



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
INDOAMÉRICA**

FACULTAD DE INGENIERÍAS

MAESTRÍA EN SEGURIDAD, SALUD E HIGIENE INDUSTRIAL

TEMA:

**GESTIÓN DEL RIESGO ERGONÓMICO PARA EL LEVANTAMIENTO
MANUAL Y TRANSPORTE DE CARGAS DEL ÁREA DE ENROLLADO DE
CINTAS ADHESIVAS.**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Magister en Seguridad, Salud e
Higiene Industria

Autor

Ing. Fabián Sarmiento Ortiz

Tutor

Ing. Pablo Ron Valenzuela. Msc.

AMBATO– ECUADOR

2026

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Fabian Alberto Sarmiento Ortiz, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “Gestión del riesgo ergonómico para el levantamiento manual y transporte de cargas del área de enrollado de cintas adhesivas”, como requisito para optar al grado de Magister en Seguridad, Salud e Higiene Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato a los 11 días del mes de marzo de 2026, firmo conforme:

Autor: Fabián Alberto Sarmiento Ortiz

Firma:

Número de Cédula:0104393913

Dirección: Pichincha, Quito, Carcelén, Mastodontes.

Correo Electrónico:fabiansarmiento@gmail.com

Teléfono: 0995003662

APROBACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de Director del Trabajo de Titulación “Pablo Elicio Ron Valenzuela presentado por Fabián Alberto Sarmiento Ortiz, para optar por el Título Magister en Seguridad, Salud e Higiene Industrial

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Titulación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Examinadores que se designe.

Ambato, 11 de marzo del 2026

.....

Ing. Pablo Elicio Ron Valenzuela Mg.

DIRECTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Magister en Seguridad, Salud e Higiene Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Ambato, 11 de marzo del 2026

.....
Fabián Alberto Sarmiento Ortiz
0104393913

APROBACIÓN DE EXAMINADORES

El Trabajo de Titulación ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: GESTIÓN DEL RIESGO ERGONÓMICO PARA EL LEVANTAMIENTO MANUAL Y TRANSPORTE DE CARGAS DEL ÁREA DE ENROLLADO DE CINTAS ADHESIVAS previo a la obtención del **Título de Magister en Seguridad, Salud e Higiene Industrial**, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Titulación.

Ambato, 11 de marzo del 2026

.....

Mg. Prieto Gainer José Rafael
EXAMINADOR

.....

Mg. Jiménez Caicedo Leydi Marina.
EXAMINADOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primero a Dios por darme salud y sabiduría para alcanzar esta meta. A mi esposa Gaby y a mi hijo Sebas, quienes son mi amor incondicional y que estuvieron apoyándome durante todo este trayecto para lograr esta meta, los amo mucho. A mis padres porque siempre están ahí apoyándome, que me enseñaron a no rendirme nunca, y a mis hermanos que siempre me motivan a seguir adelante .

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por cuidarme y bendecirme. Agradezco a toda mi familia por apoyo incondicional, por estar siempre presente en mis proyecto, brindándome ánimo y compañía en todo momento.

Agradezco a mi tutor al Ing. Pablo Ron Valenzuela por compartir su experiencia y guiarme para poder culminar con éxito este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR.....	ii
APROBACIÓN DEL DIRECTOR	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iv
APROBACIÓN DE EXAMINADORES	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICAS	xiv
ÍNDICE DE IMAGENES.....	xv
RESUMEN EJECUTIVO	xvi
ABSTRACT	xvii

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.....	3
Justificación	4
Objetivo general:	5
Objetivos Específicos:	5

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual de la empresa:.....	6
Matriz GTC-45	8
Método musculo tendinoso de Kuorinka	9

Resultados del Cuestionario.....	10
Método NIOSH.....	22
Análisis de la tarea mediante observación directa.....	25
Factor de distancia horizontal (HM).....	26
Factor de altura (VM)	27
Factor de desplazamiento vertical (DV)	27
Factor de asimetría (AM)	27
Factor de frecuencia (FM).	28
Índice de levantamiento.....	30
Área de Estudio	31
Modelo operativo.....	32
Desarrollo del modelo operativo	32
Ayuda Mecánica	32
Selección de Alternativas	32
Método de Factores Ponderados.....	32
Diseño.....	33
Parámetros de Diseño	33
Dimensionamiento de Elementos	33
Implementación	33
Reevaluación del Levantamiento Manual de Cargas	33
Análisis de Costos	33

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Presentación de la Propuesta	34
Espacio disponible.....	34

Selección de alternativas	35
Alternativa 1. Grúa tipo pescante con polipasto manual	35
Características.....	36
Alternativa 2. Mesa de transporte para bobinas	36
Características.....	37
Alternativa 3. Montacargas eléctrico.....	37
Características.....	37
Valoración de parámetros	38
Ponderación de los parámetros de selección.....	38
Parámetros de diseño	40
Cálculos de diseño	41
Dimensionamiento del brazo	41
Dimensionamiento del eje de la chumacera	50
Dimensionamiento de la columna	53
Diseño de la placa base.....	57
Resultados esperados.....	59
Cronograma de actividades	60
Análisis de costos	62

CAPÍTULO IV

EJECUCION DE LA PROPUESTA Y RESULTADOS OBTENIDOS

Proceso de ejecución	65
Justificación de la ejecución	65
Desarrollo y seguimiento.....	66
Resultados obtenidos	67
Reevaluación Niosh.....	67

Reevaluación GTC-45	68
Evaluación de la ejecución	69
Evaluación Económica	70
Análisis de la curva S	71

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.....	74
Recomendaciones	76
Bibliografía.....	77
ANEXO 1.Manual de Operación.	79
ANEXO 2. Planos	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1: Matriz GTC-45 del operador estado inicial.....	8
Tabla No. 2: Resultados trabajador 1	10
Tabla No. 3: Resultados trabajador 2.	13
Tabla No. 4 : Resultados trabajador 3	16
Tabla No. 5: Resultados trabajador 4	19
Tabla No. 6: Valores del LC del Anexo 3 Acuerdo Ministerial 196.....	26
Tabla No. 7: Factor de distancia horizontal.....	27
Tabla No. 8: Factor de altura.....	27
Tabla No. 9: Factor de Asimetría	28
Tabla No. 10: Valores para obtener el FM	28
Tabla No. 11: Descripción de los tipos de agarre.....	29
Tabla No. 12 Valores para el tipo de agarre	29
Tabla No. 13: Peso máximo recomendado	30
Tabla No. 14: Valoración de parámetros.....	38
Tabla No. 15: Criterios y sus pesos	39
Tabla No. 16: Evaluación de alternativas mediante método de factores ponderados	39
Tabla No. 17: Propiedades del acero A36	40
Tabla No. 18: Valores de deflexiones limites	48
Tabla No. 19: Catalogo de tubo estructural redondo DIPAC.....	49
Tabla No. 20: Catalogo de chumacera DIPAC.	52
Tabla No. 21: Valores del manual de DIPAC	54
Tabla No. 22: Resumen de valores seleccionados en el manual de DIPAC	57
Tabla No. 23: Cronograma de actividades	61
Tabla No. 24: Tabla de costos estimada de costos	62

Tabla No. 25: Cronograma valorado de componentes y actividades estimado.....	63
Tabla No. 26: Características de la ayuda mecánica	66
Tabla No. 27: Matriz GTC-45 reevaluada luego de la implementación de la ayuda mecánica	68
Tabla No. 28: Comparación del método Niosh antes y después de la ayuda mecánica...	69
Tabla No. 29: Comparación de la matriz GTC45 antes y después de la ayuda mecánica	69
Tabla No. 30: Costos de la ayuda mecánica reales	70
Tabla No. 31: Tabla de actividades y costos para Curva S real	71

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfico No. 1: Curva S - valor planificado acumulado estimado	64
Gráfico No. 2: Curva S-Valor planificado acumulado real	72

ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen No. 1: Proceso de enrollado de cintas adhesivas	9
Imagen No. 2: Proceso de trabajo en el origen y en el destino	26
Imagen No. 3: Modelo operativo.....	32
Imagen No. 4: Layout del área de trabajo	35
Imagen No. 5: Grúa tipo pescante con polipasto manual.	36
Imagen No. 6: Mesa de transporte con rodillos.....	36
Imagen No. 7: Montacargas eléctrico de pasillo estrecho	37
Imagen No. 8: Diagrama de cuerpo libre del brazo.....	41
Imagen No. 9: Corte del primer tramo	42
Imagen No. 10: Corte del segundo tramo.....	43
Imagen No. 11: Diagrama de cortante y momento flexionante.....	46
Imagen No. 12: Esquema del pasador	50
Imagen No. 13: Chumacera tipo UCP.....	52
Imagen No. 14: Diagrama de cuerpo libre de la columna.....	53
Imagen No. 15: Valor de K en la columna.....	55
Imagen No. 16: Ayuda mecánica implementada.....	67

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
MAESTRÍA EN SEGURIDAD, SALUD E HIGIENE INDUSTRIAL

TEMA: GESTIÓN DEL RIESGO ERGONÓMICO PARA EL LEVANTAMIENTO MANUAL Y TRANSPORTE DE CARGAS DEL ÁREA DE ENROLLADO DE CINTAS ADHESIVAS

AUTOR(A): Ing. Fabian Sarmiento Ortiz

TUTOR (A): Ing. Pablo Ron Valenzuela Msc

RESUMEN EJECUTIVO

El área de enrollado de cintas adhesivas presentaba inicialmente un problema ergonómico crítico: el levantamiento y transporte manual de bobinas de gran peso, lo que exponía a los trabajadores a esfuerzos físicos excesivos y a posturas forzadas. El diagnóstico inicial, realizado con la metodología NIOSH y la matriz GTC-45, evidenció un Índice de Levantamiento superior a 1 (no aceptable) y niveles de riesgo altos en manipulación manual de cargas, posturas forzadas y atrapamientos, lo que justificó la necesidad de intervenir con una solución que atacara el problema en su origen. La propuesta consistió en el diseño e implementación de una ayuda mecánica tipo grúa pescante con polipasto manual de 40 kg de capacidad, dimensionada mediante cálculos estructurales de brazo, columna, base y eje de giro, con materiales normalizados que garantizan resistencia y durabilidad. El criterio de valoración principal fue la eliminación del riesgo ergonómico asociado a la manipulación manual de bobinas, complementado con el análisis ergonómico de la implementación. Tras la puesta en marcha de la ayuda mecánica, los resultados fueron contundentes. El levantamiento manual de bobinas quedó eliminado, con un Índice de Levantamiento NIOSH = 0. En la GTC-45, la manipulación manual de cargas se redujo en un 100 %, movimiento repetitivos 77,8 % y los atrapamientos en un 20 %, ubicando el puesto en condiciones aceptables con seguimiento. Desde el punto de vista económico, el costo real de implementación fue de USD 2.922,15, lo que representó un ahorro del 9,09 % frente al valor estimado inicial de USD 3.214,36. En conclusión, la implementación de la grúa pescante demostró ser una medida eficaz y sostenible para la gestión del riesgo ergonómico en el área de enrollado. La propuesta no solo eliminó la manipulación manual de cargas pesadas, sino que también optimizó recursos económicos y plazos de ejecución. Estos hallazgos refuerzan la importancia de aplicar controles en la fuente como estrategia prioritaria en ergonomía industrial y sientan las bases para futuras investigaciones orientadas a replicar soluciones similares en otros procesos productivos.

DESCRIPTORES: Ayuda mecánica, Ergonomía, Manipulación manual de cargas, Seguridad y salud en el trabajo

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTY OF ENGINEERING

MASTER'S DEGREE IN SECURITY, HEALTH AND INDUSTRIAL HYGIENE

AUTHOR: SARMIENTO ORTIZ FABIAN ALBERTO

TUTOR: RON VALENZUELA PABLO ELICIO

THEME

**ERGONOMIC RISK MANAGEMENT FOR MANUAL LIFTING AND LOAD HANDLING IN THE
ADHESIVE TAPE WINDING AREA**

ABSTRACT

The adhesive tape winding area initially presented a critical ergonomic problem: the manual lifting and transport of heavy reels, which exposed workers to excessive physical exertion and awkward postures. The initial diagnosis, conducted using the NIOSH methodology and the GTC-45 matrix, indicated a Lifting Index greater than 1, which is considered unacceptable. It also revealed high levels of risk associated with manual load handling, awkward postures, and potential entrapment. These findings highlighted the need for an intervention that addresses the issue at its core. The proposal involved designing and implementing a mechanical aid similar to a jib crane, featuring a manual hoist with a capacity of 40 kg. The dimensions were determined through structural calculations for the arm, column, base, and pivot axis, using standardized materials to ensure strength and durability. The primary evaluation criterion was the elimination of ergonomic risks associated with the manual handling of coils, complemented by an ergonomic analysis of the implementation. After that, the mechanical aid was put into operation, and the results were overwhelming. Manual lifting of coils was eliminated, with a NIOSH Lifting Index = 0. In the GTC-45, manual handling of loads was reduced by 100%, repetitive movements by 77.8%, and entrapments by 20%, bringing the workplace to acceptable conditions with monitoring. The actual implementation cost was USD 2,922.15, representing a 9.09% savings compared to the initial estimate of USD 3,214.36. In conclusion, the jib crane's implementation proved to be an effective and sustainable measure for managing ergonomic risks in the winding area. The proposal eliminated manual handling of heavy loads, optimizing economic resources and execution times. These findings reinforce the importance of applying controls at the source as a priority strategy in industrial ergonomics and lay the foundation for future research aimed at replicating similar solutions in other production processes.

KEYWORDS: Ergonomics, manual handling of loads, mechanical assistance, occupational health and safety



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El levantamiento manual y transporte de cargas es uno de los principales factores de riesgo ergonómico siendo responsable de trastornos musculoesqueléticos en los trabajadores de la industria manufacturera principalmente en la región lumbar, hombros y extremidades superiores (Gallagher, Schall 2017; Realyvásquez-Vargas et al. 2024)., en el área de enrollado de cintas adhesivas, estas tareas se realizan de manera frecuente, exponiendo a los trabajadores a riesgos ergonómicos que pueden derivar en enfermedades laborales, ausentismo y disminución de la productividad. Estos riesgos han sido documentados tanto en contextos industriales globales como en estudios realizados en América Latina, destacando que la manipulación manual sin ayudas mecánicas incrementa significativamente la probabilidad de lesiones laborales.(Guevara Mayorga César Elías 2021; Rodríguez 2021).

A nivel mundial, la ergonomía y la prevención de riesgos laborales han sido reconocidas como aspectos esenciales para la protección de los trabajadores, con regulaciones establecidas por la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la Organización Mundial de la Salud (OIT 2023; Laura Ruiz 2011). En este contexto, diversos estudios internacionales han demostrado que la manipulación manual de cargas pesadas y la adopción de posturas forzadas son factores determinantes en la aparición de trastorno musculoesquelético (TME).(MARRAS et al. 2010) evidenciaron la relación entre la carga biomecánica y los desórdenes lumbares más recientemente, investigaciones en el sector manufacturero han mostrado que la ausencia de ayudas mecánicas incrementa los niveles de sobrecarga física y fatiga laboral (Realyvásquez-Vargas et al. 2024b; Rodríguez 2021).

En cuanto a herramientas de evaluación, la ergonomía cuenta con metodologías científicas validadas internacionalmente. El Cuestionario Nórdico de Kuorinka se emplea para diagnosticar síntomas musculoesqueléticos y determinar las regiones corporales más afectadas (*Cuestionario Nórdico*). La Ecuación de NIOSH, desarrollada en Estados Unidos, constituye un modelo de referencia para calcular el límite de peso recomendado y establecer índices de levantamiento en tareas de carga. (*Cuestionario Nórdico*; Niosh;

Bernard et al. 1997; WATERS et al. 1993) De forma complementaria, la Guía Técnica Colombiana GTC-45 (ICONTEC 2012) aporta un marco metodológico para la identificación, evaluación y control de riesgos biomecánicos en actividades de manipulación manual de cargas, convirtiéndose en un referente aplicado en Latinoamérica.

A nivel regional, investigaciones recientes han mostrado resultados consistentes como (Realyvásquez-Vargas et al. 2024b) identificaron una alta prevalencia de síntomas musculoesqueléticos en la industria plástica. (Ulloa Vázquez 2024) aplicó estrategias de prevención ergonómica en la industria del vidrio, demostrando que las medidas de rediseño reducen significativamente el riesgo. En Ecuador (Guaminga Mendoza) evaluó una línea de producción mediante herramientas ergonómicas, mientras que (Guevara Mayorga César Elías 2021) realizó un rediseño de puestos de trabajo agrícolas con resultados positivos. así como (Haro Jiménez 2024) reforzó la necesidad de aplicar instrumentos de diagnóstico ergonómico en la industria manufacturera, concluyendo que los TME se pueden reducir mediante gestión preventiva. Finalmente (Sarmiento-Ortiz et al. 2024) diseñaron un elevador de carga que permitió reducir de manera significativa la manipulación manual, transformando condiciones de riesgo no aceptables en aceptables.

En el caso de la empresa objeto de estudio, ubicada en Quito, se identificó que en el área de enrollado de cintas adhesivas los trabajadores realizan de forma constante levantamiento y transporte manual de bobinas de aproximadamente 21 kg. Estas condiciones, al ser repetitivas y forzadas, incrementan la probabilidad de desarrollar enfermedades musculoesqueléticas.

Antecedentes

La empresa en estudio tiene como fin la producción de cintas de adhesivas, la empresa está ubicada al norte de la ciudad de Quito. En el área de enrollado de cintas adhesivas enfrenta un desafío debido que existe una gran cantidad de tareas manuales que requieren esfuerzo físico continuo.

Una de las actividades más críticas en términos ergonómicos es el levantamiento y transporte manual de cargas en el área de enrollado, donde los operarios manipulan bobinas de cinta que, por su peso, volumen y frecuencia de manipulación, pueden generar una carga biomecánica considerable sobre el sistema musculoesquelético.

En el área de enrollado de cintas adhesivas, los trabajadores ejecutan de manera continua el levantamiento y transporte manual de bobinas terminadas con un peso aproximado de 21 kilogramos cada una, las cuales son trasladadas manualmente a una distancia de 2 metros. Esta operación se repite durante toda la jornada laboral de 8 horas, generando una exposición prolongada a factores de riesgo ergonómico que afectan principalmente la zona lumbar, hombros y extremidades superiores.

Durante la observación directa del proceso, se evidenciaron posturas forzadas con flexión de tronco, movimientos repetitivos y aplicación de fuerza sin apoyo de ayudas mecánicas ni elementos ergonómicos que mitiguen la carga física. La manipulación de las bobinas se realiza desde posiciones bajas, lo que obliga al trabajador a inclinarse o agacharse para levantarlas, girar el torso y desplazarse en trayectos cortos pero repetitivos, acumulando una demanda física considerable.

Por ello, se plantea la necesidad urgente de desarrollar una propuesta metodológica de gestión del riesgo ergonómico, que permita evaluar la exposición actual, diseñar medidas preventivas y mejorar de manera sostenible las condiciones de trabajo en esta área crítica del proceso productivo.

Justificación

La gestión del riesgo ergonómico desarrollada en este trabajo es de gran **importancia**, ya que permite a la empresa identificar y mitigar la exposición de los trabajadores al transporte manual de cargas. Además, la implementación de una estrategia adecuada contribuirá a reducir los riesgos ergonómicos, mejorar la productividad y garantizar un entorno de trabajo más seguro y saludable.

Este trabajo tendrá un **impacto** positivo en la empresa, ya que permitirá minimizar la exposición de los trabajadores a factores de riesgo ergonómico, disminuir las enfermedades ocupacionales además, fortalecer la imagen corporativa de la empresa al demostrar un compromiso con la seguridad y salud de sus empleados, lo que puede traducirse en una mayor satisfacción y retención del personal.

La gestión del riesgo ergonómico es de gran **utilidad** porque no se ha realizado ningún estudio respecto a seguridad laboral, mucho menos en el aspecto ergonómico. Esto permitirá tener un análisis de gestión desde un punto de vista técnico para que los trabajadores en las distintas áreas de trabajo desempeñen de mejor manera sus actividades laborales.

Los principales **beneficiarios** son los trabajadores del área de enrollado de cintas adhesivas, ya que ellos son el punto clave a estudiar para lograr el objetivo planteado de crear alternativas preventivas y correctivas en seguridad y salud ocupacional.

La implementación de la gestión del riesgo ergonómico es **factible** ya que se dispone de la colaboración y contribución de los trabajadores para el levantamiento de información de los puestos de trabajo. Posteriormente, estos datos serán evaluados mediante la aplicación de metodologías para poder aplicar medidas preventivas y correctivas.

Objetivo general:

Gestionar el riesgo ergonómico para el levantamiento manual de cargas, mediante la implementación de una ayuda mecánica en el área enrollado de cintas adhesivas reduciendo el nivel de riesgo de exposición en el trabajador.

Objetivos Específicos:

- Diagnosticar sintomatologías de trastornos musculoesqueléticos en los trabajadores que realizan el levantamiento manual de cargas determinando los segmentos del cuerpo afectados, a través de la aplicación del método musculo tendinoso de Kuorinka.
- Evaluar el riesgo ergonómico en los trabajadores que ocupan el puesto de trabajo de enrollado de cintas adhesivas aplicando el método de NIOSH para determinar el nivel de riesgo de exposición.
- Rediseñar el puesto de trabajo de enrollado de cintas adhesivas considerando parámetros de diseño de los componentes de la ayuda mecánica reduciendo el levantamiento manual de carga.
- Evaluar el nivel de riesgo ergonómico para el levantamiento manual de cargas con la medida correctiva implementada en el área de enrollado de cintas adhesivas mejorando el puesto de trabajo.

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual de la empresa:

Por motivos de confidencialidad, en este documento no se presenta información detallada sobre la razón social ni los datos administrativos de la empresa. Únicamente se describen las condiciones ergonómicas del área de estudio, necesarias para el análisis y desarrollo de la propuesta, centradas en las tareas de manipulación manual de cargas, la frecuencia e intensidad del trabajo, los factores de riesgo observados y los resultados de las metodologías aplicadas.

La empresa se dedica a la producción de cintas adhesivas en diferentes presentaciones, entre ellas cinta doble faz, masking y cinta de embalaje. En el área de enrollado de cintas adhesivas, los trabajadores realizan de forma continua tareas de levantamiento manual y transporte de bobinas con un peso aproximado de 21 kg, las cuales deben desplazarse a lo largo de 2 metros, repitiendo esta operación durante una jornada laboral de ocho horas. Este proceso, al no contar con ayudas mecánicas, implica manipulación de cargas, posturas forzadas de tronco y miembros superiores, lo que constituye un riesgo ergonómico significativo con potencial de generar trastornos musculoesqueléticos a mediano y largo plazo.

Con el fin de identificar y evaluar el impacto de estos factores sobre la salud de los trabajadores, en primer lugar se aplicó la matriz de la Guía Técnica Colombiana GTC-45:2012, que permite identificar, evaluar y valorar los factores de riesgo biomecánico en tareas de manipulación manual de cargas. Esta herramienta considera criterios como la postura adoptada, la fuerza aplicada, la repetitividad y la intensidad de la tarea, clasificando el nivel de riesgo en bajo, medio o alto.

Posteriormente, se aplicó el Cuestionario Nórdico de Kuorinka, una herramienta epidemiológica ampliamente utilizada en estudios de ergonomía y salud ocupacional, que facilitó la identificación de la prevalencia de molestias musculoesqueléticas en los trabajadores, señalando las zonas del cuerpo más afectadas y su relación con las condiciones actuales del puesto de trabajo.

