



Evaluación ergonómica del sistema de trabajo del área de empaque de una mina de piedra caliza y dolomita en Rio Claro Antioquia, propuesta de intervención y rediseño.

Ergonomic evaluation of the work system of the packaging area of a lime Stone and dolomite mine in Rio Claro Antioquia, Intervention and redesign proposal.

Verónica María Palacio Torres

Sergio Quiceno Peña

Asesor

Yaniel Torres Medina, Doctor (PhD)

Universidad de Antioquia
Facultad Nacional de Salud Pública Héctor Abad Gómez

Especialización en Ergonomía

Medellín, Antioquia, Colombia

2025



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA

Programa: Especialización en Ergonomía. Cohorte 2024.
Formato de Trabajo de Grado. Código: 7020-112.

1 8 0 3

Cita	Palacio Torres y Quiceno Peña (1)
Referencia	(1) Palacio Torres VP, Quiceno Peña S. Evaluación ergonómica del sistema de trabajo del área de empaque de una mina de piedra caliza y dolomita en Rio Claro Antioquia, propuesta de intervención y rediseño.
Estilo Vancouver/ICMJE (2018)	[Trabajo de grado especialización]. Medellín, Colombia. Universidad de Antioquia; 2025.



Especialización en Ergonomía, Cohorte IX.

Grupo de Investigación Ser Humano y Trabajo.

Centro de Investigación Facultad Nacional de Salud Pública (CIFNSP).



Biblioteca Salud Pública

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.



1. RESUMEN

En 2016, la Organización Mundial de la Salud (OMS) estimó que aproximadamente 1.710 millones de personas en todo el mundo padecían algún trastorno musculoesquelético (TME), siendo el dolor lumbar el más prevalente, con 568 millones de casos (1). Los TME representan la principal causa de discapacidad laboral a nivel global, y el dolor lumbar es la primera causa de incapacidad laboral en 160 países (OMS, 2021). En Colombia, la tasa de accidentes de trabajo en el sector de explotación de minas y canteras en 2023 fue de 12,55 por cada 100 trabajadores, y en Antioquia, esta cifra fue mayor, con 14,33 por cada 100 trabajadores. Respecto a las enfermedades laborales, la tasa nacional fue de 207,2 por cada 100 mil trabajadores, y en Antioquia, de 86,2 por cada 100 mil trabajadores.

La minería en Colombia presenta la segunda mayor tasa de enfermedades laborales después de sectores como la agricultura, canteras, construcción e industria manufacturera. A pesar de estos desafíos, la investigación científica sobre la carga física y fisiológica en mineros colombianos es escasa, lo que resalta la necesidad de estudios enfocados en mejorar las condiciones de trabajo y la salud de los empleados, especialmente en lo relacionado con las condiciones ergonómicas.

Este estudio evaluó las condiciones ergonómicas del área de empaque de polvo de piedra en una mina de piedra caliza y dolomita en Río Claro, Antioquia, mediante métodos observacionales como ERIN, REBA y la ecuación de NIOSH para la movilización de los costales. Un modelo biomecánico simplificado para el cálculo de la fuerza de compresión lumbar. La evaluación inicial permitió identificar riesgos ergonómicos importantes asociados a tareas de levantamiento manual, posturas y movimientos repetitivos.

Los resultados destacaron que las estrategias de intervención propuestas, como el uso de un brazo mecánico, un yoyo para colgar máquinas cosedoras, nivelación del suelo, una mesa elevadora y un exoesqueleto, podrían ser efectivas para disminuir la carga lumbar y reducir los riesgos ergonómicos. Llevando los niveles de riesgo de alto y medio a bajo. La implementación de un brazo mecánico, en particular, eliminaría por completo el riesgo asociado al levantamiento manual de cargas, demostrando su efectividad en la mejora de las condiciones.

Además, la sostenibilidad de las mejoras alcanzadas requiere un compromiso continuo de los directivos de la mina para garantizar el mantenimiento adecuado de las tecnologías implementadas y el monitoreo periódico de las condiciones ergonómicas. Este estudio resalta la importancia de emplear métodos multidisciplinarios y observacionales en el análisis ergonómico, así como el diseño de estrategias de intervención basadas en principios ergonómicos para garantizar un desempeño siguiente.

Palabras clave: Ergonomía, Seguridad, Carga, Minería.

2. INTRODUCCIÓN

Las enfermedades y traumatismos relacionados con el trabajo representan un desafío significativo para la salud pública y la seguridad laboral a nivel mundial. En 2016, se estimó que 1,9 millones de personas perdieron la vida debido a condiciones laborales adversas, según datos conjuntos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Internacional del Trabajo (OIT) (1). Dentro de estas afecciones, los trastornos musculoesqueléticos (TME) destacan como una de las principales causas de discapacidad y reducción de la calidad de vida entre los trabajadores. Este problema es particularmente prevalente en sectores como la minería, donde las condiciones laborales y los requerimientos físicos generan un entorno propicio para el desarrollo de estas patologías (2)

En Colombia, la minería ocupa un lugar fundamental en la economía nacional (3), pero también se caracteriza por su alto nivel de riesgo (2). En 2023, la tasa de enfermedades laborales en la clase de riesgo 5 fue de 72,6 por cada 100.000 trabajadores, cifra que se eleva a 204,4 en el sector de explotación de minas y canteras (3). Estas cifras subrayan la urgencia de abordar los factores de riesgo asociados con esta actividad económica, que es esencial no



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA

Programa: Especialización en Ergonomía. Cohorte 2024.

Formato de Trabajo de Grado. Código: 7020-112.

1 8 0 3

solo por su contribución a la economía, sino también por su historia como una de las actividades humanas más antiguas junto con la agricultura.

La minería presenta características únicas que la hacen particularmente desafiante en términos de seguridad y salud ocupacional. A diferencia de otras industrias a nivel mundial, los sitios de trabajo en minería no pueden seleccionarse arbitrariamente, lo que obliga a los trabajadores a enfrentar condiciones laborales frecuentemente adversas. Estas incluyen exposición a vibraciones, posturas estáticas, esfuerzos repetitivos y manejo de cargas pesadas, entre otros (4). Como consecuencia, los TME son una causa común de morbilidad entre los mineros, afectando su productividad y bienestar general (10).

En el contexto colombiano, la situación no es distinta. Según el Ministerio del Trabajo, en 2017, por cada 100 trabajadores colombianos, siete sufrieron un accidente laboral, siendo la minería el segundo sector con mayor incidencia (6). Además, las enfermedades del sistema musculoesquelético y del tejido conectivo representaron el 51,9% de los casos de enfermedades laborales entre 2015 y 2017, consolidándose como el grupo de mayor importancia. En el ámbito regional, Antioquia se destaca como una de las principales zonas mineras del país, concentrando un porcentaje significativo de empresas y trabajadores dedicados a esta actividad. En 2023, de las 2.429 empresas nacionales dedicadas a la explotación de minas y canteras, 330 estaban ubicadas en Antioquia, empleando a 6.961 trabajadores. Sin embargo, este dinamismo económico también se traduce en mayores riesgos. La tasa de accidentes de trabajo en el sector minero de Antioquia fue de 14,33 por cada 100 trabajadores, superando la media nacional de 12,55. Además, los desórdenes musculoesqueléticos fueron responsables de un número significativo de casos de ausentismo laboral, destacando la necesidad de estrategias preventivas y de intervención (10).

A pesar de la magnitud del problema, la producción científica enfocada en el análisis de la carga física en mineros colombianos es limitada. Una revisión bibliográfica de artículos en inglés y español revela que, aunque los TME en minería han sido ampliamente documentados a nivel internacional, existe un vacío significativo en estudios que aborden esta problemática desde la perspectiva nacional y regional. Esta carencia de información resalta la importancia de desarrollar investigaciones que permitan comprender mejor los factores de riesgo ergonómicos y las condiciones laborales que contribuyen a la aparición de TME en el sector minero colombiano.

El presente estudio busca llenar este vacío al centrarse en el análisis de la carga física en mineros de una mina específica en Antioquia. La elección de este enfoque se justifica no solo por los altos índices de accidentalidad y morbilidad reportados en la región, sino también por la necesidad de generar información contextualizada que pueda servir de base para el diseño e implementación de intervenciones ergonómicas efectivas. Esto incluye la aplicación de métodos observacionales como ERIN (8), REBA (7) y la ecuación de NIOSH (9), herramientas que permitirán evaluar de manera precisa las condiciones de trabajo y proponer mejoras.

El análisis de carga física no solo se limita a identificar los riesgos actuales, sino que también incluye una dimensión prospectiva. Comprender cómo los factores biomecánicos, organizacionales y ambientales interactúan para afectar la salud de los trabajadores permite no solo prevenir lesiones, sino también optimizar el diseño de sistemas de trabajo (7). En este contexto, la biomecánica juega un papel crucial al ofrecer una perspectiva integral que abarca desde la distribución de fuerzas en el cuerpo hasta la relación entre el trabajador y su entorno laboral.

La minería, como actividad esencial para el desarrollo económico, debe evolucionar hacia un modelo más sostenible y seguro. Esto implica no solo implementar tecnologías que reduzcan la dependencia del trabajo manual, sino también garantizar que los sistemas de trabajo existentes sean lo más seguros y eficientes posible. La promoción de buenas prácticas ergonómicas, junto con una mayor educación sobre los riesgos laborales, puede contribuir significativamente a mejorar las condiciones de trabajo en el sector minero (2).

Los TME representan un desafío complejo en la minería colombiana, pero también ofrecen una oportunidad para implementar intervenciones que mejoren la calidad de vida de los trabajadores y la productividad de las empresas (5). Este estudio pretende servir de aporte para promover la seguridad y competitividad en el sector minero. Al abordar los riesgos ergonómicos desde una perspectiva local y basada en evidencia, se busca contribuir al desarrollo de un modelo de minería que sea tanto económicamente viable como socialmente responsable.

