

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE EMBALAJE ALTERNATIVO DE PALETS
PARA MEJORAR LA EFICIENCIA LOGÍSTICA Y LA SALUD OCUPACIONAL**

GONZALEZ GARZON VALENTINA

PEDRAZA PATARROYO LAURA VALENTINA

ROCHA TORRES MARIA FERNANDA

TUTOR

FIGUEROA HERNÁNDEZ DIANA PAOLA

UNIVERSIDAD EAN

INGENIERÍA INDUSTRIAL

BOGOTÁ D.C.

02 DE JUNIO, 2024

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	2
RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	5
OBJETIVOS	7
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	9
JUSTIFICACIÓN	13
ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS	16
MARCO DE REFERENCIAS	33
ANÁLISIS DE RESTRICCIONES	40
METODOLOGÍA	51
RESULTADOS (PROTOTIPO)	62
ANÁLISIS DE COSTOS	65
CONCLUSIONES	69
REFERENCIAS	71

TABLA DE GRAFICOS

Gráfico 1. ¿En qué trabaja?.	20
Gráfico 2. Rol en la empresa.	21
Gráfico 3. Rangos de edad.	21
Gráfico 4. Rango de peso.	22
Gráfico 5. Rango de estatura.	23
Gráfico 6. Frecuencia de uso de máquinas de vinipelado de palets.	23
Gráfico 7. Percepción sobre la altura de las máquinas manuales existentes en el mercado.	24
Gráfico 8. Percepción del peso de la máquina manual de vinipelado con relación a su dificultad para manejarla.	24
Gráfico 9. Recomendaciones para mejorar la ergonomía de las máquinas manuales para vinipelar palets.	25
Gráfico 10. Percepción sobre la productividad de las máquinas de vinipelar palets en relación con alternativas en el mercado.	25
Gráfico 11. Dificultad en el proceso de vinipelado que haya afectado la productividad.	26
Gráfico 12. Características más importantes para mejorar la productividad de las máquinas de vinipelado de palets.	27
Gráfico 13. Aspectos más importantes del diseño de las máquinas manuales para vinipelar palets.	27
Gráfico 14. Experiencias negativa relacionadas con el diseño las máquinas para vinipelado de palets.	28
Gráfico 15. Sugerencias de cambios o mejoras en el diseño de las máquinas de vinipelado de palets.	28
Gráfico 16. cargo de los trabajadores de áreas de producción industrial que estén directamente asociados en el proceso de embalaje	51
Gráfico 17. cargo de los trabajadores de áreas de producción industrial que estén directamente asociados en el proceso de embalaje	51
Gráfico 18. Principales motivos del porque utilizan el método de vinipelado manual	52
Gráfico 19. En qué medida se tienen en cuenta los principios de ergonomía en el proceso de vinipelado.	52
Gráfico 20. ¿Qué medidas ergonómicas se implementan en el proceso de vinipelado manual?	52
Gráfico 21. ¿Qué medidas ergonómicas se implementan en el proceso de paletizado?	53
Gráfico 22. ¿En el proceso de vinipelado experimentó problemas de salud?	53
Gráfico 23. Problemas de salud debido al proceso de vinipelado manual	53

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Tiempo estimado en el proceso de embalaje	58
Ilustración 2. Construcción del prototipo digital en 3D mediante herramienta Solid Edge	61
Ilustración 3. Diseño digital de máquina de vinipelado de palets.	62
Ilustración 4. Ensamble final del prototipo de forma digital.	63

TABLA DE TABLAS

Tabla 1. Limitaciones	49
Tabla 2. Materiales utilizados para la construcción de la máquina paletizadora manual	57
Tabla 3. Listado de precios de los materiales para la construcción de la estructura	65
Tabla 4. Costos de pintura	65
Tabla 5. Costos mano de obra	66
Tabla 6. Total de costos variables.	67
Tabla 7. Tabla de costos fijos	67

RESUMEN

Las medianas y grandes empresas del sector industrial se enfrentan a una problemática significativa en relación con las máquinas paletizadoras tradicionales, las cuales desempeñan un papel crucial en los procesos logísticos y de cadena de suministro. Estas máquinas, aunque son vitales para el embalaje, el despacho y la entrega de la carga, presentan desafíos considerables, como la ocupación de un espacio notable en las instalaciones, así como altos costos asociados con su adquisición, mantenimiento y traslado. Esta situación ha llevado a muchas empresas a recurrir a la paletización manual, realizada por operarios de planta, lo que a su vez genera preocupaciones en cuanto a la salud y seguridad laboral.

De acuerdo con la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2024), las actividades repetitivas manuales pueden ocasionar lesiones musculoesqueléticas, mientras que la falta de técnicas adecuadas y la exposición prolongada a posturas incómodas pueden impactar negativamente en la productividad y bienestar de los trabajadores. En este contexto, surge la necesidad de desarrollar una solución que no solo satisfaga las demandas logísticas de las empresas, sino que también proteja la salud y seguridad de los operarios.

El presente proyecto se concentra en el desarrollo de una solución innovadora para la paletización de medianos y grandes palets, con el objetivo de abordar de manera integral los desafíos antes mencionados. Dicha solución será desarrollada teniendo en cuenta aspectos fundamentales como la optimización del espacio, la reducción de costos operativos y la preservación de la salud ocupacional de los trabajadores.

ABSTRACT

Medium and large companies in the industrial sector face significant challenges regarding traditional palletizing machines, which play a crucial role in logistical and supply chain processes. These machines, although vital for packaging, dispatch, and cargo delivery, present considerable challenges such as occupying significant space within facilities, as well as high costs associated with their acquisition, maintenance, and transportation. This situation has led many companies to resort to manual palletization, carried out by plant operators, which in turn raises concerns regarding occupational health and safety.

According to the International Labour Organization (ILO, 2024), manual repetitive activities can cause musculoskeletal injuries, while the lack of proper techniques and prolonged exposure to uncomfortable postures can negatively impact workers' productivity and well-being. In this context, there is a need to develop a solution that not only meets the logistical demands of companies but also protects the health and safety of workers.

The present project focuses on developing an innovative solution for palletizing medium and large pallets, aiming to comprehensively address the challenges. This solution will be developed considering fundamental aspects such as space optimization, reduction of operational costs, and preservation of workers' occupational health.

INTRODUCCIÓN

Las empresas en el sector logístico se enfrentan constantemente a la necesidad de optimizar sus procesos para satisfacer la creciente demanda, y de esta forma, mantener su competitividad y presencia en el mercado. No obstante, el aumento en la producción y el deseo de cumplir con los tiempos de entrega establecidos, plantean grandes desafíos en la gestión de la cadena de suministro, específicamente en el proceso de distribución.

Uno de estos desafíos significativos en la cadena logística es la paletización de la mercancía, proceso que consiste en el almacenaje y transporte de mercancías como una sola unidad a partir de palets (Ractem, 2020). Generalmente, las medianas y grandes empresas utilizan máquinas paletizadoras para automatizar este proceso; estas máquinas tienen como objetivo ubicar las cajas, sacos o botellas sobre palets para facilitar el transporte y el movimiento de mercancía a gran volumen (Neobotikstg, 2021). Esta mercancía debe ser embalada, y uno de los procesos más comunes para lograr esto, es el de la paletización con vinipel. El vinipel es una película de plástico autoadhesiva y flexible para envolver objetos y protegerlos de factores externos. Sin embargo, estas máquinas paletizadoras de vinipel tradicionales tienen limitaciones como su gran tamaño, dificultad para ser trasladadas y el alto costo asociado a su adquisición y mantenimiento.

Ante estas limitaciones, algunas empresas, optan por la paletización de forma manual, hecha por operarios. Aun cuando, esta solución traiga consigo problemáticas como el riesgo de lesiones musculoesqueléticas para los operarios debido al volumen, peso y cantidad de los palets llenos de mercancía (ACHS, 2024), así como también, la dificultad para mantener un ritmo de cumplimiento eficiente y preciso.

Dicho esto, el presente proyecto busca encontrar una solución innovadora que tenga en cuenta tanto las metas logísticas y de cumplimiento de una empresa, como la salud ocupacional y seguridad del operario que debe cumplir con el proceso de paletización de forma manual. Esto con el objetivo de mejorar la productividad en la distribución de mercancías y al mismo tiempo velar por el bienestar de los trabajadores.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y crear un prototipo digital que represente una solución de embalaje alternativo de palets con vinipel. Este prototipo digital permitirá a las compañías medianas y grandes visualizar y evaluar la propuesta de manera interactiva. Se busca mejorar la productividad, eficacia y eficiencia en el cumplimiento de los tiempos de entrega de sus productos, al tiempo que se cuida la salud de los trabajadores al reducir los índices de accidentalidad y enfermedades laborales. Además, se pretende minimizar los costos asociados a la adquisición y mantenimiento de máquinas de embalaje tradicionales, las cuales suelen ser grandes y difíciles de trasladar.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Crear el diseño conceptual de una máquina o equipo de embalaje de vinipel económico, ergonómico y portátil que pueda ser utilizado en compañías medianas y grandes.
- Seleccionar y definir de forma virtual los materiales a utilizar para el prototipo digital, considerando su viabilidad económica, peso virtual y durabilidad en un entorno virtual.
- Elaborar un diseño virtual de la máquina de embalaje con vinipel, asegurando su viabilidad económica, ergonomía y portabilidad en un entorno digital.
- Simular el prototipo virtual de la máquina para embalaje de palets, mediante un video digital; con el fin de dar a conocer el diseño final y la funcionalidad del mismo.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo mejorar el proceso de embalaje manual de vinipel con un sistema de embalaje alternativo por medio de un prototipo digital que priorice la salud del operario manteniendo estándares de calidad y eficiencia?

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En el sector industrial los problemas logísticos que surgen en base a un incremento en la demanda de un producto y el aumento de la oferta de este repercuten en los procesos necesarios en la cadena de suministros, aumentando la producción, embalaje y distribución de dichos productos, se debe garantizar que en el transcurso del transporte de mercancía sea óptimo.

Las medianas y grandes empresas enfrentan una problemática específica relacionada con las máquinas paletizadoras tradicionales. Esta problemática se centra en tres aspectos principales: espacio, tiempo y traslado, y los impactos en la salud de los operarios debido a la paletización manual. A continuación, se describen los tres aspectos principales:

Limitaciones de Espacio

En la industria algunos lotes se vinipelan de forma diferente y las distintas máquinas que hay en el mercado solo tienen una forma de vinipelar, existen diferentes referencias de máquinas que facilitan la fase de vinipelado convencional, son eficientes para las operaciones logísticas ya que tardan aproximadamente 1 minuto en vinipelar un palet. Las máquinas paletizadoras especifican que su altura es de 2.51 metros y de ancho 2.4 metros (DRAFPACK, 2021). Es decir, ocupan bastante espacio y es difícil su traslado a diferentes áreas donde se requiera y sería necesario disponer de varias máquinas generando gastos para la empresa.

Por otro lado, también está la máquina envolvedora manual, esta no ocupa bastante espacio, pero no es eficiente ya que su proceso de paletización es considerablemente más lento en comparación con la paletizadora automática; si se considera únicamente el tiempo requerido para vinipelar un palet, la paletizadora convencional parece ser la mejor opción, seguida por el vinipelado manual y, por último, la máquina paletizadora manual.

Las máquinas paletizadoras convencionales ocupan un espacio considerable en las instalaciones industriales. Esta falta de flexibilidad en su diseño dificulta su adaptación a áreas específicas dentro de las instalaciones, lo que conlleva a problemas logísticos y de distribución dentro del entorno de producción. La necesidad de espacio adicional para operar estas máquinas limita la capacidad de las empresas para optimizar su disposición en la planta, afectando la eficiencia operativa y potencialmente reduciendo la productividad.

Tiempo y Traslado

Sin embargo, es crucial tener en cuenta que el proceso no se limita únicamente al vinipelado. El uso de las máquinas implica tiempos adicionales, como el traslado, elevación y descenso del palet desde la máquina, así como la recarga de vinipel y la preparación del palet para la paletizadora manual.

Su traslado entre diferentes áreas dentro de las instalaciones o incluso entre distintas ubicaciones de la empresa puede generar costos adicionales considerables. Esta falta de movilidad y la necesidad de adquirir múltiples unidades para cubrir diversas áreas operativas aumenta la carga financiera para las empresas, impactando negativamente en su rentabilidad y competitividad en el mercado.

De esta manera, el proceso de paletización manual se vuelve más eficiente en términos de tiempo, ya que reduce los tiempos totales al eliminar las demoras asociadas con las operaciones adicionales requeridas por las máquinas. Esto, a su vez, agiliza la producción y contribuye a generar ganancias para la empresa al recortar los tiempos y optimizar el proceso de paletización.

Impactos en la Salud de los Operarios

Al presentarse estos inconvenientes algunas industrias tomaron como solución que los operarios a piso paletizaran, esto afecta la salud del trabajador ya que un rollo de vinipel industrial es fabricado bajo especificaciones que cada empresa solicita, la mayoría excede el peso recomendado y según el manejo manual de cargas de ARL SURA, el peso recomendado es de 25 kg (ARL SURA, 2020). Al cargar por más de 2 minutos un peso el músculo se fatiga y puede repercutir en la salud del operario:

A la respuesta que se produce en el organismo la denominamos CARGA FÍSICA DE TRABAJO y depende de la capacidad física de cada persona. Por ello, aunque las demandas sean idénticas, la carga física derivada puede ser distinta en cada uno de nosotros, aspecto que debe tenerse muy presente al planificar la evaluación de riesgos.

(Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2015, p. 6)

Con el más reciente Informe de Siniestralidad Laboral, hecho por el Observatorio de Seguridad y Salud en el Trabajo del Consejo Colombiano de Seguridad, (CCS) en el primer trimestre de 2023 se observó un alarmante aumento del 22,4% de accidentes laborales en comparación con el mismo período del año anterior. En total, se registraron 136.299 casos, con una tasa trimestral de 1,17 accidentes por cada 100 trabajadores. Esto quiere decir que, se presentaron 1.514 casos por día. (Caicedo, 2023)

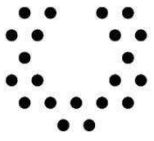
En respuesta a estas limitaciones, algunas industrias han recurrido a la paletización manual por parte de los operarios. Sin embargo, este enfoque conlleva riesgos para la salud de los trabajadores, como se dijo anteriormente los rollos de vinipel industrial, utilizados en el proceso, suelen exceder el peso recomendado.

El incumplimiento de los estándares de peso, combinado con la presión para cumplir con los volúmenes de producción, resulta en una carga de trabajo excesiva para los operarios, esto se traduce en retrasos en las entregas, pérdida de tiempo y problemas de salud a largo plazo para el personal encargado del embalaje y la carga de productos.

Por lo tanto, el problema central se enfoca en el deterioro de la salud de los operarios a piso debido al uso ineficiente de la maquinaria peletizadora convencional y la falta de alternativas efectivas.

Limitaciones y variables medibles

Limitaciones:



ean[®]
universidad

Acreditada
en Alta Calidad

Res. n.º. 29499 del Mineducación.
29/12/17 vigencia 28/12/21

- Espacio físico disponible para la instalación de nuevas máquinas paletizadoras convencionales.
- Presupuesto asignado para la adquisición y mantenimiento de equipos.
- Capacidades técnicas y operativas del personal encargado de operar las máquinas.
- Normativas de seguridad y salud laboral que deben cumplirse.

Variables medibles:

- Porcentaje de aumento en la productividad tras la implementación de soluciones alternativas.
- Índice de accidentes laborales relacionados con el manejo manual de cargas.
- Costos asociados a la inversión en nuevas máquinas paletizadoras versus los costos de mantenimiento y operación de las máquinas convencionales.



JUSTIFICACIÓN

La importancia de este estudio radica en la necesidad de abordar los desafíos que enfrentan las empresas en el sector logístico, especialmente en el proceso de paletización. Aquí, la eficiencia logística y la salud ocupacional de los trabajadores son aspectos críticos que influyen directamente en la productividad de sus operaciones. Una paletización eficiente no solo agiliza los tiempos de manipulación de la carga, sino que también reduce los errores en la gestión de inventarios y optimiza los recursos de almacenamiento. Esto se traduce en una ejecución más rápida y precisa de las tareas logísticas.