El presente diagnóstico se sustenta en investigaciones previas que han demostrado que la exposición prolongada a posturas forzadas, movimientos repetitivos y levantamiento de cargas pesadas incrementa de manera considerable la incidencia de lesiones musculoesqueléticas, principalmente en la zona lumbar, cuello, hombros y extremidades superiores.

Finalmente, los resultados obtenidos de esta primera fase de evaluación constituyen la base para un diagnóstico inicial, el cual se complementará mediante la aplicación de la Ecuación de NIOSH. Esta herramienta permitirá calcular el índice de levantamiento (LI) y determinar si las condiciones actuales superan los límites de seguridad recomendados, lo que servirá de fundamento para proponer medidas correctivas y diseñar mejoras en el puesto de trabajo que reduzcan la exposición ergonómica de los trabajadores.

A continuación se presenta la Tabla N° 1 donde se visualiza la aplicación de la matriz GTC-45 .

Matriz GTC-45

Tabla No. 1: Matriz GTC-45 del operador estado inicial

PROCESO/ CARGOS	ZONA / LUGAR	ACTIVIDADES	TAREAS	PELIGRO		EFECTOS POSIBLES EN LA SALUD	CONTROLES EXISTENTES			EVALUACIÓN DEL RIESGO						VALORACIÓN DEL RIESGO	MEDIDAS DE INTERVENCIÓN					
				DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN		FUENTE	MEDIO	INDIVIDUO	NIVEL DE DEFICIENCIA	NIVEL DE EXPOSICIÓN	NIVEL DE PROBABILIDAD (NP= ND x NE)	INTERPRETACIÓN DEL NIVEL DE PROBABILIDAD	NIVEL DE CONSECUENCIA	NIVEL DE RIESGO (NR) e INTERVENCIÓN	INTERPRETACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO (NR)	ACEPTABILIDAD DEL RIESGO	ELIMINACIÓN	SUSTITUCIÓN	CONTROLES DE INGENIERIA	CONTROLES ADMINISTRATIVO S. SEÑALIZACIÓN, ADVERTENCIA	EQUIPOS Y ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL
Trabajador Operativo	Área de enrollado de cintas adhesivas	Operador de máquina enrolladora de cintas adhesivas	Transporte de bobinas con cintas adhesivas desde la máquina cargadora de núcleos hasta la máquina cortadora	Manipulación manual de cargas	Ergonómico	Lesiones musculoesqueléticas, en espalda baja, desarrollo de hernias, dolor en brazos y hombros	No existe	No existe	No existe	10	4	40	MUY ALTO	25	1000	Situación crítica. Suspender actividades hasta que el riesgo este bajo control. Intervención Urgente.	No Aceptable	Implementación de ayuda mecánica	ninguno	Diseño de la ayuda mecánica	Inducción general, señalización básica, capacitación MMC	N/A
				Movimiento repetitivos	Ergonómico	Lesiones musculoesqueléticas, dolor, inflamación en extremidades superiores	No existe	No existe	No existe	6	3	18	ALTO	25	450	Corregir y adoptar medidas de control de inmediato. Sin embargo, suspenda actividades si el nivel de riesgo esta por encima o igual de 360.	No aceptable o aceptable con control específico	ninguno	ninguno	ninguno	ninguno	N/A
				Estrés laboral	Psicosocial	Desmotivación, Insomnio, falta de concentración, migraña	No existe	No existe	No existe	2	1	2	BAJO	10	20	Mantener las medidas de control existentes, pero se deberían considerar soluciones o mejoras y se deben hacer comprobaciones periódicas para asegurar que el riesgo es aún aceptable.	Aceptable	ninguno	ninguno	ninguno	ninguno	N/A
				Riesgo de atrapamiento en rodillos	Mecánicos	Atrapamiento de dedos o extremidades, cortaduras, golpes	Bloqueo de fabrica, guardas	No existe	EPP, capacitación	2	1	2	BAJO	25	50	Mejorar si es posible. Seria conveniente justificar la intervención y su rentabilidad.	Mejorable	ninguno	ninguno	ninguno	ninguno	Dotación y uso adecuado de EPP.
				Ruido	Físico	Sordera	No existe	Señalética vertical	Orejeras	2	1	2	BAJO	25	50	Mejorar si es posible. Seria conveniente justificar la intervención y su rentabilidad.	Mejorable	ninguno	ninguno	ninguno	ninguno	N/A
				Posturas	Ergonómico	Lesiones musculoesqueléticas	No existe	No existe	Pausas activas	2	1	2	BAJO	25	50	Mejorar si es posible. Seria conveniente justificar la intervención y su rentabilidad.	Mejorable	ninguno	ninguno	ninguno	ninguno	N/A

Elaborado por: Fabian Sarmiento Ortiz

Los resultados obtenidos de la aplicación de la matriz GTC-45 evidencian que el área de enrollado presenta un nivel de riesgo alto, principalmente por la manipulación manual de bobinas de 21 kg durante la jornada laboral. Estos resultados son un punto de partida complementar el diagnóstico mediante el Cuestionario Nórdico de Kuorinka y la Ecuación de NIOSH, a fin de tener una visión más clara del problema.

Método musculo tendinoso de Kuorinka

El valor de este cuestionario es el de informar el nivel de riesgos de manera proactiva y nos permite una actuación precoz. Las preguntas que se realizan en este cuestionario son de elección múltiple y puede ser aplicado de dos formas: una de las formas es contestado por la propia persona encuestada sin la presencia de un encuestador y la otra forma es la de un encuestador como una entrevista”. (TALENT POOL, 2014)

Antes de la aplicación del Cuestionario Nórdico de Kuorinka, se informó a los trabajadores sobre la importancia del estudio y se aseguró la confidencialidad de sus respuestas. Se explicó que la finalidad de la evaluación es mejorar sus condiciones laborales y prevenir riesgos ergonómicos, garantizando que sus respuestas no tendrán repercusiones negativas y serán utilizadas exclusivamente con fines de análisis y mejora.

En este cuestionario participó solo el personal del área de enrollado de cintas adhesivas, que en este caso son 4 trabajadores, a continuación, se indica los resultados de dicho análisis.



Imagen No. 1: Proceso de enrollado de cintas adhesivas

Elaborado por: Fabian Sarmiento Ortiz

En la imagen se visualiza una de las partes del proceso donde el trabajador levanta y traslada las cintas adhesivas. A continuación, se realiza el cuestionario Nórdico de Kuorinka.

Resultados del Cuestionario

Tabla No. 2: Resultados trabajador 1

Cuestionario Nórdico de síntomas Músculo Tendinosos										
	Cuello		Hombro		Dorsal o Lumbar		Codo o Antebrazo		Muñeca o Mano	
1, ¿Has tenido molestias en ...?	Si	No	Si	Izq.	Si	No	SI	Izq.	SI	Izq.
			No	Dcho.			No	Dcho.	No	Dcho.
								Ambos		Ambos
2. ¿Desde hace cuánto tiempo?	-		2 meses		-		-		2 meses	
3. ¿Has necesitado cambiar de puesto de trabajo?	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
4. ¿Has tenido molestias en los últimos 12 meses?	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
5. ¿Cuánto tiempo ha tenido molestias en los últimos 12 meses?	1-7 días		1-7 días		1-7 días		1-7 días		1-7 días	
	8-30 días		8-30 días		8-30 días		8-30 días		8-30 días	

		>30días, no seguidos	>30días, no seguidos	>30días, no seguidos	>30días, no seguidos	>30días, no seguidos	>30días, no seguidos	>30días, no seguidos	>30días, no seguidos	>30días, no seguidos
		Siempre	siempre	siempre	siempre	siempre	siempre	siempre	siempre	siempre
6. ¿Cuánto dura cada episodio?	< 1 hora	< 1 hora	< 1 hora	< 1 hora	< 1 hora	< 1 hora	< 1 hora	< 1 hora	< 1 hora	< 1 hora
	1 a 24 horas	1 a 24 horas	1 a 24 horas	1 a 24 horas	1 a 24 horas	1 a 24 horas	1 a 24 horas	1 a 24 horas	1 a 24 horas	1 a 24 horas
	1 a 7 días	1 a 7 días	1 a 7 días	1 a 7 días	1 a 7 días	1 a 7 días	1 a 7 días	1 a 7 días	1 a 7 días	1 a 7 días
	1 a 4 semanas	1 a 4 semanas	1 a 4 semanas	1 a 4 semanas	1 a 4 semanas	1 a 4 semanas	1 a 4 semanas	1 a 4 semanas	1 a 4 semanas	1 a 4 semanas
	>1 mes	>1 mes	>1 mes	>1 mes	>1 mes	>1 mes	>1 mes	>1 mes	>1 mes	>1 mes
7. ¿Cuánto tiempo estas molestias le han impedido hacer su trabajo en los últimos 1 meses	0 día	0 día	0 día	0 día	0 día	0 día	0 día	0 día	0 día	0 día
	1 a 7 días	1 a 7 días	1 a 7 días	1 a 7 días	1 a 7 días	1 a 7 días	1 a 7 días	1 a 7 días	1 a 7 días	1 a 7 días
	1 a 4 semanas	1 a 4 semanas	1 a 4 semanas	1 a 4 semanas	1 a 4 semanas	1 a 4 semanas	1 a 4 semanas	1 a 4 semanas	1 a 4 semanas	1 a 4 semanas
	>1 mes	>1 mes	>1 mes	>1 mes	>1 mes	>1 mes	>1 mes	>1 mes	>1 mes	>1 mes
8. ¿Ha recibido tratamiento por estas molestias en los últimos 12 meses?	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
9. ¿Has tenido molestias en los últimos 7 días?	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No

10. Póngale nota a sus molestias entre 0 (sin molestias) y 5 (molestias muy fuertes)	0	0	0	0	0
	1	1	1	1	1
	2	2	2	2	2
	3	3	3	3	3
	4	4	4	4	4
	5	5	5	5	5
11. ¿A que atribuyes estas molestias		Al tener que alzar las cintas durante mucho tiempo			Por muchas repeticiones el mismo movimiento

Elaborado por: Fabián Sarmiento Ortiz

Reporta molestias musculares moderadas en cuello, hombros, zona lumbar, codos y muñecas. Aunque no ha requerido cambio de puesto ni ha presentado ausentismo, las dolencias son persistentes y atribuidas a la manipulación constante de bobinas, lo cual indica una sobrecarga física acumulativa.

Tabla No. 3: Resultados trabajador 2.

Cuestionario Nórdico de síntomas Músculo Tendinosos										
	Cuello		Hombro		Dorsal o Lumbar		Codo o Antebrazo		Muñeca o Mano	
1, ¿Has tenido molestia en ...?	Si	No	Si	Izq.	Si	No	SI	Izq.	SI	Izq.
			No	Dcho.			No	Dcho.	No	Dcho.
								Ambos		Ambos
2. ¿Desde hace cuánto tiempo?	-		3 meses		2 meses		2 meses		2 meses	
3. ¿Has necesitado cambiar de puesto de trabajo?	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
4. ¿Has tenido molestias en los últimos 12 meses?	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
5. ¿Cuánto tiempo ha tenido molestias en los últimos 12 meses?	1-7 días		1-7 días		1-7 días		1-7 días		1-7 días	
	8-30 días		8-30 días		8-30 días		8-30 días		8-30 días	

	>30días, no seguidos		>30días, no seguidos		>30días, no seguidos		>30días, no seguidos		>30días, no seguidos	
	siempre		Siempre		siempre		siempre		siempre	
6. ¿Cuánto dura cada episodio?	< 1 hora		< 1 hora		< 1 hora		< 1 hora		< 1 hora	
	1 a 24 horas		1 a 24 horas		1 a 24 horas		1 a 24 horas		1 a 24 horas	
	1 a 7 días		1 a 7 días		1 a 7 días		1 a 7 días		1 a 7 días	
	1 a 4 semanas		1 a 4 semanas		1 a 4 semanas		1 a 4 semanas		1 a 4 semanas	
	>1 mes		>1 mes		>1 mes		>1 mes		>1 mes	
7. ¿Cuánto tiempo estas molestias le han impedido hacer su trabajo en los últimos 1 meses	0 día		0 día		0 día		0 día		0 día	
	1 a7 días		1 a7 días		1 a7 días		1 a7 días		1 a7 días	
	1 a4 semanas		1 a4 semanas		1 a4 semanas		1 a4 semanas		1 a4 semanas	
	>1 mes		>1 mes		>1 mes		>1 mes		>1 mes	
8. ¿ Ha recibido tratamiento por estas molestias en los últimos 12 meses?	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
9. ¿Has tenido molestias en los últimos 7 días?	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No

10. Póngale nota a sus molestias entre 0 (sin molestias) y 5 (molestias muy fuertes)	0	0	0	0	0
	1	1	1	1	1
	2	2	2	2	2
	3	3	3	3	3
	4	4	4	4	4
	5	5	5	5	5
11. ¿ A que atribuyes estas molestias		Sube y baja en varias ocasiones	Cargas y Movimientos repetitivos	Cargas y Movimientos repetitivos	Cargas y Movimientos repetitivos

Elaborado por: Fabián Sarmiento Ortiz

Muestra un patrón similar al del trabajador 1, con síntomas en todas las zonas corporales. Las molestias tienen una duración de hasta tres meses y se asocian a manipulación de cargas y movimientos repetitivos y levantamiento frecuente, aunque sin impedimentos laborales hasta el momento.

Tabla No. 4 : Resultados trabajador 3

Cuestionario Nórdico de síntomas Músculo Tendinosos										
	Cuello		Hombro		Dorsal o Lumbar		Codo o Antebrazo		Muñeca o Mano	
1, ¿Has tenido molestias en ...?	SI	No	SI	Izq.	SI	No	SI	Izq.	SI	Izq.
			No	Dcho.			No	Dcho.	No	Dcho.
								Ambos		Ambos
2. ¿Desde hace cuánto tiempo?	6 meses		3 años		1 año		3 años		1 año	
3. ¿Has necesitado cambiar de puesto de trabajo?	SI	No	SI	No	SI	No	SI	No	SI	No
4. ¿Has tenido molestias en los últimos 12 meses?	SI	No	SI	No	SI	No	SI	No	SI	No
5. ¿Cuánto tiempo ha tenido molestias en los últimos 12 meses?	1-7 días		1-7 días		1-7 días		1-7 días		1-7 días	
	8-30 días		8-30 días		8-30 días		8-30 días		8-30 días	
	>30dias, no seguidos		>30dias, no seguidos		>30dias, no seguidos		>30dias, no seguidos		>30dias, no seguidos	

	siempre		Siempre		siempre		siempre		siempre	
6. ¿Cuánto dura cada episodio?	< 1 hora		< 1 hora		< 1 hora		< 1 hora		< 1 hora	
	1 a 24 horas		1 a 24 horas		1 a 24 horas		1 a 24 horas		1 a 24 horas	
	1 a 7 días		1 a 7 días		1 a 7 días		1 a 7 días		1 a 7 días	
	1 a 4 semanas		1 a 4 semanas		1 a 4 semanas		1 a 4 semanas		1 a 4 semanas	
	>1 mes		>1 mes		>1 mes		>1 mes		>1 mes	
7. ¿Cuánto tiempo estas molestias le han impedido hacer su trabajo en los últimos 1 meses	0 día		0 día		0 día		0 día		0 día	
	1 a 7 días		1 a 7 días		1 a 7 días		1 a 7 días		1 a 7 días	
	1 a 4 semanas		1 a 4 semanas		1 a 4 semanas		1 a 4 semanas		1 a 4 semanas	
	>1 mes		>1 mes		>1 mes		>1 mes		>1 mes	
8. ¿ Ha recibido tratamiento por estas molestias en los últimos 12 meses?	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
9. ¿Has tenido molestias en los últimos 7 días?	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
	0		0		0		0		0	

10. póngales nota a sus molestias entre 0 (sin molestias) y 5 (molestias muy fuertes)	1	1	1	1	1
	2	2	2	2	2
	3	3	3	3	3
	4	4	4	4	4
	5	5	5	5	5
11. ¿ A que atribuyes estas molestias	Misma posición	Sube y baja varias ocasiones	De pie todo el día	Carga y colocación en baúles	Carga y Movimiento repetitivo

Elaborado por: Fabián Sarmiento Ortiz

Es el caso más representativo de riesgo acumulado. Presenta niveles de dolor más elevados en todas las regiones anatómicas evaluadas. Las molestias están presentes desde hace más de un año y, en algunos casos, más de tres años. Aunque continúa trabajando, las condiciones indican una exposición crónica que requiere intervención urgente

Tabla No. 5: Resultados trabajador 4

Cuestionario Nórdico de síntomas Músculo Tendinosos										
	Cuello		Hombro		Dorsal o Lumbar		Codo o Antebrazo		Muñeca o Mano	
1, ¿Has tenido molestia en ...?	Si	No	Si	Izq.	Si	No	SI	Izq.	SI	Izq.
			No	Dcho.			No	Dcho.	No	Dcho.
								Ambos		Ambos
2. ¿Desde hace cuánto tiempo?	-		3 meses		2 meses		-		2 meses	
3. ¿Has necesitado cambiar de puesto de trabajo?	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
4. ¿Has tenido molestias en los últimos 12 meses?	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
5. ¿Cuánto tiempo ha tenido molestias en los últimos 12 meses?	1-7 días		1-7 días		1-7 días		1-7 días		1-7 días	
	8-30 días		8-30 días		8-30 días		8-30 días		8-30 días	

	>30días, no seguidos	>30días, no seguidos	>30días, no seguidos	>30días, no seguidos	>30días, no seguidos
	siempre	Siempre	siempre	siempre	siempre
6. ¿Cuánto dura cada episodio?	< 1 hora	< 1 hora	< 1 hora	< 1 hora	< 1 hora
	1 a 24 horas	1 a 24 horas	1 a 24 horas	1 a 24 horas	1 a 24 horas
	1 a 7 días	1 a 7 días	1 a 7 días	1 a 7 días	1 a 7 días
	1 a 4 semanas	1 a 4 semanas	1 a 4 semanas	1 a 4 semanas	1 a 4 semanas
	>1 mes	>1 mes	>1 mes	>1 mes	>1 mes
7. ¿Cuánto tiempo estas molestias le han impedido hacer su trabajo en los últimos 1 meses	0 día	0 día	0 día	0 día	0 día
	1 a 7 días	1 a 7 días	1 a 7 días	1 a 7 días	1 a 7 días
	1 a 4 semanas	1 a 4 semanas	1 a 4 semanas	1 a 4 semanas	1 a 4 semanas
	>1 mes	>1 mes	>1 mes	>1 mes	>1 mes

8. ¿Ha recibido tratamiento por estas molestias en los últimos 12 meses?	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
9. ¿Has tenido molestias en los últimos 7 días?	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
10. póngales nota a sus molestias entre 0 (sin molestias) y 5 (molestias muy fuertes)	0		0		0		0		0	
	1		1		1		1		1	
	2		2		2		2		2	
	3		3		3		3		3	
	4		4		4		4		4	
	5		5		5		5		5	
11. ¿ A que atribuyes estas molestias			Sube y baja en varias ocasiones		Carga y Movimientos repetitivos		Carga y Movimientos repetitivos		Carga y Movimientos repetitivos	

Elaborado por: Fabián Sarmiento Ortiz

También reporta síntomas moderados en todas las zonas, con una duración de hasta dos meses. Las molestias son recurrentes, asociadas a la ejecución repetitiva de tareas y la carga física sin asistencia mecánica.

El análisis global de los cuatro trabajadores del área de enrollado de cintas adhesivas evidencia una alta prevalencia de molestias musculoesqueléticas en todos los segmentos corporales evaluados: cuello, hombros, zona lumbar, codos y muñecas, con predominio en el lado izquierdo. Las causas principales identificadas son el levantamiento manual frecuente de cargas, la ejecución repetitiva de movimientos, la adopción prolongada de posturas forzadas y la falta de rotación de tareas. Si bien ninguno de los trabajadores ha requerido ausentarse de su puesto, todos reportan dolor, con episodios persistentes que en algunos casos superan el año de duración. Este patrón de afectación confirma la presencia de un riesgo ergonómico significativo, que justifica de manera técnica y preventiva la necesidad de rediseñar el puesto de trabajo, implementar ayudas mecánicas y establecer pausas activas o medidas correctivas inmediatas para prevenir lesiones incapacitantes y mejorar el bienestar de los trabajadores.

Para llevar a cabo una evaluación del riesgo ergonómico asociado al levantamiento manual y transporte de cargas en el área de enrollado de cintas adhesivas, se ha considerado pertinente la aplicación del método NIOSH (Revised NIOSH Lifting Equation - RNLE).

El método NIOSH se utilizará para analizar el riesgo físico vinculado al levantamiento manual de cargas, considerando variables como el peso real de la carga, la distancia horizontal del levantamiento, la altura inicial y final, la frecuencia, el giro del torso y la calidad del agarre. Esta herramienta proporciona un índice cuantitativo denominado Índice de Levantamiento (LI), que permite determinar si las condiciones de levantamiento superan los límites recomendados y, por lo tanto, si representan un riesgo para la salud del trabajador. Su aplicación resulta especialmente relevante en contextos donde el levantamiento de cargas es frecuente y forma parte esencial de la tarea.

Método NIOSH

Para la aplicación de la metodología NIOSH se estableció que el análisis se realice por puesto de trabajo. Esto se debe a que en el área de estudio existen dos estaciones de trabajo, y en cada una de ellas laboran dos trabajadores de manera simultánea. En ambos casos, las tareas que ejecutan son equivalentes, las distancias de manipulación son las mismas y las condiciones ergonómicas del entorno no presentan variaciones significativas entre trabajadores de una misma estación. Por este motivo, resulta metodológicamente válido considerar la evaluación por puesto y no de manera individual. Adicionalmente, se tomó como referencia la estatura promedio de los trabajadores, que corresponde a 170 cm. El Método NIOSH permite calcular el Índice de Levantamiento (IL), el cual

relaciona el peso levantado con el peso límite recomendado bajo condiciones óptimas. La ecuación considera siete factores:

1. **LPR:** Límite de peso recomendado
2. **LC:** Constante de carga (23 kg).
3. **HM:** Factor de distancia horizontal.
4. **VM:** Factor de altura vertical.
5. **DM:** Factor de desplazamiento vertical.
6. **AM:** Factor de asimetría.
7. **FM:** Factor de frecuencia.
8. **CM:** Factor de calidad del agarre.

$$\text{LPR} = \text{LC} \cdot \text{HM} \cdot \text{VM} \cdot \text{DM} \cdot \text{AM} \cdot \text{FM} \cdot \text{CM} \quad (1)$$

En la Ecuación de Niosh LC es la constante de carga y el resto de los términos del segundo miembro de la ecuación son factores multiplicadores que toman el valor 1 en el caso de tratarse de un levantamiento en condiciones óptimas, y valores más cercanos a 0 cuanto mayor sea la desviación de las condiciones del levantamiento respecto de las ideales. Así pues, LPR toma el valor de LC (23 kg) en caso de un levantamiento óptimo, y valores menores conforme empeora la forma de llevar a cabo el levantamiento.

Conocido el LPR se calcula el Índice de Levantamiento (LI). Es necesario distinguir la forma en la que se calcula LI en función de si se trata de una única tarea o si el análisis es multitarea. Se expondrá más adelante como calcular LI en el caso de análisis multitarea.