3. OBJETIVOS



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA

Programa: Especialización en Ergonomía. Cohorte 2024.
Formato de Trabajo de Grado. Código: 7020-112.

3.1. Objetivo general

Evaluar las condiciones ergonómicas del área de empaque de polvo de piedra caliza en una mina de piedra Caliza y Dolomita en Río Claro, Antioquia, con el fin de identificar factores de riesgo y proponer estrategias de mitigación que permitan minimizar la posible aparición de Trastornos Musculoesqueléticos TMS en los trabajadores del área de empaque garantizando un adecuado desempeño.

3.2. Objetivos específicos

3.2.1. Identificar los riesgos musculoesqueléticos presentes en el área de empaque mediante evaluaciones con métodos observacionales como ERIN, REBA y la ecuación de NIOSH

3.2.2. Diseñar y proponer estrategias de intervención ergonómica, incluyendo la implementación de tecnologías diversas, modificación y reparación de algunos espacios, para reducir la carga física y mejorar la eficiencia laboral.

3.2.3. Evaluar el impacto de las estrategias propuestas mediante la comparación de los resultados pre y post-intervención utilizando los mismos métodos observacionales.

4. METODOLOGÍA

El presente estudio se llevó a cabo en el área de empaque de polvo de piedra de una mina de piedra caliza y dolomita ubicada en Río Claro, Antioquia. Se utilizó una metodología basada en la observación sistemática y el análisis de videos donde se documentaron las tareas realizadas por los trabajadores. Estas grabaciones permitieron identificar posturas, movimientos repetitivos y la manipulación de cargas en las condiciones actuales del lugar de trabajo.

Se emplearon métodos ergonómicos reconocidos internacionalmente, como ERIN, REBA y la ecuación de NIOSH, para evaluar los riesgos ergonómicos asociados a las tareas observadas. Además, se realizaron mediciones antropométricas para ajustar las recomendaciones de diseño a las características físicas de los trabajadores. Los datos obtenidos se analizaron para evaluar las condiciones laborales antes de las intervenciones propuestas.

Las estrategias de intervención diseñadas incluyen la implementación de un brazo mecánico, un yoyo para colgar máquinas cosedoras, nivelación del suelo, una mesa elevadora y un exoesqueleto, entre otras. Aunque estas intervenciones aún no se han aplicado en la mina, se espera que su implementación permita reducir significativamente los riesgos ergonómicos detectados. Para proyectar el impacto potencial de estas mejoras, se realizó una evaluación hipotética de las condiciones laborales tras la aplicación de las propuestas.

Finalmente, se utilizó SketchUp® para el diseño de un prototipo del área de trabajo rediseñada, considerando tanto las dimensiones actuales del espacio como las necesidades ergonómicas identificadas. Este prototipo busca optimizar las posturas y disminuir la carga física, mejorando la salud y seguridad de los trabajadores. Se espera que estas propuestas puedan implementarse lo antes posible en la mina, con el objetivo de minimizar los riesgos ergonómicos y mejorar las condiciones laborales. Se realizará una reunión con los directivos y personal de Seguridad y Salud en el trabajo para presentar el prototipo y explicar los beneficios al implementar las propuestas tanto a nivel de producción como a nivel de los trabajadores.

Este estudio tiene como objetivo general evaluar las condiciones ergonómicas del área de empaque en una mina de piedra caliza y dolomita, ubicada en Río Claro, Antioquia. Para ello, se utilizarán métodos observacionales y software de análisis de carga física y fisiológica, con el propósito de minimizar la aparición de trastornos musculoesqueléticos en los trabajadores del sistema de la zona de empaque.

El proyecto se llevará a cabo bajo la modalidad de monografía investigativa, ya que se busca describir y analizar el comportamiento de un fenómeno relacionado con la ergonomía, identificando y evaluando las variables de interés. Además, el estudio comparte características de intervención de una situación, puesto que se pretende proponer soluciones a los problemas identificados al final del estudio, junto con una propuesta de rediseño del área de trabajo.



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA

Programa: Especialización en Ergonomía. Cohorte 2024.
Formato de Trabajo de Grado. Código: 7020-112.

Los métodos observacionales seleccionados para el análisis de la carga física incluyen ERIN, REBA y la ecuación de NIOSH, los cuales se detallan en el apartado de Fundamentos Teóricos. Para complementar los resultados obtenidos con estas tres pruebas.

El objeto de estudio es el sistema de trabajo en el área de empaque de la mina. La población de estudio está conformada por los trabajadores de la mina, y la muestra será seleccionada por conveniencia, dado el conocimiento previo de la cantidad de trabajadores en el área de empaque. El área de estudio cuenta con 10 trabajadores distribuidos en los diferentes procesos. Para el estudio inicial participaron 4 trabajadores, organizados en dos estaciones, con dos personas en cada una. La muestra final estará conformada por 4 trabajadores, todos hombres mayores de edad, empleados activos en la mina y con jornada laboral a tiempo completo. Para la recolección de datos, se utilizarán diversas herramientas, entre ellas: cinta métrica, trípode, cámara fotográfica y de vídeo, báscula, tallímetro, hojas de campo, reloj, pulsómetro, cronómetro y nivel láser.

A partir de los resultados obtenidos, se generarán recomendaciones para mejorar el sistema de trabajo. Además, se desarrollará una propuesta de mejora mediante un prototipo de rediseño, el cual será viable para su aplicación a corto plazo por parte de la empresa. Este rediseño se realizará utilizando el software de diseño 3D **SketchUp®**, teniendo en cuenta las dimensiones del lugar de trabajo y las medidas antropométricas de los trabajadores.

5. RESULTADOS

Descripción de la tarea

Los trabajadores del área de empaque de la mina de piedra caliza y dolomita en Río Claro, Antioquia, están expuestos a diversos factores de riesgo, especialmente de origen ergonómico, lo que puede afectar su salud laboral y contribuir al desarrollo de trastornos musculoesqueléticos (TMS). El trabajo en esta área es absolutamente exigente, ya que deben llenar entre 800 y 1200 bolsas de polvo de piedra caliza, cada una de aproximadamente 50 kilogramos, durante su jornada laboral.

El horario de trabajo es de lunes a sábado, de 7:00 am a 4:00 pm Sin embargo, un trabajador tiene un turno diferente: de lunes a sábado de 1:00 pm a 9:00 pm y los domingos de 6: 00 am a 2:00 pm, con rotación de turnos entre los empleados. Los trabajadores disponen de 30 minutos para desayunar, 30 minutos para almorzar, una pausa activa de 5 minutos durante la jornada y acceso libre a hidratación. A pesar de estas pausas, el esfuerzo físico constante ha provocado varios días de ausentismo debido a problemas osteomusculares.

El proceso de empaque incluye varias tareas que requieren coordinación y esfuerzo físico. Antes de iniciar, los trabajadores realizan una pausa activa y luego se desplazan a la zona de las balanzas para organizar el área. El supervisor da las indicaciones para el día, que pueden incluir: empaqueo de costales de 50 kg, empaqueo de “big bags en pareja”, cargue de vehículos a granel, cargue de vehículos con costales, encarpado de vehículos, y reducción de muestras para laboratorio. Este último proceso incluye recibir la piedra, retirar manualmente fragmentos, ubicarlos en la mini trituradora, seleccionar una muestra, triturarla en el molino de bolas y sellarla en bolsas para el laboratorio. También se realiza la limpieza de techos una vez al mes.



El empaclado de costales de 50 kg se realiza en parejas. Un trabajador se ubica en la tolva y el otro en la zona de costura. El primero coloca el costal en la báscula debajo de la tolva, retira el caucho para liberar el producto, llena el costal, y luego lo cierra, pasándolo a su compañero para iniciar el proceso de costura. Este ciclo se repite diariamente, llenándose entre 600 y 800 costales en un día normal, y hasta 1200 en días de alta producción. El tiempo promedio por saco es de 20 segundos.

En la zona de costura, el segundo trabajador sujeta el costal, realiza un dobléz en la parte superior, lo coloca en la cosedora y, una vez cosido, lo moviliza a la estiba. En un día de producción normal, se arruman entre 10 y 15 costales por estiba, y en días de alta producción, entre 25 y 30. Este proceso tiene un tiempo promedio de 10 segundos por saco.

El llenado y la costura de costales fueron seleccionados como foco de este estudio, ya que son las tareas principales del proceso y las que implican mayor esfuerzo musculoesquelético.





UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA

Programa: Especialización en Ergonomía. Cohorte 2024.
Formato de Trabajo de Grado. Código: 7020-112.

En este análisis se han identificado las posturas más críticas que realizan los trabajadores en el área de empaque de material en polvo. Estas posturas representan los mayores desafíos físicos debido al esfuerzo que exigen y las condiciones del entorno. Analizarlas permitirá entender mejor su impacto y buscar soluciones que hagan el trabajo más seguro y cómodo, cuidando la salud y el bienestar de los trabajadores a largo plazo.

Para los procesos de llenado y costura de costales, se utilizó el método ERIN en la estación 1. En la estación 2, se evaluó una postura en el llenado de costales con el método REBA debido a la inclinación de la plataforma, llevó a realizar un análisis de cuerpo completo. Finalmente, se emplearon los métodos REBA y la ecuación de NIOSH para evaluar la movilización de costales.

A continuación, se presentan la tabla 1, con los resultados obtenidos durante las evaluaciones iniciales realizadas en el área de empaque de la mina de piedra caliza y dolomita. Estas evaluaciones se realizaron a cabo utilizando los métodos ERIN, REBA y la ecuación de NIOSH, con el objetivo de identificar los principales riesgos ergonómicos asociados a las tareas críticas, como el llenado y la costura de costales, así como la movilización de los mismos. Los resultados se organizan de manera clara y precisa, permitiendo una comprensión detallada de las condiciones actuales y las posturas críticas que impactan la salud y el desempeño de los trabajadores ([ver anexos](#)).