Por otro lado, la salud ocupacional de los trabajadores asegura una fuerza laboral capacitada y comprometida, lo que disminuye los tiempos de ausencia por enfermedad y mejora la moral del equipo. Teniendo en cuenta que, la prevención de accidentes laborales y enfermedades profesionales puede ayudar a mantener la eficiencia de los procesos y aumentar el bienestar en el trabajo (OIT, 2024). En definitiva, una paletización eficiente y una fuerza laboral saludable contribuyen significativamente a una mayor productividad y competitividad en el mercado.

Al desarrollar un prototipo de embalaje alternativo de palets con vinipel, se busca mejorar tanto la productividad como el bienestar de los trabajadores, lo que contribuirá a la competitividad y sostenibilidad de las empresas en un mercado cada vez más exigente, por medio de la optimización de la cadena de suministro, reduciendo costos y garantizando un equipo altamente calificado, motivado y seguro (LegisComex, 2024).

Los beneficios derivados de este proyecto son significativos tanto para las empresas como para los trabajadores. Por un lado, las empresas medianas y grandes podrán optimizar sus procesos logísticos y cumplir con los tiempos de entrega de manera más eficiente y económica, lo que se traducirá en una mejora en su competitividad y rentabilidad. Por otro

lado, los trabajadores se beneficiarán de un ambiente laboral más seguro y ergonómico, mejorando su calidad de vida en el trabajo.

Esta última parte, una de las más importantes a la hora de considerar el desarrollo de este proyecto de integración, pues los riesgos para los trabajadores frente a la manipulación manual de cargas, y en este caso la práctica de vinipelado siendo una actividad repetitiva, afecta de manera negativa su condición física, aumentando factores riesgo como esfuerzos físicos prolongados, ritmos de impuesto mayores y pocos periodos de reposo (Quironprevención, 2019).

Desde una perspectiva de conveniencia, este proyecto se hace esencial al considerar que el proceso de paletización tradicional enfrenta limitaciones significativas como el gran tamaño de sus máquinas, altos costos de adquisición y mantenimiento, y también por falta de flexibilidad. Definitivamente, la búsqueda de soluciones alternativas que equilibren la eficiencia y costos resulta ser una necesidad inmediata para mejorar la posibilidad de adaptar el proceso de paletizado a las características específicas de las cambiantes necesidades de producción (Brzosa O, 2023) en las medianas y grandes empresas de logística.

Por otra parte, la relevancia social de este proyecto de paletización tiene un gran enfoque en la salud ocupacional y la seguridad y salud de los operarios, un aspecto comúnmente subestimado en la fuerte búsqueda de eficiencia operativa, dado que, la fuerza del hábito hace minimizar el riesgo de seguridad existente, descuidando las actividades de riesgos bajos como la vinipelización (Safestart, 2024).

Con respecto a las implicaciones prácticas, el proyecto las define de la siguiente manera: brindar a las empresas medianas y grandes de logística un método que les permita mejorar la productividad en el alistamiento de mercancías, mientras que se protege la integridad física de los trabajadores y también se reducen costos asociados con accidentes y enfermedades relacionadas, que según la Organización Internacional del Trabajo, estos costos llegan a casi 3 billones de dólares anuales en las empresas a nivel mundial (Gutiérrez, A. 2023).

Desde el punto de vista teórico, el estudio busca enriquecer el cuerpo existente de conocimientos sobre la paletización y la ergonomía laboral, brindando un prototipo que pueda ser replicado en diferentes empresas de diferentes tamaños. Asimismo, la utilidad metodológica de la investigación tiene un enfoque innovador para proponer una solución de paletización que sea tanto eficiente en el proceso logístico como segura para los operarios.

Además, con la implementación de la solución planteada se espera una reducción en las lesiones laborales con la mejora en la ergonomía del proceso. Pues de los 6120 accidentes laborales en el sector logístico en Madrid, España en el año 2010, el 47% de ellos fueron debidos a sobre esfuerzos (Madrid.org. 2024). En segundo lugar, se anticipa una mejora en la productividad y eficiencia operativa, ya que el proceso de paletización se facilitará con un prototipo funcional e innovador.

Por último, las enfermedades profesionales tienen un gran impacto en la productividad, la competitividad y la reputación de las empresas (OIT, 2024). Por lo que, la implementación de esta solución no solo generará beneficios concretos en términos de seguridad, productividad y eficiencia, sino que también fortalecerá la posición de las empresas en el mercado, al mostrar su compromiso con la seguridad y salud de sus empleados.

ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

Para llevar a cabo el análisis de requerimientos fue necesario no sólo investigar la problemática, evaluar los requerimientos de mejora del proceso y posibles alternativas, sino que también, identificar el establecimiento de especificaciones de diseño, donde se evalúan los requerimientos técnicos y de funcionalidad (tamaño, peso, desplazamiento, mecanismos), económicos y ergonómicos, así como el alcance que tendría la solución planeada.

Con el fin de realizar este análisis, se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

1. Intención del producto

Al crear una máquina manual de vinipelado de palets, se busca mejorar la eficiencia en la logística y la salud ocupacional de los trabajadores que realizan esta actividad. Lo que se pretende al diseñar el modelado de esta máquina manual y realizar el prototipo digital de la misma, es mostrar una solución para la reducción de los riesgos ergonómicos asociados con el proceso de vinipelado manual de palets, como son la sobrecarga muscular y los trabajos repetitivos y con ello mejorar la seguridad y la salud de los trabajadores que realizan dicha actividad. Adicional a esto, se pretende simular cómo se podría aumentar la productividad y la eficiencia en la logística al reducir el tiempo que actualmente se toma llevar a cabo esta actividad. Además, se contempló que sea fácil de usar y de mantener, lo que contribuye a reducir los costos de mantenimiento y a mejorar la rentabilidad de la empresa.

Su función principal consiste en facilitar el proceso de vinipelado manual de palets. Para la creación del prototipo digital se contempló un equipamiento con un sistema de accionamiento manual que estaría diseñado para ser fácil de usar y mantener, el cual permitiría a los trabajadores aplicar el vinipel de manera segura y eficiente, reduciendo el riesgo de lesiones. Al reducir el tiempo necesario para el vinipelado manual, con la estructura del diseño de prototipo digital, se podrá apreciar cómo podría contribuir a reducir los costos de logística y a mejorar la rentabilidad y la competitividad en las empresas que realizan esta actividad.

Además, se pretende obtener beneficios adicionales, tales como ahorro de vinipel, mayor eficiencia en la manipulación de palets, mejora en el embalaje y los productos y por ende en la conservación de los mismos durante su transporte, así como el cumplimiento de la normatividad de seguridad y salud en el trabajo de Colombia.

Por ende, el diseño y planteamiento de este prototipo digital, busca ser una solución integral que beneficie tanto a los trabajadores, al reducir la carga física y prevenir lesiones, como a las empresas, al aumentar la productividad y la competitividad en el mercado.

Para la hacer la intención del producto, se contemplaron los siguientes pasos:

- Definir el propósito: el propósito principal para crear un diseño o alternativa de solución al proceso de vinipelado de palets existentes en el mercado, se fundamenta en prevenir las lesiones osteomusculares asociadas con el proceso de vinipelado manual de palets de los operadores que participan en esta actividad, a causa del riesgo ergonómico que implica realizar dicha tarea de forma manual y repetitiva, además de proporcionarle tanto a la compañía, como a los trabajadores una solución tanto factible, práctica, ergonómica, duradera y eficiente.
- Identificar el público objetivo: El público objetivo fueron básicamente, operadores que participan de forma permanente o regular en el proceso vinipelado de palets o han participado en algún momento de este proceso; así como personal HSEi.
- Investigación de mercado: Para esta etapa, se diseñó y aplicó una encuesta a 12 personas que trabajan o han trabajado en proceso de vinipelado de palets, dentro de los que se encuentran operadores, supervisores, gerentes de área de logística, entre otros. Esto con el fin de conocer aspectos relevantes enfocados principalmente al diseño, productividad y ergonomía (este último aspecto se complementa con la encuesta presente en la sección de metodología dentro de este proyecto).

La encuesta incluyó preguntas sobre la frecuencia de uso de las máquinas, la percepción sobre la altura y peso de las mismas, así como recomendaciones para mejorar la ergonomía, productividad y diseño de este tipo de máquinas.

Los resultados de esta encuesta proporcionaron información detallada sobre las necesidades y experiencias de los operadores y supervisores, permitiendo identificar áreas de mejora en las máquinas manuales para vinipelar palets.

El formato de encuesta que se utilizó fue el siguiente:

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScl6p5zF9sWkcSCtDlbPofOW6eQzDByNm8DQUQQxA6GYCIOsw/viewform?usp=sf_link

A continuación, se muestran los resultados que arrojó la encuesta. Para analizar los mismos, fue importante considerar los datos obtenidos y extraer conclusiones relevantes. Con base en dichos resultados, se puede analizar que:

¿En qué industria trabaja?

12 respuestas

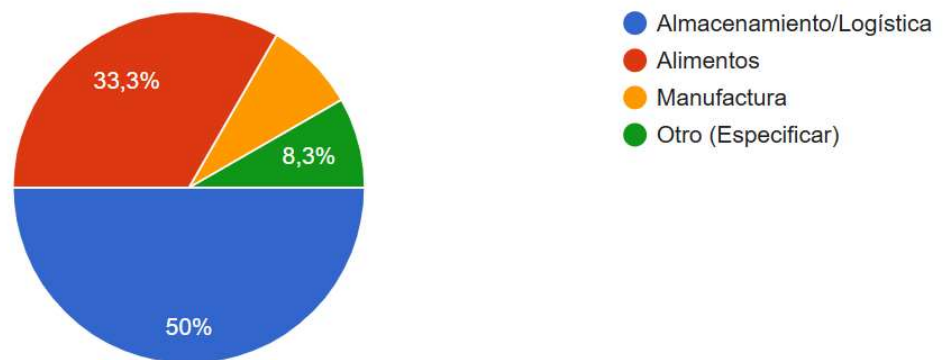


Gráfico 1. ¿En qué trabaja?

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados en la encuesta.

Análisis: la mayoría de los encuestados trabajan en el sector de almacenamiento/logística (50%), lo que indica que las máquinas manuales para vinipelar palets son utilizadas principalmente en entornos de almacenamiento y logística.

¿Cuál es su rol en la empresa?

12 respuestas

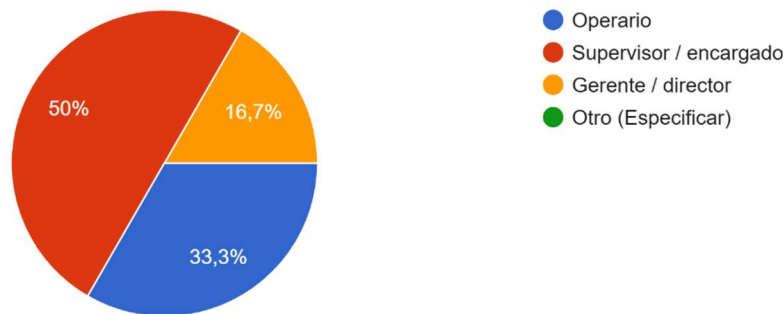


Gráfico 2. Rol en la empresa.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados en la encuesta.

Análisis: la mayoría de los encuestados son supervisores (50%), lo que sugiere que tienen un papel clave en la toma de decisiones sobre el uso y la adquisición de máquinas para vinipelar palets.

Si es operador, ¿Qué rango de edad tiene?, Si es supervisor y/o gerente, ¿Qué rango de edad tienen los colaboradores que realizan esta actividad en su empresa?

12 respuestas

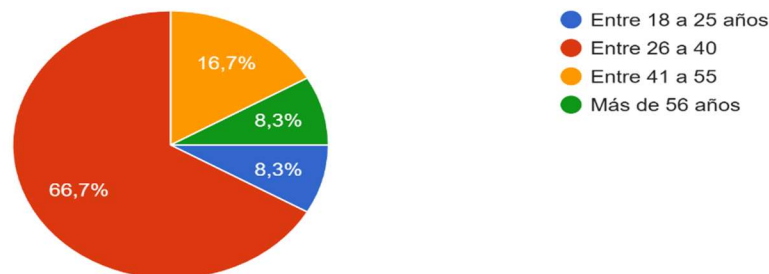


Gráfico 3. Rangos de edad.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados en la encuesta.

Análisis: El análisis de los resultados sobre la pregunta relacionada con la edad de los operadores revela información importante acerca del perfil demográfico de los trabajadores

involucrados en el proceso de vinipelado de palets. La mayoría de los operadores que participan en este proceso se encuentran en este rango de edad de 26 a 40 años. Este grupo etario es típico de trabajadores que están en una fase madura de su carrera laboral, con suficiente experiencia y fuerza física para realizar tareas manuales intensivas. La alta concentración de trabajadores en este rango de edad sugiere que las empresas deben enfocarse en medidas preventivas de salud ocupacional para este grupo, asegurando que los procesos de trabajo no conduzcan a problemas de salud a largo plazo. Para los trabajadores de mayor edad, especialmente aquellos entre 41 a 55 años y más de 56 años, es crucial implementar medidas ergonómicas y programas de bienestar que aborden sus necesidades específicas y reduzcan el riesgo de lesiones laborales. El prototipo digital creado, podría establecerse como una medida de prevención dentro de los programas de salud ocupacional de la empresa.

Si es operador, ¿En qué rango de peso se encuentra?. Si es supervisor y/o gerente, ¿En qué rango de peso se encuentran los colaboradores que realizan esta actividad en su empresa?

12 respuestas

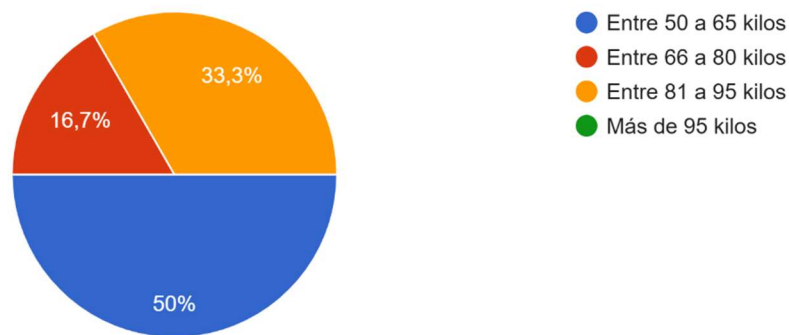


Gráfico 4. Rango de peso.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados en la encuesta.

Análisis: la mayoría de los encuestados tienen un peso entre 50 a 66 kilos (50%), lo que sugiere que las máquinas deben ser diseñadas teniendo en cuenta la antropometría promedio con relación al peso y altura de los usuarios para garantizar la comodidad y seguridad durante su uso.

Si es operador, ¿En qué rango de estatura se sitúa?, Si es supervisor y/o gerente, ¿En qué rango de estatura se encuentran los colaboradores que realizan esta actividad en su empresa?

12 respuestas

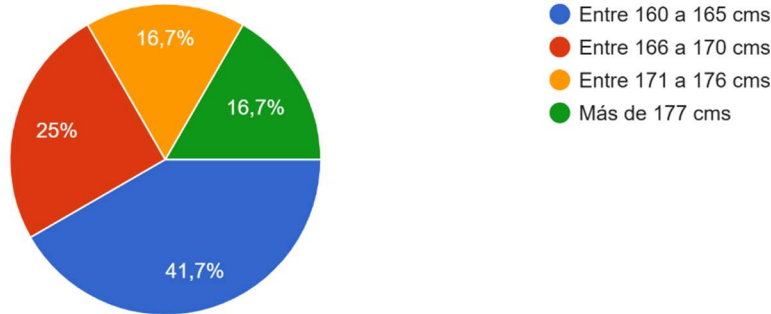


Gráfico 5. Rango de estatura.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados en la encuesta.