En el caso de evaluaciones monotarea el Índice de Levantamiento se calcula como el cociente entre el peso de la carga levantada y el límite de peso recomendado calculado para la tarea.

Los datos necesarios para el análisis son:

- El peso del objeto manipulado en kilogramos incluido su posible contenedor.
- Las Distancias Horizontal (H) y Vertical (V) existente entre el punto de agarre y la proyección sobre el suelo del punto medio de la línea que une los tobillos del trabajador. La

distancia V debe medirse tanto en el origen del levantamiento como en el destino de este independientemente de que exista o no control significativo de la carga

- La Frecuencia de los levantamientos (F) en cada tarea. Se debe determinar el número de veces por minuto que el trabajador levanta la carga en cada tarea. Para ello se observará al trabajador durante 15 minutos de desempeño de la tarea obteniendo el número medio de levantamientos por minuto. Si existen diferencias superiores a dos levantamientos por minuto en la misma tarea entre diferentes sesiones de trabajo debería considerarse la división en tareas diferentes.
- La Duración del Levantamiento y los Tiempos de Recuperación. Se debe establecer el tiempo total empleado en los levantamientos y el tiempo de recuperación tras un periodo de levantamiento. Se considera que el tiempo de recuperación es un periodo en el que se realiza una actividad ligera diferente al propio levantamiento. Ejemplos de actividades de este estilo son permanecer sentado frente a un ordenador, operaciones de monitoreo, operaciones de ensamblaje, etc.
- El Tipo de Agarre clasificado como Bueno, Regular o Malo. En apartados posteriores se indicará como clasificar los diferentes tipos de agarre.
- El Ángulo de Asimetría (A) formado por el plano sagital del trabajador y el centro de la carga (Figura 2). El ángulo de asimetría es un indicador de la torsión del tronco del trabajador durante el levantamiento, tanto en el origen como en el destino del levantamiento.

Realizada la toma de datos se procederá a calcular los factores multiplicadores de la ecuación de Niosh (HM, VM, DM, AM, FM y CM). El procedimiento de cálculo de cada factor se expondrá en apartados posteriores. Conocidos los factores se obtendrá el valor del Limite de peso recomendado (LPR) para cada tarea mediante la aplicación de la ecuación.

Conocido el LPR se calcula el Índice de Levantamiento (LI). Es necesario distinguir la forma en la que se calcula LI en función de si se trata de una única tarea o si el análisis es multitarea. Se expondrá más adelante como calcular LI en el caso de análisis multitarea.

En el caso de evaluaciones monotarea el Índice de Levantamiento se calcula como el cociente entre el peso de la carga levantada y el límite de peso recomendado calculado para la tarea.

$$\text{LI} = \text{Peso de la carga levantada} / \text{LPR} \quad (2)$$

Índice de Levantamiento

Finalmente, conocido el valor del Índice de Levantamiento puede valorarse el riesgo que entraña la tarea para el trabajador. Niosh considera tres intervalos de riesgo:

- Si **LI** es **menor o igual a 1** la tarea puede ser realizada por la mayor parte de los trabajadores sin ocasionarles problemas.
- Si **LI** está entre **1 y 3** la tarea puede ocasionar problemas a algunos trabajadores. Conviene estudiar el puesto de trabajo y realizar las modificaciones pertinentes.
- Si **LI** es **mayor o igual a 3** la tarea ocasionará problemas a la mayor parte de los trabajadores. Debe modificarse.

Análisis de la tarea mediante observación directa

A partir del análisis del puesto de trabajo, se observó que la actividad realizada por los operarios corresponde a una tarea única repetitiva, compuesta por las siguientes acciones secuenciales:

- Tomar manualmente una bobina terminada desde la salida de la máquina enrolladora (a una altura de aproximadamente 80 cm).
- Realizar el levantamiento manual de la bobina, que tiene un peso de 21 kg.
- Girar ligeramente el torso (asimetría estimada de 15°).
- Transportar la carga manualmente a una distancia aproximada de 2 metros.
- Depositar la bobina en un soporte o superficie estable.
- Repetir esta tarea durante toda la jornada laboral (8 horas), con una frecuencia estimada de 3 levantamientos por minuto.

No se evidencian cambios de actividad, de carga ni de técnica durante los ciclos, por lo que se confirma que se trata de una tarea cíclica única, lo cual permite aplicar el modelo estándar del método NIOSH sin necesidad de ajustes por multitarea.

Se iniciará con la revisión del Anexo 3 del Acuerdo Ministerial 196 para conocer el LC. El cual indica que en actividades de levantamiento de cargas, los pesos máximo que un trabajador sano podrá cargar en condiciones ideales de manipulación se especifican en la siguiente tabla:

Tabla No. 6: Valores del LC del Anexo 3 Acuerdo Ministerial 196.

Trabajadores	Masa de referencia
Mujeres (20 a 45 años)	20 kg
Mujeres (<20 o >45 años)	15 kg
Hombres (20 a 45 años)	23 kg
Hombres (<20 o > 45 años)	20 kg

Elaborado por: Fabián Sarmiento Ortiz

Como se observa en la Tabla 6, el trabajador evaluado tiene 33 años, por lo que, según la Tabla del Anexo 3 del Acuerdo Ministerial 196, el Límite de Carga (LC) corresponde a 23 kg.

A continuación, se procede a calcular cada una de las variables de la ecuación de NIOSH, iniciando con el cálculo del factor de distancia.



Imagen No. 2: Proceso de trabajo en el origen y en el destino

Elaborado por: Fabián Sarmiento

Factor de distancia horizontal (HM)

$$HM = \frac{25}{H} \quad (3)$$

Tabla No. 7: Factor de distancia horizontal

Origen	Destino
$HM_0 = 30 \text{ cm}$ $HM_0 = \frac{25}{30} = 0.83$	$HM_d = 30 \text{ cm}$ $HM_d = \frac{25}{30} = 0.83$

Elaborado por: Fabián Sarmiento Ortiz**Factor de altura (VM)**

$$VM = (1 - 0,003 |V - 75|) \quad (4)$$

Donde Vo corresponde a la altura en cm, desde el suelo hasta el centro de agarre de la carga al inicio del levantamiento. Para el caso de estudio, el valor en el origen es de 80 cm y en el destino es de 130 cm.

Tabla No. 8: Factor de altura

Origen	Destino
$V_0 = 80 \text{ cm}$ $VM_0 = (1 - 0,003 80 - 75) = 0.985$	$V_d = 130 \text{ cm}$ $VM_d = (1 - 0,003 130 - 75) = \mathbf{0.835}$

Elaborado por: Fabián Sarmiento Ortiz**Factor de desplazamiento vertical (DV)**

$$DV = 0,82 + \left(\frac{4,5}{D}\right) \quad (5)$$

Donde D corresponde a la distancia vertical en centímetros, es decir, la diferencia entre la altura de inicio (V) y la altura final (Vd) del levantamiento. Para el caso de estudio, la carga se desplaza de 80 cm a 130 cm, por lo que D es 50 cm. Utilizar este valor tanto para el origen como para el destino.

$$DV = 0,82 + \left(\frac{4,5}{50}\right)$$

$$DV = 0.91$$

Factor de asimetría (AM)

$$AM_o = 1 - (0,0032 \times A) \quad (6)$$

Donde A es el Ángulo de asimetría en grados (°), es decir, cuántos grados rota el torso desde la posición neutra para alcanzar o depositar la carga en este caso en el origen se tiene un valor de 15° y en el destino de 0°.

Tabla No. 9: Factor de Asimetría

Origen	Destino
$A_0 = 15^\circ$ $AM_o = 1 - (0,0032 \times 15^\circ) = 0.952$	$A_d = 0^\circ$ $AM_d = 1 - (0,0032 \times 0) = 1$

Elaborado por: Fabián Sarmiento Ortiz

Factor de frecuencia (FM).

Para el factor de frecuencia se consideran la duración de la tarea, el número de levantamientos y la distancia vertical en el origen. Este valor no se calcula con una fórmula directa, sino que se selecciona de una tabla oficial NIOSH, en función de las variables antes mencionadas. Para el caso de estudio, la distancia vertical V va desde 80 cm en el origen hasta 130 cm en el destino con una frecuencia de $F = 3$ levantamientos/ minuto y la duración de la jornada 8 horas, obteniendo un valor de $FM = 0.55$ para el origen y el destino.

Tabla No. 10: Valores para obtener el FM

DURACIÓN DEL TRABAJO						
FRECUENCIA (elev/min)	Corta		Moderada		Larga	
	$V \leq 75$	$V > 75$	$V \leq 75$	$V > 75$	$V \leq 75$	$V > 75$
< 0,2	1	1	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,8	0,8	0,6	0,6	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,5	0,5	0,27	0,27
7	0,7	0,7	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,6	0,6	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,3	0,3	0,15	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0,13	0,13
11	0,41	0,41	0,23	0,23	0	0

Elaborado por: Universidad Politécnica de Valencia, 2015.
<https://www.ergonautas.upv.es/metodos/niosh/niosh-ayuda.php>.

En la Tabla 10 se presenta la obtención del valor correspondiente al factor de frecuencia, que fue tomada de Diego-Mas, José Antonio (Evaluación ergonómica del levantamiento de carga mediante la ecuación de Niosh). De manera similar, el factor de agarre se determina mediante la Tabla 12. El Multiplicador de agarre (CM) evalúa la facilidad y seguridad con que se sujeta la carga, un agarre adecuado facilita el levantamiento, mientras que un agarre deficiente aumenta el riesgo de lesiones.

Tabla No. 11: Descripción de los tipos de agarre

BUENO	Recipientes con diseño optimo y con asas o asideros perforados de diseño optimo	Piezas sueltas o irregulares, que no suelen ir en cajas, con la condición de que sean fácilmente asibles.
REGULAR	Cajas con diseño óptimo pero con asas o asideros perforados de diseño subóptimo.	Cajas con diseño óptimo sin asas ni asideros perforados, piezas sueltas o irregulares en los que el agarre permita una flexión de la palma de la mano de 90° (aprox.)
MALO	Cajas con diseño subóptimo, piezas sueltas, objetos irregulares difíciles de asir, voluminosos o con bordes afilados.	Recipientes deformables

Elaborado por: Fabián Sarmiento Ortiz

Por medio de la observación directa del puesto de trabajo se determina que el tipo de agarre es adecuado, asignándose una puntuación de 1 en el origen y en el destino. Como se pueden observar en la tabla 12, datos tomados del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Tabla No. 12 Valores para el tipo de agarre

Factor de agarre: CM		Altura Vertical	
		V < 75	V > 75
TIPO DE AGARRE	Bueno	1	1
	Regular	0.95	1
	Malo	0.90	0.90

Elaborado por: Fabián Sarmiento Ortiz

En la tabla 12 se presentan los valores de CM en función del tipo de agarre y la altura vertical. Una vez obtenido todos los variables, se aplica la ecuación para LPR y luego el índice de levantamiento, con base en los datos tomados del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Tabla No. 13: Peso máximo recomendado

Origen	Destino
$LPR = 23 \times 0.83 \times 0.985 \times 0.91 \times 0.952 \times 0.55 \times 1$ $LPR = 8.959 \text{ Kg}$	$LPR = 23 \times 0.83 \times 0.835 \times 0.91 \times 0.952 \times 0.55 \times 1$ $LPR = 7.595 \text{ Kg}$

Elaborado por: Fabián Sarmiento Ortiz

En la tabla 13 se observa el peso recomendado calculado para el origen y el destino

Índice de levantamiento.

Para el cálculo del índice de levantamiento se toma con el menor valor que se obtiene del peso máximo permisible que en nuestro caso es de LPR= 7.595 Kg por lo tanto el valor de índice de levantamiento IL es de 2.76

$$IL = \frac{\text{Peso de la carga}}{LPR} \quad (7)$$

$$IL = 2.76$$

Finalmente, una vez conocido el valor del Índice de Levantamiento es posible valorar el nivel de riesgo que asociado a la tarea para el trabajador. Niosh considera tres intervalos de riesgo:

- Si **LI** es **menor o igual a 1** la tarea puede ser realizada por la mayor parte de los trabajadores sin ocasionarles problemas.
- Si **LI** está entre **1** y **3** la tarea puede ocasionar problemas a algunos trabajadores. Conviene estudiar el puesto de trabajo y realizar las modificaciones pertinentes.
- Si **LI** es **mayor o igual a 3** la tarea ocasionará problemas a la mayor parte de los trabajadores. Debe modificarse.

NIVEL DE RIESGO	{	RIESGO ILIMITADO	$IL < 1$
		RIESGO MODERADO	$1 < IL < 3$
		RIESGO GRAVE	$IL > 3$

Una vez analizada la tarea con los diferentes datos, se determina un valor del índice de levantamiento (IL) de 2.76 lo que indica un nivel de riesgo moderado alto por lo que se debe considerar una intervención ergonómica, como el rediseñar el puesto de trabajo, añadir ayudas mecánicas, o reducir el peso de las bobinas. Para el presente caso, se propone realizar la implementación de una ayuda mecánica.

En síntesis, el diagnóstico realizado en el área de enrollado de cintas adhesivas evidencia la presencia de riesgos ergonómicos significativos asociados al levantamiento manual y transporte de cargas, especialmente en actividades de manipulación de bobinas y apilamiento en bodega. Los resultados obtenidos mediante la identificación de tareas críticas, el análisis normativo y las encuestas de molestias musculoesqueléticas confirman la necesidad de implementar medidas de control que permitan reducir la sobrecarga física de los trabajadores y prevenir lesiones musculoesqueléticas. Con base en esta caracterización, en el siguiente capítulo se plantea una propuesta metodológica orientada a la gestión del riesgo ergonómico, integrando criterios técnicos, normativos y de factibilidad operativa.

Área de Estudio

Dominio:	La sociedad y Tecnología
Línea de Investigación:	Seguridad, salud laboral y ambiente
Campo:	Seguridad y Salud en el Trabajo
Aspectos:	Riesgos Ergonómicos
Objeto de estudio:	Mejoras ergonómicas en el puesto de trabajo del área de enrollado de cintas adhesivas.
Periodo de Análisis:	Noviembre del 2024. Fecha de titulación

Modelo operativo.

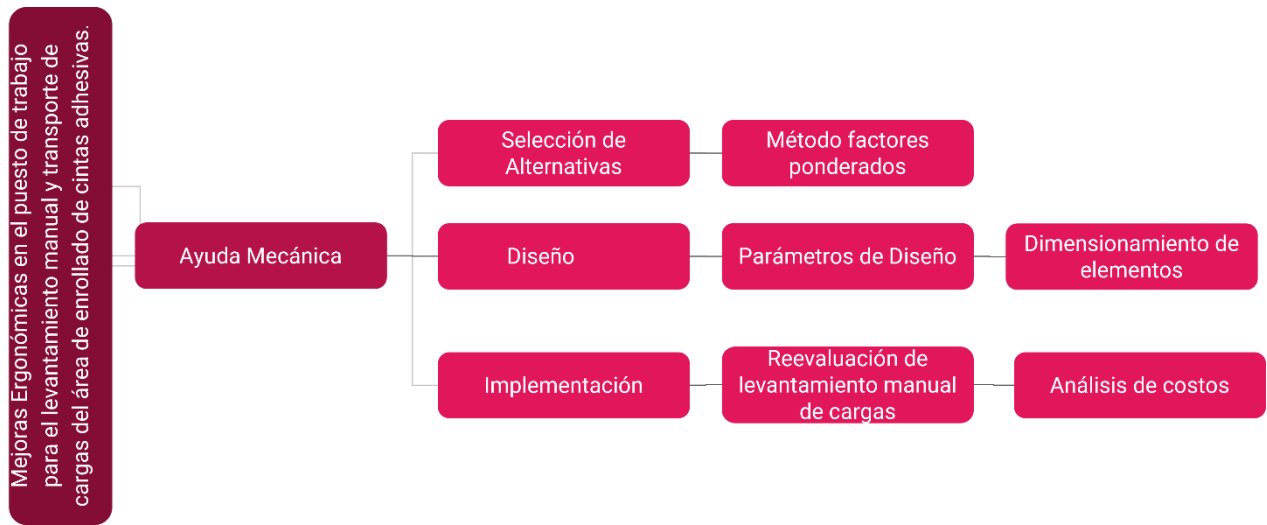


Imagen No. 3: Modelo operativo

Elaborado por: Fabián Sarmiento

Desarrollo del modelo operativo

Ayuda Mecánica

La propuesta se trata del Diseño e implementación de una ayuda mecánica como solución para reducir la carga física que enfrentan los trabajadores al levantar y transportar manualmente bobinas pesadas en el área de enrollado de cintas adhesivas. Esta intervención busca eliminar o minimizar el riesgo ergonómico, mediante un diseño adaptado a las tareas reales y características del entorno laboral.

Selección de Alternativas

Durante esta fase identificar distintas soluciones tecnológicas viables para asistir el levantamiento y traslado de cargas con un tecele o un diseño personalizado para el levantamiento manual de cargas con el objetivo de evaluar las opciones en términos de su aplicabilidad y beneficios ergonómicos.

Método de Factores Ponderados

Para la selección de la opción más adecuada utilizar el método de factores ponderados, herramienta multicriterio que permite valorar cada alternativa según variables clave: impacto ergonómico, costos, facilidad de operación, mantenimiento y adaptabilidad.

Diseño

Una vez seleccionada la alternativa, desarrollar el diseño del sistema de ayuda mecánica. En esta etapa considerar el análisis de dimensiones, materiales, mecanismos de operación y condiciones del entorno garantizando la funcionalidad, facilidad de uso y adaptación al flujo productivo sin interferir en otras tareas.

Parámetros de Diseño

Los parámetros de diseño se fundamentan en datos del entorno real de trabajo, como el peso de las bobinas (21 kg), distancia de desplazamiento (2 metros) y altura de manipulación (80–130 cm). Se integran además referencias antropométricas de los trabajadores, asegurando la adecuación del sistema a sus capacidades físicas.

Dimensionamiento de Elementos

En el dimensionamiento contemplar el cálculo estructural y funcional de cada componente, tomando en cuenta el tipo de material, frecuencia de uso y los esfuerzos esperados. Esta etapa ayuda a garantizar la resistencia y durabilidad del sistema bajo condiciones industriales reales.

Implementación

Basar la implementación en el diseño y construcción y su instalación en el área de trabajo y su validación en condiciones reales. Realizar esta fase con la participación del personal operativo para un correcto funcionamiento de la ayuda mecánica.

Reevaluación del Levantamiento Manual de Cargas

Una vez implementada la ayuda mecánica, realizar una reevaluación ergonómica aplicando el método NIOSH, comparando los resultados antes y después de la intervención, lo que permitirá verificar la efectividad de la solución propuesta.

Análisis de Costos

El análisis de costos permite determinar la inversión total necesaria para la implementación de la ayuda mecánica, considerando los costos de diseño, los materiales, fabricación y la instalación. Asimismo, permite justificar económicamente la inversión, comparando los gastos iniciales con los beneficios ergonómicos y operativos a mediano plazo.

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Presentación de la Propuesta

Del diagnóstico realizado en el área de enrollado de cintas adhesivas se determinó que los operarios se encuentran expuestos a un alto riesgo ergonómico debido al levantamiento manual y transporte de bobinas, cuyo peso puede alcanzar los 40 kg. Esta condición genera sobreesfuerzos físicos, posturas forzadas y una elevada probabilidad de lesiones musculoesqueléticas.

La presente propuesta plantea el desarrollo de un sistema mecánico de ayuda para la manipulación de bobinas en el área de enrollado de cintas adhesivas, con el objetivo de reducir el riesgo ergonómico asociado al levantamiento manual y transporte de cargas.

Este sistema estará diseñado para permitir el traslado y posicionamiento seguro de las bobinas, disminuyendo el esfuerzo físico requerido por el operario. Su concepción parte del análisis de las condiciones actuales, las características físicas de las cargas, la disposición del área de trabajo y los factores de riesgo identificados en la evaluación ergonómica.

El diseño se desarrollará considerando los siguientes aspectos

- **Espacio disponible** en el área de trabajo, garantizando la compatibilidad del equipo con la disposición actual de máquinas, pasillos y zonas de operación
- **Capacidad nominal de carga** definida a partir de los resultados del diagnóstico ergonómico y un factor de seguridad acorde a la normativa técnica vigente.
- **Estructura portante** fabricada en acero estructural, con dimensiones y geometría adaptadas a las restricciones de espacio y a los movimientos necesarios para la manipulación de las cargas.

Espacio disponible

Para el diseño de la grúa, se levantaron las dimensiones físicas del área de trabajo. En la Imagen 4 se presenta el layout que incluye:

- Ubicación de la máquina enrolladora.
- Zonas de tránsito peatonal.
- Áreas de almacenamiento y despacho.

- Posición propuesta para el anclaje de la grúa.

Este levantamiento permitió establecer el alcance horizontal requerido, la altura de izado y el radio de giro, asegurando que el equipo no interfiera con otras operaciones.

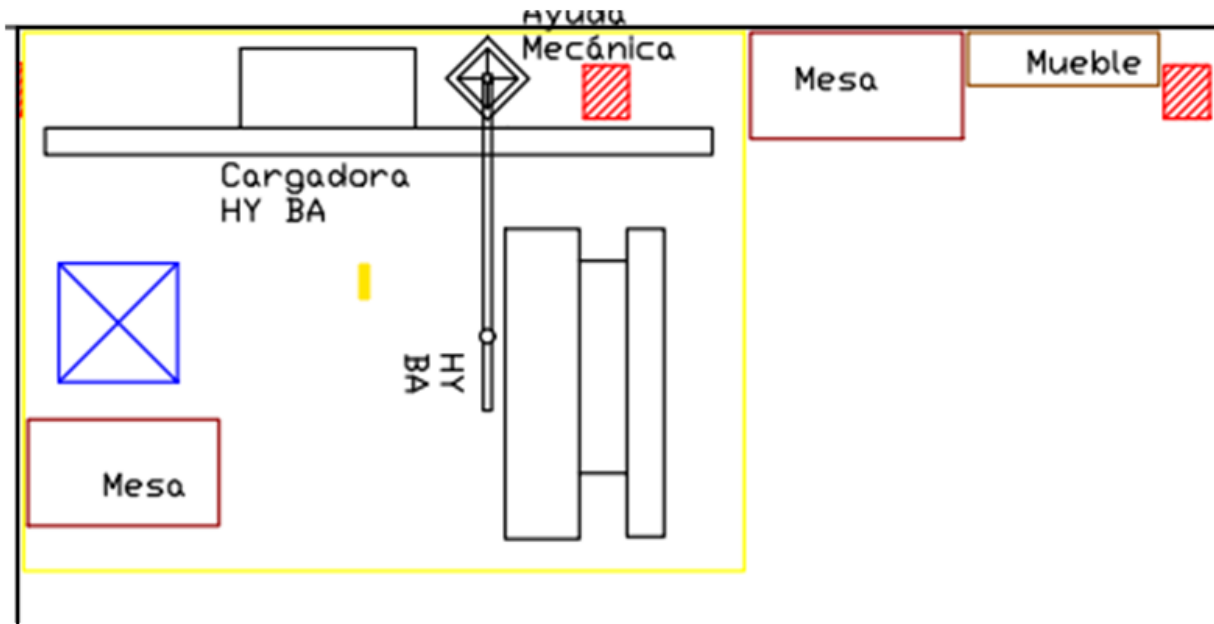


Imagen No. 4: Layout del área de trabajo

Elaborado por: Fabián Sarmiento

Selección de alternativas

Con el fin de identificar la solución más adecuada para reducir el riesgo ergonómico en la manipulación de bobinas en el área de enrollado, se procede a evaluar diferentes alternativas de sistemas mecánicos de ayuda. Para la selección considerar aspectos técnicos, ergonómicos, económicos y de mantenimiento, así como la compatibilidad con el espacio disponible.