Tabla 1. Resumen evaluaciones estación 1 y 2

Método	Número de posturas evaluadas	Actividad	Valor de riesgo	Nivel del Riesgo	Ver Anexo
REBA	5	Empaque de costales	8	Alto	Tabla 1
			3	Bajo	Tabla 3
			4	Medio	Tabla 7
			7	Medio	Tabla 15
			10	Alto	Tablas estación 1 Tabla 1
ERIN	6	Empaque de costales	11	Bajo	Tabla 11



10	Bajo	Tabla 13
17	Medio	Tablas estación 1 tabla 5
12	Bajo	Tablas estación 1 tabla 9
16	Medio	Tablas estación 1 Tabla 11
14	Bajo	Tablas estación 1 Tabla 13

ERIN	3	Coser costales	22	Medio	Tabla 9
			22	Medio	Tablas estación 1 Tabla 3
			20	Medio	Tablas estación 1 Tabla 7

Ecuación de NIOSH	1	Empaque de costales	3,7	Alto	Tabla 17
-------------------	---	---------------------	-----	------	----------

En la tabla 1 se presentan los resultados de las evaluaciones iniciales realizadas a los trabajadores de la mina de piedra caliza utilizando las ecuaciones de NIOSH, el Método ERIN y el Método REBA. Estos datos reflejan las condiciones laborales previas a la implementación de las intervenciones ergonómicas propuestas, sirviendo como línea base para analizar los cambios y mejoras posteriores.

Propuestas de intervención

Con el objetivo de optimizar las condiciones laborales en el área de empaques de polvo de piedra caliza, se han identificado y propuesto herramientas diseñadas para reducir los riesgos ergonómicos asociados con las tareas repetitivas y la manipulación manual de cargas. Entre las soluciones planteadas se encuentran un brazo mecánico (Imagen 1) para facilitar la manipulación de costales, una mesa con rampa de dos niveles (Imagen 2), un yoyo para colgar la máquina cosedora (Imagen 3), una cosedora ergonómica de menor peso y menor vibración (imagen 4), una mesa elevadora para el muelle de carga (imagen 5), mesa graduable con rodachinas (imagen 6) un exoesqueleto diseñado específicamente para aliviar la carga lumbar (imagen 7).



Imagen 1. Manipulador de bolsas [Internet]. Industria Directa; [citado 16 de enero de 2025]. Disponible en: <https://www.directindustry.es/prod/dalmec/product-13956-1885890.html> (1)

El brazo mecánico es una herramienta diseñada para asistir en la manipulación de costales de 50 kg, reduciendo el esfuerzo físico requerido por los trabajadores durante el llenado, costura y movilización. Este dispositivo busca minimizar el riesgo de lesiones musculoesqueléticas al disminuir las cargas repetitivas y mejorar la ergonomía en las tareas críticas del proceso.

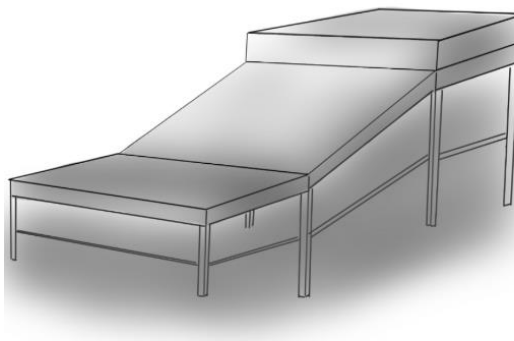


Imagen 2. Palacio Torres V, Quiceno Peña S. Mesa de doble nivel con rampa [imagen]. Diseño ergonómico para optimización de estaciones de trabajo en minería. 2025. (2)

Mesa con rampa de dos niveles es un prototipo de diseño innovador creado para facilitar el manejo de costales en el área de empaque. Este sistema permite deslizar los costales desde el punto de llenado hasta la zona de costura de forma eficiente, eliminando la necesidad de cargarlos manualmente. El apoyo más bajo sirve para minimizar la altura del costal y evitar que el trabajador deba elevar los hombros a la hora de sostener la cosedora.



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA
Programa: Especialización en Ergonomía. Cohorte 2024.
Formato de Trabajo de Grado. Código: 7020-112.

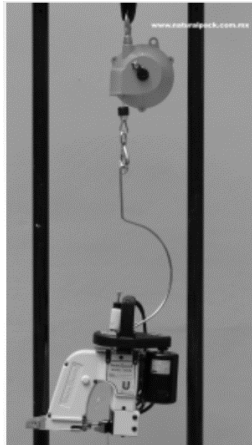


Imagen 3. Natural Pack. Yoyo para colgar máquina cosedora [Internet]. 2025 [citado 16 de enero de 2025].
Disponible en: <https://www.naturalpack.com.mx/Yoyo-Para-Colgar-Maquina-Cosedora-.96-43> (3)

El yoyo para colgar la máquina cosedora de costales es una solución práctica y ergonómica diseñada para reemplazar el balde con tapa que usan tradicionalmente en la mina para descargar la cosedora mientras no se usa. Este sistema suspendido permite ajustar la altura de la máquina de manera precisa, garantizando una posición cómoda y eficiente para el operario durante el proceso de costura. Además, al estar colgada, la máquina queda accesible pero fuera del área de trabajo directo, reduciendo el riesgo de accidentes y mejorando la movilidad en la estación. Fabricado con materiales resistentes, el yoyo asegura estabilidad, prolonga la vida útil del equipo y optimiza el flujo de trabajo en el área de empaque.



Imagen 4. SERINTU SA Cosedoras y cabezales para sacos [Internet]. 2025 [citado 16 de enero de 2025].
Disponible en: <https://www.serintu.com/cosedoras-y-cabezales-para-sacos/> (4)

La máquina cosedora de costales ergonómica y liviana está diseñada para optimizar la operación de costura, reduciendo el esfuerzo físico y mejorando la comodidad del trabajador. Con un diseño compacto y un peso significativamente menor al de las máquinas tradicionales, este equipo permite un manejo más ágil y menos extenuante. Además, cuenta con un mango ergonómico y vibraciones reducidas, lo que minimiza la fatiga durante largas jornadas de trabajo. Fabricada con materiales duraderos y de alta calidad, esta máquina no solo mejora la productividad, sino que también protege la salud del trabajador al reducir el impacto físico asociado al proceso de costura de costales.



Imagen 5. Disset Odiseo. Mesa elevadora para muelle de carga e instalación en foso [Internet]. 2025 [citado 16 de enero de 2025]. Disponible en: <https://www.dissetodiseo.com/producto/mesa-elevadora-para-muelle-de-carga-y-instalacion-en-foso/> (5)

La mesa elevadora para muelle de carga es una herramienta ergonómica diseñada para facilitar el apilamiento de costales de 50 kilogramos, ajustando su altura de forma progresiva a medida que se conforma la estiba. Este sistema permite mantener una altura de trabajo óptima, reduciendo el esfuerzo físico del trabajador y eliminando la necesidad de levantamientos de estibas completas. Fabricada con un mecanismo hidráulico o eléctrico de alta resistencia, la mesa puede soportar cargas pesadas y ajustarse con precisión a las necesidades de la operación. Complementa perfectamente el uso del brazo mecánico para el traslado de costales, optimizando el flujo de trabajo y asegurando un proceso más eficiente y seguro. Una vez conformada la estiba, esta se encuentra lista para ser retirada de manera sencilla por el montacarga, maximizando la productividad en el área de carga y descarga.



Imagen 6. Grupo Felder. Mesa de trabajo FAT [Internet]. 2025 [citado 16 de enero de 2025]. Disponible en: <https://www.felder-group.com/es-ec/productos/equipamiento-para-el-taller-c1966/mesa-de-trabajo-fat-p142926> (6)

Mesa graduable con rodachinas, diseñada para colocar costales vacíos antes de su llenado con polvo de piedra caliza, facilitando el proceso y optimizando la ergonomía en la estación de trabajo.

Fuerzas de compresión lumbar

Para evaluar el impacto de las cargas manipuladas en la columna vertebral, se calculó la **fuerza de compresión lumbar**, lo que permitió estimar la carga diaria soportada por el trabajador. Este análisis es fundamental para identificar los riesgos asociados a esfuerzos repetitivos y cargas excesivas, los cuales pueden generar lesiones musculoesqueléticas a largo plazo.

Los resultados obtenidos evidencian la necesidad de una intervención ergonómica con el objetivo de reducir la sobrecarga lumbar, mejorar las condiciones de trabajo y proteger la salud del trabajador, garantizando un entorno más seguro y eficiente. (10)



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA

Programa: Especialización en Ergonomía. Cohorte 2024.

Formato de Trabajo de Grado. Código: 7020-112.

1 8 0 3

A continuación, se describe la fuerza de compresión en la columna lumbar durante la tarea de movilización de los costales. En esta actividad, el trabajador debe cargar y trasladar aproximadamente más de 800 costales al día, desde la plataforma hasta la estiba. Para realizar esta tarea, el trabajador debe flexionar la lumbar a un ángulo de 32°. Cada costa tiene un peso de 50 kilogramos. A continuación, se realizan los cálculos necesarios para identificar la carga aproximada que experimenta el trabajador.

Cálculos paso a paso.

Aplicando esto, si un sujeto hace una flexión aproximada de 32° en el tronco y desplaza un metro 800 costales de 50 kilogramos cada uno al día, ¿cuál sería la carga lumbar que experimentaría el sujeto?

Para calcular la carga lumbar que experimentaría un sujeto durante la tarea descrita, podemos usar un modelo biomecánico simplificado basado en:

1. **Fuerzas externas:** Peso del costal y su distancia al cuerpo.
2. **Ángulo de flexión:** Incrementa el momento de fuerza sobre la columna.
3. **Frecuencia de levantamiento:** Puede influir en la acumulación de carga.
 - **Peso del costal (P):** 50 kg ($50 \times 9.8 = 490$)
 - 9.8=fuerza de gravedad
 - **Distancia horizontal (d):** Aproximadamente 50 cm (estimación para la posición del centro de masa del costal respecto a la columna lumbar).
 - **Ángulo de flexión de tronco:** 32° (afecta el brazo de palanca).
 - **Número de costales:** 800 costales al día.

