [citado 2024 Jun 20];36(6):309. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14312374>
 30. Kirkeskov Jensen L, Eenberg W. Occupation as a risk factor for knee disorders. *Scand J Work Environ Health* [Internet]. 1996 [citado 2024 Jun 20];22(3):165-75. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8837261/>
 31. Bahns C, Bolm-Audorff U, Seidler A, Romero Starke K, Ochsmann E. Occupational risk factors for meniscal lesions: a systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskelet Disord* [Internet]. 2021 [citado

- 2024 Jun 20];22(1). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34911509/>
32. Rytter S, Jensen LK, Bonde JP, Jurik AG, Egund N. Occupational kneeling and meniscal tears: A magnetic resonance imaging study in floor layers. *J Rheumatol* [Internet]. 2009 [citado 2024 Jun 20];36(7):1512-9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19411395/>
 33. Palmer KT. Occupational activities and osteoarthritis of the knee. *Br Med Bull* [Internet]. 2012;102(1):147-70. <http://dx.doi.org/10.1093/bmb/lds012>
 34. Kivimäki J, Riihimäki H, Hänninen K. Knee disorders in carpet and floor layers and painters. *Scand J Work Environ Health* [Internet]. 1992;18(5):310-6. <http://dx.doi.org/10.5271/sjweh.1571>
 35. World Health Organization. Laboratory biosafety manual, 4th edition: Personal protective equipment [Internet]. 2020 [citado Jun 20]. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240011410>
 36. Ministerio de Salud y Protección Social. Gestión Integral de los Elementos de Protección Personal (EPP) [Internet]. 2021. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/Ministerio/Institucional/Procesos%20y%20procedimientos/GTHS02.pdf>
 37. Stone WJ, Arnett SW, Hoover DL. Lower extremity kinematics of ACL-repaired and non-injured females when using knee savers®. *Int J Sports Phys Ther* [Internet]. 2017;12(5):737-46. <http://dx.doi.org/10.26603/ijsp20170737>
 38. Jensen LK, Kofoed LB. Musculoskeletal disorders among floor layers: is prevention possible? *Appl Occup Environ Hyg* [Internet]. 2002;17(11):797-806. <http://dx.doi.org/10.1080/10473220290096041>

39. Eaves S, Gyi DE, Gibb AGF. Building healthy construction workers: their views on health, wellbeing and better workplace design. *Appl Ergon* [Internet]. 2016;54:10-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2015.11.004>
40. European Standard. UNE-EN 14404:2005+A1:2010 [Internet]. 2010 [citado el 20 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0046035>
41. Tjosvoll SO, Seeberg TM, Fimland MS, Wiggen Ø, Jahren SE. Classification of kneeling and squatting in workers wearing protective equipment: development and validation of a rule-based model using wireless triaxial accelerometers. *Ergonomics* [Internet]. 2022;65(10):1410-20. <http://dx.doi.org/10.1080/00140139.2022.2039410>
42. Breloff SP, Dutta A, Sinsel EW, Carey RE, Warren CM, Dai F, et al. Are knee savers and knee pads a viable intervention to reduce lower extremity musculoskeletal disorder risk in residential roofers? *Int J Ind Ergon* [Internet]. 2019;74(102868):102868. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ergon.2019.102868>
43. Herrera Morales BJ. Propuesta de indumentaria para la prevención de riesgos laborales en exteriores, en la compañía Asistecom Cia. Ltda [Internet]. Quito: Universidad de las Américas; 2018. Disponible en: <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/8671>
44. Pollard JP, Porter WL, Redfern MS. Forces and moments on the knee during kneeling and squatting. *J Appl Biomech* [Internet]. 2011;27(3):233-41. <http://dx.doi.org/10.1123/jab.27.3.233>
45. Ministerio de Trabajo Y Seguridad Social. Resolución 2400 de 1979 [Internet]. 2022. Disponible en:

<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=53565>

46. El Congreso de Colombia. Ley 9 DE 1979 [Internet]. 2024. Disponible en: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1177>

Investigaciones en salud y trabajo

Facultad de Medicina

Año 4, julio-septiembre 2025, ISSN: 2954-6044

Grupo de investigación Salud, Ser Humano y Trabajo

n.º 15

Lineamientos para la implementación de protectores de rodilla en actividades laborales en Colombia

Fue editado y publicado por la Editorial Universidad El Bosque
Septiembre de 2025
Bogotá, Colombia

Para esta edición, se usaron las familias tipográficas:
Ancizar Serif de 10 a 50 puntos.
El formato de este ejemplar es de 14,5 x 21 cm.