1. **Alternativa A:** Diseño y construcción de una grúa tipo pescante con polipasto manual
2. **Alternativa B:** Mesa de transporte con rodillos
3. **Alternativa C:** Uso de montacargas eléctrico.

Alternativa 1. Grúa tipo pescante con polipasto manual

Estructura fija conformada por una columna vertical y un brazo horizontal giratorio, equipada con un polipasto manual de cadena para realizar el izado de las bobinas.



Imagen No. 5: Grúa tipo pescante con polipasto manual.

Elaborado por: Fabián Sarmiento

Características

- Instalación fija anclada mediante placa base y pernos de expansión o anclajes químicos.
- Brazo giratorio con alcance definido por las dimensiones y restricciones del área de trabajo.
- Capacidad nominal calculada con base en el peso máximo de las bobinas y un factor de seguridad normativo.
- Fabricación en acero A36, con protección anticorrosiva para garantizar durabilidad.
- Permite elevar y desplazar la bobina hasta el punto de ubicación con mínimo esfuerzo físico.

Alternativa 2. Mesa de transporte para bobinas

Plataforma móvil con bastidor metálico y superficie con rodillos para el desplazamiento manual de bobinas dentro del área de trabajo.



Imagen No. 6: Mesa de transporte con rodillos

Elaborado por: Fabián Sarmiento

Características

- Movilidad sobre ruedas industriales con frenos de bloqueo para seguridad durante la carga y descarga.
- Superficie de trabajo equipada con rodillos alineados que facilitan el desplazamiento de la bobina con menor esfuerzo.
- Estructura ligera pero resistente, diseñada para soportar la carga máxima prevista.
- Adecuada para traslados cortos y manipulación dentro de un mismo nivel de altura.
- No requiere instalación fija, lo que permite su uso en diferentes áreas.

Alternativa 3. Montacargas eléctrico

Vehículo autopropulsado con sistema de horquillas y elevación eléctrica, diseñado para manipular y transportar cargas pesadas.



Imagen No. 7: Montacargas eléctrico de pasillo estrecho

Elaborado por: Fabián Sarmiento

Características

- Capacidad de carga superior a la requerida para el manejo de bobinas, ofreciendo un margen de seguridad elevado.
- Sistema de elevación vertical y desplazamiento motorizado, lo que minimiza el esfuerzo físico del operador.
- Adecuado para distancias largas y para operaciones que requieran altura de apilado.
- Requiere espacio suficiente para maniobrar y radio de giro acorde a las dimensiones del área de trabajo.

- Implica costos de adquisición, operación y mantenimiento más elevados en comparación con otras alternativas.

Valoración de parámetros

Con el fin de cuantificar cada parámetro de selección y obtener valores cualitativos y cuantitativos, proceder a utilizar la escala de valoración mostrada en la siguiente Tabla 14. Asignar una calificación a cada criterio evaluado para las alternativas propuestas, con el propósito de facilitar la comparación y la selección final.

Tabla No. 14: Valoración de parámetros

Indicadores	Valoración cuantitativa	Valoración cualitativa
Muy aceptable	4-5	Cumple con el parámetro a satisfacción
Aceptable	2-3	Cumple medianamente la satisfacción
Poco aceptable	0-1	Cumple parcialmente con la satisfacción

Elaborado por: Fabián Sarmiento Ortiz

En la tabla se visualiza los tres valores de los parámetros de la ponderación para las alternativas.

Ponderación de los parámetros de selección

En este caso, los criterios seleccionados responden a los requerimientos técnicos y operativos identificados en la Etapa 1, y son los siguientes:

- **Direccionalidad:** capacidad de la alternativa para adaptarse a las trayectorias y radios de trabajo requeridos.
- **Costo:** inversión inicial necesaria para su adquisición o construcción.
- **Mantenimiento:** complejidad y costo de las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo.
- **Funcionalidad:** facilidad de uso, eficiencia y aporte al flujo de trabajo.
- **Resistencia y estabilidad:** capacidad estructural para soportar cargas y mantener estabilidad en operación.

Tabla No. 15: Criterios y sus pesos

Criterio	Peso (%)
Direccionalidad	20
Costo	25
Mantenimiento	15
Funcionalidad	20
Resistencia y Estabilidad	20
Total	100

Elaborado por: Fabián Sarmiento Ortiz

Para determinar la alternativa más conveniente, aplicar el método de factores ponderados, el cual permite comparar diferentes opciones de manera objetiva, asignando a cada parámetro de selección un peso porcentual de acuerdo con su importancia relativa en el proyecto.

Posteriormente, evaluar cada alternativa, mediante una escala de valoración cualitativa-cuantitativa (4-5 = muy aceptable, 2-3 = aceptable, 0-1 = poco aceptable) y multiplicada por su ponderación correspondiente para obtener un puntaje ponderado.

La suma de estos puntajes determina el orden de preferencia de las alternativas, garantizando que la selección final responda a criterios técnicos, económicos y de seguridad previamente establecidos.

Tabla No. 16: Evaluación de alternativas mediante método de factores ponderados

Parámetro de selección	Porcentaje de ponderación (%)	Alternativa 1. Grúa pescante	Alternativa 2. Mesa transporte	Alternativa 3. Montacargas eléctrico
Costo	25	$3 \times 0.25 = 0.75$	$5 \times 0.25 = 1.25$	$1 \times 0.25 = 0.25$
Direccionalidad	20	$5 \times 0.20 = 1.00$	$3 \times 0.20 = 0.60$	$5 \times 0.20 = 1.00$
Mantenimiento	15	$4 \times 0.15 = 0.60$	$5 \times 0.15 = 0.75$	$3 \times 0.15 = 0.45$
Funcionalidad	20	$5 \times 0.20 = 1.00$	$3 \times 0.20 = 0.60$	$5 \times 0.20 = 1.00$
Resistencia y estabilidad	20	$5 \times 0.20 = 1.00$	$4 \times 0.20 = 0.80$	$5 \times 0.20 = 1.00$
TOTAL	100	4.35	4.00	3.70

Elaborado por: Fabián Sarmiento Ortiz

Una vez realizados los cálculos se observa que la alternativa con mayor puntaje total es la Grúa tipo pescante con polipasto manual (4.35), seguida por la mesa de transporte (4.00) y, en último lugar,

el montacargas eléctrico (3.70). Este resultado confirma que la grúa pescante es la opción óptima según los criterios técnicos y económicos establecidos.

Parámetros de diseño

Esta etapa abarca la definición inicial de las características constructivas y de los parámetros técnicos necesarios para la fabricación de la grúa tipo pescante seleccionada. El diseño se sustenta en los requerimientos identificados y en los resultados obtenidos en la evaluación de alternativas. Para su desarrollo, se ejecutarán los cálculos correspondientes empleando acero estructural ASTM A36, y SAE J403-1008 ASTM 500 cuyas propiedades mecánicas y físicas se detallan a continuación:

Tabla No. 17: Propiedades del acero A36

Material / Producto	Norma que fija propiedades	Grado / Condición	Límite de fluencia (Fy) (MPa)	Resistencia ultima a la tracción (Fu) (MPa)
Tubo estructural redondo (calidad 1008; fabricación NTE INEN 2415)	ASTM A500	A	230	310
		B (recomendado si no hay MTC) MTC: Momento torsor calculado	290	400
		C	317	427
Acero estructural	ASTM A36/A36M	—	250 (mín.)	≥ 400 (típ. 400–550)

Elaborado por: Fabián Sarmiento Ortiz

De la misma manera se consideran como parámetros de diseño lo siguientes datos.

- Capacidad nominal:
- Altura de columna: determinada por el punto más alto de manipulación requerido 330 cm.
- Longitud del brazo: acorde al alcance horizontal establecido en el layout, 310 cm.

- Radio de giro: 180° o superior, asegurando cobertura total sin interferir con pasillos o equipos.
- Sistema de elevación: polipasto manual de cadena.

Cálculos de diseño

Dimensionamiento del brazo

Con los datos de la longitud del brazo, realizar un análisis estático para obtener los diagramas de esfuerzo cortante y momento flector, determinar el valor máximo del momento y su ubicación para establecer el valor de su modulo seccional.

Para los cálculos considerar la sumatoria de las cargas a las que estará trabajando la grúa, correspondientes al peso útil de la carga (20 Kg) y al peso del polipasto (10Kg). Estas cargas se multiplican por un factor dinámico propio de la operación normal del movimiento del polipasto que es de 1.25.

$$\text{Carga de diseño} = (W_{\text{util}} + W_{\text{polipasto}}) * g * K_d \quad (8)$$

Factor dinámico $K_d = 1.25$ (polipasto en operación normal)

$$\text{Carga de diseño} = (20 \text{ Kg} + 10 \text{ Kg}) * g * 1.25 = 367.88 \text{ N}$$

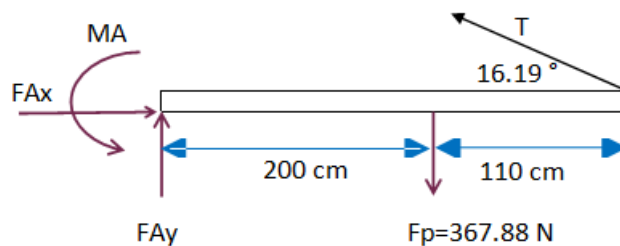


Imagen No. 8: Diagrama de cuerpo libre del brazo.

Elaborado por: Fabián Sarmiento Ortiz

En la Imagen 8 se presenta el diagrama de cuerpo libre del brazo de la grúa con todas las fuerzas que actúan sobre él.

Para la obtención de las fuerzas, realizar una sumatoria de fuerzas con respecto al eje x , al eje y , así como una sumatoria de momentos en el punto A.

$$\sum F_x = 0$$

$$FA_x - T \cos \theta = 0$$

$$FA_x = T \cos \theta \quad (9)$$

$$\sum F_Y = 0$$

$$FA_Y - F_p + T \sen \theta = 0$$

$$FA_Y = F_p - T \sen \theta \quad (10)$$

$$\sum M_A = 0$$

$$M_A - F_p * 2 + T \sen \theta * 3.10 = 0$$

$$M_A = F_p * 2 - T \sen \theta * 3.10 \quad (11)$$

La colocación del cable genera una incógnita adicional, por lo que se vuelve una viga indeterminada. Para su resolución utilizar el método de doble integración, realizar un corte y efectuar una sumatoria de momentos.

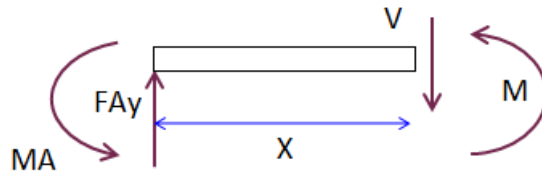


Imagen No. 9: Corte del primer tramo

Elaborado por: Fabián Sarmiento Ortiz

$$0 \leq x \leq 2$$

$$\sum M_V = 0$$

$$M_A + M - FA_y * x = 0$$

$$M = FA_y * x - M_A \quad (12)$$

A continuación aplicar el método de la doble integral que indica que:

$$E I \frac{d^2 y}{dx^2} = M(x)$$

Realizar la primera integral a partir de la sumatoria de momentos, obteniendo.

$$E I \frac{d^2 y}{dx^2} = F A_y * x - M_A$$

$$E I \frac{dy}{dx} = \frac{F A_y * x^2}{2} - M_A * x + C1 \quad (13)$$

A continuación aplicar la segunda integral

$$E I y = \frac{F A_y * x^3}{6} - \frac{M_A * x^2}{2} + C1 * x + C2 \quad (14)$$

Debido a que la viga tiene varias fuerzas, realizar un segundo corte, como se muestra en la imagen N° 10, para nuevamente aplicar el método de la doble integral y obtener las ecuaciones faltantes.

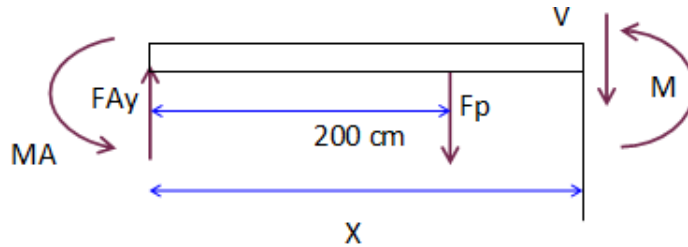


Imagen No. 10: Corte del segundo tramo

Elaborado por: Fabián Sarmiento Ortiz

$$2 \leq x \leq 3.10$$

Realizar la sumatoria de momento del segundo tramo que se realizó el corte

$$\sum M_V = 0$$

$$M_A + M - F A_y * x + F_P * (x - 2) = 0$$

$$M = F A_y * x - F_P * (x - 2) - M_A \quad (15)$$

A continuación, aplicar el método de la doble integral a partir de la ecuación (15) correspondiente a la sumatoria de momentos.

$$E I \frac{d^2 y}{dx^2} = M(x)$$

Realizar la primera integral

$$E I \frac{d^2 y}{dx^2} = F A_y * x - F_P * (x - 2) - M_A$$

$$E I \frac{dy}{dx} = \frac{F A_y * x^2}{2} - \frac{F_P (x - 2)^2}{2} - M_A * x + C3 \quad (16)$$

Aplicar la segunda integral

$$E I y = \frac{F A_y * x^3}{6} - \frac{F_P (x - 2)^3}{6} - \frac{M_A * x^2}{2} + C3 * x + C4 \quad (17)$$

Una vez obtenidas las ecuaciones, aplicar las condiciones de frontera en cada una de ellas.

$$\left[x = 0 ; \frac{dy}{dx} = 0 \right]$$

Sustituir la condición en la ecuación (13) se obtiene

$$0 = 0 - 0 + C1$$

$$C1 = 0$$

$$[x = 0 ; y = 0]$$

Sustituir la condición en la ecuación (14) se obtiene:

$$0 = 0 - 0 + 0 + C2$$

$$C2 = 0$$

$$\left[x = 2 ; \frac{dy}{dx} = \frac{dy}{dx} \right]$$

Igualar las ecuaciones (13) y (16) y sustituir la condición:

$$2 F A_y - 2 M_A + 0 = 2 F A_y - 0 - 2 M_A + C3$$

$$C3 = 0$$

$$[x = 2 ; y = y]$$

Sustituir la condición e igualar las ecuación (14) y (17) :

$$\frac{4}{3} F A_y - 2 M_A + 0 + 0 = \frac{4}{3} F A_y - 0 - 2 M_A + 0 + C4$$

$$C4 = 0$$

$$[x = 3.10 ; y = 0]$$

Sustituir la condición en la ecuación (17) se obtiene:

$$\frac{FA_y * (3.10)^3}{6} - \frac{F_P (3.10 - 2)^3}{6} - \frac{M_A * (3.10)^2}{2} + 0 + 0 = 0$$

Determinar en primer lugar el valor de T. Para ello, sustituir en la ecuación anterior los valores de la ecuación (10) y (11).

$$\frac{(F_P - T \operatorname{sen} \theta) * (3.10)^3}{6} - \frac{F_P (3.10 - 2)^3}{6} - \frac{(2F_P - 3.10 T \operatorname{sen} \theta) * (3.10)^2}{2} = 0$$

$$4.97 F_P - 4.97 T \operatorname{sen} \theta - 0.22 F_P - 9.61 F_P + 14.89 T \operatorname{sen} \theta = 0$$

$$-4.86 F_P + 9.92 T \operatorname{sen} \theta = 0$$

$$T \operatorname{sen} \theta = \frac{4.86 F_P}{9.92 * \operatorname{sen} \theta}$$

Sustituir el valor F_P que es 367.88 N y el ángulo de 16.19 °

$$T = \frac{4.86 * 367.88}{9.92 * \operatorname{sen} 16.19}$$

$$T = 646.40 \text{ N}$$

$$T_Y = 646.40 * \operatorname{sen} 16.19 = 180.23 \text{ N}$$

Sustituir el valor encontrado de T_Y en la ecuación (10).

$$FA_Y = 367.88 - 646.40 * \operatorname{sen} 16.19 = 187.65 \text{ N}$$

Finalmente, sustituir en la ecuación (11) para determinar el MA.

$$M_A = 367.88 * 2 - 646.40 \operatorname{sen} 16.19 * 3.10$$

$$M_A = 177.04 \text{ N.m}$$

Con las ecuaciones y por medio de los cortes de los tramos se puede realizar el diagrama del cortante y momento flector.

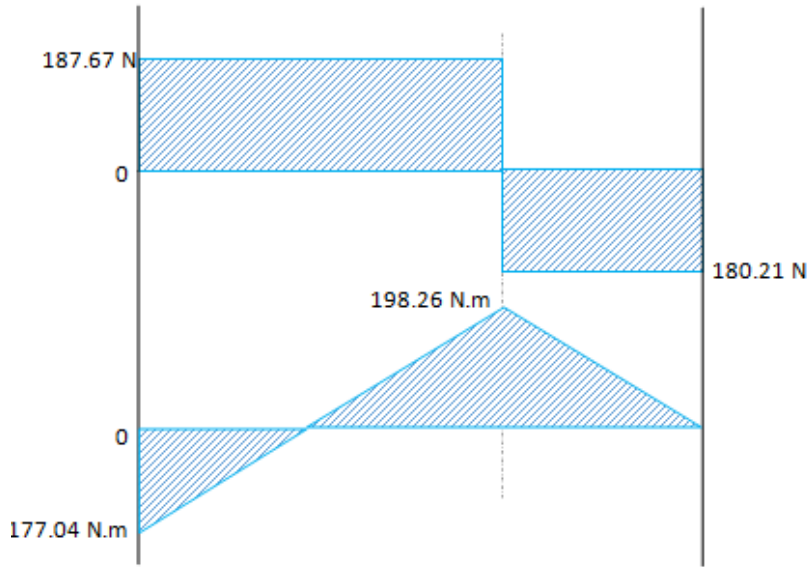


Imagen No. 11: Diagrama de cortante y momento flexionante

Elaborado por: Fabián Sarmiento

En la imagen 11 se observa que el momento máximo es de 198.26 N.m.

Para obtener el valor del esfuerzo permisible, tomar como referencia los valores de un tubo redondo SAE J 403 1008 y emplear la siguiente ecuación.

$$\sigma_{perm} = \frac{\sigma_y}{FS} \quad (18)$$

$$\sigma_{perm} = \frac{230 \text{ MPa}}{3} = 76.67 \text{ MPa}$$

Sustituir estos valores en la siguiente ecuación para obtener el módulo de sección.

$$S_{min} = \frac{M_{max}}{\sigma_{perm}} \quad (19)$$

$$S_{min} = \frac{198.26 \text{ N.m}}{76.67 \text{ MPa}}$$

$$S_{min} = 2.58 \text{ cm}^3$$

Con el valor de S_{min} consultar el catálogo y preseleccionar la sección. Para mayor seguridad, calcular también el momento de inercia requerido; de este modo se obtiene dos criterios (S_{min} e I_{req}) para la elección en el catálogo.

Para ello, emplear la ecuación (13) con el fin de hallar el valor de x. Considerar que la pendiente es máxima cuando es cero, por lo tanto:

$$E I \frac{dy}{dx} = \frac{FA_y * x^2}{2} - M_A * x + C1$$

$$\theta(x) = 0$$

$$0 = \frac{FA_y * x^2}{2} - M_A * x$$

Factorizar la expresión:

$$0 = x \left(\frac{FA_y * x}{2} - M_A \right)$$

Luego de factorizar obtener las siguientes ecuaciones:

$$x = 0 \qquad \frac{FA_y * x}{2} - M_A = 0$$

Resolver las ecuaciones para obtener el valor de x:

$$x = \frac{M_A * 2}{FA_y} \qquad (20)$$

Sustituir el valor obtenido de x en la ecuación de la deflexión (segunda integración). Considerar que, mediante la segunda integración, es posible determinar la deflexión de la viga:

$$E I y = \frac{FA_y * x^3}{6} - \frac{M_A * x^2}{2} + C1 * x + C2$$

$$y(x^*) = \frac{1}{EI} \left(\frac{FA_y * \left(\frac{M_A * 2}{FA_y} \right)^3}{6} - \frac{M_A * \left(\frac{M_A * 2}{FA_y} \right)^2}{2} \right)$$

$$y(x^*) = \frac{1}{EI} \left(\frac{4 M_A^3}{3 FA_y^2} - \frac{2 M_A^3}{FA_y^2} \right)$$

$$y(x^*) = \delta_{max} = - \frac{2 M_A^3}{3 FA_y^2 EI}$$

El signo negativo indica que la deflexión se produce en sentido descendente. Tomar el valor absoluto y emplear la expresión anterior para una deflexión admisible. Despejar el momento de inercia mínimo:

$$I_{min} = \frac{2 M_A^3}{3 F A_y^2 E \delta_{adm}} \quad (21)$$

La Tabla 18 presenta los valores límite de deflexión admisible para elementos estructurales en función de su aplicación, expresados como fracción de la longitud L . Estos valores se emplean como criterio de servicio para limitar la deformación de la viga. Para el presente caso, se adopta el valor $L/240$.

Tabla No. 18: Valores de deflexiones limites

CONSTRUCTION	L	S or W ^f	D + L ^g
Roof members:			
Supporting plaster ceiling	L/360	L/360	L/240
Supporting nonplaster ceiling	L/240	L/240	L/180
Not supporting ceiling	L/180	L/180	L/120
Floor members	L/360	—	L/240
Exterior walls and interior partitions:			
With brittle finishes	—	L/240	—
With flexible finishes	—	L/120	—
Farm buildings	—	—	L/180
Greenhouses	—	—	L/120

Elaborado por: International Code Council. (2021). *International Building Code* (Table 1604.3, Deflection limits). ICC.

Calcular el δ_{adm}

$$\delta_{adm} = \frac{L}{240}$$

$$\delta_{adm} = \frac{3.10 \text{ m}}{240} = 0.01292 \text{ m} = 12.92 \text{ mm}$$

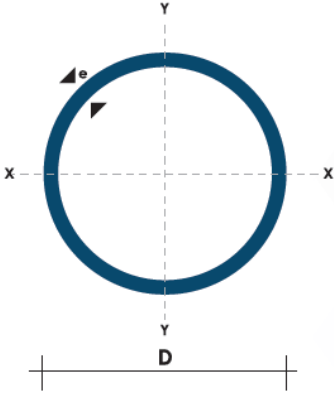
Sustituir el valor encontrado en la ecuación (21) del momento de inercia

$$I_{min} = \frac{2 * (177.04 \text{ N})^3}{3 * (187.65 \text{ N})^2 * 200 \text{ GPa} * 0.01292 \text{ m}}$$

Luego de realizar la transformación de unidades se obtiene:

$$I_{min} = 4.07 \text{ cm}^4$$

Tabla No. 19: Catalogo de tubo estructural redondo DIPAC.