Calculamos momento de fuerza sobre la Columna lumbar

M=momento

$$M = F \cdot d \text{ -----} \rightarrow M = 490N \cdot 0.5m = 245Nm$$

Este es el momento generado por un solo costal. En un ángulo de flexión de 32°, la fuerza adicional sobre los músculos de la espalda incrementa

Carga lumbar ajustada (a)

El valor de **a** se estima en estudios biomecánicos y varía según el ángulo de flexión del tronco. Este factor es una forma de incluir el esfuerzo adicional que experimentan los músculos y la columna lumbar.

El peso total se multiplica por un factor relacionado con el ángulo de flexión (a) para considerar el esfuerzo adicional. Según modelos biomecánicos, para 32° está entre **1,5 y 2**. Usamos $a = 1.7$

$$M_{lumbar} = a * M$$

$$M_{lumbar} = 1.7 * 245 = 416,5Nm$$

Carga total diaria acumulada

$$\text{Carga total diaria} = M_{lumbar} * \text{costales}$$

$$\text{Carga total diaria} = 416,5Nm * 800 = 333,200Nm/día$$



Imagen 7. Trabajo. Exoesqueleto de protección para espalda HAPO [Internet]. 2025 [citado 16 de enero de 2025]. Disponible en: https://www.worok.com/es/exoesqueleto-de-proteccion-para-espaldas-hapo-hapo?srsltid=AfmBOoqIr_UhStyLHnHB4IQqb8qh7_jeckB4RIH44ErT4a3hbJSgqFQ- (7)

El exoesqueleto HAPO es una solución ergonómica diseñada para reducir la carga a nivel lumbar durante actividades físicas intensas, como el manejo y apilamiento de costales. Este dispositivo portátil proporciona soporte en la zona baja de la espalda, disminuyendo el esfuerzo muscular y ayudando a prevenir lesiones en los trabajadores. Aunque representa una alternativa viable en caso de no conseguir el brazo mecánico, no se plantea como la opción principal debido a la necesidad de adquirir múltiples unidades, considerando la cantidad de trabajadores en la mina. A pesar de esto, el HAPO puede ser una herramienta complementaria efectiva, mejorando la ergonomía y protegiendo la salud de los empleados en actividades que demandan carga física.

Análisis ergonómico posterior a las mejoras implementadas.

Como parte del estudio, se implementaron métodos observacionales y se realizó un simulacro para evaluar los cambios que podrían generarse con la incorporación de estas herramientas. Posteriormente, se reevaluaron las condiciones eliminando los posibles factores de riesgo identificados previamente. Los siguientes resultados, presentados en las tablas, evidencian una disminución importante en los riesgos ergonómicos y, en algunos casos, la eliminación de estos.

En las tabla 2 y 3 se presenta la disminución de los riesgos según el área y el método observacional aplicado. Tal como se mencionó anteriormente, los resultados muestran una reducción importante en los riesgos para los trabajadores del área y, en algunos casos, la eliminación de estos riesgos.

Tabla 2. Resumen reevaluaciones estación 1

Método	Número de posturas evaluadas	Actividad	Valor de riesgo	Nivel del Riesgo	Ver anexo
REBA	5	Empaque de costales	2	Bajo	Tabla 2
			2	Bajo	Tabla 4
			2	Bajo	Tabla 6
			2	Bajo	Tabla 8
			3	Bajo	Tabla 16



ERIN	1	Empaque de costales	10	Bajo	Tabla 10
ERIN	2	Coser costales	10	Bajo	Tabla 12
			10	Bajo	Tabla 14

Tabla 3. Resumen reevaluaciones estación 2

Método	Número de posturas evaluadas	Actividad	Valor de riesgo	Nivel del Riesgo	Ver anexo
ERIN	3	Empaque de costales	11	Bajo	Tabla 8
			11	Bajo	Tabla 10
			11	Bajo	Tabla 12
ERIN	3	Coser costales	14	Bajo	Tabla 2
			11	Bajo	Tabla 4
			11	Bajo	Tabla 6

Las tablas 2 y 3 se muestran los resultados de la reevaluación ergonómica de los trabajadores de la mina de piedra caliza luego de la implementación de las intervenciones propuestas. Para este análisis no se utilizó la ecuación de NIOSH, ya que con la incorporación del brazo mecánico se eliminó por completo el riesgo asociado a las tareas evaluadas. Los datos obtenidos mediante el Método ERIN y el Método REBA evidencian mejoras importantes en las condiciones laborales. Para información más detallada, (ver anexos).

Puntos Focales de Intervención en el Prototipo de Rediseño

El prototipo de rediseño está centrado en abordar los principales desafíos ergonómicos y operativos identificados en el área de trabajo. Los puntos focales de intervención incluyen:

1. **Optimización de la Manipulación de Carga:** Incorporación de sistemas como mesas elevadoras ajustables y rampas de dos niveles para reducir la necesidad de levantamiento manual de costales y facilitar el flujo de trabajo.



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA

Programa: Especialización en Ergonomía. Cohorte 2024.

Formato de Trabajo de Grado. Código: 7020-112.

1 8 0 3

2. **Implementación de Tecnología Asistida:** Uso de dispositivos como brazos mecánicos para el traslado de costales, que disminuyen significativamente el esfuerzo físico requerido por los trabajadores.
3. **Mejora en la Ergonomía de Equipos:** Rediseño de herramientas clave, como máquinas cosedoras ergonómicas y de menor peso, para minimizar la carga física y las vibraciones durante su uso prolongado.
4. **Soporte Corporal Alternativo:** Evaluación del uso de exoesqueletos HAPO como una medida complementaria para reducir la carga lumbar en actividades críticas, especialmente en ausencia de soluciones automatizadas.
5. **Seguridad y Eficiencia Operativa:** Implementación de sistemas y dispositivos que garanticen la estabilidad de las estibas y faciliten su manejo posterior mediante montacargas, mejorando la productividad y la seguridad en el área de trabajo.

Estas intervenciones buscan no solo mejorar las condiciones laborales, sino también aumentar la eficiencia en los procesos y preservar la salud y bienestar de los trabajadores.

La siguiente comparativa muestra las condiciones actuales de las estaciones de trabajo y la propuesta de rediseño basada en principios ergonómicos. La intervención busca mejorar la eficiencia operativa, reducir los riesgos ergonómicos y optimizar el flujo de trabajo.

A la izquierda, se observan las condiciones previas, mientras que a la derecha se presenta la solución implementada, destacando mejoras en disposición, organización y facilidad de uso. (Ver imágenes 8 a 15)

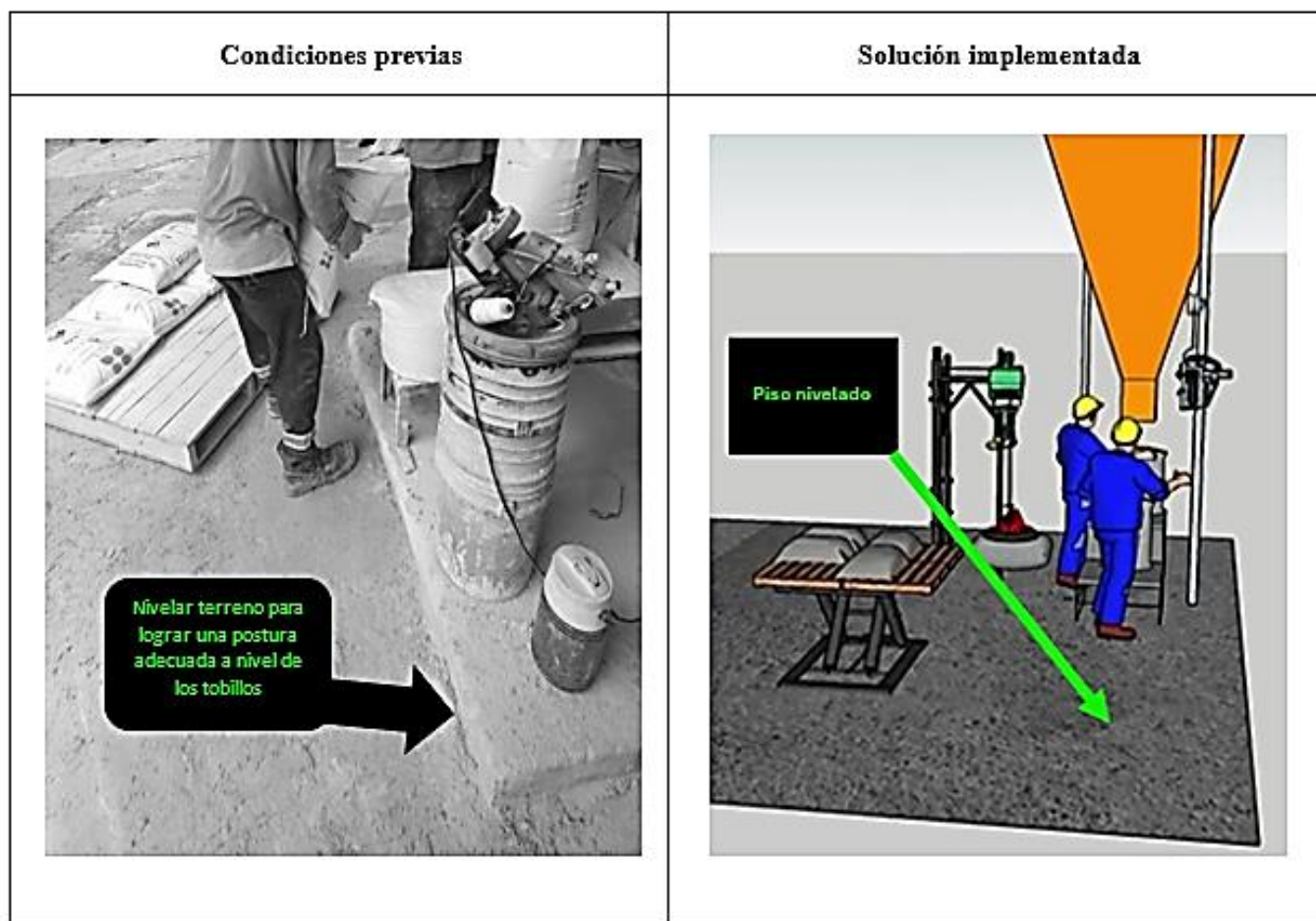


Imagen 8. **Quiceno Peña S, Palacio Torres V.** Foto tomada por Sergio Quiceno Peña y diseño realizado por Verónica Palacio Torres mediante el software SketchUp. [imagen]. 2025.