Análisis: la mayoría de los encuestados tienen una altura entre 160 a 165 cm (41.7%), lo que indica que las máquinas deben ser diseñadas considerando la estatura promedio de los usuarios para evitar problemas ergonómicos.

Si es operador y alguna vez ha utilizado máquinas manuales para vinipelar pallets ¿Con qué frecuencia la utiliza?, Si es supervisor y/o gerente...ncia desarrollan esta actividad sus colaboradores?

12 respuestas

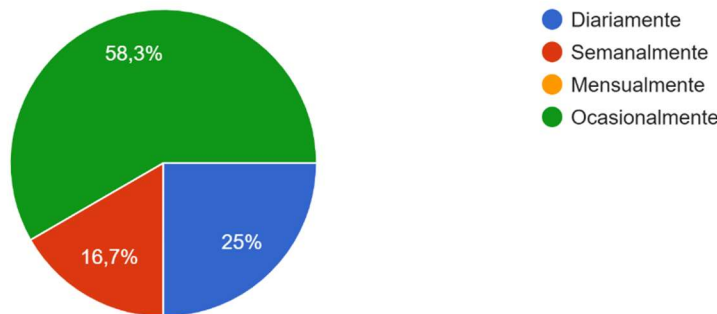


Gráfico 6. Frecuencia de uso de máquinas de vinipelado de palets.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados en la encuesta.

Análisis: la mayoría de los encuestados utilizan las máquinas de forma ocasional (58.3%), lo que sugiere que las máquinas deben ser fáciles de usar para usuarios que no las utilicen con frecuencia.

¿Considera que la altura de las máquinas manuales de vinipelar pallets que existen en el mercado son adecuadas para su uso?

12 respuestas

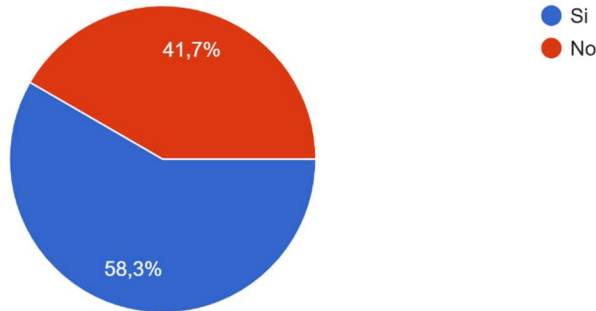


Gráfico 7. Percepción sobre la altura de las máquinas manuales existentes en el mercado.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados en la encuesta.

Análisis: la mayoría de los encuestados consideran que la altura y el peso de las máquinas son adecuados, pero una proporción significativa no comparte esta opinión, lo que sugiere que aún hay margen de mejora en estos aspectos.

¿Encuentra que el peso de la máquina manuales para vinipelar pallets dificulta su manejo?

12 respuestas

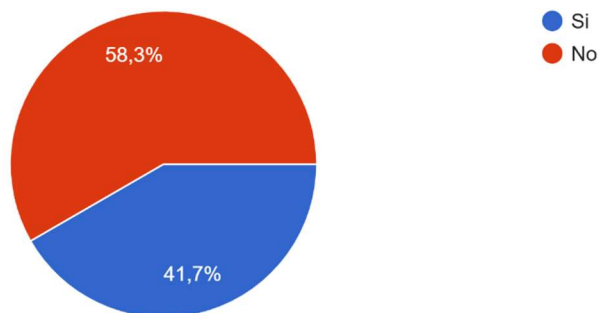


Gráfico 8. Percepción del peso de la máquina manual de vinipelado con relación a su dificultad para manejarla.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados en la encuesta.

Análisis: la mitad de los encuestados han experimentado dificultades en el proceso de vinipelado que han afectado su productividad, lo que resalta la importancia de mejorar la eficiencia de las máquinas para garantizar una mayor productividad.

¿Qué recomendaciones daría para mejorar la ergonomía de estas máquinas?

12 respuestas

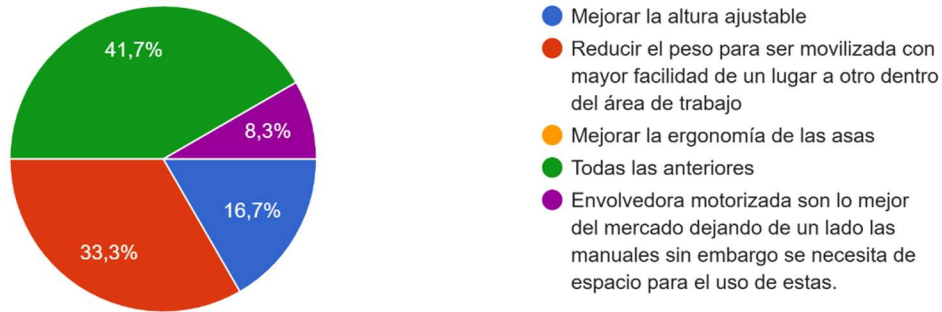


Gráfico 9. Recomendaciones para mejorar la ergonomía de las máquinas manuales para vinipelar palets.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados en la encuesta.

Análisis: Un tercio de los encuestados sugirió que la reducción del peso de las máquinas es una prioridad. Esta recomendación destaca la necesidad de hacer las máquinas más manejables y fáciles de mover dentro del área de trabajo. Máquinas más ligeras permitirían a los operarios reubicarlas con menos esfuerzo, reduciendo la fatiga y el riesgo de lesiones, así como el incrementando la productividad general y reduciendo el tiempo de inactividad por fatiga o lesiones. Esta mejora es particularmente importante en entornos donde la reconfiguración frecuente del espacio de trabajo es necesaria. Equipos más ligeros y ajustables no solo mejoran la ergonomía, sino que también pueden reducir los costos asociados al mantenimiento y reparación, prolongando la vida útil de las máquinas.

¿Cómo evalúa la productividad de las máquinas manuales para vinipelar pallets en comparación con otras alternativas existentes en el mercado?

12 respuestas

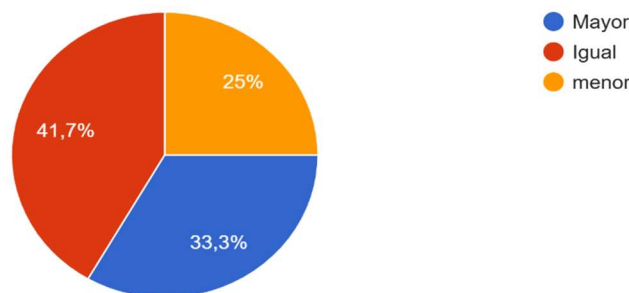


Gráfico 10. Percepción sobre la productividad de las máquinas de vinipelar palets en relación con alternativas en el mercado.

Análisis: El análisis de la evaluación de la productividad de las máquinas manuales para vinipelar palets en comparación con otras alternativas del mercado destaca la importancia de considerar el contexto operativo y las necesidades específicas de cada empresa. Las percepciones varían significativamente, lo que sugiere que no hay una solución única para todas las situaciones. Las empresas deben equilibrar la eficiencia operativa con los costos y la salud ocupacional para seleccionar la mejor opción para sus procesos de embalaje. Implementar mejoras ergonómicas y programas de capacitación, especialmente en aquellas compañías donde el proceso se lleva a cabo de forma totalmente manual, puede optimizar la productividad y contribuir al desarrollo sostenible del sector industrial.

¿Ha experimentado alguna dificultad en el proceso de vinipelado que haya afectado su productividad o el del área que lidera?

12 respuestas

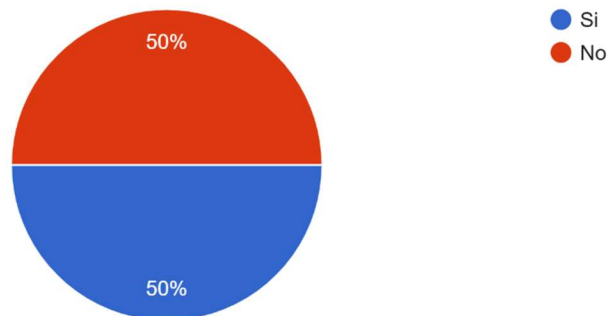


Gráfico 11. Dificultad en el proceso de vinipelado que haya afectado la productividad.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados en la encuesta.

Análisis: la mitad de los encuestados ha experimentado dificultades que afectan la productividad. Esto sugiere que existen problemas significativos y recurrentes en el proceso de vinipelado que impactan negativamente la eficiencia operativa. Las dificultades mencionadas podrían incluir desde problemas ergonómicos, fallos mecánicos, hasta interrupciones en el flujo de trabajo; sin embargo, la otra mitad de los encuestados no ha experimentado tales dificultades. Este grupo probablemente trabaja en entornos donde los procedimientos de vinipelado son más estandarizados, los equipos están en buenas condiciones y/o el personal está bien capacitado, lo que minimiza los problemas operativos.

¿Qué características considera más importantes para mejorar la productividad de estas máquinas?

12 respuestas

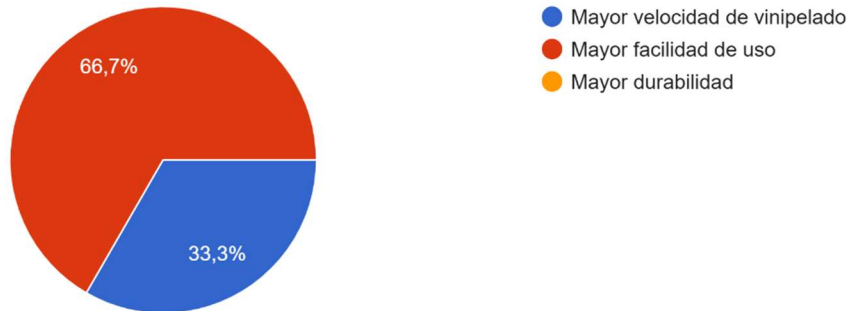


Gráfico 12. Características más importantes para mejorar la productividad de las máquinas de vinipelado de palets.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados en la encuesta.

Análisis: la mayoría de los encuestados consideran que la facilidad de uso y el transporte son aspectos importantes para mejorar la productividad y el diseño de las máquinas, lo que indica la importancia de diseñar máquinas que sean fáciles de manejar y transportar.

¿Qué aspectos del diseño de las máquinas manuales para vinipelar pallets considera más importantes?

12 respuestas

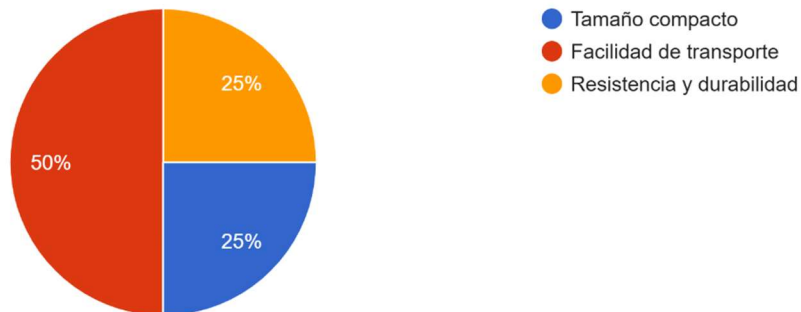


Gráfico 13. Aspectos más importantes del diseño de las máquinas manuales para vinipelar palets.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados en la encuesta.

Análisis: La mitad de los encuestados considera que la facilidad de transporte es el aspecto más importante en el diseño de las máquinas manuales para vinipelar palets. Este resultado destaca la necesidad de que las máquinas sean fáciles de mover dentro de las áreas de trabajo, lo que puede mejorar la flexibilidad operativa y reducir el tiempo y esfuerzo necesarios para trasladarlas de un lugar a otro.

¿Ha tenido alguna experiencia negativa relacionada con el diseño de estas máquinas?

12 respuestas

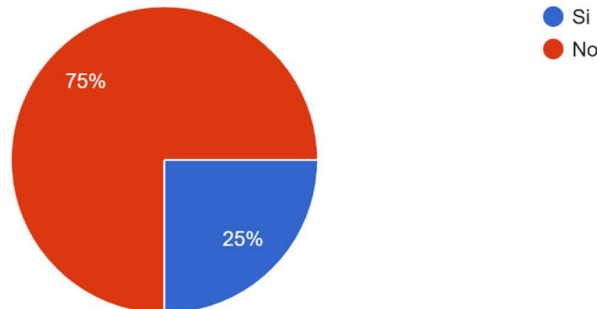


Gráfico 14. Experiencias negativas relacionadas con el diseño de las máquinas para vinipelado de palets.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados en la encuesta.

Análisis: una cuarta parte de los encuestados han tenido una experiencia negativa con el diseño de las máquinas, lo que sugiere que aún hay aspectos que deben ser mejorados para garantizar la satisfacción de los usuarios.

¿Qué cambios o mejoras sugeriría en el diseño de estas máquinas?

12 respuestas

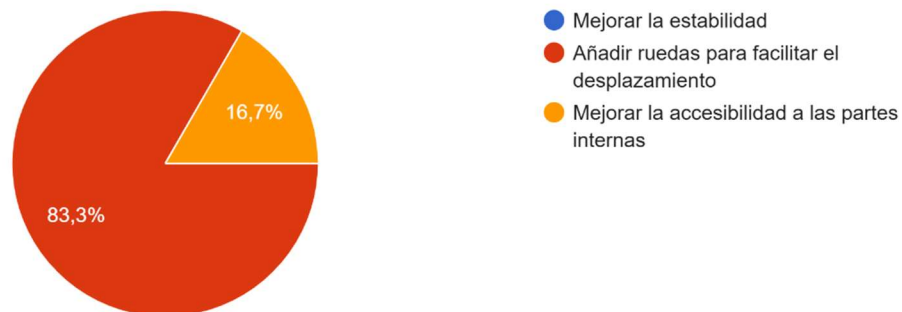


Gráfico 15. Sugerencias de cambios o mejoras en el diseño de las máquinas de vinipelado de palets.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados en la encuesta.

Análisis: la mayoría de los encuestados sugieren añadir ruedas para facilitar el transporte, lo que indica que este aspecto es crucial para mejorar el diseño de las máquinas y hacerlas más prácticas para su uso en entornos de almacenamiento y logística.

Lo que se puede concluir es que es de vital importancia mejorar la ergonomía, la eficiencia y la facilidad de uso de las máquinas manuales para vinipelar palets, así como, considerar las necesidades y preferencias de los usuarios para garantizar su satisfacción y productividad.

- **Desarrollo de conceptos:** Se estimó la realización de un diseño digital de una máquina manual de vinipelado de palets; la cual incluya aspectos de mejora, tanto en diseño, peso, palanca, desplazamiento, tamaño, ergonomía, durabilidad, factibilidad, eficiencia y costos. El prototipo digital se encuentra más adelante.
- **Prueba de concepto:** Se llevó a cabo una reunión inicial o conversaciones informales con trabajadores de diferentes compañías que trabajan o han trabajado en actividades que requieren vinipelado de palets, cuyo objetivo se basó en recopilar información sobre cómo llevan o han llevado a cabo este proceso en cada una de las compañías en las que laboran.

Estas reuniones iniciales permitieron compilar la información necesaria en relación con las observaciones y sugerencias que surgieron por parte de los dichos colaboradores, sobre los conceptos desarrollados. El objetivo de estas conversaciones fue centrarse en las variables mencionadas durante el desarrollo de conceptos, con el fin de refinar y validar sus ideas antes de iniciar la creación del prototipo a escala.

Las reuniones o conversaciones informales se llevaron a cabo a través de audio mensajes por WhatsApp. La grabación se encuentra como archivo adjunto.

- **Diseño y desarrollo:** Luego de haber realizado los puntos anteriormente mencionados y tener un concepto mucho más sólido y estructurado de lo que sería la creación del prototipo a escala de la máquina para vinipelar palets, se llevó a cabo el diseño utilizando para esto el software (Solid Edge)ii. Para la creación del diseño, se tuvo en cuenta los comentarios recibidos por parte del público objetivo, recopilados mediante las conversaciones informales, así como las encuestas aplicadas durante el proceso de investigación de mercados y la encuesta sobre ergonomía descrita en la metodología.