	(D) Diámetro	Espesor	Peso	Área	I	W	i
	Pulgadas	mm	Kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm ³
	7/8"	1.50	0.77	0.98	0.53	0.47	0.73
	1"	1.50	0.88	1.13	0.81	0.64	0.85
	1 1/4"	1.50	1.12	1.43	1.63	1.03	1.07
	1 1/2"	1.50	1.35	1.72	2.89	1.52	1.30
	1 3/4"	1.50	1.59	2.02	4.67	2.10	1.52
	2"	1.50	1.82	2.32	7.06	2.78	1.74
	2 1/2"	1.50	2.29	2.92	14.05	4.42	2.19
	3"	1.50	2.76	3.52	24.56	6.45	2.64
	1"	2.00	1.15	1.47	1.01	0.80	0.83
	1 1/4"	2.00	1.47	1.87	2.08	1.31	1.05
	1 1/2"	2.00	1.78	2.27	3.71	1.95	1.29
	1 3/4"	2.00	2.09	2.67	6.02	2.71	1.50
	2"	2.00	2.41	3.07	9.14	3.60	1.73
	2 1/2"	2.00	3.03	3.86	18.29	5.76	2.18
	3"	2.00	3.66	4.66	32.11	8.43	2.62
	2"	3.00	3.54	4.51	12.92	5.09	1.69
	2 1/2"	3.00	4.48	5.70	26.15	8.24	2.14
	3"	3.00	5.42	6.90	46.29	12.15	2.59

Elaborado por: DIPAC

Con los valores obtenidos, utilizar la Tabla 19 y seleccionar una tubería redonda de 2 pulgadas con un espesor de 1.50 mm. El diámetro seleccionado es adecuado para funcionar como carril y permitir el desplazamiento horizontal del polipasto.

Para un diseño seguro verificar que $\sigma_{max} \leq \sigma_{perm}$. Para ello emplear la siguiente ecuación.

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{S} \quad (22)$$

$$\sigma_{max} = \frac{198.26 \text{ N.m}}{2.78 \times 10^{-6} \text{ m}^3}$$

$$\sigma_{max} = 71.32 \text{ MPa}$$

Por lo tanto, $\sigma_{maz} \leq \sigma_{perm}$

$$71.32 \text{ Mpa} \leq 76.67 \text{ MPa}$$

Eso quiere decir que el tubo seleccionado cumple con las condiciones planteadas.

Dimensionamiento del eje de la chumacera

Se dimensiono el eje vertical de giro de un pescante que soporta un brazo y gira en planta sobre dos chumaceras. Este eje transmite el par de giro originado por la carga suspendida en el extremo del brazo. El objetivo es definir un diámetro mínimo del eje que evite la fluencia del material en condiciones de servicio.

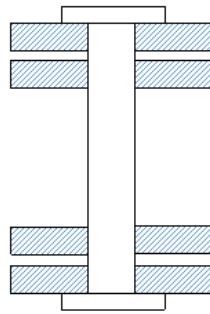


Imagen No. 12: Esquema del pasador

Elaborado por: Fabián Sarmiento

Para determinar el diámetro del pasador y el espesor de la placa es necesario analizar los esfuerzos de apoyo, cortantes y el aplastamiento en las conexiones, mediante la siguiente ecuación.

$$\tau_{max} = \frac{T * r}{J} \quad (23)$$

donde:

τ = esfuerzo cortante máximo en la periferia del eje [Pa]

T= par torsor aplicado [N·m]

R = radio del eje [m]

J= momento polar de inercia [m⁴]

El momento polar de inercia de una sección circular de una sección circular maciza es:

$$J = \frac{\pi * d^4}{32}$$

Sustituir esta expresión en la ecuación (12), obteniéndose:

$$\tau = \frac{T * d/2}{\pi d^4/32}$$

Simplificar la expresión:

$$\tau = \frac{16 * T}{\pi * d^3}$$

Despejar el diámetro de la ecuación anterior.

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 * T}{\pi * \tau_{adm}}} \quad (24)$$

Para el cálculo del diámetro, se requiere el valor del par torsor T y del esfuerzo cortante admisible τ_{adm} .

$$T = W * \chi = 177.04 \text{ N.m}$$

Determinar primer el esfuerzo cortante admisible τ_{adm}

$$\tau_{adm} = \frac{\sigma_y}{\sqrt{3} * FS} \text{ (von Mises)}$$

$$\tau_{adm} = \frac{250 \text{ MPa}}{\sqrt{3} * 3}$$

$$\tau_{adm} = 48.11 \text{ MPa}$$

Sustituir los valores obtenidos en la ecuación (24)

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 * 177.04}{\pi * 48.11}}$$

$$d_{min} = 26.56 \text{ mm}$$

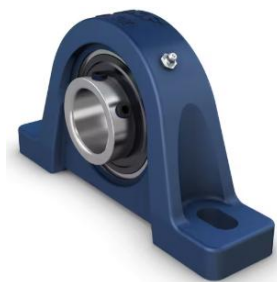
Tabla No. 20: Catalogo de chumacera DIPAC.

No. de parte	Diámetro del eje (in.)		Dimensiones (mm)										Tornillo		Peso (kg)
	in	mm	h	a	E	b	S ₂	S ₁	G	w	Bi	n	mm	in	
UCP201 201-8	½	12	30.2	127	96	38	19	13	15	62	31.0	12.7	M10	3/8	0.61
UCP202 202-10	5/8	15	30.2	127	96	38	19	13	15	62	31.0	12.7	M10	3/8	0.59
UCP203 203-11	11/16	17	30.2	127	96	38	19	13	15	62	31.0	12.7	M10	3/8	0.58
UCP204 204-12	¾	20	33.3	127	96	38	19	13	15	65	31.0	12.7	M10	3/8	0.61
UCP205-14 205-15 205 205-16	7/8 15/16 1	25	36.5	140	105	38	19	13	16	70	34.1	14.3	M10	3/8	0.69
UCP206-18 206 206-19 206-20	1 1/8 13/16 11/4	30	42.9	165	121	48	21	17	18	83	38.1	15.9	M14	1/2	1.13
UCP207-20 207-21 207-22 207 207-23	1 1/4 15/16 13/8 17/16	35	47.6	167	126	48	21	17	19	92	42.9	17.5	M14	1/2	1.34

Elaborado por: DIPAC

Adoptar un diámetro comercial de 30 mm. Seleccionar una chumacera tipo UCP-206-18 conforma al catálogo presentado en la Tabla 20

Imagen No. 13: Chumacera tipo UCP



Elaborado por: <https://www.snr.com.mx/blog/chumaceras/>

Dimensionamiento de la columna

Los elementos largos que se someten a una fuerza de compresión axial se denominan columnas y la deflexión lateral que se produce recibe el nombre de pandeo. El American Institute of Steel Construction (AISC), en sus especificaciones, establece las expresiones para el análisis de miembros sometidos a compresión axial. Para iniciar el procedimiento, analizar el diagrama de cuerpo libre de la columna.

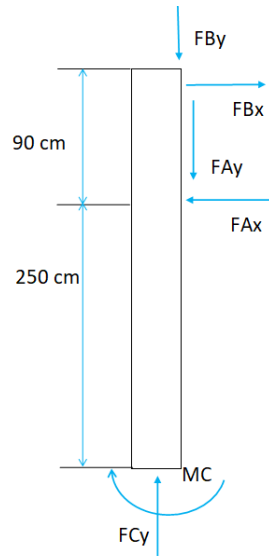


Imagen No. 14: Diagrama de cuerpo libre de la columna
Elaborado por: Fabián Sarmiento

Realizar la sumatoria de fuerzas en los ejes x e y, así como la sumatoria de momentos:

$$\sum F_x = 0$$

$$-FAx + FBx - FCx = 0 \quad (25)$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-FAy - FBy + FCy = 0 \quad (26)$$

$$\sum M_c = 0$$

$$-FBx * 3.4 + FAx * 2.5 - M_c = 0 \quad (27)$$

$$M_c = -620.77 * 3.4 + 620.77 * 2.5$$

$$M_c = -558.7 \text{ N.m}$$

$$FCx = 0 \text{ N}$$

$$FCy = 367.88 \text{ N}$$

Para la selección de la sección, emplear el criterio de esfuerzo admisible con el fin de determinar el módulo de resistencia mínimo (S_{min}), considerando un perfil cuadrado:

$$\sigma_{perm} = \frac{\sigma_y}{FS} \quad (28)$$

$$\sigma_{perm} = \frac{250 \text{ MPa}}{3} = 83.33 \text{ MPa}$$

Sustituir los valores en la siguiente ecuación.

$$S_{min} = \frac{M_{max}}{\sigma_{perm}} \quad (29)$$

$$S_{min} = \frac{558.7 \text{ N.m}}{83.33 \text{ MPa}}$$

$$S_{min} = 6.70 \text{ cm}^3$$

A partir del catálogo, seleccionar inicialmente un tubo cuadrado de 50 x50 mm con espesor de 2.5 mm. Sin embargo, esta sección no satisface los requisitos de servicio por flecha ($\delta=95 \text{ mm} > L/200=17 \text{ mm}$ y esbeltez ($KL/r = 360 > 200$). En consecuencia seleccionar un perfil de 100 x100 con espesor de 3 mm, que cumple con los criterios establecidos.

Tabla No. 21: Valores del manual de DIPAC

Designaciones		Área	Peso	Propiedades Estáticas		
				Eje x-x = y-y		
B	e	A	P	Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro
mm	mm	cm ²	kg/m	I (cm ⁴)	W (cm ³)	i (cm)
100	1,80	6,99	5,48	111,62	22,32	4,00
100	2,00	7,74	6,07	123,01	24,60	3,99
100	2,50	9,59	7,53	150,65	30,13	3,96
100	3,00	11,41	8,96	177,08	35,42	3,94
100	4,00	14,95	11,73	226,46	45,29	3,89
100	5,00	18,36	14,41	271,36	54,27	3,84
100	6,00	21,63	16,98	312,00	62,40	3,80

Elaborado por: DIPAC

Determinar la relación de esbeltez mediante:

$$Le = KL \quad (30)$$

Donde el valor de $K=2$ según la imagen siguiente:

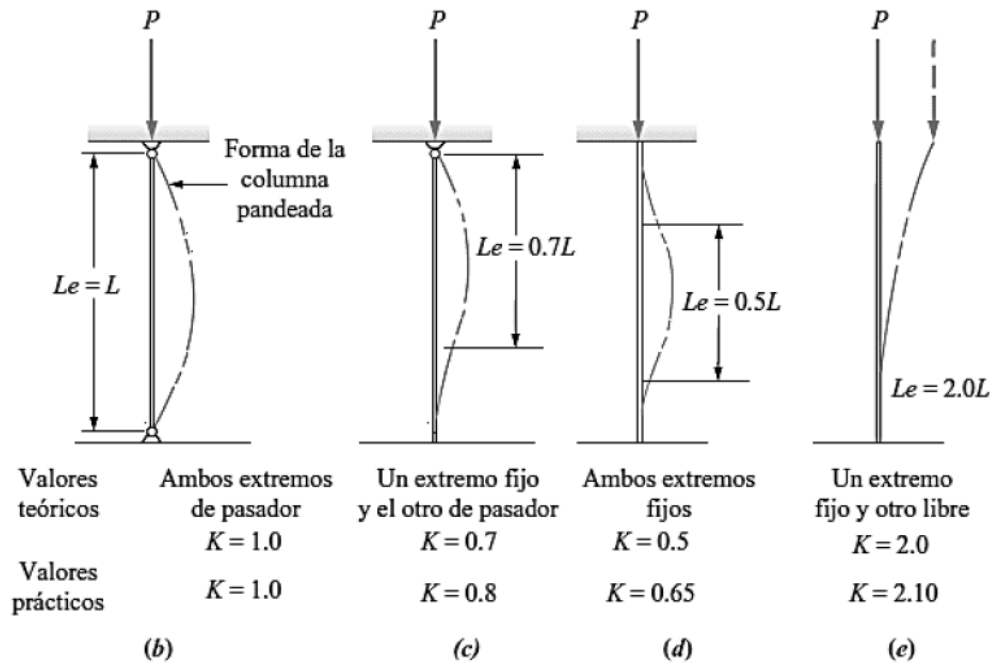


Imagen No. 15: Valor de K en la columna

Elaborado por: Diseño de elementos de máquinas de Shigley.

$$Le = 2 * 3.40 = 6.8 \text{ m}$$

Verificar el esfuerzo por flexión:

$$\sigma = \frac{M}{S} = \frac{558.7}{35.42} = 15.77 \text{ MPa}$$

$$15.77 \text{ MPa} < 83.33 \text{ MPa}$$

Como se puede ver la sección seleccionada si cumple. Así mismo verificar la deflexión mediante la siguiente ecuación.

$$\delta = \frac{ML^2}{2EI} \quad (31)$$

Tomar los datos necesarios del catálogo:

$$\delta = \frac{558.7 \text{ N} * 3.40^2}{2 * 200 \text{ GPa} * 177.08} = 9.12 \text{ mm}$$

$$\delta_{adm} = \frac{Lc}{200} = \frac{3400 \text{ mm}}{200} = 17 \text{ mm}$$

$$\delta < \delta_{adm}$$

$$9.12 \text{ mm} < 17 \text{ mm si cumple}$$

De la misma manera verificar la esbeltez.

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (32)$$

$$r = \sqrt{\frac{177.08 \text{ cm}^4}{11.41 \text{ cm}^2}} = 3.94 \text{ cm}$$

$$\frac{KL}{r} = \frac{2 * 340}{3.94} = 172.59$$

$$\frac{KL}{r} < 200$$

$$172.59 < 200$$

Se cumple la relación; en consecuencia, la columna soportará las cargas aplicadas bajo las hipótesis y factores de seguridad adoptados.

Determinar el régimen de pandeo:

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{\sigma_y}} \quad (33)$$

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 200 \text{ GPA}}{250 \text{ MPa}}}$$

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_c = 125.66$$

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_c < \frac{KL}{r}$$

$$125.66 < 172.59$$

Por lo tanto, la columna seleccionada soporta las cargas aplicadas bajo las hipótesis y factores de seguridad adoptados.

Tabla No. 22: Resumen de valores seleccionados en el manual de DIPAC

Sección	W (cm ³)	I (cm ⁴)	A (cm ²)	r=I/A	KL/r	σ=M/S	δ (mm)	Conclusión
50×50×2.5 (cat.)	6.78	16.96	4.75	1.89	360 X	82.4 ✓	95.2 X	Resiste, pero NO cumple flecha ni esbeltez
100×100×3 (cat.)	35.42	177.08	11.41	3.94	172.6 ✓	15.78 ✓	9.12 ✓	Cumple resistencia, flecha y esbeltez

Elaborado por: Fabián Sarmiento Ortiz

Diseño de la placa base

Para el diseño de la placa base, utilizar la metodología LRFD (Load and Resistance Factor Design), basada en el diseño por factores de carga y resistencia conforme a la normativa AISC. Considerar una placa cuadrada de 400 x 400 mm y una distancia del borde de la placa al centro del perno del lado en tracción de C=50 mm

Para determinar el espesor de la placa, emplear las ecuaciones para el cálculo de momentos:

$$m = n = \frac{N - 0.95d}{2} \quad (34)$$

Donde N es el ancho de la placa y al tratarse de una placa cuadrada, N = B; mientras que d representa la dimensión de la columna.

$$m = \frac{400 - 0.95 * 100}{2} = 152.5 \text{ mm}$$

Determinar el valor de z, correspondiente al brazo interno del par, que es la distancia entre la línea de pernos en tracción y el centroide del bloque comprimido.

$$z = N - c - \frac{m}{2} \quad (35)$$

$$z = 400 - 50 - \frac{152.5}{2} = 273.75 \text{ mm}$$

Calcular la tracción total en los pernos:

$$T_{total} = \frac{M}{z} = \frac{558700}{273.75} = 2.04 \text{ KN} \quad (36)$$

Determinar la compresión en el talón C. Cuando la placa base está sometida a un momento M y a una carga axial pequeño P , la unión actúa como una palanca:

$$C = P + T_{total} \quad (37)$$

$$C = 0.368 + 2.04 = 2.41 \text{ KN}$$

Calcular el área comprimida:

$$Ac = m * B \quad (38)$$

$$Ac = 152.5 * 400 = 61000 \text{ mm}^2$$

Determinar la presión promedio de contacto bajo la franja comprimida (talón) de la placa:

$$q = \frac{C}{Ac} = \frac{2410}{61000} = 0.0395 \text{ MPa}$$

$$t_{req} > m \sqrt{\frac{2q}{0.9 Fy}}$$

$$t_{req} > 152.5 \sqrt{\frac{2 * 0.0395}{0.9 * 250}} = 2.86 \text{ mm}$$

Debido a consideraciones de rigidez, soldadura, tolerancias de fabricación y disponibilidad comercial, adoptar un espesor:

$$t_{req} = 4 \text{ mm}$$

Como parte del desarrollo del presente proyecto, se elabora un Manual de Operación de la grúa tipo pescante implementada en el área de enrollado. Dicho manual contiene la descripción del equipo, normas de seguridad, procedimiento de operación, mantenimiento y registros necesarios para su correcta utilización. Con el fin de no sobrecargar el cuerpo principal del documento, el manual completo y su material de apoyo se incluyen en la sección de anexos, como respaldo técnico y documental del sistema implementado y se encuentra en el ANEXO 1

Resultados esperados

La propuesta planteada tiene como finalidad mejorar de manera integral las condiciones de trabajo en el área de enrollado de cintas adhesivas. El diagnóstico realizado evidenció la presencia de un riesgo ergonómico significativo ya que los trabajadores manifestaron molestias en cuello, hombros, zona lumbar y extremidades, mientras que la aplicación de la ecuación de NIOSH arrojó un Índice de Levantamiento de 2,76, valor que representa un nivel de riesgo moderado–alto. Estas condiciones no solo afectan la salud de los trabajadores, sino que también repercuten en la productividad y en la continuidad del proceso.

Con la implementación de la grúa tipo pescante con polipasto manual, se espera reducir de manera considerable el esfuerzo físico al que están expuestos los operarios. Este equipo permitirá que la manipulación de bobinas, que actualmente alcanzan hasta los 40 kg, deje de depender del levantamiento manual. Como resultado, el Índice de Levantamiento debería descender a valores cercanos a 1, lo que significa que la tarea podrá realizarse dentro de condiciones aceptables y seguras para la mayoría de los trabajadores.

Otro de los resultados esperados es la disminución de síntomas musculoesqueléticos en la población trabajadora. Al eliminar las posturas forzadas, los giros de tronco y la manipulación repetitiva de cargas pesadas, se espera que las molestias en cuello, espalda baja, hombros y muñecas se reduzcan de manera notable. Esto no solo impactará en la salud física, sino también en la percepción de bienestar, pues los trabajadores podrán culminar su jornada con menor fatiga y sin dolores persistentes.

De manera paralela, se prevé una mejora en la seguridad al reducirse la probabilidad de lesiones por sobreesfuerzo. La manipulación asistida disminuirá los movimientos de alto riesgo y con ello los incidentes relacionados con caídas de carga, resbalones o pérdida de control de la bobina. Esto contribuirá directamente a prevenir accidentes laborales y a disminuir los costos asociados a bajas médicas y tratamientos.

Es importante destacar que, tras la implementación de la ayuda mecánica, se llevará a cabo una nueva evaluación ergonómica aplicando los mismos métodos utilizados en el Capítulo II (Kuorinka y NIOSH). De esta manera, será posible comparar objetivamente los resultados antes y después de la intervención, confirmando con evidencia técnica que la propuesta cumple con el objetivo de reducir el riesgo ergonómico y mejorar las condiciones de trabajo.

Adicionalmente, se espera un impacto positivo en la productividad. Al disminuir el cansancio físico

y las pausas no planificadas, el proceso de enrollado podrá desarrollarse de manera más ágil y constante, aumentando la eficiencia en la producción de bobinas. Este beneficio también se relaciona con una mayor motivación del personal, ya que al sentirse protegidos y respaldados por la empresa, los trabajadores tienden a comprometerse más con sus tareas.

Finalmente, la implementación de la propuesta permitirá a la empresa cumplir con la normativa vigente, en particular con los límites establecidos en el Acuerdo Ministerial 196, así como con las recomendaciones internacionales de NIOSH. Esto refuerza su imagen institucional al demostrar responsabilidad social y compromiso con la seguridad y salud de sus empleados.

En conclusión, los resultados esperados se traducen en beneficios a tres niveles: en el trabajador, con mejores condiciones de salud y bienestar; en la producción, con procesos más eficientes y seguros; y en la empresa, con el cumplimiento legal y la consolidación de una cultura preventiva. La verdadera importancia de esta propuesta se evidenciará en la comparación entre lo diagnosticado en el Capítulo II y los resultados obtenidos en la reevaluación, confirmando que se ha logrado un cambio real y sostenible en la gestión del riesgo ergonómico.

Cronograma de actividades

El proceso de implementación de la propuesta se desarrollará de manera organizada y progresiva, y extendiéndose durante los meses siguientes. Cada etapa responde a la necesidad de garantizar que el diseño, construcción, instalación y verificación de la ayuda mecánica se realicen con el rigor técnico necesario, pero también con la participación de los trabajadores que serán los beneficiarios directos.

Tabla No. 23: Cronograma de actividades

Actividades	SEMANAS															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Revisión bibliográfica y normativa	X	X														
Levantamiento de información ergonómica inicial	X	X	X	X												
Diseño preliminar de la grúa pescante		X	X	X												
Simulación y validación del diseño en software					X	X										
Gestión de proveedores y presupuesto							X	X								
Fabricación y control de calidad de componentes								X	X	X						
Montaje estructural preliminar en taller											X	X				
Transporte e instalación en sitio													X	X		
Capacitación práctica de los trabajadores														X		
Prueba de carga y validación de seguridad															X	
Monitoreo ergonómico post-intervención																X
Informe final y recomendaciones																X

Elaborado por: Fabián Sarmiento Ortiz

Análisis de costos

Para la implementación de la propuesta del plan de acción ergonómico hay que tomar en cuenta el análisis de costos, en la siguiente tabla esta detallado el producto, cantidad y costo unitario

Tabla No. 24: Tabla de costos estimada de costos

Trabajo	Descripción	Cantidad	Costo unitario (USD)	Subtotal (USD)
Diseño y validación	Detalle de ingeniería y revisión	1	600	600
Material: brazo	Tubería redonda Ø2" esp. 2.0 mm (ASTM A500), 3.1 m	1	160	160
Material: columna	Tubo cuadrado 100×100×3 mm (ASTM A500), 3.3 m	1	150	150
Placa base	ASTM A36 400×400×6 mm (corte CNC)	1	85	85
Polipasto manual 0.5 t	Con cadena de 3 m	1	450	450
Chumaceras UCP-206-18	Para eje Ø30 mm	2	30	60
Eje macizo Ø30 mm	Acero SAE 1045, 0.45 m	1	40	40
Pernos y anclajes	Juego M16 + resina	1	68	68
Pintura / protección	Anticorrosivo + acabado (8 m ²)	1	45	45
MO: soldador calificado/ constructor/montaje	Soldadura SMAW/GMAW	30	10	300
MO: ayudante	Apoyo en armado y montaje	30	8	240
Equipo soldadora	Depreciación/uso	10	3.50	35
Esmeriladora / consumibles	Discos de corte/desbaste	1	18	18
Corte CNC placa	Servicio externo	1	35	35
señalización				70
Montaje en sitio	Izaje, nivelación, anclaje	8	10	80
Capacitación ergonómica	2 h / grupo	1	55	55
Transporte local	Entrega en planta	1	50	50
Total				2541

Elaborado por: Fabián Sarmiento

En la tabla se puede observar los valores detallados de cada uno de los componentes necesarios para la construcción de la ayuda mecánica.