En la primera imagen se observa el área de empaque antes de la intervención, donde se evidencian varios factores de riesgo ergonómico. En la segunda imagen se presenta el área de trabajo tras la aplicación de mejoras ergonómicas (8)

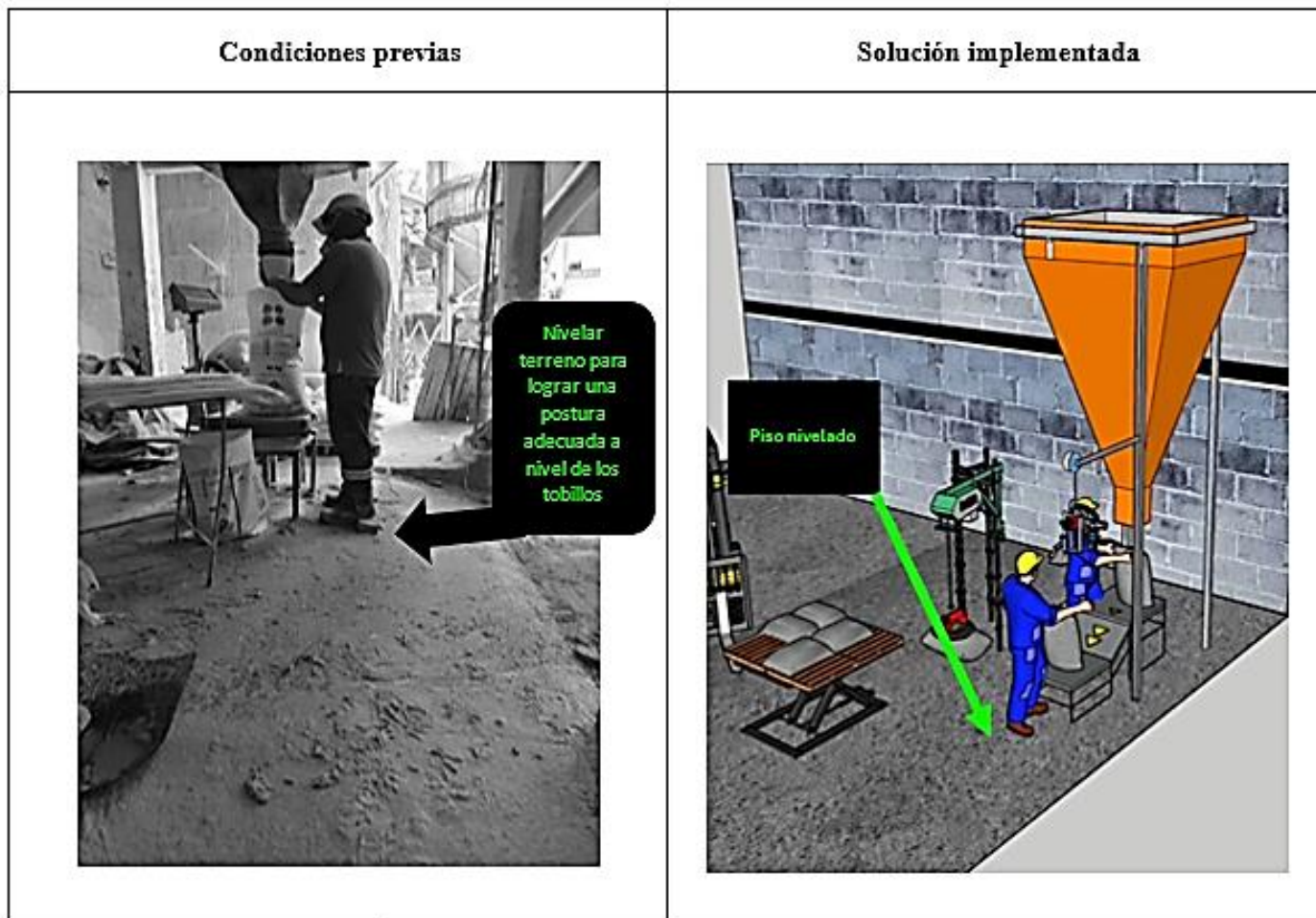


Imagen 9. **Quiceno Peña S, Palacio Torres V.** Foto tomada por Sergio Quiceno Peña y diseño realizado por Verónica Palacio Torres mediante el software SketchUp. [imagen]. 2025.

En la primera imagen se observa el área de empaque antes de la intervención, donde se evidencian varios factores de riesgo ergonómico. En la segunda imagen se presenta el área de trabajo tras la aplicación de mejoras ergonómicas (9)

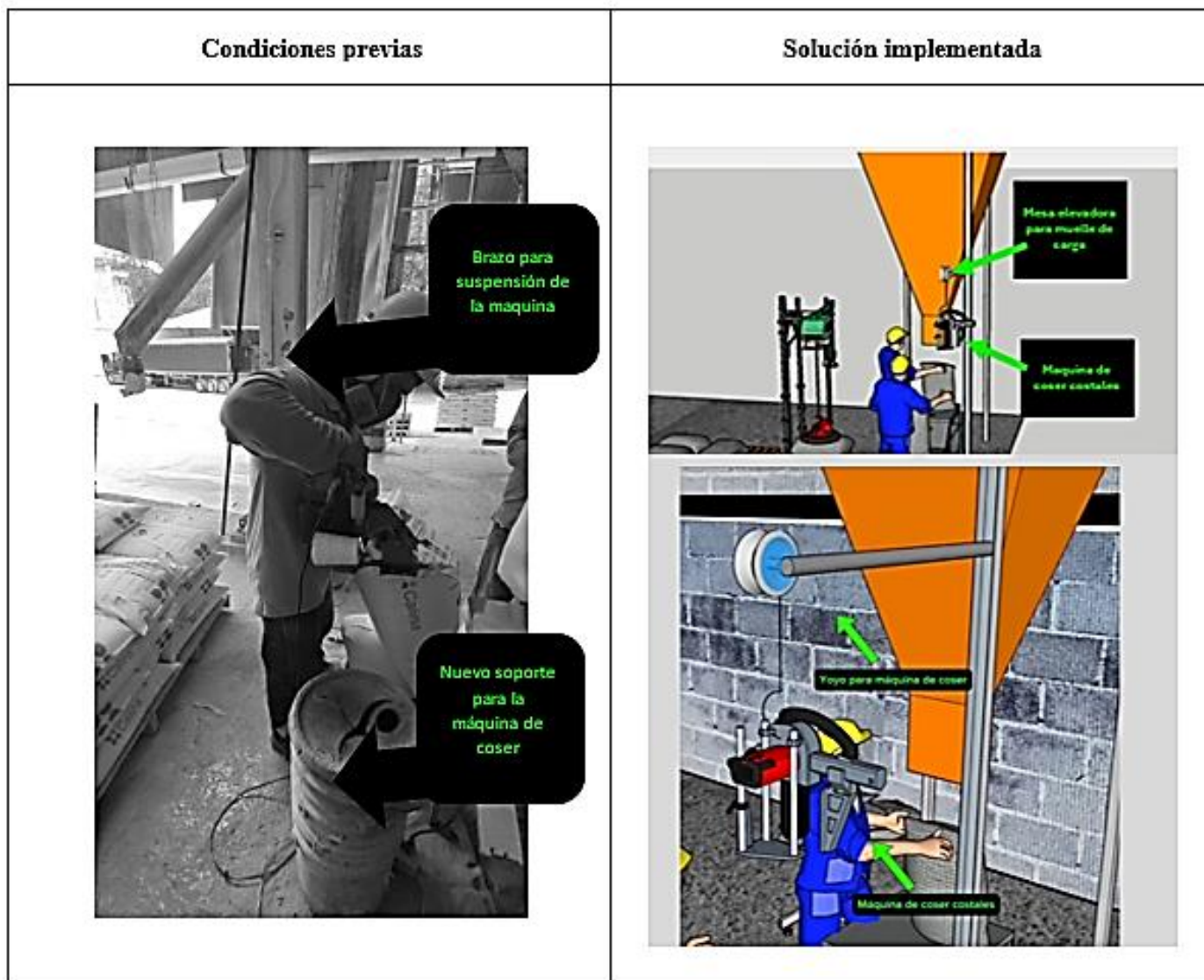


Imagen 10. **Quiceno Peña S, Palacio Torres V.** Foto tomada por Sergio Quiceno Peña y diseño realizado por Verónica Palacio Torres mediante el software SketchUp. [imagen]. 2025.