- Pruebas y ajustes: Se realizaron algunos ajustes durante el proceso de creación del prototipo digital, hasta obtener el prototipo final; esto con el fin de asegurar que este cumpliría, no sólo con los parámetros ergonómicos y económicos, sino también, de calidad y seguridad.
- Presentación del modelo o prototipo: en este punto, se realizó una presentación final del prototipo digital diseñado a las personas que participaron durante los conversatorios informales; esto con el fin de conocer posibles oportunidades de mejora que pueden ser identificadas durante estas sesiones.
- Evaluación de mejora: Una vez presentado el prototipo digital de la máquina manual de embalaje con vinipel, conforme a lo descrito en el punto anterior, se sostuvo otra sesión de conversatorios informales vía WhatsApp, donde las personas que participaron en la sesión inicial, evaluaron la solución planteada desde su experiencia y nos dieron sus apreciaciones permitiendo conocer un poco como sería recibida la solución creada en el mercado y posibles acciones de mejora que debamos tomar en cuenta.

Las grabaciones de la opinión de las personas que participaron en la presentación del prototipo se encuentran en el siguiente link.

2. Verificación de parámetros de diseño

El prototipo de la máquina manual de vinipelado de palets que se creó, se hizo de forma digital. Para la realización de este, se tuvo en cuenta las siguientes especificaciones:

- Ergonómicas y de seguridad: El prototipo fue diseñado conforme a los principios de ergonomía, así como a los requerimientos legales de seguridad y salud en el trabajo.

A continuación, se mencionan los principios de seguridad y ergonomía que se tuvieron en cuenta para el diseño del prototipo digital:

- **Altura ajustable:** en el prototipo virtual, la máquina permite ajustar la altura para adaptarse a diferentes usuarios y reducir la tensión en la espalda y los brazos.
- **Diseño ergonómico de las asas:** Las asas son ergonómicamente para facilitar un agarre cómodo y reducir la fatiga en las manos y los brazos.
- **Peso adecuado:** La máquina es liviana pero lo suficientemente resistente para realizar el trabajo de vinipelado de manera efectiva, evitando así la fatiga muscular.
- **Desplazamiento fácil y seguro:** La máquina está equipada con llantas ubicadas en la parte inferior para permitir un desplazamiento fácil y sin esfuerzo. Estas llantas cuentan con frenos que permiten mantenerla estable durante su uso y evitar movimientos no deseados.
- **Espacio de trabajo adecuado:** La máquina tiene un diseño compacto, el cual permitirá su uso en espacios reducidos sin comprometer la comodidad del usuario.
- **Visualización clara de la carga:** Es posible ver claramente la carga de palets durante el proceso de vinipelado para garantizar un trabajo seguro y eficiente.

Nota: las especificaciones de altura, peso, materiales, entre otros, se encuentran especificados en la ficha técnica.

- **Eficiencia:** Como se diseñó el prototipo, permite una reducción en los tiempos de embalaje, debido al sistema de movimiento durante su uso y una mayor eficiencia en la logística de este proceso, viéndose reflejado esto en un aumento de la productividad y una disminución de los costos.
- **Calidad:** El diseño del prototipo garantiza una calidad óptima en el proceso de vinipelado de palets, evitando daños y defectos en los productos.

Los indicadores que se contemplaron fueron los siguientes:

- **Tasa de éxito del vinipelado:** que se define como el porcentaje de palets que son vinipelado correctamente sin daños ni defectos.

$$\text{Tasa de éxito del vinipelado} = \left(\frac{\text{Número de palets vinipelados correctamente}}{\text{Número total de palets procesados}} \right) \times 100$$

- Número de palets vinipelado correctamente: Es el número de palets que han sido vinipelado sin daños ni defectos durante el mismo período / Número total de palets procesados: Se refiere al total de pallets que han sido sometidos al proceso de vinipelado durante un período determinado.
- Eficiencia del proceso: se define como el tiempo promedio necesario para completar el proceso de vinipelado por palet.

$$\text{Eficiencia del proceso} = \frac{\text{Tiempo total de vinipelado}}{\text{Número total de palets vinipelados}}$$

- Tiempo total de vinipelado: Es el tiempo total empleado en vinipelar todos los palets durante un período determinado / Número total de palets vinipelado: Es el número total de pallets que han sido vinipelado durante el mismo período.
- Facilidad de uso: El prototipo se diseñó para que fuera de fácil uso, por lo tanto, requerirá de un mínimo de capacitación física de los operadores.
- Innovación: El prototipo incorpora un diseño innovador en la parte superior, ya que esta se podrá doblar, permitiendo que el vinipel recubre la parte de arriba del producto. Las máquinas manuales de vinipelado de palets que existen actualmente en el mercado no cuentan con este sistema. Este diseño permitirá mejorar la eficiencia y la calidad del proceso.
- Economía: Con el prototipo digital se quiere mostrar que la solución de la máquina manual de vinipelado de palets que se plantea sería económicamente viable en dado caso que se quisiera implementar dentro de las compañías que realicen estas actividades. La tabla de simulación de costos en comparación con los precios de la competencia se encuentra más adelante.

Además de lo anteriormente expuesto, se contempló dentro de la verificación de parámetros de diseño para la realización del prototipo digital de una máquina de vinipelado manual de palets, las siguientes restricciones de tipo económico, técnico, de tiempo, alcance y población objetivo, las cuales se detallan a continuación:

- Restricciones económicas: se estableció como presupuesto máximo para la creación del prototipo digital que el mismo no exceda el valor de \$1,500,000 Cop.
- Restricciones técnicas: Se contempló que el prototipo digital creado fuera una máquina manual, ya que estas no requieren energía eléctrica o combustible. Además, de ser fácil de transportar y ergonómica.
- Verificación de restricción de tiempo: El prototipo digital, ya se encuentra creado y el mismo se puede apreciar como archivo anexo a este documento.
- Población objeto: se validó que el prototipo creado estuviese dirigido a pequeñas y medianas empresas que realicen la actividad de vinipelado manual de palets dentro de su proceso de logística, las cuales necesiten mejorar sus procesos de forma económica y eficiente. Esto a través de las encuestas y los conversatorios informales.

MARCO DE REFERENCIAS

El traslado de mercancía paletizada en las industrias es una práctica que se viene implementando en las compañías y que es objeto de estudio de las diferentes industrias que busca automatizar las operaciones logísticas, con mercancías que requieran un traslado adecuado y así respaldar la calidad del producto. Sin embargo, existen sectores de carga más delicada que buscan la forma adecuada de realizar el traslado hasta los diferentes puntos de distribución con el fin de mejorar el proceso protegiendo la mercancía ante afectaciones que pudieran llegar a sufrir reduciendo costos en este proceso.

La paletización es un proceso crucial dentro de la logística, ya que permite el almacenamiento y transporte eficiente de mercancías en grandes cantidades. Consiste en la disposición de productos sobre palets de manera ordenada y segura, facilitando su manipulación y transporte tanto en almacenes como en la cadena de suministro (Haug, 2019).

En base a una investigación previa de la afectación a la salud del operario a piso por la sobre carga de peso por el vinipel ocasionando una enfermedad laboral e incumpliendo, el peso legal de 25 kg según (ARL SURA, 2020), esto impulsa a un cambio de la forma tradicional de paletizar y el abandono del uso manual directo a un vinipel.

La OMS ha definido que: “Por TME se entienden los problemas de salud del aparato locomotor, es decir, de músculos, tendones, esqueleto óseo, cartílagos, ligamentos y nervios. Esto abarca todo tipo de dolencias, desde las molestias leves y pasajeras hasta las lesiones irreversibles e incapacitantes” (OMS, 2004)

Normas ISO:

- **DE 403-07 homologación de la norma ISO 11228 Manipulación manual de cargas:** levantamiento y transporte manual de carga
- **DE 404-07 homologación de la norma ISO 11228 Manipulación manual de cargas:** empujar y halar

- **DE 405-07 homologación de la norma ISO 11228 Manipulación manual de cargas:** manipulación de cargas livianas a alta frecuencia

Esta ISO 11228 establece límites recomendables para realizar diferentes tareas de carga manual y bajo estos lineamientos se considerará si es apto o no este proceso, la norma menciona indicaciones para ejecutar una buena tarea de manipulación manual bajo condiciones, capacidades y características de los trabajadores.

Normas ISO para embalaje:

- **ISO 18602:** Esta norma proporciona pautas para el diseño y desarrollo de embalajes que minimicen el impacto ambiental. Es importante asegurar que tus embalajes sean sostenibles y respetuosos con el medio ambiente.
- **ISO 3394:** Establece las dimensiones básicas de los contenedores de transporte de carga.
- **ISO 780:** Define términos relacionados con el embalaje y la distribución de mercancías.
- **ISO 12757:** Especifica los requisitos para la tinta utilizada en los marcadores permanentes para el marcado de embalajes.

Normas ISO para manipulación de cargas:

- **ISO 11228:** Esta serie de normas establece directrices ergonómicas para la manipulación manual de cargas para prevenir lesiones.
- **ISO 15534:** Define los requisitos ergonómicos para la manipulación de objetos de diferentes tamaños y formas.
- **ISO 20428:** Proporciona pautas para la manipulación de contenedores y paletas en sistemas de transporte.
- **ISO 11226:** Establece los principios ergonómicos para el diseño de lugares de trabajo en relación con la manipulación de cargas.
- **ISO 15537:** Ofrece directrices para la evaluación del riesgo de lesiones musculoesqueléticas relacionadas con la manipulación de cargas.

Normas Antropométricas y Ergonómicas:

ISO 7250: Medidas Básicas del Cuerpo Humano para Diseño Tecnológico

Esta norma proporciona medidas antropométricas básicas del cuerpo humano necesarias para el diseño de productos tecnológicos y espacios de trabajo. Las medidas incluyen altura, longitud de los miembros, y otras dimensiones críticas. (ISO, 1996)

- **ISO 7250-1:** Medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico - Parte 1: Definiciones y puntos de referencia de las medidas corporales: Especifica las definiciones y los puntos de referencia para las medidas corporales básicas utilizadas en el diseño tecnológico (ISO, 2017)
- **ISO 7250-2:** Medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico - Parte 2: Resúmenes estadísticos de medidas corporales de poblaciones ISO individuales: Proporciona resúmenes estadísticos de medidas corporales de poblaciones específicas según ISO, esenciales para el diseño ergonómico (ISO, 2010).
- **ISO 7250-3:** Medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico - Parte 3: Valores de diseño regionales y mundiales para su uso en estándares de productos: Ofrece valores de diseño globales y regionales para su uso en normas de productos, facilitando el diseño inclusivo. (ISO, 2015)
- **ISO/TR 7250-4:** Medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico - Parte 4: Evaluación de la serie ISO 7250 y otras normas de medición del cuerpo humano: "La norma ISO/TR 7250-4 evalúa la serie ISO 7250 y otras normas de medidas corporales humanas para asegurar la consistencia y relevancia en el diseño tecnológico" (ISO, 2010).
- **ISO 20685:** Metodologías de escaneo 3D para bases de datos antropométricas compatibles internacionalmente: La norma ISO 20685 describe las metodologías de escaneo 3D para bases de datos antropométricas compatibles a nivel internacional, mejorando la precisión y aplicabilidad de las medidas corporales (ISO, 2010).
- **ISO 15534-1:** Diseño ergonómico para la seguridad de la maquinaria - Parte 1: Principios para determinar las dimensiones requeridas para las aberturas para el acceso de todo el cuerpo a la maquinaria: "La norma ISO 15534-1 establece principios para determinar las dimensiones necesarias para accesos corporales completos en maquinaria, basándose en medidas antropométricas" (ISO, 2000).

Esta norma se debe cumplir a nivel nacional, así como la constitución política de Colombia.

Adaptación de Productos: Dimensiones del Cuerpo Humano

- **Altura de la superficie de trabajo:** La altura de la superficie de trabajo debe ajustarse para permitir una postura ergonómicamente correcta y cómoda para los operarios. (Pheasant & Haslegrave, 2006).
- **Alcance de los Brazos:** Los controles y herramientas deben estar ubicados dentro del alcance de los brazos del operario para minimizar la fatiga y aumentar la eficiencia (Kroemer & Grandjean, 2009).
- **Espacio para las Piernas:** Es crucial proporcionar suficiente espacio para las piernas bajo la superficie de trabajo para permitir movimientos cómodos y prevenir posturas forzadas. (Dul & Weerdmeester, 2008).
- **Anchura de los Hombros:** La anchura de los hombros de los operarios debe considerarse al diseñar los espacios de trabajo y los pasillos para garantizar un acceso cómodo y seguro. (International Labour Organization, 2009).
- **Profundidad del asiento:** La profundidad del asiento debe permitir un apoyo adecuado para los muslos del operario sin ejercer presión sobre la parte posterior de las rodillas. (Kumar, 2005).
- **Altura del respaldo:** El respaldo de la silla debe proporcionar soporte para la curva natural de la columna vertebral y permitir un ángulo cómodo entre el torso y los muslos. (National Research Council, 2001).
- **Ángulo de Inclinación del Asiento:** El ángulo de inclinación del asiento debe ajustarse para promover una postura neutra de la pelvis y reducir la presión sobre la parte baja de la espalda. (Kumar, 2005).

Normas de ingeniería:

Las normas de ingeniería elaboran procesos y especificaciones técnicas con el fin de brindar calidad, seguridad, eficiencia y compatibilidad de los productos, procesos y sistemas desarrollados por ingenieros. La Sociedad Internacional de Automatización (ISA), establece estándares y normas para la industria de la automatización, lo que ayuda a garantizar la calidad, la seguridad y la compatibilidad de los sistemas y equipos automatizados.

- **ISA-18.2:** Define la gestión de alarmas para sistemas de control de procesos. Proporciona pautas para el diseño, la operación y el mantenimiento de sistemas de

alarmas efectivos que ayuden a mantener la seguridad y la eficiencia en las operaciones industriales

- **ISA-84 (IEC 61511):** Conocida como la norma de seguridad de sistemas instrumentados de seguridad (SIS), proporciona pautas para el diseño, la operación y el mantenimiento de sistemas instrumentados de seguridad utilizados en procesos industriales para prevenir accidentes graves.
- **ISA-88:** Esta norma se centra en la definición y estandarización de modelos y terminología para sistemas de control de producción. Proporciona un marco para la implementación de sistemas de control de producción flexibles y escalables.

Normas OSHA:

La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) establece y hace cumplir estándares de seguridad y salud ocupacional para proteger a los trabajadores en el lugar de trabajo.

- **OSHA 1910.22:** establece requisitos generales para un entorno laboral seguro y saludable en todos los lugares de trabajo cubiertos por la legislación de seguridad y salud ocupacional. Es fundamental para la protección de los trabajadores y la prevención de lesiones y enfermedades ocupacionales.

Las normas ASTM, son especificaciones técnicas para el diseño, producción y evaluación de productos, su adopción ayuda a facilitar el comercio internacional. ASTM D4169 El propósito principal de esta norma es proporcionar procedimientos para evaluar la resistencia y la capacidad de protección del envase durante el transporte, incluida la manipulación, la carga y el almacenamiento.