Se obtiene un valor de 2541 al cual se adiciona un 10 % por contingencia y el 15 % de IVA para tener un valor total de \$ 3214.36

Tabla No. 25: Cronograma valorado de componentes y actividades estimado

Ítem	Actividad	Semanas	Costo (USD)	% del total
1	Revisión normativa y requisitos	1–2	155,83	4,85%
2	Levantamiento ergonómico inicial	1–4	208,77	6,47%
3	Diseño preliminar	2–4	285,07	8,89%
4	Simulación/validación	5–6	233,80	7,27%
5	Gestión de proveedores	7–8	117,61	3,64%
6	Adquisición materiales/equipos	7–9	831,68	25,86%
7	Fabricación y control de calidad	8–10	675,09	21,01%
8	Montaje estructural (taller)	11–12	312,99	9,70%
9	Transporte e instalación	13–14	155,83	4,85%
10	Capacitación práctica	15	71,35	2,22%
11	Prueba de carga	15	58,50	1,82%
12	Monitoreo ergonómico post	16	110,84	3,43%
	TOTAL		3.214,36	100%

Elaborado por: Fabián Sarmiento

En la tabla se observa las semanas, costos y porcentajes de avance del proyecto. Para verlo de otra manera se realiza la curva S la cual se ve a continuación

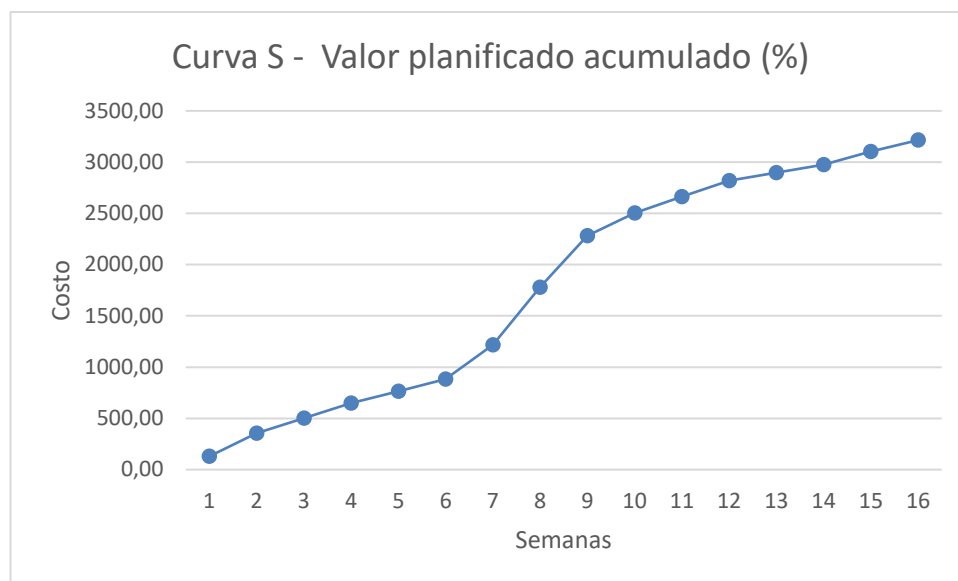


Gráfico No. 1: Curva S - valor planificado acumulado estimado

Elaborado por: Fabián Sarmiento

Nota: La curva S evidencia que el avance físico-financiero del proyecto sigue una progresión creciente, con mayor inversión en la fase de construcción y estabilización hacia la etapa final, garantizando la culminación en los plazos previstos.

CAPÍTULO IV

EJECUCION DE LA PROPUESTA Y RESULTADOS OBTENIDOS

Proceso de ejecución

Justificación de la ejecución

La ejecución de la propuesta se sustenta en el diagnóstico del Capítulo II, donde se comprobó que, en el área de enrollado de cintas adhesivas, el levantamiento y transporte manual de bobinas expone al personal a posturas fuera de rango seguro y a una exigencia física superior a lo aceptable (Índice de Levantamiento NIOSH > 1). Dado que esta condición representa un riesgo ergonómico no tolerable, se justifica intervenir con una solución que reduzca el esfuerzo en el origen del problema: la manipulación manual de la carga. La intervención propuesta es una ayuda mecánica tipo grúa pescante con polipasto.

Se realizó la selección de alternativas que justificó la elección del tipo pescante con polipasto por su eficacia ergonómica (disminuye el esfuerzo de izaje y el guiado de la bobina, reduciendo momentos y alcances críticos), su adaptabilidad al espacio disponible, su mantenibilidad y su viabilidad económica frente a otras opciones. Esta elección no solo ataca la causa del riesgo, sino que facilita la adopción por parte del operario, aspecto clave para la sostenibilidad del cambio.

Se desarrollan los cálculos de ingeniería para garantizar la integridad estructural y funcional del sistema antes de intervenir el puesto. El dimensionamiento del brazo, columna y placa base, la verificación de resistencia y deflexión, el análisis de pandeo de la columna y la selección del eje/chumaceras acordes con la carga y el modo de operación aseguran que el equipo soporte la carga nominal con márgenes de seguridad, evitando fallas y, sobre todo, evitando trasladar el esfuerzo a la persona usuaria.

Finalmente, la verificación posterior justifica la ejecución al cerrar el ciclo de mejora: se reevaluará el puesto con los mismos métodos del diagnóstico (NIOSH) y se monitorearán molestias musculoesqueléticas (Cuestionario Nórdico). Este seguimiento permitirá demostrar el impacto real respecto de la línea base $IL \leq 1$, disminución de molestias en zonas críticas y mejora de productividad y realizar ajustes finos (altura de izaje, pausas, rotación) para asegurar la sostenibilidad de los resultados.

Desarrollo y seguimiento

Una vez realizado los cálculos y los costos se comienza con la construcción de la ayuda mecánica, así como de la instalación para proceder con las pruebas de funcionamiento del mismo.

En esta fase, luego de realizar los cálculos de ingeniería y validar el diseño seleccionado, se procede a la construcción en taller (corte, armado y soldadura con control dimensional) para, a continuación, efectuar la implementación en planta mediante montaje, anclajes mecánicos de expansión. Previo a la puesta en servicio se ejecutan las pruebas de funcionamiento.

La Tabla 26 resume las principales características técnicas de la grúa pescante implementada, que sirvieron de base para los cálculos de ingeniería y la verificación estructural del equipo

Tabla No. 26: Características de la ayuda mecánica

Ítem	Característica	Especificación
1	Tipo de equipo	Grúa pescante de columna, base anclada
2	Capacidad nominal	40 Kg
3	Radio de trabajo (pluma)	3,0 m útil (pluma aprox. 3,1 m)
4	Altura de columna	3,3 m
5	Altura útil al gancho	2.50 m
6	Ángulo de giro	180° manual
7	Material de pluma	Tubería redonda Ø2" esp. 2,0 mm – ASTM A500
8	Material de columna	Tubo 100×100×3 mm – ASTM A500
9	Placa base	ASTM A36 400×400×6 mm)
10	Eje de giro	SAE 1045 Ø30 mm, L ≈ 0,45 m
11	Polipasto	Manual de cadena , peso máximo de 40 Kg
12	Acabado	Anticorrosivo + acabado
13	Anclajes de base	Mecánicos de expansión M16
14	Señalización	Demarcación de zona de trabajo

Elaborado por: Fabián Sarmiento.

Se presentan las especificaciones técnicas de la grúa pescante diseñada e implementada, que constituyen la base para garantizar la integridad estructural y funcional del sistema.

Estas especificaciones garantizan que el equipo soporte la carga nominal de 40 kg de forma segura, eliminando la manipulación manual de bobina

En la Figura 14 se ilustra la grúa pescante instalada en el área de enrollado, junto con la operación de izaje de bobinas asistida por polipasto

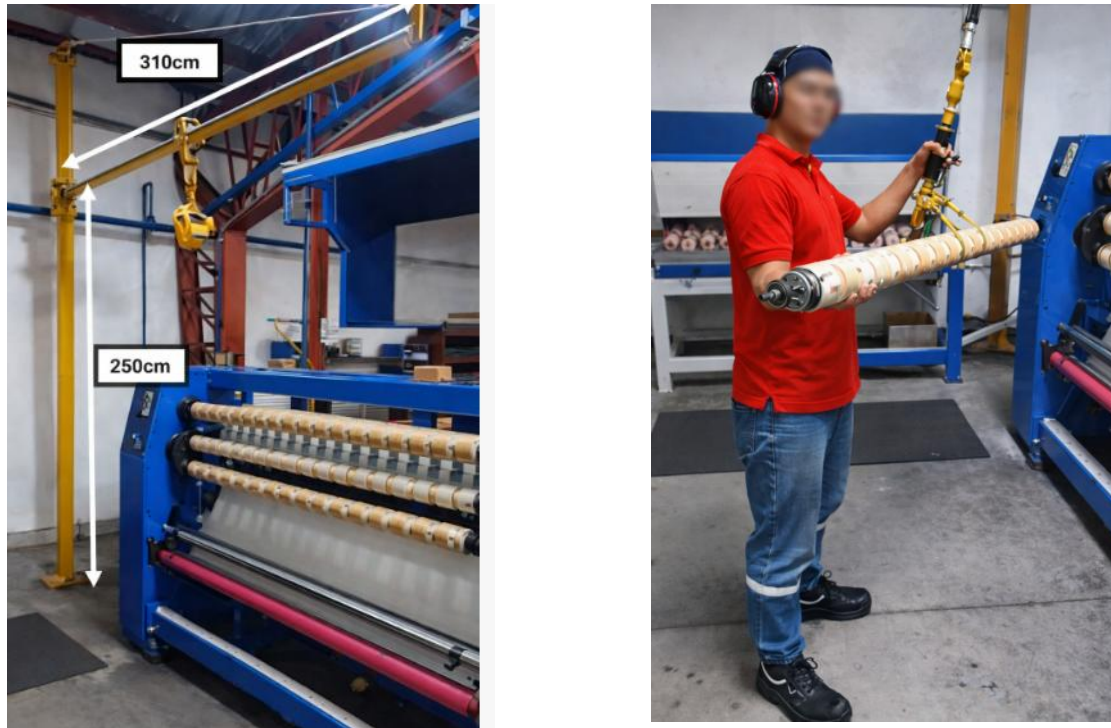


Imagen No. 16: Ayuda mecánica implementada

Elaborado por: Fabián Sarmiento Ortiz

En la figura se puede observar en (a) la implementación de la grúa tipo pescante y (b) la figura de un trabajador utilizando la ayuda mecánica.

Resultados obtenidos

Tras la implementación de ayudas mecánicas ligeras para el manejo de bobinas y la mejora de controles en la enrolladora, se revaloró el riesgo con GTC-45 y, cuando aplica, con NIOSH

Reevaluación Niosh

En el diagnóstico (Cap. II) el levantamiento manual de bobinas arrojó un $IL > 1$ (no aceptable). Tras la implementación de las ayudas mecánicas ligeras para el manejo de bobinas (izaje/posicionamiento asistido), la tarea de levantamiento bimanual quedó eliminada. Por jerarquía de controles, al eliminarse el peligro en el origen, la ecuación NIOSH deja de aplicar a dicha operación en la condición “después”; por lo tanto, $IL \text{ después} = 0$ (por eliminación de la tarea).

Reevaluación GTC-45

Para la matriz GTC-45 se observa que la manipulación manual de cargas queda eliminada (ya no se realiza el levantamiento bimanual), el peligro de atrapamiento se controla mediante resguardos efectivos y procedimientos de bloqueo, y las posturas/repetitividad se reducen al trabajar en alturas más seguras con apoyo de los dispositivos. El nuevo riesgo asociado al empuje/arrastre del carro o apilador se mantiene bajo mediante verificación de fuerzas, orden y limpieza, y capacitación operativa, consolidando el control del riesgo en la fuente y en el medio conforme a la jerarquía de controles.

Tabla No. 27: Matriz GTC-45 reevaluada luego de la implementación de la ayuda mecánica

PROCESO/ CARGOS	ZONA / LUGAR	ACTIVIDADES	TAREAS	PELIGRO		EFECTOS POSIBLES EN LA SALUD	CONTROLES EXISTENTES			EVALUACIÓN DEL RIESGO						VALORACIÓN DEL RIESGO	MEDIDAS DE INTERVENCIÓN					
				DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN		FUENTE	MEDIO	INDIVIDUO	NIVEL DE DEFICIENCIA EXISTENTE	NIVEL DE EXPOSICIÓN	NIVEL DE PROBABILIDAD (NP-ND x NE) INTERPRETACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA CONSECUENCIA	NIVEL DE RIESGO (NR) e INTERVENCIÓN	INTERPRETACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO (NR)	ACEPTABILIDAD DEL RIESGO	ELIMINACIÓN	SUSTITUCIÓN	CONTROLES DE INGENIERÍA	CONTROLES ADMINISTRATIVOS, SEÑALIZACIÓN, ADVERTENCIA	EQUIPOS / ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	
Trabajador Operativo	Área de enrollado de cintas adhesivas	Operador de máquina enrolladora de cintas adhesivas	Transporte de bobinas con cintas adhesivas desde la máquina cargadora de núcleos hasta la máquina cortadora	Manipulación manual de cargas	Ergonómico	Lesiones musculoesqueléticas, en espalda baja, desarrollo de hernias, dolor en brazos y hombros	Grúa tipo pescante	Grúa tipo pescante	Grúa tipo pescante	No se asigna valor	-	-	-	-	-	-	Diseño, construcción e de grúa tipo pescante.	ninguno	ninguno	Inducción general, señalización básica, capacitación MMC	Guantes de trabajo, calzado de seguridad.	
				Movimiento repetitivos	Ergonómico	Lesiones musculoesqueléticas, dolor, inflamación en extremidades superiores	Grúa tipo pescante	Grúa tipo pescante	Grúa tipo pescante	2	2	4	BAJO	25	100	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad.	Aceptable	ninguno	ninguno	Programas de técnicas de trabajo	ninguno	N/A
				Estrés laboral	Psicosocial	Desmotivación, Insomnio, falta de concentración, migraña	No existe	No existe	No existe	2	1	2	BAJO	10	20	Mantener las medidas de control existentes, pero se deberían considerar soluciones o mejoras y se deben hacer comprobaciones periódicas para asegurar que el riesgo es aún aceptable.	Aceptable	ninguno	ninguno	ninguno	Pausas activas	N/A
				Riesgo de atrapamiento en rodillos	Mecánicos	Atrapamiento de dedos o extremidades, cortaduras, golpes	Bloqueo de fábrica, guardas	No existe	EPP, capacitación	2	2	4	BAJO	10	40	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad.	Aceptable	ninguno	ninguno	ninguno	ninguno	Dotación y uso adecuado de EPP.
				Ruido	Físico	Sordera	No existe	Señalética vertical	Orejeras	2	1	2	BAJO	25	50	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad.	Mejorable	ninguno	ninguno	ninguno	ninguno	N/A
				Posturas	Ergonómico	Lesiones musculoesqueléticas	Grúa tipo pescante	No existe	Pausas activas	2	1	2	BAJO	25	50	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad.	Mejorable	ninguno	ninguno	ninguno	Pausas activas	N/A

Elaborado por: Fabián Sarmiento Ortiz

La reevaluación muestra que la manipulación manual de bobinas fue eliminada, los atrapamientos se controlan con resguardos y procedimientos, y las posturas críticas se reducen con la nueva altura de trabajo. El nivel de riesgo se mantiene en condición aceptable con seguimiento.

Evaluación de la ejecución

Luego de la implementación se va a mostrar un cuadro comparativo de antes vs el después de la implementación. En la situación “antes” el manejo de bobinas era 100 % manual, con riesgo ergonómico alto (MMC) y puntos de atrapamiento en rodillos. Tras implementar ayudas mecánicas, ordenar pausas/rotación el riesgo global pasó a condición aceptable con seguimiento. En términos de NIOSH, el levantamiento bimanual fue eliminado (la ecuación no aplica en el “después”, $IL = 0$); las micro tareas residuales ($\leq 2-3$ kg) resultan $IL < 1$.

Tabla No. 28: Comparación del método Niosh antes y después de la ayuda mecánica

Operación	Situación antes	Situación después
Levantamiento de bobina	$IL > 1$ (no aceptable)	No aplica (tarea eliminada) $\rightarrow IL = 0$

Elaborado por: Fabián Sarmiento Ortiz

Los resultados muestran que el levantamiento manual de bobinas fue eliminado ($IL = 0$).

La Tabla 28 presenta la comparación de resultados de la matriz GTC-45 antes y después de la intervención ergonómica.

Tabla No. 29: Comparación de la matriz GTC-45 antes y después de la ayuda mecánica

Tarea / Peligro	NR antes	NR después	Reducción	Nivel final
Manipulación manual de bobinas (MMC)	1000	0 (eliminada)	100 %	—
Movimientos repetitivos	450	100	77,8 %	Aceptable con seguimiento
Atrapamiento en rodillos	50	40	83,3 %	Aceptable con seguimiento
Ruido	50	50	—	Mejorable
Estrés Laboral	20	20		Aceptable con seguimiento

Elaborado por: Fabián Sarmiento Ortiz

Los resultados muestran que el levantamiento manual de bobinas fue eliminado ($IL = 0$),

las posturas forzadas se redujeron en un 77,8 % y los atrapamientos en un 83,3 %. Esto demuestra la eficacia de la intervención en la reducción del riesgo ergonómico.

Evaluación Económica

En la Tabla 27 se detallan los costos directos asociados a la construcción e implementación de la grúa pescante, incluyendo materiales, mano de obra y servicios complementarios.

Tabla No. 30: Costos de la ayuda mecánica reales

Trabajo	Descripción	Cant.	Costo unitario (USD)	Subtotal (USD)
Diseño y validación	Detalle de ingeniería y revisión	1	600,00	600,00
Material: brazo	Tubería redonda Ø2" esp. 2.0 mm (ASTM A500), 3,1 m	1	160,00	160,00
Material: columna	Tubo cuadrado 100×100×3 mm (ASTM A500), 3,3 m	1	150,00	150,00
Placa base	ASTM A36 400×400×6 mm (corte CNC)	1	85,00	85,00
Polipasto manual 0.5 t	Con cadena de 3 m	1	450,00	450,00
Chumaceras UCP-206-18	Para eje Ø30 mm	2	30,00	60,00
Eje macizo Ø30 mm	Acero SAE 1045, 0,45 m	1	40,00	40,00
Pernos y anclajes	Juego M16 + resina	1	68,00	68,00
Pintura / protección	Anticorrosivo + acabado (8 m ²)	1	45,00	45,00
MO: soldador calificado / montaje	Soldadura SMAW/GMAW (30 h)	30	10,00	300,00

MO: ayudante	Apoyo en armado y montaje (30 h)	30	8,00	240,00
Equipo soldadora	Depreciación/uso (10 h)	10	3,50	35,00
Esmeriladora / consumibles	Discos de corte/desbaste	1	18,00	18,00
Corte CNC placa	Servicio externo	1	35,00	35,00
Señalización	Áreas de trabajo y seguridad	1	70,00	70,00
Montaje en sitio	Izaje, nivelación, anclaje	8	10,00	80,00
Capacitación ergonómica	2 h / grupo	1	55,00	55,00
Transporte local	Entrega en planta	1	50,00	50,00
Subtotal				2.541,00
IVA (15%)				381,15
TOTAL (con IVA)				2.922,15

Elaborado por: Fabián Sarmiento Ortiz

El costo total de la implementación asciende a USD 2.922,15 (incluido IVA 15 %). Este valor es inferior al costo estimado inicial de USD 3.214,36, lo que representa un ahorro del 9,09 % respecto al escenario previo.

Análisis de la curva S

En la Tabla se muestra la distribución de las actividades y costos planificados para la ejecución del proyecto en 16 semanas, lo que permite representar el comportamiento financiero y de avance del proyecto mediante la curva S.

Tabla No. 31: Tabla de actividades y costos para Curva S real

Ítem	Actividad	Semanas	Costo (USD)	% del total
1	Revisión normativa y requisitos	1–2	141,67	4,85 %
2	Levantamiento ergonómico inicial	1–4	189,79	6,49 %
3	Diseño preliminar	2–4	259,16	8,87 %
4	Simulación/validación	5–6	212,55	7,27 %

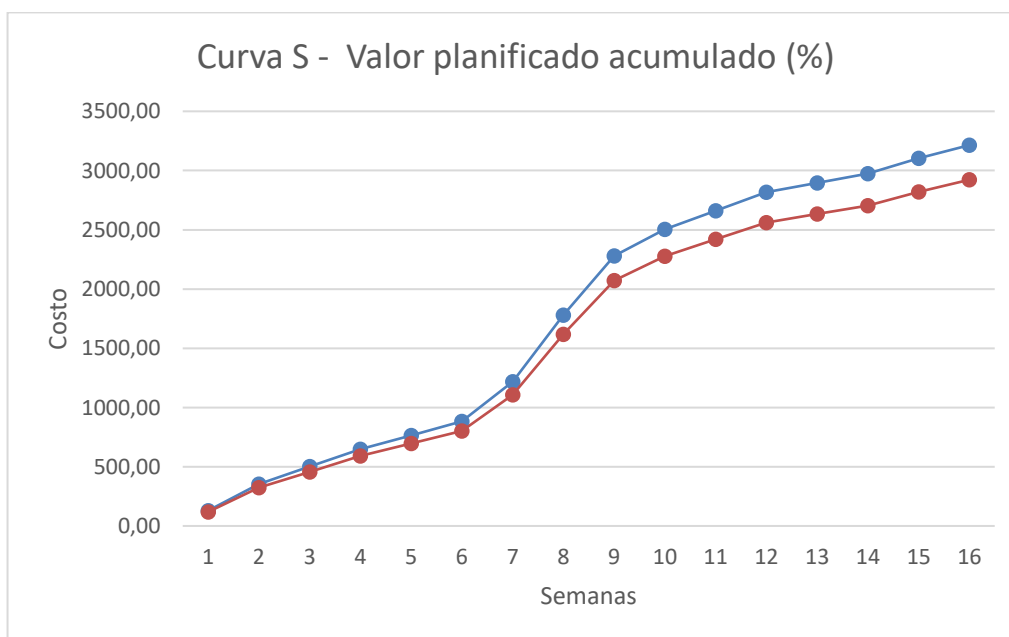
5	Gestión de proveedores	7–8	106,92	3,66 %
6	Adquisición materiales/equipos	7–9	753,33	25,78 %
7	Fabricación y control de calidad	8–10	613,72	21,00 %
8	Montaje estructural (taller)	11–12	284,54	9,74 %
9	Transporte e instalación	13–14	141,67	4,85 %
10	Capacitación práctica	15	64,86	2,22 %
11	Prueba de carga	15	53,18	1,82 %
12	Monitoreo ergonómico post	16	100,76	3,45 %
	TOTAL (con IVA)		2.922,15	100 %

Elaborado por: Fabián Sarmiento Ortiz

Se evidencia que el mayor peso financiero recae en la adquisición de materiales y en la fabricación en taller, que concentran más del 45 % del presupuesto. Esto coincide con la fase de mayor avance en la curva S.

El grafico 2 muestra la curva S del proyecto, elaborada a partir de la programación de actividades y su respectiva valoración económica.