En la primera imagen se observa el área de empaque antes de la intervención, donde se evidencian varios factores de riesgo ergonómico. En la segunda imagen se presenta el área de trabajo tras la aplicación de mejoras ergonómicas (10)

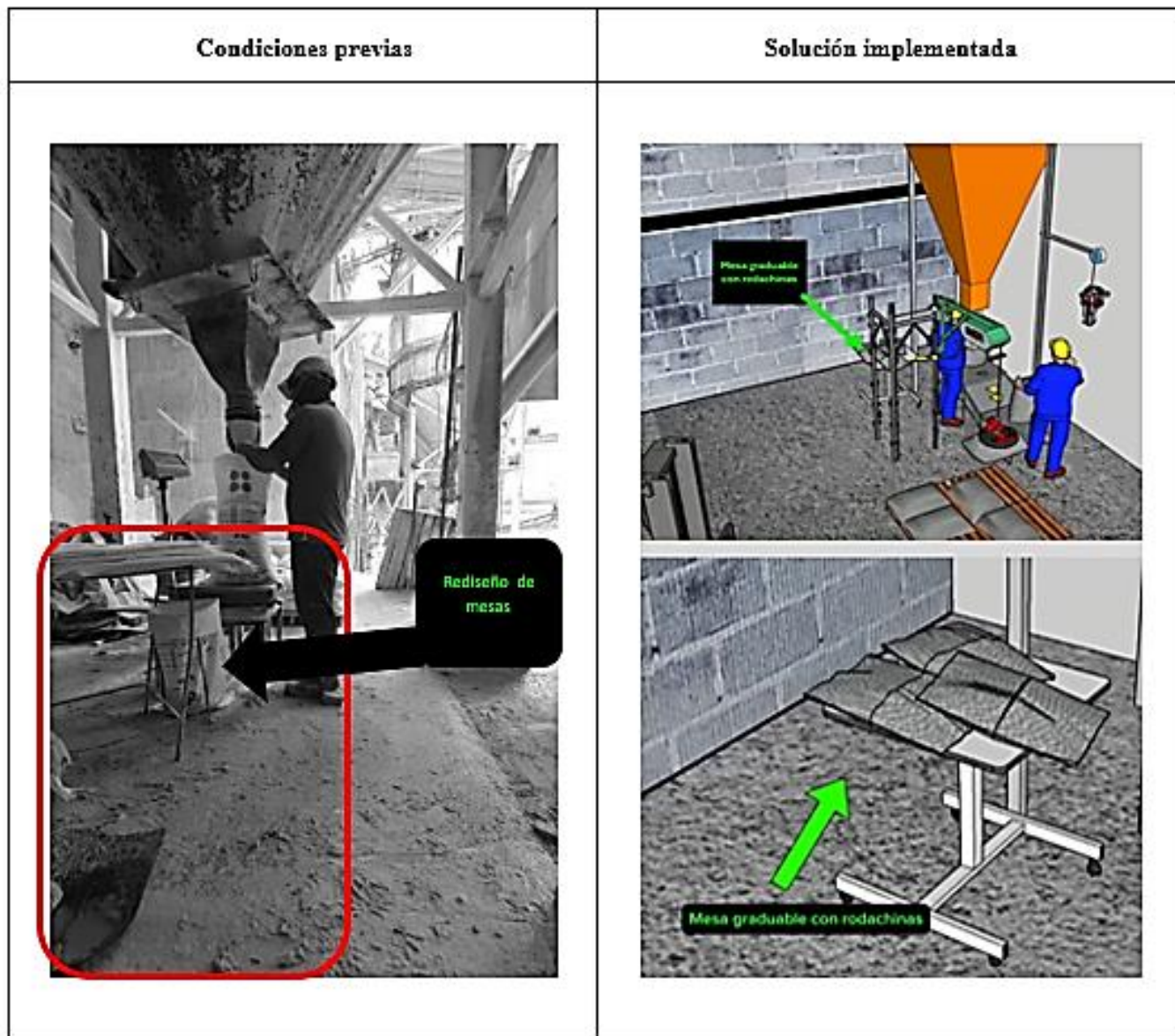


Imagen 11. **Quiceno Peña S, Palacio Torres V.** Foto tomada por Sergio Quiceno Peña y diseño realizado por Verónica Palacio Torres mediante el software SketchUp. [imagen]. 2025.

En la primera imagen se observa el área de empaque antes de la intervención, donde se evidencian varios factores de riesgo ergonómico. En la segunda imagen se presenta el área de trabajo tras la aplicación de mejoras ergonómicas (11)

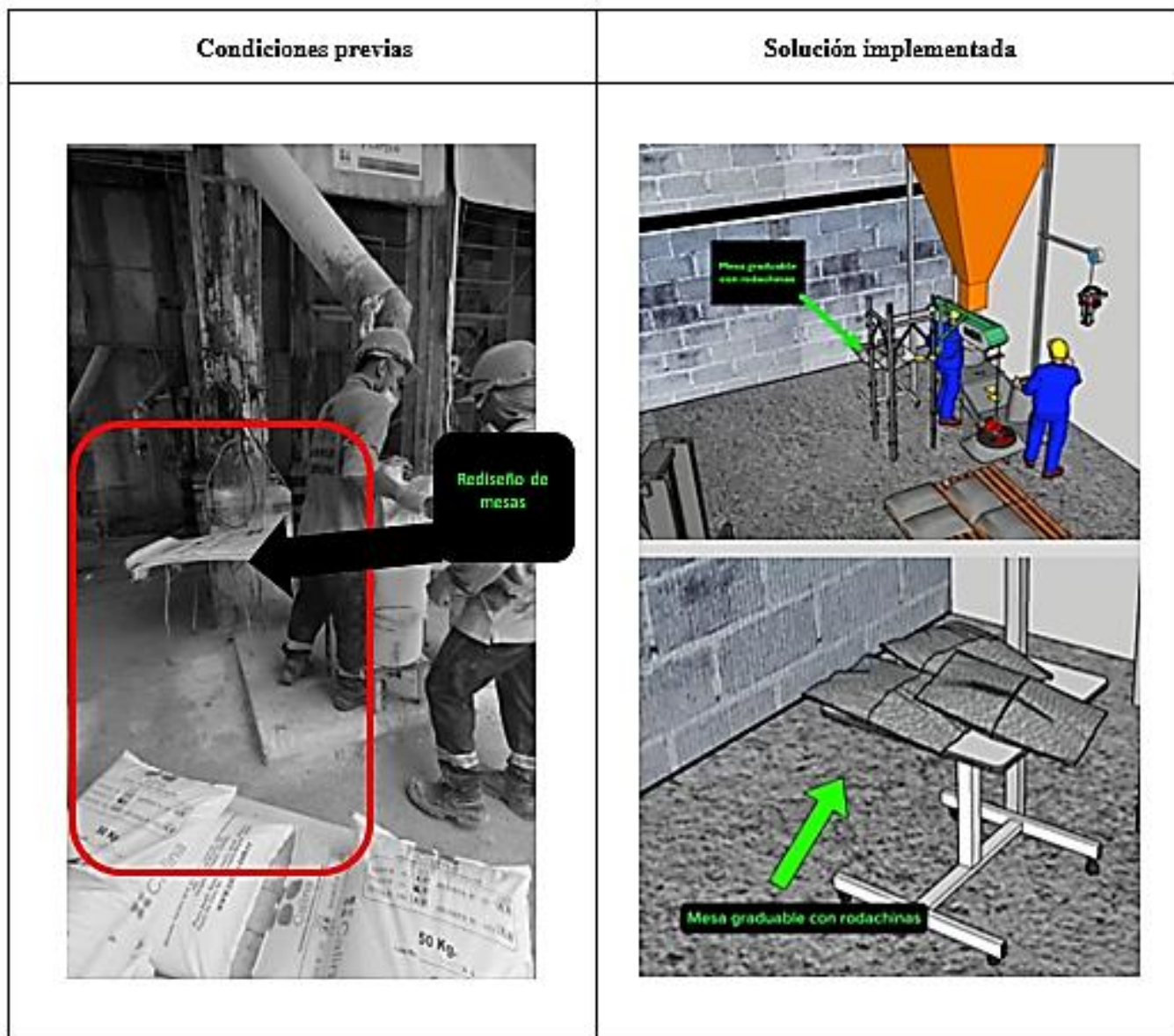


Imagen 12. **Quiceno Peña S, Palacio Torres V.** Foto tomada por Sergio Quiceno Peña y diseño realizado por Verónica Palacio Torres mediante el software SketchUp. [imagen]. 2025.

En la primera imagen se observa el área de empaque antes de la intervención, donde se evidencian varios factores de riesgo ergonómico. En la segunda imagen se presenta el área de trabajo tras la aplicación de mejoras ergonómicas (12)


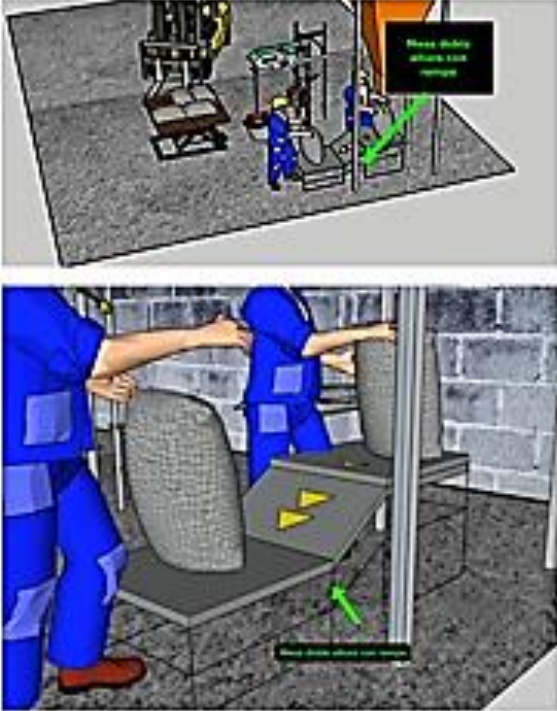
Condiciones previas	Solución implementada
	

Imagen 13. **Quiceno Peña S, Palacio Torres V.** Foto tomada por Sergio Quiceno Peña y diseño realizado por Verónica Palacio Torres mediante el software SketchUp. [imagen]. 2025.