Teorías:

- **Teoría de la ergonomía cognitiva:** se centra en cómo el diseño de tareas y sistemas puede adaptarse a las capacidades cognitivas y perceptivas de los trabajadores. Al aplicar principios de ergonomía cognitiva, se optimiza el proceso de embalaje para reducir la carga mental y mejorar la atención y la toma de decisiones de los operarios. (Wickens et al., 2015)

- **Teoría de la carga física y biomecánica:** Esta teoría examina cómo las demandas físicas del trabajo, como levantar, transportar y manipular objetos, afectan al cuerpo humano. Al comprender los principios biomecánicos, se diseñan estaciones de trabajo y herramientas de embalaje que minimicen el riesgo de lesiones musculoesqueléticas para los operarios.(McGill, 2007)
- **Teoría de la motivación laboral:** Esta teoría se enfoca en los factores que influyen en la motivación y el compromiso de los trabajadores en su labor. Al implementar estrategias para aumentar la motivación, como proporcionar retroalimentación positiva, oportunidades de desarrollo y participación en la toma de decisiones, mejorar el bienestar y el desempeño de los operarios en el proceso de embalaje. (Deci & Ryan, 2000)
- **Teoría del diseño centrado en el usuario:** Esta teoría sostiene que los sistemas y productos deben diseñarse teniendo en cuenta las necesidades, habilidades y preferencias de los usuarios finales. Al aplicar el diseño centrado en el usuario al proceso de embalaje, se crean soluciones que sean intuitivas, seguras y cómodas de usar para los operarios.(Norman, 2013)
- **Teoría del aprendizaje organizacional:** Esta teoría se centra en cómo las organizaciones pueden adquirir, compartir y utilizar conocimientos para mejorar su desempeño. Al fomentar un ambiente de aprendizaje continuo y la retroalimentación constructiva, se promueve la identificación y adopción de prácticas de embalaje más seguras y eficientes.(Senge, 2006)
- **Teoría de la calidad total:** Esta teoría postula que la calidad debe ser un objetivo central en todas las áreas de una organización. Al aplicar los principios de la calidad total al proceso de embalaje, se puede enfocar en la mejora continua, la prevención de defectos y la satisfacción del cliente, al tiempo que garantizan condiciones de trabajo seguras y saludables para los operarios.(Deming, 1986).
- **Teoría de la gestión del cambio:** Esta teoría explora cómo las organizaciones pueden gestionar y facilitar la transición hacia nuevos procesos, tecnologías o prácticas de trabajo. Al implementar cambios en el proceso de embalaje, es importante considerar cómo comunicar, entrenar y apoyar a los operarios durante el proceso de cambio para garantizar una transición exitosa y una adopción sostenible de las mejoras propuestas.(Kotter, 1996).

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

La creación e implementación de un prototipo digital de embalaje alternativo de pallets con vinipel, puede llegar a enfrentar diferentes restricciones técnicas, normativas, y sociales, tanto de índole ambiental, económica, legal de salud y seguridad. A continuación, se abarca cada una de ellas a detalle:

En primer lugar, desde el ámbito ambiental, la implementación de cualquier prototipo en el proceso de paletización debe tener en cuenta su impacto positivo o negativo en el medio ambiente si este se llegara a crear de forma física (se encuentra fuera del alcance de este proyecto). En el contexto descrito, el uso extensivo del vinipel puede llegar a generar preocupación en términos de sostenibilidad y gestión de residuos, pues el vinipel está compuesto de plástico y se estima que para el 2025 la suma de residuos de este tipo llegará a los 12.000 millones de toneladas (Aqueros Toro, 2020) y se estima que el proceso de descomposición del plástico tiene una duración aproximada de 400 años (ONU, 2018). Esto generaría un impacto ambiental negativo en el entorno natural, al basarse la solución en el uso del vinipel como material principal en el proceso de embalaje.

Desde la perspectiva económica, la implementación de este prototipo radica en los costos asociados. Si bien el diseño digital de la máquina manual de vinipelado, tiene implicaciones iniciales de tipo económico; estos son muy inferiores a los costos asociados a la adquisición de una máquina paletizadora industrial. Lo que se busca con este prototipo es observar el potencial de mejorar la eficiencia logística y la salud ocupacional de los trabajadores. Además, es importante tener en cuenta los costos relacionados al tiempo de operación del trabajador y el tiempo de capacitación para aprender a manejar el nuevo sistema de paletización (esto sólo aplicará para las compañías que estén interesadas en la implementación de la máquina manual de vinipelado, la cual está fuera del alcance de este proyecto). Por otro lado, existen restricciones legales que velan por la seguridad en el trabajo, en el embalaje de pallets, laborales, socioculturales y de salud en el trabajo.

A continuación, se mencionan dichas restricciones legales:

- Resolución 1409 de 2012, que establece los estándares mínimos de seguridad y salud en el trabajo.
- Decreto 1072 de 2015, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo. Tener presente la implementación de medidas ergonómicas para reducir el riesgo de lesiones musculoesqueléticas, de acuerdo con este decreto. El sistema de embalaje alternativo de pallets debe utilizar materiales no tóxicos y seguros para el embalaje que no representen un riesgo para la salud de las personas.
- Ley 1562 de 2012, por la cual se modifica el sistema de riesgos laborales - sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo (SG-SST) y se dictan otras disposiciones en materia de salud ocupacional.
- NTC ISO 9001, Norma técnica colombiana que regula los sistemas de gestión de la calidad. El sistema debe cumplir con los requisitos de la norma, que establece estándares para garantizar la calidad de los productos y servicios. Se deben implementar medidas para garantizar la calidad del embalaje de los palets y la satisfacción del cliente.
- Ley 99 de 1993, que establece normas para la protección del medio ambiente y la prevención de la contaminación.
- Decreto 1076 de 2015, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Se deben implementar medidas para reducir el impacto ambiental del embalaje de palets, como el uso de materiales sostenibles y la gestión adecuada de residuos.
- Ley 1480 de 2011 (Código de Consumo) y el Decreto 1074 de 2015 (Código de Comercio) establecen normas y reglamentos sobre embalaje y etiquetado de productos en Colombia. El sistema de embalaje alternativo de pallets debe cumplir con las normas vigentes para garantizar la seguridad y calidad de los productos.
- Decreto 1713 de 2002, "Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral

de Residuos Sólidos’’. Establecen las normas ambientales para la gestión de residuos y la promoción de la sostenibilidad en Colombia. El embalaje alternativo de pallets debe ser sostenible y respetuoso con el medio ambiente, cumpliendo con las normas vigentes.

- Ley 15 de 1991 (por la cual se autoriza una emisión especial de monedas de plata y oro con fines conmemorativos del quinto centenario del descubrimiento de América). y los acuerdos comerciales internacionales de Colombia establecen las normas de comercio exterior. El sistema de embalaje alternativo de pallets debe cumplir con las normas internacionales para garantizar la exportación de productos.
- Ley 100 de 1993 (Por la cual se crea el sistema de seguridad social integral y se dictan otras disposiciones) y el Decreto 1500 de 2007 (Por el cual se establece el reglamento técnico a través del cual se crea el Sistema Oficial de Inspección, Vigilancia y Control de la Carne, Productos Cárnicos Comestibles y Derivados Cárnicos Destinados para el Consumo Humano y los requisitos sanitarios y de inocuidad que se deben cumplir en su producción primaria, beneficio, desposte, desprese, procesamiento, almacenamiento, transporte, comercialización, expendio, importación o exportación), establecen las normas de seguridad alimentaria en Colombia. El embalaje de pallets debe cumplir con las normas de seguridad alimentaria para evitar contaminaciones y riesgos para la salud de los consumidores en dado caso que el producto a embalar fuese alimentario.
- Ley 1575 del 21 de agosto de 2012, que establece la Ley General de Bomberos de Colombia, y la Ley 1523 del 24 de abril del 2012, que adopta la política nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y establece el Sistema Nacional de Gestión, pueden ser relevantes para garantizar la seguridad de los trabajadores que operan la máquina.
- La Ley 1335 del 21 de julio del 2009, que previene daños a la salud de los menores de edad, la población no fumadora y establecer políticas públicas para la prevención del consumo del tabaco y el abandono de la, puede ser relevante para garantizar la sostenibilidad del proceso de producción.
- Normas de Diseño y Construcción: El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) establece normas de diseño y construcción para garantizar

la seguridad y calidad del producto. La máquina debería cumplir con estas normas para garantizar la seguridad y calidad del producto.

- ISO 3394 rige las dimensiones modulares de las cajas, pallets y plataformas paletizadas, y la Reglamentación 87 se aplica a los embalajes de madera en el transporte de mercancías.
- NTC 4702, 9 establece los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales se deben someter los embalajes y envases para transporte de mercancías peligrosas, especialmente en la Clase 9, que corresponde a las sustancias peligrosas varias.
- Régimen de Importaciones y Exportaciones, el cual está establecido por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, el cual abarca todo el procedimiento previo a las operaciones y los trámites aduaneros, incluyendo la negociación comercial de las importaciones y las exportaciones.
- Ley 1575 del 21 de agosto de 2012, que establece la Ley General de Bomberos de Colombia, y la Ley 1523 del 24 de abril del 2012, que adopta la política nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y establece el Sistema Nacional de Gestión, pueden ser relevantes para garantizar la seguridad de los trabajadores que operan la máquina.
- La Ley 1335 del 21 de julio del 2009, que previene daños a la salud de los menores de edad, la población no fumadora y establecer políticas públicas para la prevención del consumo del tabaco y el abandono de la, puede ser relevante para garantizar la sostenibilidad del proceso de producción.
- Normas de Diseño y Construcción: El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) establece normas de diseño y construcción para garantizar la seguridad y calidad del producto. La máquina debería cumplir con estas normas para garantizar la seguridad y calidad del producto.
- ISO 3394 rige las dimensiones modulares de las cajas, pallets y plataformas paletizadas, y la Reglamentación 87 se aplica a los embalajes de madera en el transporte de mercancías.

- NTC 4702, 9 establece los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales se deben someter los embalajes y envases para transporte de mercancías peligrosas, especialmente en la Clase 9, que corresponde a las sustancias peligrosas varias.
- Régimen de Importaciones y Exportaciones, el cual está establecido por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, el cual abarca todo el procedimiento previo a las operaciones y los trámites aduaneros, incluyendo la negociación comercial de las importaciones y las exportaciones.
- Guía de Importaciones, Exportaciones y Cambios de LegisComex proporciona información sobre las normas que regulan el comercio exterior en Colombia y cómo cumplir con las obligaciones en procesos de importación y exportación.
- Ley 7 de 1991 del Ministerio de Relaciones Exteriores, por la cual se establece los principios generales a los que debe sujetarse el Gobierno Nacional para regular el comercio exterior del país, incluyendo la libertad del comercio internacional y la regulación de las exportaciones e importaciones.
- Ley 1286 de 2009 establece la normativa para la protección de la salud de los trabajadores en Colombia.
- NTC 5001, que establece los requisitos de seguridad para la fabricación y operación de máquinas y equipos en Colombia. NTC 5001.1, que establece los requisitos de seguridad para la fabricación y operación de máquinas manuales de vinipelado de pallets.
- Registro Industrial: La Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) es el organismo responsable de la regulación y control del sector industrial en Colombia. La máquina debería ser registrada en la SIC para poder ser comercializada en Colombia.
- Guía de Importaciones, Exportaciones y Cambios de Legiscomex proporciona información sobre las normas que regulan el comercio exterior en Colombia y cómo cumplir con las obligaciones en procesos de importación y exportación.
- Ley 7 de 1991 del Ministerio de Relaciones Exteriores, por la cual se establece los principios generales a los que debe sujetarse el Gobierno Nacional para regular el

comercio exterior del país, incluyendo la libertad del comercio internacional y la regulación de las exportaciones e importaciones.

- La Ley 1286 de 2009 establece la normativa para la protección de la salud de los trabajadores en Colombia.
- NTC 5001, que establece los requisitos de seguridad para la fabricación y operación de máquinas y equipos en Colombia. NTC 5001.1, que establece los requisitos de seguridad para la fabricación y operación de máquinas manuales de vinipelado de pallets.
- Registro Industrial: La Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) es el organismo responsable de la regulación y control del sector industrial en Colombia. La máquina debería ser registrada en la SIC para poder ser comercializada en Colombia. Adicional a las restricciones legales, se tienen otras limitaciones importantes, las cuales se mencionan a continuación:

RESTRICCIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN	ADAPTACIÓN DEL PROTOTIPO DIGITAL
Ambiental	El uso extensivo del vinipel puede generar preocupación en términos de sostenibilidad y gestión de residuos, debido a su composición de plástico y su larga duración de descomposición.	El prototipo digital simulará el uso responsable del vinipel, mostrando una gestión adecuada de residuos y considerando materiales alternativos más sostenibles para su simulación de uso.
Económica	A pesar de tener costos iniciales menores que una máquina paletizadora industrial, se deben considerar los costos por fabricación, mantenimiento y adquisición de material principal para la actividad.	El prototipo digital mostrará un diseño que optimiza los costos de fabricación y mantenimiento, y que permita una eficiente utilización del material principal, asegurando una buena relación costo-

		efectividad en su simulación de uso.
Legal	Se deben cumplir con normativas relacionadas con la seguridad en el trabajo, el embalaje de pallets, la salud ocupacional, la protección del medio ambiente, la calidad de productos, entre otras.	El prototipo digital contempla el cumplimiento de la normatividad y estándares legales vigentes, mostrando en su diseño medidas de seguridad, calidad en el embalaje, etc.
Tiempo	El tiempo disponible para el diseño y realización del prototipo es limitado, lo que puede afectar la capacidad de involucrar a todas las partes interesadas y de realizar consultas y evaluaciones adecuadas.	El prototipo digital en creación será diseñado de manera eficiente en términos de tiempo, mostrando un proceso de diseño y simulación ágil y efectivo que permita la participación de todas las partes interesadas y una evaluación exhaustiva en el tiempo disponible.
Alcance	El alcance del proyecto puede estar limitado por factores como la disponibilidad de datos y la capacidad de involucrar a todas las partes interesadas, garantizando la funcionalidad y aplicabilidad del prototipo.	El prototipo digital está siendo diseñado para cumplir con los objetivos y requerimientos establecidos, garantizando que sea funcional en la simulación y aplicable a las necesidades de las partes interesadas, dentro

		de las limitaciones y alcance del proyecto.
Calidad de datos e información	La calidad de los datos e información utilizados en el proyecto puede ser limitada, afectando la fiabilidad de los resultados.	El prototipo digital está siendo diseñado para trabajar con datos e información de calidad recopilada de personas que trabajan o han trabajado en el área de logística de compañías donde realizan el proceso de vinipelado manual de pallets, asegurando la fiabilidad de los resultados obtenidos en la simulación y evaluación del prototipo.
Riesgos y desafíos	El proyecto puede enfrentar riesgos y desafíos, como la resistencia al cambio y la falta de compromiso de las partes interesadas, que pueden afectar su éxito	El prototipo digital está siendo diseñado para mitigar los riesgos y desafíos identificados, mostrando un diseño que considere la aceptación al cambio y el compromiso de las partes interesadas como parte integral del éxito del proyecto.

Diseño y construcción	Debe cumplir con normas de diseño y construcción para garantizar la seguridad y calidad del producto.	El prototipo digital debe ser diseñado de acuerdo con las normas de diseño y construcción establecidas, asegurando la seguridad y calidad del producto en su simulación de uso.
Población objetivo	Debe estar dirigido a pequeñas y medianas empresas que realicen la actividad de vinipelado manual de pallets dentro de su proceso de logística, las cuales necesiten mejorar sus procesos de forma económica y eficiente.	El prototipo digital está siendo diseñado considerando las necesidades y características de las pequeñas y medianas empresas, asegurando que sea una solución económica y eficiente para mejorar sus procesos de logística.
Técnicas	Debe ser manual, no requerir energía eléctrica o combustible, ser fácil de transportar y ergonómico.	El prototipo digital está siendo diseñado en su modelación como una solución manual, que no requiera energía eléctrica o combustible en su simulación de uso, mostrando un diseño que facilite su transporte y que sea ergonómico para los trabajadores.

<p>Gestión de residuos y sostenibilidad</p>	<p>Debe implementar medidas para reducir el impacto ambiental del embalaje de palets, como el uso de materiales sostenibles y la gestión adecuada de residuos.</p>	<p>El prototipo digital que se está creando, contempla dentro de su diseño que la máquina sea manual y no requiera el uso de recursos no renovables, por lo que esto hace que sea mucho más sostenible que otras soluciones presentes en el mercado actualmente.</p>
---	--	--

Tabla 1. Limitaciones

Fuente: *Elaboración propia.*

METODOLOGÍA

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSd0YEM8Kh68umNo_6tc2WGTEtohu8sEXH_IaG-Amt9W9ZAg9ug/viewform?usp=sf_link

Metodología de encuesta sobre el proceso de embalaje en compañías de producción.