Gráfico No. 2: Curva S-Valor planificado acumulado real



Elaborado por: Fabián Sarmiento

El gráfico 2 refleja un comportamiento típico de curva S: avance moderado en las primeras semanas, aceleración en la fase central (fabricación e instalación) y estabilización hacia el cierre, alcanzando el 100 % en la semana 16.

En conclusión, la ejecución de la propuesta permitió eliminar el riesgo ergonómico por manipulación manual de bobinas, reducir significativamente los peligros asociados a posturas forzadas y atrapamientos, y optimizar los costos y plazos de ejecución. El análisis comparativo evidencia una disminución del 9,09 % en el costo total y una reducción del 37,5 % en el tiempo efectivo de implementación, lo que demuestra la factibilidad técnica, ergonómica y económica de la solución planteada.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El diagnóstico inicial evidenció que el puesto de enrollado de cintas adhesivas presentaba condiciones de trabajo que generaban un riesgo ergonómico elevado y no aceptable para los operarios. La aplicación del método NIOSH determinó un Índice de Levantamiento (IL) superior a 1, lo cual indica que las cargas manipuladas, junto con la frecuencia y postura de trabajo, sobrepasan los límites de tolerancia establecidos internacionalmente. Esta situación confirmó que los trabajadores estaban sometidos a esfuerzos físicos excesivos y repetitivos, lo que incrementaba la probabilidad de desarrollar trastornos musculoesqueléticos en la zona lumbar, hombros y extremidades superiores. De manera complementaria, la matriz GTC-45 mostró valores críticos en tres factores principales: manipulación manual de cargas (1000 puntos), movimiento repetitivos (450 puntos) y atrapamiento en rodillos (50 puntos). Dichos resultados ubican al puesto en una categoría de riesgo alto, que requiere intervención inmediata, ya que la exposición prolongada podía derivar en accidentes incapacitantes, incremento de ausentismo y disminución de la productividad.
- El diseño de la grúa pescante se constituyó en una solución técnica integral y viable para controlar el riesgo ergonómico en la fuente. A partir de los cálculos de ingeniería realizados, se dimensionaron adecuadamente los elementos estructurales principales, como el brazo de carga, la columna y la placa base, asegurando que las sollicitaciones mecánicas estuvieran dentro de los márgenes de seguridad recomendados. Asimismo, se verificó la resistencia a flexión, deflexión y pandeo, garantizando que la estructura pueda soportar la carga nominal de 40 kg sin comprometer su estabilidad ni la seguridad del trabajador. La selección de materiales normalizados (ASTM A500 para pluma y columna, ASTM A36 para la placa base y acero SAE 1045 para el eje de giro), junto con la incorporación de chumaceras de calidad industrial, permitió configurar un equipo resistente y de bajo requerimiento de mantenimiento. Además, el polipasto manual de cadena con capacidad de 40 kg fue escogido considerando la facilidad de uso, la adaptabilidad

al espacio disponible en la planta y la reducción significativa del esfuerzo físico requerido para la manipulación de bobinas.

- La implementación de la grúa pescante en el área de enrollado de cintas adhesivas generó un impacto directo y positivo en la eliminación del riesgo ergonómico más crítico: el levantamiento manual de bobinas. Tras la puesta en marcha del equipo, la tarea de izaje dejó de realizarse de forma manual, lo que llevó a que el Índice de Levantamiento (IL) de NIOSH pasara a 0, puesto que la ecuación dejó de aplicar al desaparecer la actividad de manipulación de cargas pesadas. Este resultado representa no solo la eliminación del peligro en la fuente, sino también la eliminación de las consecuencias asociadas a dicho riesgo, como la sobrecarga lumbar, las lesiones musculoesqueléticas y la fatiga física. La reevaluación con la matriz GTC-45 confirmó la eficacia de la intervención. En el caso de la manipulación manual de cargas, el valor de 1000 puntos se redujo a 0, logrando una eliminación del 100 %. Las posturas forzadas, que antes representaban un nivel alto de exposición con 450 puntos, disminuyeron a 100, alcanzando una reducción del 77,8 % y clasificándose como riesgo aceptable con seguimiento. El peligro de atrapamiento en rodillos pasó de 50 a 40 puntos, lo que significa una reducción del 20 %, quedando en niveles controlables con medidas complementarias de resguardo y procedimientos de bloqueo.
- El análisis económico de la propuesta evidenció que la implementación de la grúa pescante resultó financieramente viable y eficiente. El costo real de construcción e instalación fue de USD 2.922,15 (incluido IVA al 15 %), valor inferior al costo estimado inicial de USD 3.214,36, lo que representa un ahorro del 9,09 % respecto al presupuesto proyectado. Este resultado demuestra que, además de mejorar la seguridad y salud de los trabajadores, la solución propuesta también aportó beneficios económicos tangibles para la empresa. La distribución de costos mostró que los rubros más significativos se concentraron en la adquisición de materiales (pluma, columna, polipasto y componentes estructurales) y en la mano de obra de fabricación y montaje, los cuales en conjunto representaron más del 60 % de la inversión total. Esta estructura de costos coincide con lo esperado en proyectos de implementación de ayudas mecánicas, donde la mayor inversión se destina a garantizar la resistencia y confiabilidad del equipo.

Recomendaciones

- Mantener un programa periódico de diagnóstico ergonómico en el área de enrollado, aplicando metodologías como NIOSH, GTC-45 y cuestionarios de síntomas musculoesqueléticos, con el fin de monitorear la evolución de las condiciones de trabajo y anticipar nuevos riesgos.
- Documentar y estandarizar los cálculos de diseño y planos de la grúa pescante en un manual técnico interno, de manera que puedan replicarse en futuras implementaciones dentro de la planta o en otras áreas donde se requiera controlar riesgos similares.
- Establecer la grúa pescante como equipo de uso obligatorio en el manejo de bobinas, reforzando la capacitación del personal sobre su utilización y actualizando los procedimientos de trabajo seguro para prohibir el levantamiento manual de cargas que superen los límites normativos.
- Incorporar el análisis económico-ergonómico en la planificación de futuros proyectos, utilizando indicadores como retorno de inversión (ROI), reducción de costos indirectos por ausentismo y mejora de productividad, de manera que se evidencien los beneficios integrales de las intervenciones
- Replicar la aplicación de ayudas mecánicas en otros procesos de la organización donde existan tareas críticas de manipulación manual de cargas, consolidando así un modelo de control en la fuente que se alinee con buenas prácticas internacionales en ergonomía.

Bibliografía

BERNARD, Bruce P et al., 1997. *Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors A Critical Review of Epidemiologic Evidence for Work-Related Musculoskeletal Disorders of the Neck, Upper Extremity, and Low Back* [online]. Retrieved from : <http://www.cdc.gov/niosh>

Cuestionario Nórdico, . Retrieved from : <http://www.ergonomia.clCuestionarioNórdico>

GALLAGHER, Sean and SCHALL, Mark C., 2017. Musculoskeletal disorders as a fatigue failure process: evidence, implications and research needs. *Ergonomics*. Vol. 60, no. 2, pp. 255–269. DOI 10.1080/00140139.2016.1208848.

GUAMINGA MENDOZA, Henry, Ronal. *Evaluación y Análisis de mejoras en la línea de producción mediante los métodos rula y reba para la reducción de riesgos ergonómicos en la empresa Nepropac s.a. en el periodo 2023-2024*. .

GUEVARA MAYORGA CÉSAR ELÍAS, Ron Valenzuela Pablo Elicio, 2021. *Rediseño ergonómico de los puestos de trabajo de la empresa agrícola félix ubicada en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato*". .

HARO JIMÉNEZ, Jaime Rodrigo, 2024. *Desarrollo de un plan de acción de riesgos ergonómicos para el personal del gobierno autónomo descentralizado de la parroquia Mulalillo*. .

ICONTEC, 2012. *GUÍA TÉCNICA GTC COLOMBIANA 45 GUÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS Y LA VALORACIÓN DE LOS RIESGOS EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL*. .

LAURA RUIZ RUIZ, 2011. *MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS, GUÍA TÉCNICA DEL INSHT*.

MARRAS, WILLIAM S. et al., 1995. Biomechanical risk factors for occupationally related low back disorders. *Ergonomics*. Vol. 38, no. 2, pp. 377–410. DOI 10.1080/00140139508925111.

NIOSH. *Centers for Disease Control and Prevention National Institute for Occupational Safety and Health*. .

OIT, 2023. Normas de seguridad y salud en el trabajo. . .

REALYVÁSQUEZ-VARGAS, Arturo et al., 2024a. Estudio de trastornos musculoesqueléticos en los trabajadores de una empresa fabricante de bolsas de plástico. *EID. Ergonomía, Investigación y Desarrollo*. Vol. 6, no. 1, pp. 28–43. DOI 10.29393/eid6-2etaj60002.

REALYVÁSQUEZ-VARGAS, Arturo et al., 2024b. Estudio de trastornos musculoesqueléticos en los trabajadores de una empresa fabricante de bolsas de plástico. *EID. Ergonomía, Investigación y Desarrollo*. Vol. 6, no. 1, pp. 28–43. DOI 10.29393/EID6-2ETAJ60002.

RODRÍGUEZ, Yovanna, 2021. Manipulación manual de carga como factor de riesgo ergonómico de trastornos lumbares en la construcción. .

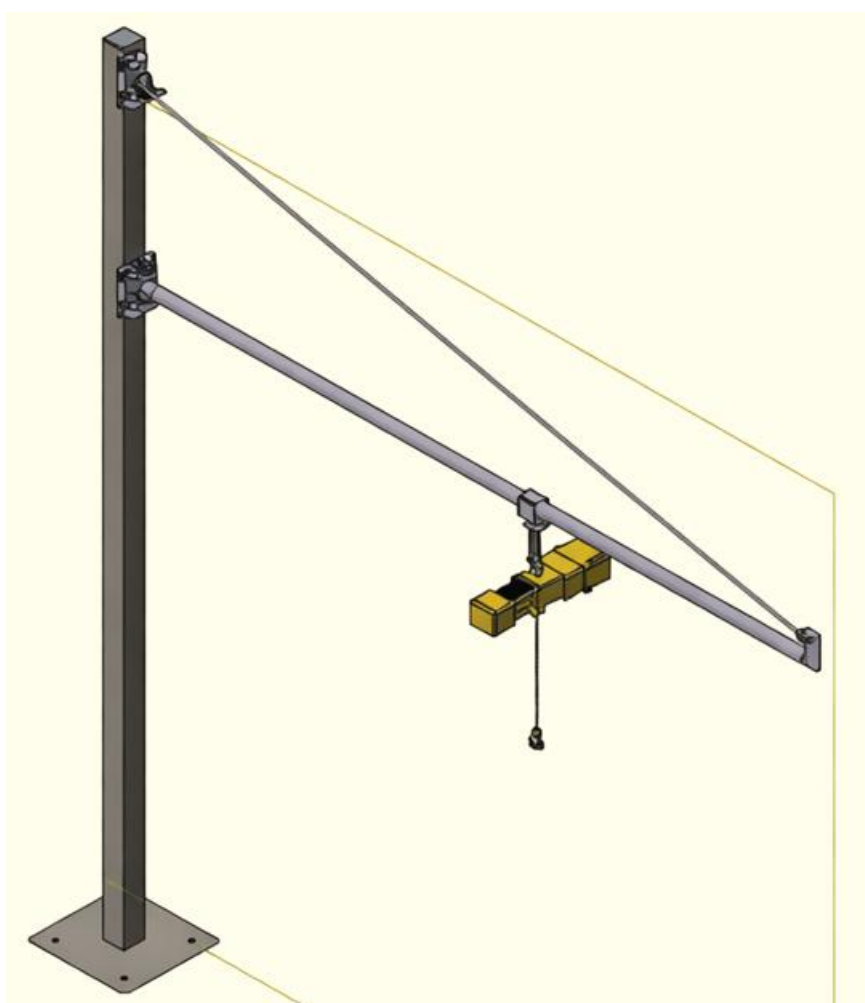
SARMIENTO-ORTIZ, Fabian et al., 2024. Design of a load elevator as a measure to reduce ergonomic risks. In : *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Institute of Physics. 2024. DOI 10.1088/1755-1315/1370/1/012011.

ULLOA VÁZQUEZ, Edgar Teodoro, 2024. *Estrategias de prevención ergonómica para mejorar las condiciones laborales en la empresa PROVIDRIO, Cuenca - Ecuador*. .

WATERS, THOMAS R. et al., 1993. Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics*. Vol. 36, no. 7, pp. 749–776. DOI 10.1080/00140139308967940.

ANEXO 1.

MANUAL DE OPERACIÓN GRUA TIPO PESCANTE



Realizado: Fabián Sarmiento Ortiz

QUITO -ECUADOR

1. Introducción

El presente Manual de Operación y Mantenimiento establece los lineamientos técnicos y de seguridad para el uso correcto de la grúa tipo pescante manual, implementada en el área de enrollado de cintas adhesivas, con el propósito de eliminar el levantamiento manual de bobinas.

El cumplimiento de este manual permite:

- Operar el equipo de forma segura y estandarizada.
- Prevenir fallas operativas y mecánicas.
- Mantener la capacidad de operación dentro de límites seguros

2. Objetivos del manual

2.1 Objetivo general

Establecer procedimientos seguros, claros y estandarizados para la operación, inspección y mantenimiento de la grúa tipo pescante, garantizando su correcto funcionamiento, prolongando su vida útil y minimizando riesgos laborales.

2.2 Objetivos específicos

- Describir las partes y componentes de la grúa tipo pescante, mediante la identificación de cada elemento y su función, para la comprensión del equipo y su uso correcto por parte del personal operativo.
- Establecer los requisitos de seguridad para la operación del equipo, a través de la definición del uso obligatorio de equipos de protección personal, condiciones del área de trabajo y prohibiciones de operación, con el fin de prevenir accidentes laborales y minimizar riesgos mecánicos y ergonómicos.
- Definir el procedimiento de operación de la grúa tipo pescante, mediante la descripción paso a paso de las actividades para garantizar una manipulación segura.
- Determinar las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo del equipo, a través del establecimiento de inspecciones periódicas, lubricación y criterios de intervención, con el propósito de asegurar disponibilidad del equipo..
- Asignar responsabilidades al personal involucrado en la operación del equipo, mediante la delimitación de funciones del operador, supervisor y personal de mantenimiento, para asegurar el cumplimiento del presente manual y la correcta gestión del riesgo laboral.

3. Alcance

Este manual aplica a todo el personal que interviene directa o indirectamente en el uso del equipo en el área de enrollado, incluyendo:

- Operadores del área de enrollado de cintas adhesivas.
- Supervisores de producción/turno.
- Personal de mantenimiento mecánico.
- Responsables de SST (seguridad y salud en el trabajo).

Condición de uso: El equipo debe utilizarse únicamente para las cargas definidas en el proceso (bobinas de cinta adhesiva) y dentro de los límites de diseño y capacidad establecidos.

4. Exclusiones

Este equipo NO debe utilizarse para:

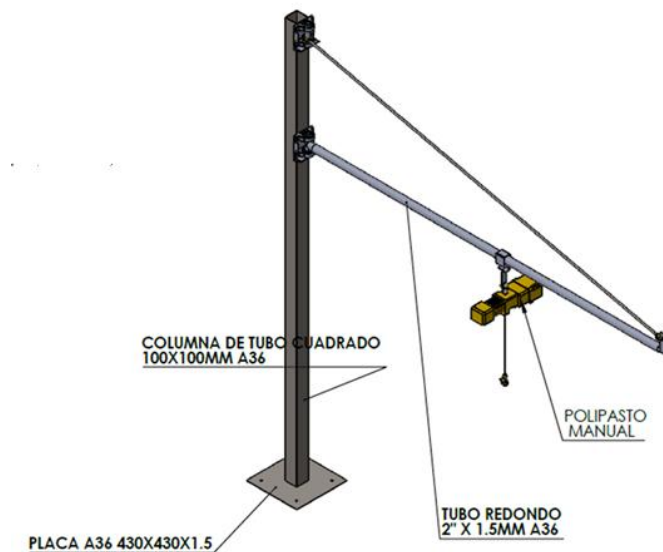
- Izaje de personas,
- Cargas fuera del proceso,
- Uso en áreas distintas a la zona definida sin evaluación previa,
- Operación por personal no capacitado/ autorizado.

3. Descripción general del equipo

La grúa tipo pescante es un equipo de izaje fijo diseñado para asistir el levantamiento y posicionamiento de bobinas de cintas adhesivas en el área de enrollado, con el objetivo de eliminar el levantamiento manual de cargas y reducir la exposición a riesgos ergonómicos.

El sistema está conformado por una estructura metálica vertical, un brazo horizontal giratorio y un polipasto manual de cadena, así como un gancho de agarre de las bobinas, permitiendo elevar, girar y posicionar la carga de forma controlada y segura en el lugar requerido.

La grúa se encuentra anclada al piso, lo que garantiza estabilidad durante la operación, y ha sido diseñada considerando las dimensiones del área de trabajo, el peso de las bobinas y la frecuencia de uso.



3.1 Función del equipo

La grúa tipo pescante cumple la función de:

- Elevar las bobinas desde la salida de la máquina enrolladora.
- Permitir el giro horizontal controlado del brazo.
- Posicionar la carga en el punto de destino sin levantamiento manual.

De esta manera, el equipo actúa como medida de control en la fuente y en el destino eliminando la manipulación manual de cargas.

3.2 Capacidad y condiciones de operación

- Capacidad nominal máxima: 40 kg
- Tipo de izaje: Manual mediante polipasto de cadena
- Radio de giro: Definido por la longitud del brazo
- Uso exclusivo: Manipulación de bobinas de cintas adhesivas

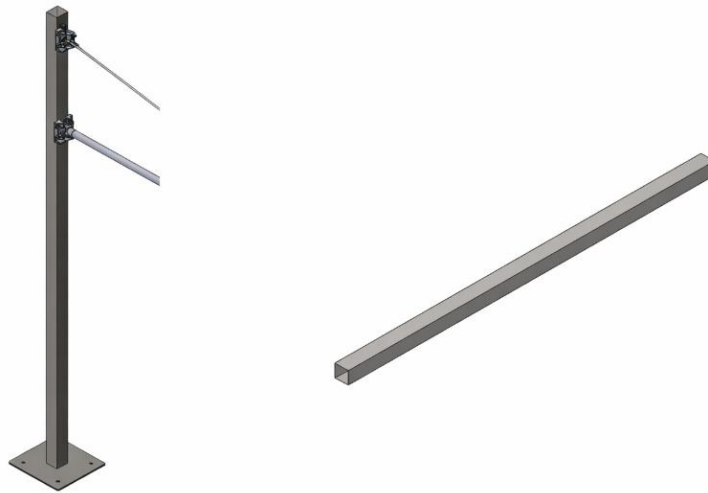
3.3 Componentes principales del equipo

La grúa tipo pescante está compuesta por los siguientes elementos estructurales y mecánicos:

3.3.1 Columna vertical

Elemento estructural principal que soporta la carga total del sistema.

Está fabricada en acero estructural y se encuentra anclada al piso mediante una placa base y pernos de anclaje.



Función:

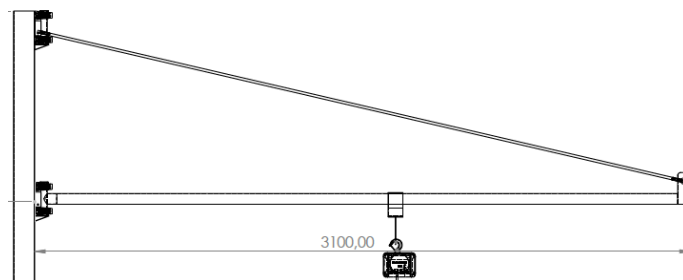
- Soportar los esfuerzos de carga y momento generados durante el izaje.
- Permitir el giro del brazo mediante el eje y la chumacera.

3.3.2 Brazo horizontal giratorio

Elemento metálico dispuesto de forma horizontal, unido a la columna vertical, que permite el desplazamiento angular de la carga dentro del área de trabajo.

Función:

- Facilitar el traslado de la bobina desde el punto de izaje hasta el punto de deposición.
- Reducir desplazamientos manuales del operador.



3.3.3 Polipasto manual de cadena

Dispositivo mecánico de elevación accionado manualmente mediante una cadena, diseñado para levantar cargas de forma segura y controlada.

Función:

- Elevar y descender la bobina de manera progresiva.
- Reducir el esfuerzo físico requerido por el operador.

=



3.3.4 Gancho de izaje con seguro

Elemento ubicado en el extremo inferior del polipasto, provisto de un sistema de seguridad que evita la liberación accidental de la carga.

Función:

- Asegurar la bobina durante el izaje.
- Prevenir caídas de la carga.



SEGURIDAD OPERACIONAL Y PREVENCIÓN DE RIESGOS

4. Seguridad operacional

La operación de la grúa tipo pescante con polipasto manual debe realizarse bajo estrictas condiciones de seguridad, con el fin de prevenir accidentes laborales, fallas operativas y daños a la integridad física de los trabajadores.

El cumplimiento de los lineamientos establecidos en esta sección es obligatorio para todo el personal autorizado a operar el equipo. La inobservancia de estas disposiciones constituye una falta a las normas de seguridad y salud en el trabajo.

4.1 Identificación de riesgos asociados a la operación

Durante la operación de la grúa tipo pescante se identifican los siguientes riesgos principales:

4.1.1 Riesgos mecánicos

- Atrapamiento entre la carga y estructuras fijas.
- Golpes por caída o balanceo de la carga.
- Falla del sistema de izaje por sobrecarga.

4.1.3 Riesgos operativos

- Uso del equipo por personal no autorizado.
- Falta de inspección previa.
- Operación en áreas con obstáculos.

La identificación de estos riesgos permite establecer medidas preventivas que reducen significativamente la probabilidad de accidentes.

4.2 Equipos de Protección Personal (EPP)

El uso de Equipos de Protección Personal es **obligatorio** durante la operación de la grúa tipo pescante.

4.2.1 EPP obligatorio

- Casco de seguridad industrial tipo copa compatible con protección auditiva.
- Orejeras tipo copa acoplables al casco de seguridad.
- Guantes de trabajo antideslizantes.
- Calzado de seguridad con puntera reforzada.
- Ropa de trabajo ajustada al cuerpo.
- Chaleco reflectivo (si aplica).



4.3 Condiciones de seguridad del área de trabajo

Antes de iniciar la operación del equipo, el operador deberá verificar que el área de trabajo cumpla con las siguientes condiciones:

- Área libre de obstáculos.
- Superficie del piso en buen estado (sin humedad, aceite o desniveles).
- Iluminación adecuada.
- Señalización visible del área de izaje.
- Ausencia de personas bajo la carga suspendida.

4.4 Reglas generales de seguridad

Durante la operación de la grúa tipo pescante se deben cumplir las siguientes reglas:

- Realizar inspección visual del equipo antes de cada uso.
- Operar el polipasto de forma lenta y controlada.
- Mantener siempre la carga bajo control.
- Posicionarse lateralmente respecto a la carga.
- Detener la operación ante cualquier anomalía.
- Reportar fallas inmediatamente al supervisor.

4.5 Prohibiciones durante la operación

Está **estrictamente prohibido**:

- Superar la capacidad nominal de carga (40 kg).
- Transportar personas con el equipo.
- Permanecer o permitir personas bajo la carga suspendida.
- Operar el equipo con fallas visibles.
- Realizar movimientos bruscos o tirones.
- Utilizar el equipo para arrastre horizontal.
- Modificar el equipo sin autorización técnica.