En la primera imagen se observa el área de empaque antes de la intervención, donde se evidencian varios factores de riesgo ergonómico. En la segunda imagen se presenta el área de trabajo tras la aplicación de mejoras ergonómicas (13)


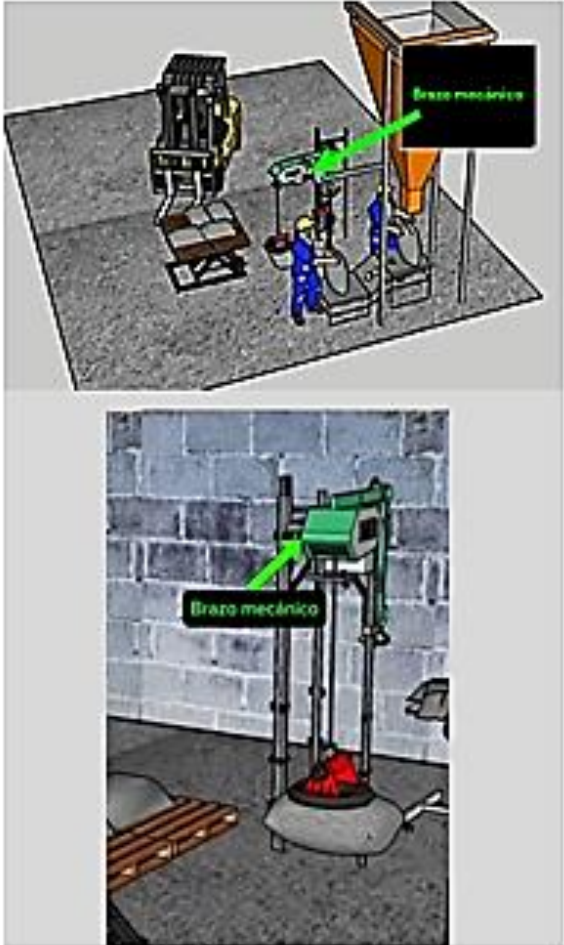
Condiciones previas	Solución implementada
	

Imagen 14. **Quiceno Peña S, Palacio Torres V.** Foto tomada por Sergio Quiceno Peña y diseño realizado por Verónica Palacio Torres mediante el software SketchUp. [imagen]. 2025.

En la primera imagen se observa el área de empaque antes de la intervención, donde se evidencian varios factores de riesgo ergonómico. En la segunda imagen se presenta el área de trabajo tras la aplicación de mejoras ergonómicas (14)

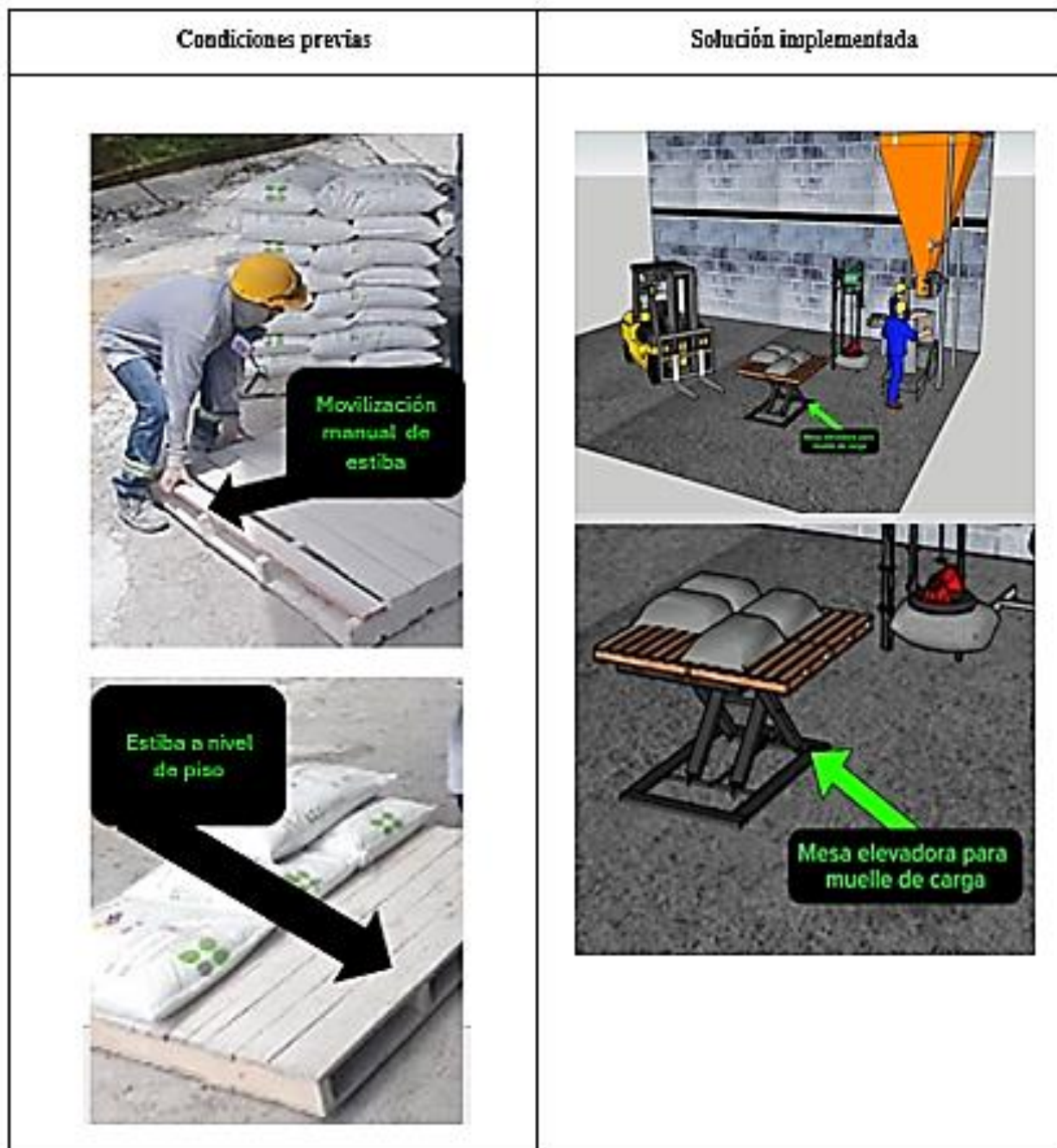


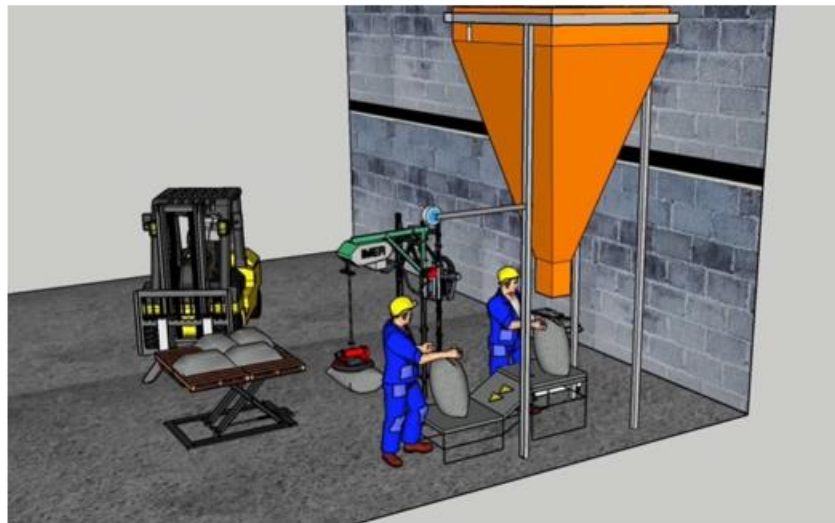
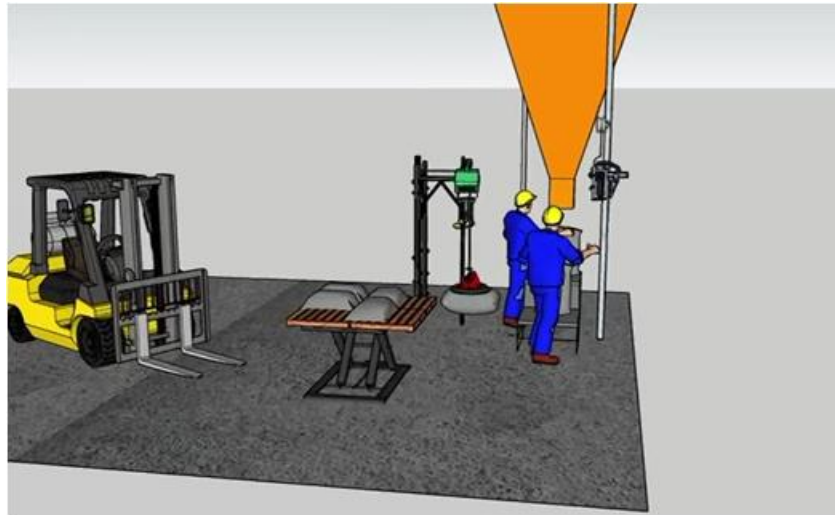
Imagen 15. **Quiceno Peña S, Palacio Torres V.** Foto tomada por Sergio Quiceno Peña y diseño realizado por Verónica Palacio Torres mediante el software SketchUp. [imagen]. 2025.

En la primera imagen se observa el área de empaque antes de la intervención, donde se evidencian varios factores de riesgo ergonómico. En la segunda imagen se presenta el área de trabajo tras la aplicación de mejoras ergonómicas

(15)



Prototipo de rediseño final.



Quiceno Peña S, Palacio Torres VM. Diseño total del área de trabajo en SketchUp. [imagen]. 2025.

Las últimas dos imágenes presentan el diseño completo del área de trabajo, desarrollado mediante el software SketchUp, con el propósito de visualizar y evaluar las mejoras ergonómicas implementadas en la mina de piedra caliza y dolomita.



6. DISCUSIÓN

La discusión se refiere al análisis e interpretación de los resultados. Las implicaciones que los resultados tienen, su impacto, así como su viabilidad de implementación y generalización. Puede contrastar sus resultados con otros estudios. Plantear las limitaciones del trabajo realizado. Entre otros aspectos.