El objetivo principal de esta encuesta es recopilar información para comprender las razones por las que las empresas prefieren el vinipelado manual o el uso de máquinas paletizadoras, además, se busca identificar los problemas de salud comunes, las percepciones del personal sobre las causas y posibles soluciones, así como sugerencias para mejorar las condiciones laborales. Se realizó la encuesta a una población de 33 personas que están directamente asociados a este proceso.

La encuesta está diseñada de manera que incluya preguntas abiertas y cerradas para obtener tanto información cuantitativa como cualitativa.

Se dividirá en secciones que abordan diferentes aspectos, como métodos que utilizan las empresas para el proceso de embalaje, ventajas y desventajas, impacto en la salud, percepciones sobre la maquinaria paletizadora, y sugerencias para mejorar la situación.

La población en la que se centró la encuesta es a trabajadores de áreas de producción industrial que estén directamente asociados con este proceso de embalaje, como operarios, montacarguistas, cargos de seguridad y salud en el trabajo, áreas de calidad, supervisores, entre otros, en este procedimiento de recolección de datos se explica el propósito de la encuesta y la confidencialidad de las respuestas para fomentar la sinceridad y la participación.

Se obtuvo que el 84.8% de la población encuestada en las empresas donde trabajan usan el proceso de vinipelado manual, y la mayor razón de que sea así es por los costos con un resultado de 63.6% y producción con un resultado de 51.5%, ya que el vinipelado manual puede ser más rentable para empresas pequeñas o medianas, ya que no requiere la inversión

en maquinaria costosa, además, del mantenimiento y la reparación de las máquinas paletizadoras. En algunos casos, el costo de la mano de obra para el vinipelado manual puede ser menor que el costo de operar una máquina paletizadora.

Explican que las desventajas del método manual es que puede ser un trabajo físicamente exigente, lo que puede provocar fatiga, dolores musculares y lesiones por esfuerzo repetitivo. Sin embargo, sus ventajas son que no requiere de habilidades o conocimientos técnicos especializados para su manejo, al ser manual solo se necesita el espacio para almacenar los rollos de vinipelar y su manipulación es flexible agilizando la producción.

Resultados de las encuestas:

Cargo
33 respuestas

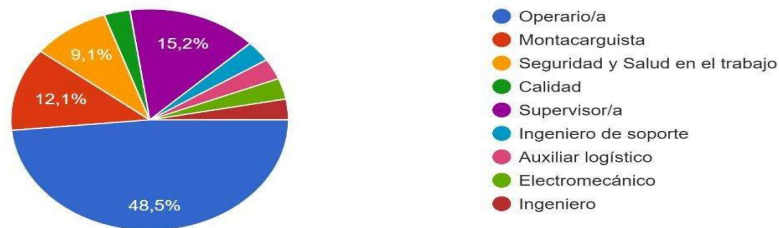


Gráfico 16. cargo de los trabajadores de áreas de producción industrial que estén directamente asociados en el proceso de embalaje

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados en la encuesta.

¿Qué método utiliza su empresa para el vinipelado?

33 respuestas

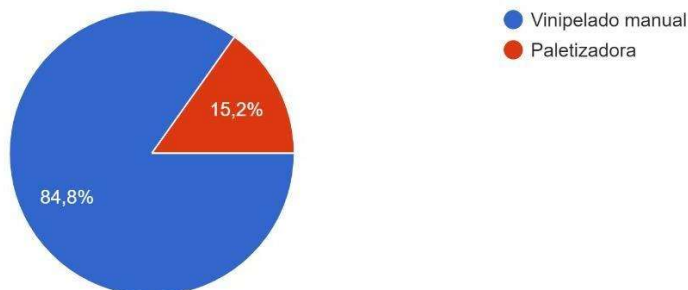


Gráfico 17. cargo de los trabajadores de áreas de producción industrial que estén directamente asociados en el proceso de embalaje

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados en la encuesta.

¿Por qué su empresa utiliza este método? Seleccione todas las opciones que correspondan.

33 respuestas

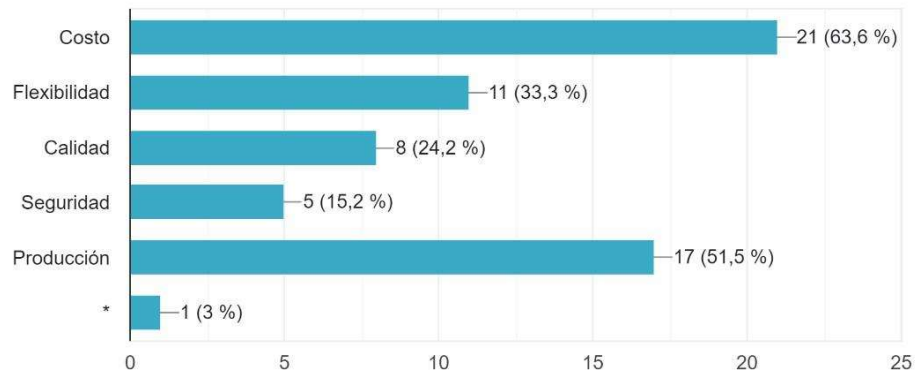


Gráfico 18. Principales motivos del porque utilizan el método de vinipelado manual

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados en la encuesta.

¿En qué medida se tienen en cuenta los principios de ergonomía en su empresa para el vinipelado?

33 respuestas

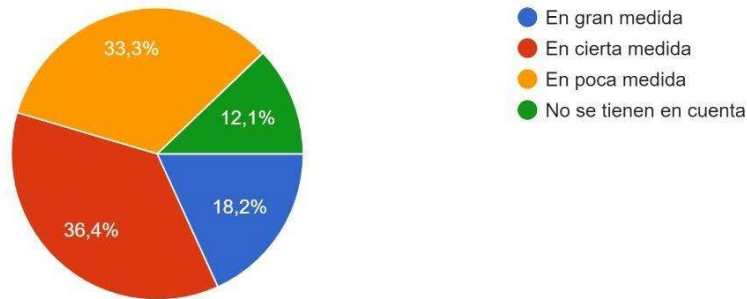


Gráfico 19. En qué medida se tienen en cuenta los principios de ergonomía en el proceso de vinipelado.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados en la encuesta.

Si utiliza vinipelado manual, ¿Qué medidas ergonómicas se implementan? Seleccione todas las opciones que correspondan.

31 respuestas

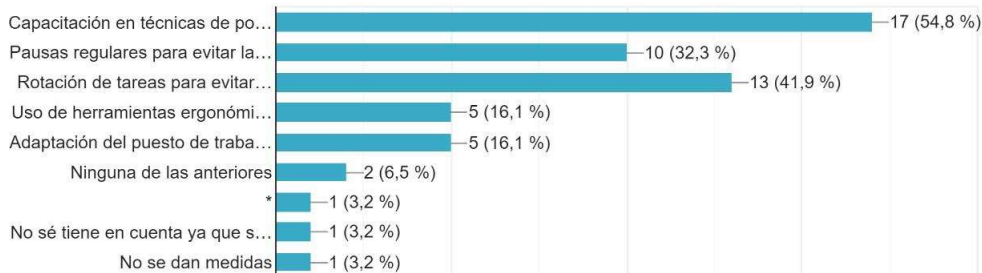


Gráfico 20. ¿Qué medidas ergonómicas se implementan en el proceso de vinipelado manual?

Si utiliza paletizadora, ¿Qué medidas ergonómicas se implementan? Seleccione todas las opciones que correspondan.

24 respuestas

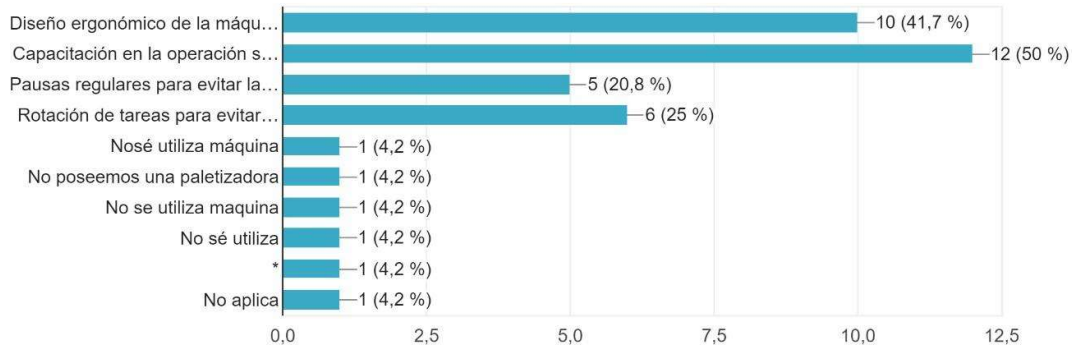


Gráfico 21. ¿Qué medidas ergonómicas se implementan en el proceso de paletizado?

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados en la encuesta.

¿Ha experimentado algún problema de salud o seguridad relacionado con el vinipelado?

33 respuestas

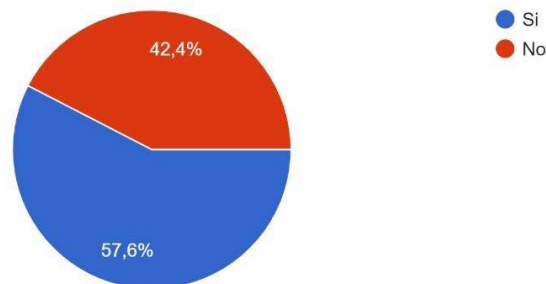


Gráfico 22. ¿En el proceso de vinipelado experimentó problemas de salud?

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados en la encuesta.

Si respondió "Si" a la pregunta anterior, ¿de qué tipo de problemas se trata? Seleccione todas las opciones que correspondan.

23 respuestas

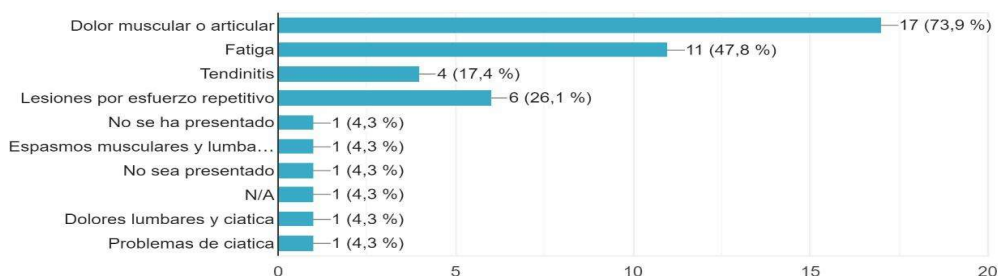


Gráfico 23. Problemas de salud debido al proceso de vinipelado manual



Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados en la encuesta





Diseño conceptual




En la fase anterior, la de encuesta sobre el proceso de embalaje en compañías de producción se pretende identificar de forma completa el plan de trabajo para el diseño, construcción y prueba de embalaje alternativo de palets con vinipel, la cual permita ser más productivas, eficaces y eficientes en el cumplimiento de tiempos de entrega de sus productos.

Materiales para la construcción del prototipo

En la siguiente Tabla se describen los materiales a utilizar para el proceso de diseño:

Material	Descripción	Representación gráfica
acero ligero	Es liviano y duradero, lo que lo hace ideal para la estructura principal del prototipo. Además, son relativamente económicos en comparación con otros metales.	 <p>Ilustración 9. Fuente: Perfiles de acero. Crea, A. (2023, October 6).</p>
Nylon reforzado con fibra de vidrio	Este material combina la resistencia del nylon con la rigidez y durabilidad proporcionada por la fibra de vidrio. Es liviano, ideal para la resistencia mecánica.	 <p>Ilustración 10. Fuente: Yuridia. (2020, September 26).</p>

Rodamientos	Permiten un movimiento suave y preciso de las piezas móviles.	 <p>Ilustración 11. Fuente: Rodamientos, timken.com</p>
Silicona	Este material es utilizado como componente de amortiguación, proporcionando durabilidad y resistencia a la abrasión.	 <p>Ilustración 12. Fuente: Silicona acética y neutra: para qué sirven, qué es y diferencias, wurth.com.ar</p>
Tornillos y tuercas	Para unir piezas de metal y madera.	 <p>Ilustración 13. Fuente: Source almacenamiento de tornillos y tuercas, alibaba.com</p>
Pegamento	Para unir piezas de plástico y madera.	 <p>Ilustración 14. Fuente: Cómo eliminar definitivamente las manchas de pegamento de los tejidos, elespanol.com</p>

Ejes de rodillos	Permite el traslado y movimiento rotatorio junto con los rodamientos.	 <p>Ilustración 15.</p> <p>Fuente: rodillo portador rodillos portadores acero con eje para transportador de rodillos Ø 50 mm, Amazon.es. https://www.amazon.es/rodillo</p>
Ruedas	Permite el traslado del prototipo al área a vinipelar.	 <p>Ilustración 16.</p> <p>Fuente: consejos para elegir las ruedas logísticas apropiadas (2021, septiembre 2) https://rotom.es/articulos/post/9-consejos-para-elegir-las-ruedas-logisticasapropiadas</p>
Varillas	Sirve como refuerzo de columnas.	 <p>Ilustración 17.</p> <p>Fuente: <i>Varilla 3/8 Tamaulipas - Construex México, s. f.</i></p>



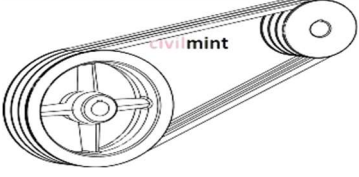
<p>Engranajes</p>	<p>Para aumentar o disminuir la velocidad de rotación de los componentes mecánico</p>	 <p>Ilustración 18. Fuente: Yayimage. (n.d.).https://es.pngtree.com/freebackground/the-plastic-gear-prototypingproduction-machine-photo_6662434.html</p>
<p>Pintura</p>	<p>Protege el prototipo del óxido y la corrosión.</p>	 <p>Ilustración 19. Fuente: Pintura para paneles de Drywall</p>
<p>Polea</p>	<p>Dispositivo mecánico que permite la transmisión de fuerzas.</p>	 <p>Ilustración 20. Fuente: Mohdsuhel. (2023, 11 julio).</p>

Tabla 2. Materiales utilizados para la construcción de la máquina paletizadora manual

Fuente: Elaboración propia

Planificación del piloto:

Se realiza un modelado 3D como prototipo por su versatilidad para crear una representación digital extremadamente precisa. Ayuda a visualizar el producto desde

diferentes ángulos y perspectivas. Se definen los objetivos del piloto, incluyendo los parámetros de medición, tiempos de embalaje y la cantidad de material utilizado.

Tiempo de embalaje:

Según la encuesta el operario a piso tarda aproximadamente entre 1 a 2 minutos en vinipelar por completo el palet esto depende según cada lote de referencia, ver imagen”¿Cuánto tiempo toma el proceso de embalaje”, Para una máquina paletizadora, según el video Envolvedora de palets ECOPLAT PLUS FRD (Controlpack Sysitem, 2019) tarda 1 minuto desde que se coloca el vinipel en la paletizadora hasta que para y cortar el vinipel. Al automatizar el proceso de vinipelado manual se debe tomar en cuenta el tiempo de ambos casos y no exceder ese tiempo.

¿Cuánto tiempo toma el proceso de embalaje?

33 respuestas

Entre 1 a 2 minutos dependiendo el tipo de vinipelado que se requiera en cada referencia de lote.

1 minuto

1 a 2 minutos

Un palet promedio 1min 20seg

Ilustración 1. Tiempo estimado en el proceso de embalaje

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recopilados en la encuesta.

Construcción del prototipo:

Para la construcción del prototipo, se sigue un proceso paso a paso que incluye la selección de materiales, la fabricación de componentes y el ensamblaje. A continuación, guía general:

- **Selección de materiales:**
- Se basa en los criterios de economía, ligereza y durabilidad, se eligen los materiales adecuados para cada componente de la máquina, como la estructura, los

mecanismos de movimiento y los dispositivos de control, ver tabla. (Tabla 2: Materiales utilizados para la construcción de la máquina paletizadora manual).