4.6 Señalización de seguridad

El área donde se encuentra instalada la grúa debe contar con señalización visible y permanente, que incluya:

- Capacidad máxima de carga.
- Uso obligatorio de EPP.
- Prohibición de permanecer bajo la carga.
- Zona de operación del equipo.

La señalización permite advertir a trabajadores y visitantes sobre los riesgos presentes.

4.7 Responsabilidad en seguridad

Operador

- Cumplir estrictamente este manual.
- Usar EPP obligatorio.
- Reportar condiciones inseguras.

Supervisor

- Verificar cumplimiento de normas de seguridad.
- Autorizar personal operador.
- Coordinar acciones correctivas.

Seguridad y Salud Ocupacional

- Capacitar al personal.
- Realizar inspecciones periódicas.
- Evaluar la eficacia de las medidas preventivas.

Mantenimiento

- Realizar inspecciones periódicas de la ayuda mecánica (grúa y polipasto).
- Ejecutar mantenimiento preventivo y correctivo del sistema.
- Verificar el estado de cables, cadenas, pernos, soldaduras y anclajes.
- Registrar las actividades de mantenimiento realizadas.
- Retirar de operación el equipo en caso de fallas estructurales o mecánicas.

PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN DE LA GRÚA TIPO PESCANTE

5. Procedimiento de operación

El presente procedimiento establece la secuencia correcta y segura para la operación de la grúa tipo pescante con polipasto manual, desde la inspección previa hasta la deposición de la carga, garantizando una manipulación controlada y ergonómicamente adecuada de las bobinas de cintas adhesivas.

5.1 Inspección previa a la operación

Antes de iniciar cualquier maniobra de izaje, el operador deberá realizar una inspección visual del equipo y del área de trabajo, verificando lo siguiente:

- Estado general del polipasto y la cadena (sin desgaste, deformaciones o corrosión).
- Correcto funcionamiento del gancho de izaje y su seguro.
- Estabilidad de la estructura y ausencia de elementos sueltos.
- Área de trabajo despejada y sin presencia de personas no autorizadas.
- Uso correcto de los Equipos de Protección Personal (EPP).

Si se detecta alguna anomalía, **la operación deberá suspenderse inmediatamente** y notificarse al supervisor.

5.2 Posicionamiento de la carga

Una vez realizada la inspección previa, el operador deberá:

1. Ubicar la bobina de cinta adhesiva en una posición estable.
2. Alinear la carga con el gancho del polipasto.
3. Verificar que la bobina se encuentre dentro del rango de capacidad del equipo.

El operador deberá mantenerse siempre en una posición lateral, evitando ubicarse frente o debajo de la carga.



5.3 Enganche de la carga

El enganche se realizará de la siguiente manera:

1. Colocar el gancho del polipasto en el punto de sujeción de la bobina.
2. Asegurar que el seguro del gancho esté completamente cerrado.
3. Verificar que la carga esté correctamente centrada.

Está prohibido enganchar la carga de forma parcial o inestable.

5.4 Izaje de la carga

El izaje de la bobina se realizará accionando el polipasto manual de manera progresiva y controlada:

1. Accionar la cadena del polipasto suavemente.
2. Elevar la carga hasta una altura mínima necesaria.
3. Verificar que la carga se mantenga estable y sin balanceos.

Durante el izaje, el operador deberá mantener una postura ergonómica y evitar movimientos bruscos.



5.5 Giro del brazo y traslado de la carga

Con la carga suspendida y estable:

1. Girar el brazo de la grúa lentamente hacia el punto de destino.
2. Mantener el control visual de la carga durante todo el recorrido.
3. Evitar que la carga impacte con estructuras u objetos.

El giro debe realizarse sin tirones ni aceleraciones bruscas.

5.6 Descenso y deposición de la carga

Para depositar la bobina:

1. Ubicar la carga sobre la superficie de destino.
2. Accionar el polipasto para descender lentamente la carga.
3. Asegurar que la bobina esté completamente apoyada.
4. Liberar el gancho únicamente cuando la carga esté estable.



5.7 Finalización de la operación

Una vez concluida la operación:

- Retirar el gancho del área de trabajo.
- Colocar el polipasto en posición segura.
- Mantener el área limpia y ordenada.
- Reportar cualquier novedad ocurrida durante la operación.

PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA Y CONTINGENCIAS

6. Procedimientos de emergencia

Los procedimientos de emergencia establecen las acciones que deben seguirse ante situaciones imprevistas o anómalas durante la operación de la grúa tipo pescante con polipasto manual, con el fin de proteger la integridad física del personal, evitar daños al equipo y minimizar impactos en el proceso productivo.

6.1 Falla del equipo durante la operación

En caso de presentarse una falla mecánica o funcionamiento anormal del equipo durante el izaje o traslado de la carga, el operador deberá:

1. Detener inmediatamente la operación.
2. Evitar realizar movimientos bruscos o maniobras improvisadas.

3. Mantener la carga suspendida únicamente si no representa un riesgo inmediato.
4. Asegurar el área de trabajo, impidiendo el acceso de personal no autorizado.
5. Informar de manera inmediata al supervisor y al personal de mantenimiento.

6.2 Caída o inestabilidad de la carga

Si la carga presenta balanceo excesivo, deslizamiento o riesgo de caída:

1. Detener el izaje de forma inmediata.
2. No intentar estabilizar la carga con las manos.
3. Alejarse de la zona de riesgo.
4. Asegurar el área hasta que la carga se encuentre en condición segura.
5. Reportar el incidente al supervisor.

6.5 Condiciones inseguras del área

En caso de identificar condiciones inseguras como piso resbaloso, obstáculos, iluminación deficiente o señalización inadecuada:

1. Detener la operación del equipo.
2. Corregir la condición insegura antes de reiniciar la operación.
3. Informar al supervisor si la condición no puede corregirse de inmediato.

6.6 Responsabilidad en situaciones de emergencia

Operador

- Actuar conforme a este procedimiento.
- Detener la operación ante cualquier condición insegura.
- Reportar de inmediato cualquier emergencia.

Supervisor

- Coordinar acciones de respuesta.
- Garantizar la atención al personal afectado.
- Asegurar el registro del evento.

Seguridad y Salud Ocupacional

- Investigar el incidente.

- Proponer acciones correctivas.
- Verificar la implementación de mejoras preventivas.

Mantenimiento

- Realizar inspecciones periódicas de la ayuda mecánica (grúa y polipasto).
- Ejecutar mantenimiento preventivo y correctivo del sistema.
- Verificar el estado de cables, cadenas, pernos, soldaduras y anclajes.
- Registrar las actividades de mantenimiento realizadas.
- Retirar de operación el equipo en caso de fallas estructurales o mecánicas.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO

7. Mantenimiento del equipo

El mantenimiento de la grúa tipo pescante tiene como objetivo garantizar su funcionamiento seguro y continuo, prevenir fallas mecánicas, prolongar la vida útil del equipo y evitar condiciones inseguras durante la operación.

7.1 Tipos de mantenimiento

7.1.1 Mantenimiento preventivo

Corresponde a las actividades programadas que se realizan de forma periódica para prevenir fallas, detectar desgastes prematuros y asegurar la confiabilidad del equipo.

7.1.2 Mantenimiento correctivo

Se realiza cuando el equipo presenta fallas, daños o condiciones anormales que impiden su operación segura y normal.

7.2 Mantenimiento preventivo

7.2.1 Inspección visual diaria

Antes de cada jornada de trabajo, el operador deberá verificar:

- Estado general del polipasto y cadena.
- Funcionamiento del gancho y seguro.
- Ausencia de fisuras, deformaciones o corrosión.
- Correcta fijación de la estructura al piso.
- Área de trabajo limpia y despejada.

7.2.2 Mantenimiento preventivo periódico

Las actividades de mantenimiento preventivo se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 1. Plan de mantenimiento preventivo de la grúa tipo pescante

Actividad	Componente	Frecuencia	Responsable
Limpieza general	Estructura y polipasto	Mensual	Mantenimiento
Lubricación	Cadena del polipasto	Mensual	Mantenimiento
Lubricación	Eje de giro / chumacera	Trimestral	Mantenimiento
Revisión	Pernos de anclaje	Trimestral	Mantenimiento
Inspección	Soldaduras	Semestral	Mantenimiento
Verificación	Gancho y seguro	Mensual	Mantenimiento

7.3 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo se ejecutará cuando se presenten las siguientes condiciones:

- Desgaste excesivo de la cadena.
- Falla del sistema de izaje.
- Deformación del gancho o brazo.
- Aflojamiento de pernos de anclaje.
- Presencia de fisuras estructurales.

7.3.1 Procedimiento para mantenimiento correctivo

1. Suspende la operación del equipo.
2. Señalizar el equipo como “Fuera de servicio”.
3. Informar al supervisor y mantenimiento.
4. Realizar la reparación o reemplazo del componente afectado.
5. Verificar el correcto funcionamiento antes de reiniciar la operación.

7.4 Lubricación del equipo

La lubricación es fundamental para reducir fricción y desgaste de los componentes móviles.

- Utilizar lubricante industrial recomendado por el fabricante.

- No exceder la cantidad de lubricante.
- Retirar residuos o exceso de grasa.

7.5 Registros de mantenimiento

Toda actividad de mantenimiento deberá ser registrada, indicando:

- Fecha.
- Tipo de mantenimiento.
- Actividad realizada.
- Responsable.
- Observaciones.

Estos registros permiten asegurar la trazabilidad y el control del estado del equipo.

7.6 Responsabilidades en mantenimiento

Operador

- Reportar fallas o anomalías.
- No operar equipos en mal estado.

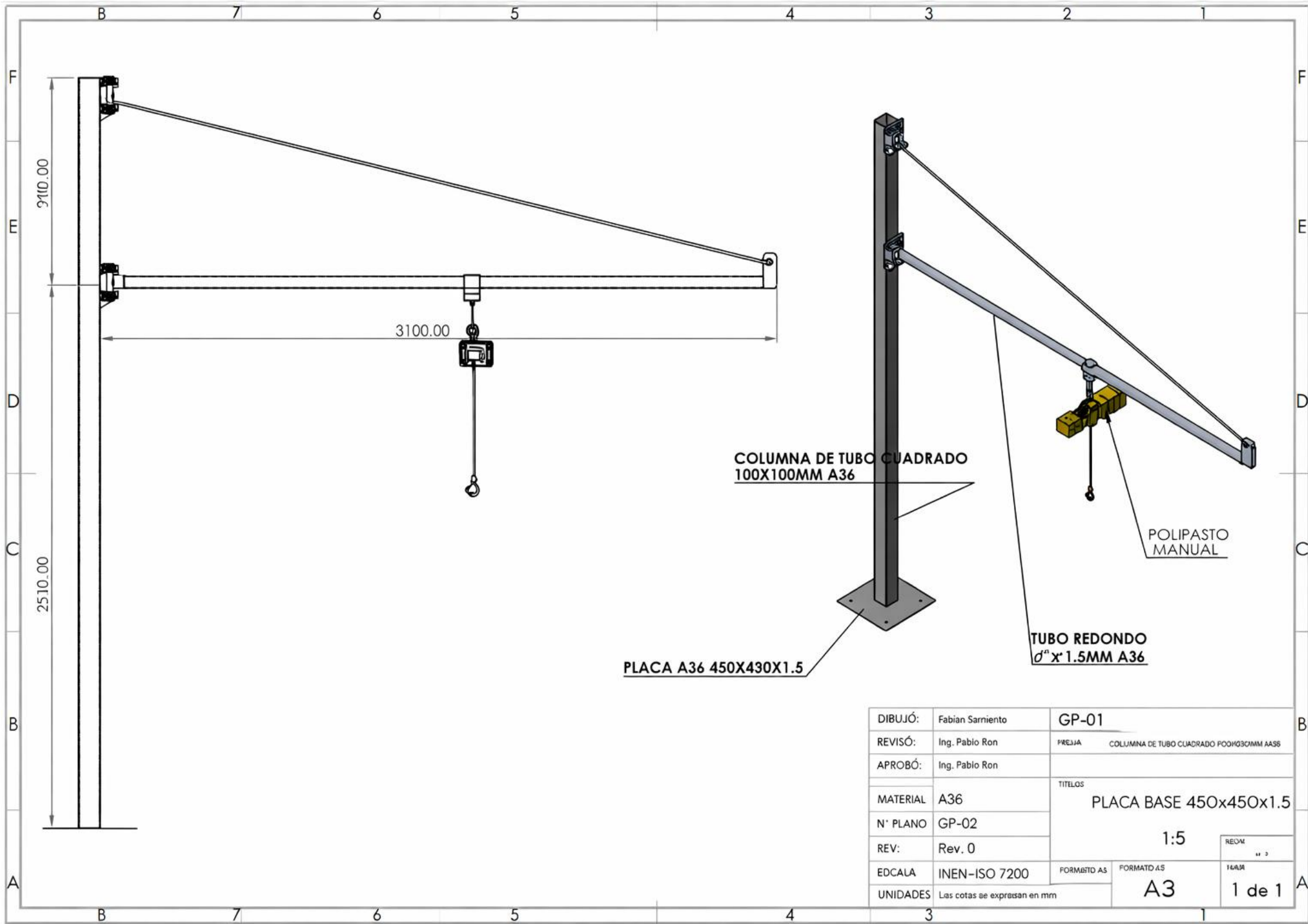
Mantenimiento

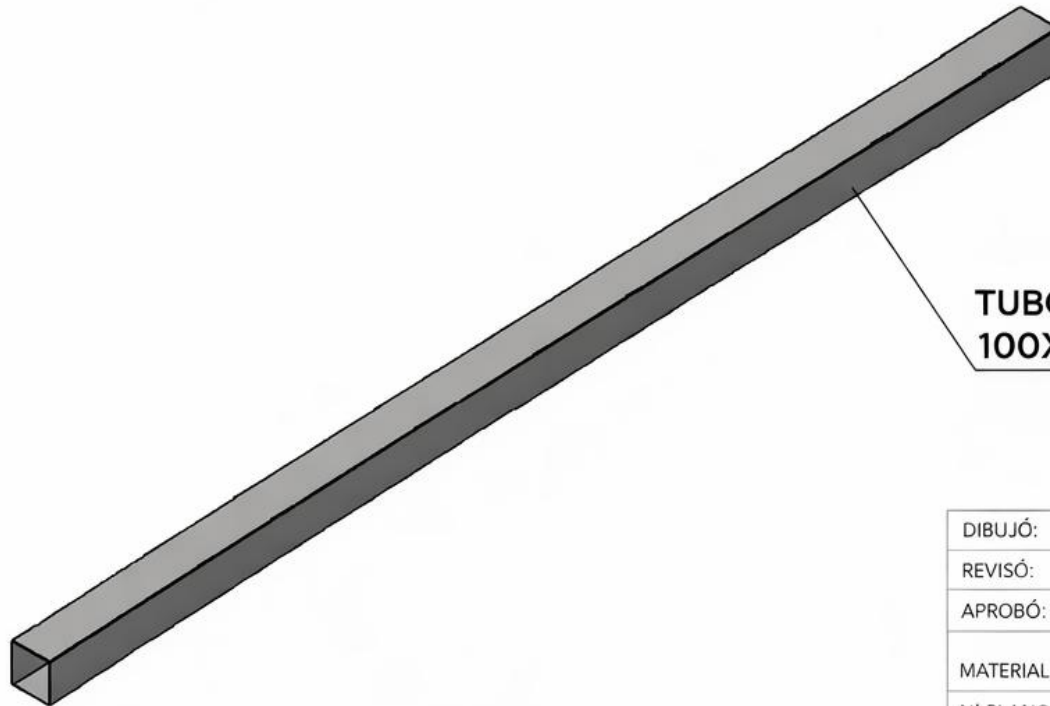
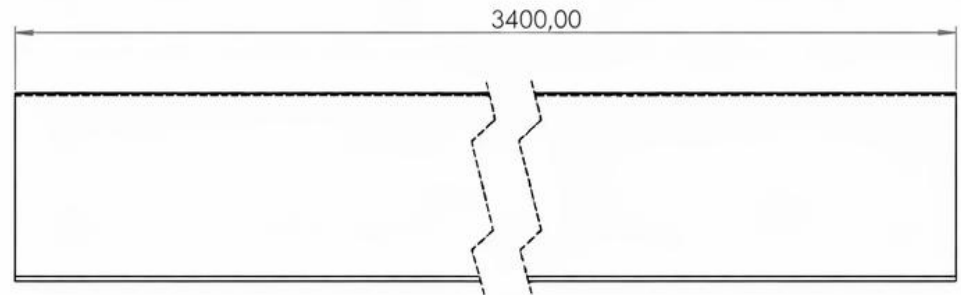
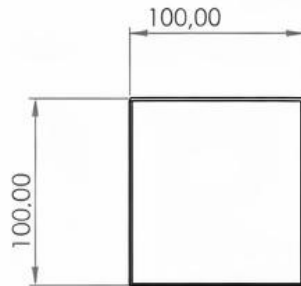
- Ejecutar actividades preventivas y correctivas.
- Mantener registros actualizados.

Supervisor

- Verificar cumplimiento del plan de mantenimiento.
- Autorizar la puesta en servicio del equipo.

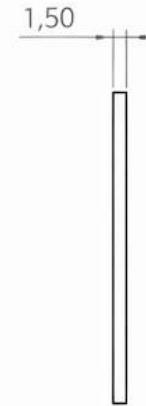
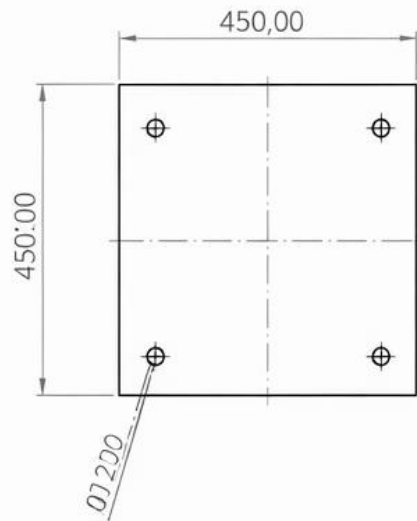
ANEXO 2. PLANOS



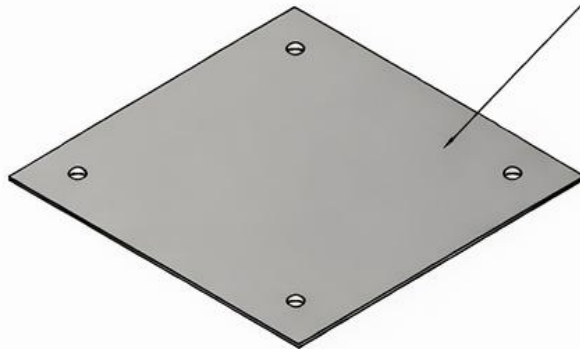


**TUBO NEGRO CUADRADO
100X100X1.5**

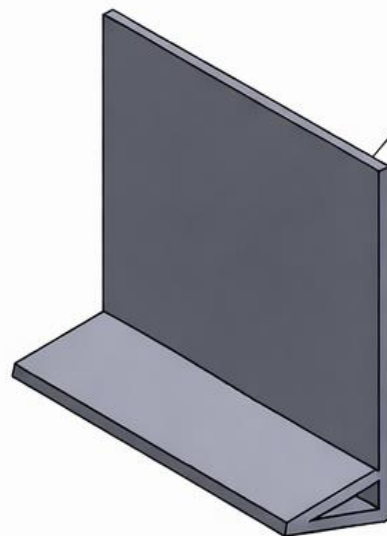
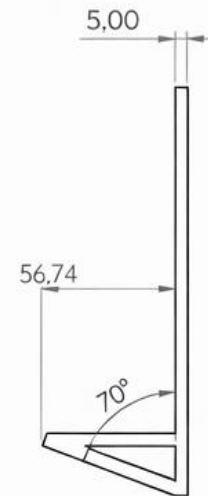
DIBUJÓ:	Fabian Sarmiento	GP-02		
REVISÓ:	Ing. Pablo Ron	REVISUE COLUMNA DE TUBO CUADRADO 100X100MM A36		
APROBÓ:	Ing. Pablo Ron			
MATERIAL	A36	TITULO COLUMNA DE TUBO CUADRADO 100X100X1.5		
N° PLANO	GP-02			
REV:	Rev. 0			
ESCALA:	INEN-ISO 7200	FORMATO A3	FORMATO A3	REVISOR ...
UNIDADES	Las cotas se expresan en mm		A3	NEAA
				1 de 1



ACERO A36 E1.5MM

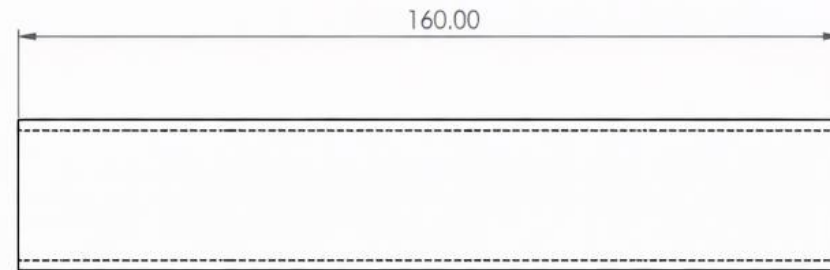
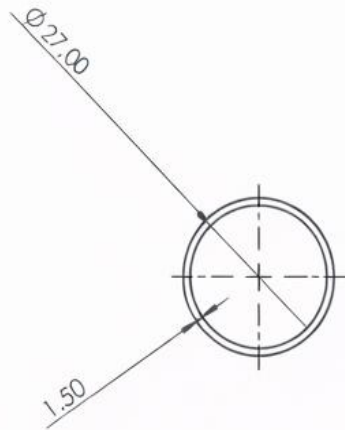


DIBIJO:	Fabián Sarmiento	GP-03				
REVISO:	Ing. Pablo Ron	REVISUA	REVISUA			
APROBÓ:	Ing. Pablo Ron					
MATERIAL:	A36	TIRLAO PLACA BASE 450x450x1.5 1:5				
N° PLANO	GP-03					
REV:	Rev. 0					
SSCALA:	INEN-ISO 7200	FORMATO: A3	FORMATO: A3	NCBIA --		
UNIDADES	Las cotas se expresan en mm		A3	PCUAT 1 de 1		
ACABADO: ELIMINÁR REBABA						



ACERO A36 E1.5MM

DIBUJÓ:	Fabián Samiento	GP-04		
REVISO:	Ing. Pablo Ron	RESUMA RESUMA		
APROBÓ:	Ing. Pablo Ron			
MATERIAL	A36	TIRLAO PLACA PARA CHUMACER 1:5		
N° PLANO	GP-04			
REV:	Rev. 0			
ESCALA:	INEN-ISO 7200	FORMATO A3	FORMATO A3	NOTIA ---
UNIDADES	Las cotas se expresan en mm		A3	FOUA 1 de 1
ACABADO: ELIMINÁR REBABA				



TUBO NEGRO
DIAM 27 E1.5



DIBUJÒ:	Fabián Samiento	GP-05		
REVISO:	Ing. Pablo Ron	RESBICA. - 11B-TORS&ON		
APROBÒ:	Ing. Pablo Ron			
MATERIAL	TUBO NEGRO	TITULO: tubo de 30		
Nº PLANO	GP-05			
REV.	Rev. 0	FORMATO A3	NORMA A3	HORMA _____
ESCALA	INEN-ISO 7200			HORS: 1 de 1
ACABADO: ELIMINAR REBABA				