Este estudio evaluó las condiciones ergonómicas en una mina de piedra caliza mediante la ecuación de NIOSH y los métodos ERIN y REBA. Inicialmente, se identificaron riesgos altos en tareas de levantamiento y posturas sostenidas. Las intervenciones, como el uso de un brazo mecánico y otras ayudas, tales como un yoyo para colgar una máquina cosedora, la nivelación del suelo, una mesa elevadora para el muelle de carga y un exoesqueleto para disminuir la carga lumbar, reducirían significativamente los riesgos ergonómicos. La reevaluación con los métodos ERIN y REBA mostró que los riesgos pasaron de altos y medios a bajos tras la implementación de estas intervenciones. La eliminación del riesgo asociado al levantamiento manual destaca la efectividad del brazo mecánico. Estos cambios mejorarían la seguridad y el bienestar laboral. Sin embargo, su aplicación y sostenibilidad dependen de la pronta implementación por parte de los directivos de la mina, el mantenimiento adecuado de las herramientas y tecnologías propuestas, y el monitoreo periódico. Este trabajo subraya la importancia de enfoques multidisciplinarios y de un seguimiento constante.

7. CONSIDERACIONES ÉTICAS

Consideraciones Éticas:

- **Consentimiento informado:** Los participantes serán completamente informados sobre los objetivos, procedimientos, riesgos y beneficios del estudio. La participación será voluntaria y podrán retirarse en cualquier momento sin repercusiones. El consentimiento será obtenido por escrito, asegurando que los trabajadores comprendan completamente la naturaleza de la investigación.
- **Confidencialidad:** Se garantizará la protección de los datos personales y de trabajo de los participantes, conforme a la Ley 1581 de 2012 en Colombia y la normativa internacional sobre protección de datos. Los resultados serán presentados de manera anónima para proteger la identidad de los trabajadores.
- **Seguridad y bienestar:** Se implementarán medidas para reducir los riesgos físicos y psicológicos asociados con la investigación, utilizando equipos y herramientas seguras, en cumplimiento con las normativas de salud ocupacional y las directrices de la OIT.
- **Autonomía y derechos laborales:** Los trabajadores participarán de manera libre y sin coacción, sin que esto afecte su relación laboral ni sus derechos. Además, podrán abstenerse de participar o abandonar el estudio en cualquier momento.
- **Beneficio social y rigor científico:** El estudio busca mejorar las condiciones de trabajo, reducir riesgos ergonómicos y contribuir al bienestar laboral. Los resultados serán reportados con honestidad y transparencia, y la investigación será evaluada por un comité ético independiente.



8. CONCLUSIONES

- La evaluación inicial mediante la ecuación de NIOSH y los métodos ERIN y REBA permitió identificar riesgos ergonómicos importantes asociados a tareas de levantamiento manual, posturas sostenidas y movimientos repetitivos en el área de empaque de polvo de piedra.
- Las estrategias de intervención, que incluyeron el uso de un brazo mecánico, un yoyo para colgar máquinas cosedoras, nivelación del suelo, una mesa elevadora, un exoesqueleto, entre otras, para la disminución de la carga lumbar, podrían ser efectivas para reducir los riesgos ergonómicos, llevando los niveles de riesgo de alto y medio a bajo.
- La implementación de un brazo mecánico eliminaría por completo el riesgo asociado al levantamiento manual de cargas, resaltando su efectividad en la mejora de las condiciones laborales.
- La sostenibilidad de las mejoras alcanzadas requiere un compromiso continuo de los directivos de la mina para garantizar el mantenimiento adecuado de las tecnologías implementadas y el monitoreo periódico de las condiciones ergonómicas.
- Este estudio destaca la importancia de emplear métodos multidisciplinarios y observacionales en el análisis ergonómico, así como el diseño de estrategias de intervención basadas en principios ergonómicos para garantizar un desempeño seguro y eficiente de los trabajadores.



9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización Mundial de la Salud (OMS). Casi 2 millones de personas mueren cada año por causas relacionadas con el trabajo [Internet]. [citado 8 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news/item/16-09-2021-who-ilo-almost-2-million-people-die-from-work-related-causes-each-year>
2. Sen A, Sanjog J, Karmakar S. A Comprehensive Review of Work-Related Musculoskeletal Disorders in the Mining Sector and Scope for Ergonomics Design Interventions. IISE Trans Occup Ergon Hum Factors. 2 de julio de 2020;8(3):113-31.
3. Ministerio de Minas y Energía. Transformación Minera [Internet]. [citado 8 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.minenergia.gov.co/es/misional/transformaci%C3%B3n-minera/>
4. Bridger RS. Introduction to Human Factors and Ergonomics, Fourth Edition [Internet]. 4th ed. Boca Ratón: CRC Press; 2017 [citado 10 de junio de 2024]. 770 p. Disponible en: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781351228442>
5. Kalkis H. Economic Analytical Methods for Work-related MSD Cost Prediction. Procedia Manuf. 2015;3:4181-8.
6. Ministerio del Trabajo. Se busca reducir accidentes y enfermedades laborales en el sector minero. [Internet]. [Citado 10 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.mintrabajo.gov.co/prensa/comunicados/2017/septiembre/se-busca-reducir-accidentes-y-enfermedades-laborales-en-el-sector-minero>
7. Estrada J. Ergonomía. Tercera edición. Medellín Antioquia: Universidad de Antioquia; 2011. 285 p.
8. Ergoyes. Comunidad Ergoyes [Internet]. [citado 12 de junio de 2024]. Disponible en: <https://ergoyes.com/#/method/details/category/1/method/4>
9. U.S. Centers for Disease, Control and Prevention (CDC). National Institute for Occupational Safety and Health. 2024 [citado 12 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/niosh/index.html>
10. Chamba León, NG. Trastornos musculoesqueléticos asociados a manejo manual de cargas y posturas forzadas en la columna lumbar - Revista Indexia [Internet]. 2021 (1). [Citado 16 de enero de 2025]. Disponible en: <https://revistaindexia.com/2021/04/08/trastornos-musculoesqueleticos-asociados-a-manejo-manual-de-cargas-y-posturas-forzadas-en-la-columna-lumbar/>

Bibliografía de imágenes

1. Dalmecc. Manipulador de bolsas [imagen]. 2025. Disponible en: <https://www.directindustry.es/prod/dalmecc/product-13956-1885890.html>
2. Palacio Torres V, Quiceno Peña S. Mesa de doble nivel con rampa [imagen]. 2025.
3. Paquete Natural. Yoyo para colgar máquina cosedora [Internet]. 2025 [citado 16 de enero de 2025]. Disponible en: <https://www.naturalpack.com.mx/Yoyo-Para-Colgar-Maquina-Cosedora-,96-43>
4. SERINTU SA Cosedoras y cabezales para sacos [Internet]. 2025 [citado 16 de enero de 2025]. Disponible en: <https://www.serintu.com/cosedoras-y-cabezales-para-sacos/>
5. Disset Odiseo. Mesa elevadora para muelle de carga e instalación en foso [Internet]. 2025 [citado 16 de enero de 2025]. Disponible en: <https://www.dissetodiseo.com/producto/mesa-elevadora-para-muelle-de-carga-y-instalacion-en-foso/>



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA

Programa: Especialización en Ergonomía. Cohorte 2024.

Formato de Trabajo de Grado. Código: 7020-112.

1 8 0 3

6. Grupo Felder. Mesa de trabajo FAT [Internet]. 2025 [citado 16 de enero de 2025]. Disponible en: <https://www.felder-group.com/es-ec/productos/equipamiento-para-el-taller-c1966/mesa-de-trabajo-fat-p142926>
7. Trabajo. Exoesqueleto de protección para espalda HAPO [Internet]. 2025 [citado 16 de enero de 2025]. Disponible en: <https://www.worok.com/es/exoesqueleto-de-proteccion-para-espalda-hapo-hapo>
8. Quiceno Peña S, Palacio Torres VM. Fotografía del área de trabajo tomada por Sergio Quiceno Peña y diseño realizado por Verónica María Palacio Torres mediante el software SketchUp. [imagen]. 2025.
9. Quiceno Peña S, Palacio Torres VM. Fotografía del área de trabajo tomada por Sergio Quiceno Peña y diseño realizado por Verónica María Palacio Torres mediante el software SketchUp. [imagen]. 2025.
10. Quiceno Peña S, Palacio Torres VM. Fotografía del área de trabajo tomada por Sergio Quiceno Peña y diseño realizado por Verónica María Palacio Torres mediante el software SketchUp. [imagen]. 2025.
11. Quiceno Peña S, Palacio Torres VM. Fotografía del área de trabajo tomada por Sergio Quiceno Peña y diseño realizado por Verónica María Palacio Torres mediante el software SketchUp. [imagen]. 2025.
12. Quiceno Peña S, Palacio Torres VM. Fotografía del área de trabajo tomada por Sergio Quiceno Peña y diseño realizado por Verónica María Palacio Torres mediante el software SketchUp. [imagen]. 2025.
13. Quiceno Peña S, Palacio Torres VM. Fotografía del área de trabajo tomada por Sergio Quiceno Peña y diseño realizado por Verónica María Palacio Torres mediante el software SketchUp. [imagen]. 2025.
14. Quiceno Peña S, Palacio Torres VM. Fotografía del área de trabajo tomada por Sergio Quiceno Peña y diseño realizado por Verónica María Palacio Torres mediante el software SketchUp. [imagen]. 2025.
15. Quiceno Peña S, Palacio Torres VM. Fotografía del área de trabajo tomada por Sergio Quiceno Peña y diseño realizado por Verónica María Palacio Torres mediante el software SketchUp. [imagen]. 2025.
16. Quiceno Peña S, Palacio Torres VM. Diseño total del área de trabajo en SketchUp. [imagen]. Año de creación.

10. ANEXOS

Se comparten anexos como material complementario, incluyendo un archivo PDF con los detalles de las evaluaciones realizadas y un video 3D que presenta el prototipo de diseño en SketchUp. Estos elementos proporcionan una visión detallada del proceso de análisis ergonómico y las mejoras implementadas en el área de trabajo.