➤ **Fabricación de componentes:**

- Se utilizan herramientas y equipos adecuados para fabricar cada componente de acuerdo con el diseño establecido.
- **Diseño del modelo 3D:** El primer paso es crear un modelo 3D detallado de la máquina paletizadora manual utilizando software Solid Edge. Este modelo incluye todos los componentes necesarios. Barra deslizadora, base, ensamble, parte rotacional, polea principal, dos rodamientos de barras deslizadoras, rollo de vinipel y ruedas.
- **Optimización del diseño:** Una vez que se ha creado el modelo 3D inicial, se hace un análisis del diseño para garantizar que cumpla con los requisitos de rendimiento, resistencia y funcionalidad. Esto puede implicar ajustes en las dimensiones, materiales o configuraciones de los componentes.
- **Preparación para la fabricación:** generación de planos técnicos detallados para cada componente.
- **Selección de materiales:** Se deben seleccionar los materiales adecuados para cada componente de acuerdo con los requisitos de rendimiento y las condiciones de operación de la máquina paletizadora. Esto puede incluir metales como acero, aluminio y acero inoxidable, así como materiales plásticos y otros materiales compuestos.

Ensamblaje del prototipo:

Se sigue el diseño detallado para ensamblar todos los componentes y se verifica que todos los materiales están fabricados correctamente y en buenas condiciones.

Se comienza ensamblando la estructura principal de la máquina. Esto puede implicar unir barras de aluminio o acero ligero utilizando tornillos y tuercas, seguido se instala los mecanismos de movimiento, como los rodillos, cintas transportadoras y polea, que serán responsables de mover el material de vinipel a través de la máquina, alineados

cuidadosamente para garantizar un movimiento suave y consistente del material. Se instalarán componentes adicionales como los dispositivos de sujeción que sostienen las varillas y las ruedas, silicona y pintura.

Ejecución de pruebas prácticas:

- Se realizaron pruebas de embalaje utilizando el prototipo. Durante estas pruebas, se registra cuidadosamente los tiempos de embalaje y la cantidad de material utilizado.
- Se evalúa la facilidad de uso y la ergonomía del prototipo para la seguridad del operador.

Análisis de resultados:

- Se debe analizar los datos recopilados durante las pruebas para evaluar el rendimiento del prototipo.
- Se identifica cualquier área que requiera mejoras o ajustes en el diseño.
- Debemos comparar los resultados obtenidos con los objetivos establecidos para el piloto.

Iteración del diseño:

Al finalizar el prototipo se utilizan los resultados del piloto para realizar ajustes en el diseño del prototipo, si es necesario.

Se documenta los resultados del piloto, incluyendo los parámetros medidos, las observaciones realizadas y las acciones tomadas para mejorar el diseño, destacando los puntos fuertes del prototipo y las áreas de mejora identificadas para la producción a gran escala.

RESULTADOS (PROTOTIPO)

Se optó por el modelado 3D por medio de la herramienta Solid Edge para crear el prototipo inicial debido a su versatilidad para ilustrar representaciones digitales precisas. Esta elección permite una visualización detallada del prototipo desde diversos ángulos y perspectivas funcionales.

La construcción del prototipo siguió un proceso que involucró la selección de materiales, el diseño de cada uno de los componentes y el ensamblaje, como lo muestra la ilustración 2.

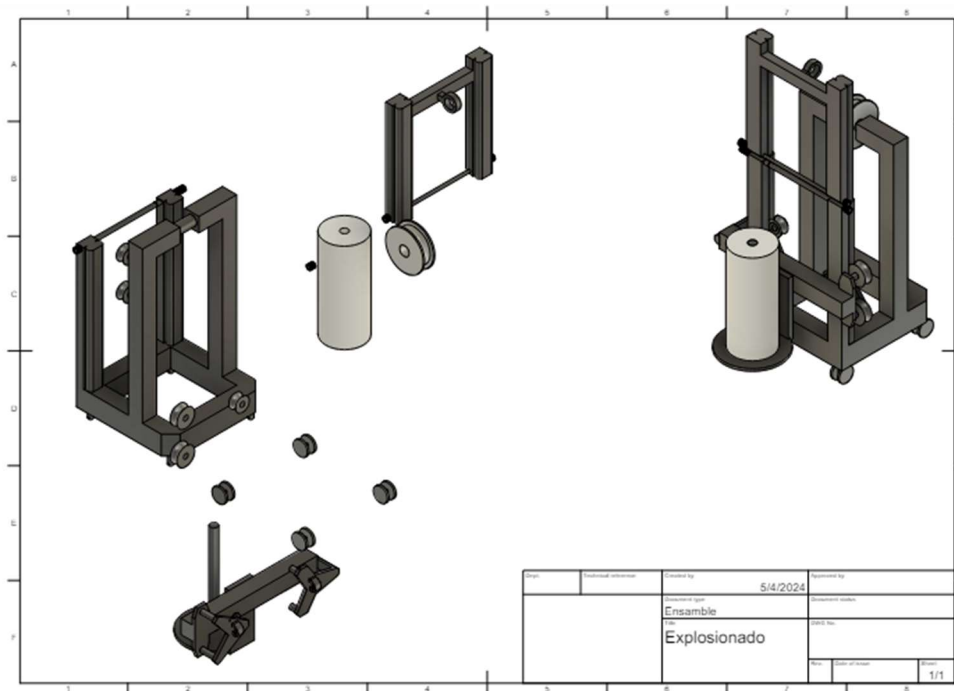


Ilustración 2. Construcción del prototipo digital en 3D mediante herramienta Solid Edge

Fuente: Elaboración propia

En el proceso de diseño se utilizaron varias piezas como una barra deslizadora, base, polea principal, rodamientos, ruedas, y rollo de vinipel, como se puede observar en el plano explosionado en la ilustración 2. Además de las partes, es importante mencionar las dimensiones con las que se diseñó el prototipo, las cuales son 1 metro x 1 metro de base, y 1.70 metro de alto.

Se realizó un análisis del diseño para asegurar que cumpliera con los requisitos de rendimiento y funcionalidad, realizando ajustes según fuera necesario. Luego de esto, se generaron planos técnicos detallados para cada componente, facilitando su fabricación.

Siguiendo el diseño detallado, se procedió al ensamblaje de todos los componentes, verificando que estuvieran diseñados correctamente y en óptimas condiciones. Así pues, se comenzó con la estructura principal de la máquina, seguido por la instalación de los mecanismos de movimiento y componentes adicionales como dispositivos de sujeción.

Además, el componente innovador de la propuesta de este prototipo resultó incorporado con éxito en diseño, dado que se llevó a cabo la implementación de un pliegue en la parte superior de la paletizadora manual, lo que permite no solo el proceso de vinipelización de manera vertical, sino también horizontal. Sin duda, esta característica añade una versatilidad significativa al prototipo, ya que amplía las opciones de embalaje y permite adaptarse a una variedad más amplia de productos y necesidades de empaque.

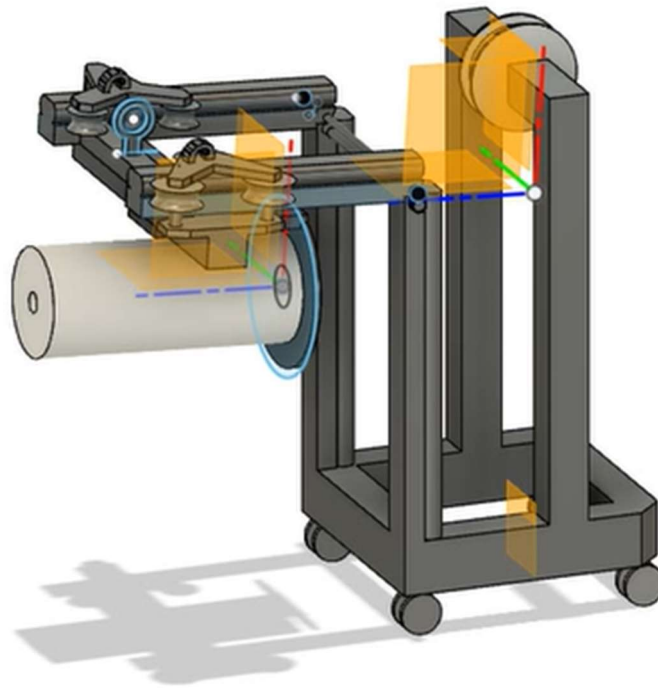


Ilustración 3. Diseño digital de máquina de vinipelado de palets.

Fuente: Elaboración propia

Como resultado del diseño del prototipo con la ayuda de este software, se obtuvo el resultado final de un producto funcional e innovador, que permita llevar a cabo el proceso de vinipelización, sin ocupar mucho espacio, ni requerir altos costos de mantenimiento o adquisición, y lo más importante, que vaya alineado con mantener buenos estándares de seguridad y salud en el trabajo para los operadores.

Se adjunta un video de ensamble final, con movimiento y función.



Ilustración 4. Ensamble final del prototipo de forma digital.

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE COSTOS

El análisis detallado de costos proporciona una visión completa de los gastos asociados con la implementación y operación del sistema de embalaje alternativo. Esto incluye costos directos e indirectos, así como factores relacionados con la salud del operario, calidad y eficiencia.

Costos variables

Costos de producción:

Cantidad	Materiales de construcción	Precio por unidad
2 m	Acero ligero	\$191.000
5 m	Nylon reforzado con fibra de vidrio	\$ 46.000
4 unidades	Rodamientos	\$40.000
1 unidad	Silicona	\$45.000
10 unidades	Tornillos	\$5.000
10 unidades	Tuercas	\$ 5.000
1 unidad	Pegamento	\$35.000
8 unidades	Ejes de rodillos	\$40.000
4 unidades	Ruedas	\$40.000
2 m (2 unidades)	Varillas	\$34.000
5 unidades	Engranajes	\$50.000
2 unidades	polea	\$40.000

Total:		\$571.000
--------	--	-----------

Tabla 3. Listado de precios de los materiales para la construcción de la estructura

Fuente: Elaboración propia.

Los precios son obtenidos por la empresa Cemex en su página oficial:

<https://www.cemexcolombia.com/cotizar> de esta manera los precios de los productos de Cemex son el resultado de un complejo proceso de análisis y equilibrio entre costos internos, condiciones de mercado, estrategia comercial y factores económicos externos. La empresa se esfuerza por ofrecer precios competitivos mientras asegura la sostenibilidad y rentabilidad de sus operaciones.

➤ Costos de pintura

Los costos de pintura de la estructura de la máquina paletizadora incluyen los materiales necesarios, como pinturas y acabados, así como los gastos asociados con la preparación de la superficie, que abarca desde la limpieza hasta el lijado. Además, se consideran los costos de la aplicación de un fondo anticorrosivo para prolongar la vida útil de la estructura y la capa final de pintura para mejorar la estética y proporcionar protección adicional.

cantidad	Tipo de pintura	Precio por unidad
1 litro	Thinner acrílico Galón	\$353.000
1 litro	Desoxidante surflex	\$25.000
1 litro	Alquídico Galón	\$32.000
1 litro	Cromato de zinc Galón	\$118.00
Total		\$528.000

Tabla 4. Costos de pintura

Fuente: Elaboración propia.

➤ Costos mano de obra

Los costos de mano de obra van dirigidos a las operaciones de fabricación.

Cantidad de tiempo por hora	Operación	Precio por unidad
2 horas	soldar	\$50.000
2 horas	fabricación	\$40.000

1 hora	pintura	\$35.000
1 hora	corte	\$ 50.000
Total		\$175.000

Tabla 5. Costos mano de obra

Fuente: Elaboración propia.

Los precios obtenidos por el mercado actual. A continuación, se explican cómo se obtuvieron:

Determinación de Costos Directos:

- **Salarios y Beneficios:** Incluir el salario base de los trabajadores, junto con los beneficios adicionales como seguros, vacaciones pagadas, y bonificaciones.
- **Costos de Capacitación:** Considerar el costo de capacitar a los trabajadores para realizar operaciones específicas.

Cálculo del Costo por Operación:

- **Costo por Hora:** Determinar el costo por hora de cada tipo de mano de obra involucrada. Esto incluye dividir el salario anual y los beneficios por el número de horas trabajadas al año.
- **Asignación de Tiempo:** Multiplicar el costo por hora por el tiempo necesario para completar cada operación específica

Operación:

- **Soldar:** Si el costo por hora del soldador es \$25,000 (sumando salario y beneficios) y la operación toma 2 horas, el costo para soldar sería $\$25,000 * 2 \text{ horas} = \$50,000$.
- **Fabricación:** ajustar con los costos y tiempos correspondientes. Costo por hora de fabricación \$20.000, el costo de fabricación es $:\$20.000*2 \text{ horas} = \$40,000$
- **Pintura:** Si el costo por hora del pintor es \$35,000 y la operación toma 1 hora, el costo para pintar sería $\$35,000 * 1 \text{ hora} = \$35,000$.
- **Corte:** Si el costo por hora del operador de corte es \$50,000 y la operación toma 1 hora, el costo para cortar sería $\$50,000 * 1 \text{ hora} = \$50,000$.

Costos variables:

Descripción	Costos
Costo total de los materiales	\$571.000
Costos de pintura	\$528.000
Costos mano de obra	\$175.000
Total:	\$ 1`274.000

Tabla 6. Total de costos variables.

Fuente: Elaboración propia.

Costos fijos

Es crucial comprender y gestionar los costos fijos asociados. Estos costos, a diferencia de los variables que fluctúan con la producción, son aquellos que permanecen constantes independientemente del nivel de actividad. Identificar y cuantificar adecuadamente estos costos es esencial para una planificación financiera efectiva y para la rentabilidad a largo plazo.

Estos pueden incluir una variedad de gastos recurrentes, desde el alquiler de instalaciones hasta los seguros y el mantenimiento. Al comprender y estimar adecuadamente estos costos, se podrá determinar con mayor precisión el precio de producción de la máquina paletizadora manual y establecer precios competitivos en el mercado.

Alquiler de instalaciones	\$ 8`400.000
Servicios públicos	\$ 2`400.000
Mantenimiento y reparaciones	\$1`600.000
Costos administrativos	\$ 36`000.000
Total:	\$ 48`400.000

Tabla 7. Tabla de costos fijos

Fuente: Elaboración propia.

Los precios obtenidos por el mercado actual. A continuación, se explican cómo se obtuvieron:

- **Alquiler de instalaciones:** Se debe utilizar un espacio físico para la fabricación de la máquina paletizadora manual, se debe considerar el costo mensual del alquiler.
 - **Por año:** $700.000 * 12 = 8'400.000$
- **Servicios públicos:** Esto incluye el costo mensual de servicios como electricidad y agua que son necesarios para la construcción de la máquina.
 - **Por año:** $\$200.000 * 12 = \$2'400.000$
- **Mantenimiento y reparaciones:** se debe estimar los costos anuales de mantenimiento preventivo y reparaciones de la máquina paletizadora manual. Esto puede incluir piezas de repuesto, mano de obra y servicios de técnicos especializados.
 - Servicios de mantenimiento preventivo: $\$200.000$ trimestrales.
 - Reparaciones imprevistas: $\$500.000$ anuales.
 - Costo promedio de las piezas de repuesto por año: $\$300.000$
 - **El cálculo del costo total de mantenimiento y reparaciones por año sería**
= (Servicios de mantenimiento preventivo trimestrales * 4) + Reparaciones imprevistas + Costo promedio de las piezas de repuesto por año
 - = $(\$200.000 * 4) + \$500.000 + \$300.000$
 - = $\$800.000 + \$500.000 + \$300.000$
 - = $\$1,600.000$
- **Costos administrativos:** Esto abarca los gastos mensuales relacionados con la gestión y administración, como salarios del personal administrativo, softwares y otros servicios profesionales.
 - Salario del personal administrativo: $\$2,000.000$ mensuales.
 - Software de contabilidad: $\$850.000$ mensuales.
 - Servicios de telefonía e internet: $\$150.000$ mensuales.
 - Por año sería $3.000.000 * 12 = \$36'000.000$

CONCLUSIONES

El proyecto "Desarrollo de un Sistema de Embalaje Alternativo de Palets para Mejorar la Eficiencia Logística y la Salud Ocupacional" ha sido un esfuerzo exhaustivo y estratégico que ha abordado de manera integral la complejidad del proceso de embalaje en la industria, centrándose especialmente en el vinipelado de palets.

A través de un enfoque metódico y estructurado (se siguieron varios pasos para proponer una solución a esa problemática, dentro de los cuales se contempló: la identificación, definición y planteamiento del problema, el análisis de requerimientos, marco de referencias, análisis de restricciones, metodología, costos, etc.). Se logró identificar y comprender a fondo las problemáticas asociadas con el proceso de embalaje manual con vinipel, destacando los desafíos en términos de eficiencia operativa, costos y, lo que es más crucial, la salud y seguridad ocupacional de los trabajadores involucrados en esta actividad.

Los resultados de la investigación han revelado que, a pesar de la preferencia por el vinipelado manual en muchas de las empresas con operación en Colombia que se consultaron, debido a consideraciones de costos y producción, esta práctica conlleva desventajas significativas en términos de ergonomía, eficiencia y seguridad laboral.

En respuesta a estas problemáticas, se ha propuesto como solución el diseño digital de una máquina manual de vinipelado con palets que sea fácil de desplazar, liviana, ergonómica y de bajo costo de operación. Esta propuesta se basa en un análisis detallado de las necesidades y restricciones identificadas en el estudio, y está diseñada para mejorar la eficiencia logística y promover la salud ocupacional de los trabajadores.

Este prototipo no solo cumple con los criterios de economía, ergonomía y portabilidad establecidos en los objetivos específicos, sino que también aborda de manera integral las problemáticas identificadas en el proceso de embalaje manual. Así mismo, ha alcanzado con éxito el objetivo general, al diseñar y crear un prototipo digital que representa una

solución innovadora y efectiva para el embalaje de palets con vinipel. Este logro no solo proporciona a las empresas medianas y grandes la capacidad de visualizar y evaluar la propuesta de manera interactiva (permitiendo comunicar de manera efectiva el diseño final y la funcionalidad del mismo, lo que facilita su comprensión y aceptación por parte de las empresas interesadas), sino que también abre la puerta a mejoras significativas en la productividad, eficacia y eficiencia en el cumplimiento de los tiempos de entrega de productos. Además, al priorizar la salud de los trabajadores y reducir los riesgos asociados con el embalaje manual, el prototipo creado se posiciona como un paso crucial hacia entornos laborales más seguros y saludables.

Es imperativo que las empresas en Colombia consideren seriamente la adopción de estas mejoras para optimizar sus procesos logísticos y mejorar las condiciones laborales de sus trabajadores.

En conclusión, el proyecto "Desarrollo de un Sistema de Embalaje Alternativo de Palets para Mejorar la Eficiencia Logística y la Salud Ocupacional" ha sido un paso significativo hacia el desarrollo sostenible del sector industrial en el país, al identificar, analizar, proponer y promover la adopción de prácticas más efectivas, eficientes y seguras para mejorar el proceso de embalaje con vinipel en empresas colombianas.

REFERENCIAS

Transeop. (2023, 1 diciembre). ¿Qué es la paletización y su importancia para la logística?

<https://www.transeop.com/blog/la-paletizaci%C3%B3n-y-la-log%C3%ADstica/14/>

ARL SURA - Riesgos laborales - ARL - ARL SURA - Riesgos laborales - ARL. (s. f.).

<https://www.arlsura.com/index.php/component/content/article/74-centro-de-documentacion-anterior/seguridad-industrial/785--sp-7581>

Cadena de suministro ¿Qué es y cuál es su importancia y objetivo? (2022, 7 agosto).

QuadMinds. <https://www.quadminds.com/blog/cadena-de-suministro/>

vinipel colombia. (2023, 15 junio). Paletizadoras - vinipel, vinipel industrial, plastico vinipel.

Vinipel, Vinipel Industrial, Plastico Vinipel. <https://imporpack.com/paletizadoras/>

Paletizadora: DRAF Máquinas industriales. (2021, 13 diciembre). Draf Máquinas

Industriales. <https://drafpack.com/product/paletizadora/>

neobotikstg. (2021, enero 27). ¿Cómo funciona una máquina de paletizado? Especial para

Empresas. Neobotik.com. <https://www.neobotik.com/maquina-de-paletizado/>

Qué lesiones puede producir un mal manejo manual de cargas. (s/f). ACHS Web. Recuperado

el 7 de abril de 2024, de <https://www.achs.cl/empresas/fichas/detalle/manejo-manual-de-cargas/que-lesiones-puede-producir-un-mal-manejo-manual-de-cargas>

Gutierrez, A. (2023, diciembre 26). Costos de accidentes y enfermedades laborales en el

mundo. *Ludusglobal.com*. <https://www.ludusglobal.com/blog/costos-de-accidentes-y-enfermedades-laborales-en-el-mundo>

Edu.co. Factores de riesgo ergonómico que afectan la salud de los operarios de montacargas

del área de almacenamiento en la planta de Bavaria en Medellín. Recuperado el 19 de febrero

de 2024, de

https://repositorio.fumc.edu.co/bitstream/handle/fumc/420/GutierrezYenifer_OsorioJessica_ZapataSebastian_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Manipulación manual (OIT). Recuperado el 11 de marzo de 2024, de <https://www.ilo.org/global/topics/labour-administration-inspection/resources-library/publications/guide-for-labour-inspectors/manual-handling/lang-es/index.htm>

¿Qué es la paletización y cuáles son sus características? (2020, enero 14). Ractem.es. <https://www.ractem.es/blog/paletizacion-cuales-son-caracteristicas>

¿QUÉ ES VINIPEL? (2023, marzo 6). Plastico vinipel Bogota y Colombia. <https://plasticovinipel.com/que-es-vinipel/>

LegisComex. Sistema de Inteligencia Comercial. (s/f). Legiscomex.com. Recuperado el 7 de abril de 2024, de <https://www.legiscomex.com/Documentos/colaborador-rodrico-castelazo-logistica-competitividad>

Arqueros Toro (2020). Implementación de un plan de trabajo para el manejo responsables de los residuos plásticos en el laboratorio de Masterbatch de Clariant Chile.

ONU Medio Ambiente (2018): El Estado de los Plásticos. En: Perspectiva del día mundial del medio ambiente 2018. Disponible en formato PDF: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25513/state_plastics_WED_SP.pdf?isAllowed=y&sequence=5

Ponce R. y Viteri C. (2022, septiembre) “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PELETIZADORA QUE UTILICE RESIDUOS DE MADERA PARA LA EMPRESA DECOR PARQUÉT EN LA CIUDAD DE AMBATO.” <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/36489/1/Tesis%20I.M.%20712%20-%20Ponce%20Ramos%20Bryan%20Alexis%20-%20Viteri%20Caiza%20Jorge%20Esteban%20%282%29.pdf>

Yuridia. (2020, September 26). Plástico reforzado con fibra de vidrio | PLAREMESA®. PLAREMESA®. <https://www.plaremesa.net/plastico-reforzado-con-fibra-de-vidrio/>

TecnoXplora, & Eñe. (2022, May 25). Por qué el pegamento no se pega al interior del tubo.

TecnoXplora. https://www.lasexta.com/tecnologia-tecnoxplora/ciencia/que-pegamento-pega-interior-tubo_20220525628cbda5cd152400010646c0.html

Yayimage. (n.d.). Fondo La máquina de producción de prototipos de engranajes de plástico

foto. Pngtree. https://es.pngtree.com/freebackground/the-plastic-gear-prototyping-production-machine-photo_6662434.html

Mohdsuhel. (2023, 11 julio). Types of Belt Drive | CivilMint.Com. CivilMint.Com.

<https://civilmint.com/types-belt-drive/>

Amazon.es. [https://www.amazon.es/rodillo-portador-rodillos-portadores-acero-con-eje-para-transportador-de-rodillos-Ø 50 mm \(longitud: 100 mm\).](https://www.amazon.es/rodillo-portador-rodillos-portadores-acero-con-eje-para-transportador-de-rodillos-%C3%9C-50-mm-(longitud:-100-mm)-)

<https://www.amazon.es/rodillo-portador-rodillos-portadores-transportador/dp/B07CRH83BF?th=1>

Vinilo Dry Wall | Pintura para paneles de Drywall | Vinilo para pintar dry wall -

UNIPINTURAS LTDA. (s. f.). <https://www.unipinturas.com/vinilo-dry-wall.html>

Controlpack Systems. (2019, 15 mayo). Envolvedora de palets ECOPLAT PLUS FRD

[Vídeo]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=C_Xr3uv5NrY

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2015). Posturas de trabajo: evaluación del riesgo.

<https://www.insst.es/documents/94886/96076/Posturas+de+trabajo.pdf/3ff0eb49-d59e-4210-92f8-31ef1b017e66>

madrid.org, W. (s/f). *Principales riesgos laborales en los centros de logística de la*

Comunidad de Madrid. Madrid.org. Recuperado el 6 de mayo de 2024, de <https://www.madrid.org/bvirtual/BVCM019057.pdf>

Caicedo, E. (2023, 14 junio). Informe: Disminuyen las muertes por causas laborales, pero

aumentan los accidentes. El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/salud/informe-accidentes-laborales-en-colombia-aumentan-pero-muertes-bajan-777532>

Factsheet 71 - Introducción a los trastornos musculoesqueléticos de origen laboral. (2007, January 7). Safety and Health at Work EU-OSHA. <https://osha.europa.eu/es/publications/factsheet-71-introduction-work-related-musculoskeletal-disorders>

Ministerio de sanidad, consumo y bienestar social. (2018). PRUEBAS SELECTIVAS PARA EL ACCESO A LA ESCALA DE MÉDICOS INSPECTORES DEL CUERPO DE INSPECCIÓN SANITARIA DE LA ADMINISTRACIÓN DE LA SEGURIDAD SOCIAL.

<https://www.sanidad.gob.es/profesionales/oposicionesConcursos/ofertasEmpleo/docs/MedIns2017/Plan2EjerIdiomaEsMedInspCISASS2017.pdf>

OIT. Ilo.org. Recuperado el 6 de mayo de 2024, de https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@ed_dialogue/@act_e mp/documents/publication/wcms_764111.pdf

ANSI/ISA-5.1-2009 Instrumentation Symbols and Identification. (2009). https://integrated.cc/cse/Instrumentation_Symbols_and_Identification.pdf

Rodriguez, Y., & Rodriguez, Y. (2024, March 31). Normas de Ingeniería y Diseño. ESingenieria.pro. <https://esingenieria.pro/normas-de-ingenieria-y-diseno/>

Factsheet 71 - Introducción a los trastornos musculoesqueléticos de origen laboral. (2007, January 7). Safety and Health at Work EU-OSHA. <https://osha.europa.eu/es/publications/factsheet-71-introduction-work-related-musculoskeletal-disorders>

(S/f). Safestart.com. Recuperado el 8 de abril de 2024, de <https://es.safestart.com/cuando-la-rutina-se-convierte-en-un-riesgo-mejorar-la-seguridad-en-el-lugar-de-trabajo-creando-conciencia/>

Varilla corrugada 1 1/2". (n.d.). VG Materiales. <https://vgmateriales.com/products/varilla-corrugada-1-1-2>

Varilla 3/8 Tamaulipas - Construex México. (s. f.).

https://www.construex.com.mx/exhibidores/maderas_y_materiales_garza/producto/varilla_3_8_tamaulipas

Brzoza, O. (2023, mayo 29). Ventajas y limitaciones de la paletización manual y tecnológica. Goodloading.com. <https://www.goodloading.com/es/blog/paletizacion/ventajas-y-limitaciones-de-la-paletizacion-manual-y-tecnologica/>

Journal of Occupational Safety and Health. (s. f.). <https://www.jstage.jst.go.jp/browse/josh>
Brandi, A. C. Z. & C. o. T. G. & V. M. M. (2013). Envase y embalaje: a través de la historia. *ideas.repec.org*. <https://ideas.repec.org/a/erv/observ/y2013i1857.html>

Ruiz Ruiz, L. Manipulación manual de cargas guía técnica del INSHT. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Otros productos/servicios Cemex | CEMEX Colombia. (n.d.).
<https://www.cemexcolombia.com/cotizar>

Wickens, C. D., Hollands, J. G., Banbury, S., & Parasuraman, R. (2015). Engineering Psychology and Human Performance. En *Psychology Press eBooks*.
<https://doi.org/10.4324/9781315665177>

Myrtos CD. Low Back Disorders. Evidence-Based Prevention and Rehabilitation. *J Can Chiropr Assoc.* 2012 Mar;56(1):76. PMID: PMC3280122.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3280122/>

Referencia: Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 54-67.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0361476X99910202>

Norman, D. A. (2013). The Design of Everyday Things: Revised and Expanded Edition. Basic Books.

Senge, P. M. (2006). The Fifth Discipline: The Art & Practice of The Learning Organization. Doubleday.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/hrm.3930290308>

Deming, W. E. (1986). Out of the Crisis. MIT Press.
<https://mitpress.mit.edu/9780262541152/out-of-the-crisis/>

Kotter, J. P. (1996). Leading Change. Harvard Business Review Press.
<https://hbr.org/1995/05/leading-change-why-transformation-efforts-fail-2>

International Organization for Standardization. (1996). ISO 7250: Basic Human Body Measurements for Technological Design. ISO

International Organization for Standardization. (2017). ISO 7250-1: Basic Human Body Measurements for Technological Design - Part 1: Body Measurement Definitions and Landmarks. ISO.

International Organization for Standardization. (2010). ISO 7250-2: Basic Human Body Measurements for Technological Design - Part 2: Statistical summaries of body measurements from individual ISO populations. ISO.

International Organization for Standardization. (2015). ISO 7250-3: Basic Human Body Measurements for Technological Design - Part 3: Worldwide and regional design values for use in product standards. ISO.

International Organization for Standardization. (2010). ISO/TR 7250-4: Basic Human Body Measurements for Technological Design - Part 4: Evaluation of the ISO 7250 series and other human body measurement standards. ISO

Organización Internacional de Normalización. (2012). ISO 15535: Requisitos generales para el establecimiento de bases de datos antropométricas. ISO

- International Organization for Standardization. (2000). ISO 15534-1: Ergonomic Design for the Safety of Machinery - Part 1: Principles for Determining the Dimensions Required for Openings for Whole-Body Access into Machinery. ISO.
- Dul, J., & Weerdmeester, B. (2008). Ergonomics for Beginners: A Quick Reference Guide. CRC Press.
- International Labour Organization. (2009). Encyclopaedia of Occupational Health and Safety: Vol. I. International Labour Office.
- Kumar, S. (2005). The Chair: Rethinking Culture, Body, and Design. Princeton Architectural Press.
- National Research Council. (2001). Musculoskeletal Disorders and the Workplace: Low Back and Upper Extremities. National Academies Press.
- Kumar, S. (2005). The Chair: Rethinking Culture, Body, and Design. Princeton Architectural Press.

ⁱ HSE: son las siglas en inglés de Health, Safety & Environment, es decir, salud, seguridad y medio ambiente. HSE es un planteamiento al que se adhieren aquellas organizaciones empresariales comprometidas con un ambiente laboral seguro para sus empleados y con el impacto que sus operaciones tienen en el medio ambiente. En el entorno actual de negocios, las empresas han de cumplir un amplio marco regulatorio en los ámbitos de la seguridad en los centros de trabajo, la salud de sus trabajadores y la protección del entorno ambiental. En muchos casos, además, su propia política de responsabilidad empresarial los lleva a ser **más ambiciosos en campos como el cuidado del medio ambiente o el bienestar de su personal**. (Unir La Universidad en Internet, 2023)

ⁱⁱ Solid Edge: es un porfolio de herramientas de software asequibles y fáciles de utilizar que abarca todos los aspectos del proceso de desarrollo de productos: diseño en 3D, simulación, fabricación, gestión de datos y mucho más. Solid Edge combina la velocidad y la sencillez del modelado directo con la flexibilidad y el control del diseño paramétrico gracias a la tecnología síncrona. (Siemens, 2024)