REDISEÑO DEL SISTEMA DE EVACUACIÓN Y PESAJE DE PERFILERIA DEL TREN TRES PARA LA EMPRESA GERDAU DIACO PLANTA TUTA

CÉSAR AUGUSTO VIANCHÁ CUTA

Cód.: 54-039071

UNIVERSIDAD PEDAGOGÍCA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

FACULTAD SECCIONAL DUITAMA

2016

REDISEÑO DEL SISTEMA DE EVACUACIÓN Y PESAJE DE PERFILERIA DEL TREN TRES PARA LA EMPRESA GERDAU DIACO PLANTA TUTA

CÉSAR AUGUSTO VIANCHÁ CUTA

Cód.: 54-039071

Anteproyecto presentado para optar al título de Ingeniero Electromecánico en la modalidad monografía.

DIRECTOR:

FABIAN LEONARDO HIGUERA SÁNCHEZ

Ingeniero Electromecánico

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

FACULTAD SECCIONAL DUITAMA

2016

Nota de aceptación:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Firma del Director de Proyecto

_____

Firma del jurado

_____

Firma del jurado

Duitama, octubre de 2016

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a
Dios que nos guía en el
caminar por este mundo y
nada se escapa a su voluntad.

A mi Padres Henry Vianchá y
Herlinda Cuta por su amor,
comprensión y apoyo incondicional
que siempre me han brindado.

A mis hermanos Lina, Edna y
Vladimir por su apoyo, el cariño y
la motivación que me han dado.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su más sincero agradecimiento a:

A la empresa **Gerdau Diaco Planta Tuta** por permitirme realizar este trabajo de grado, especialmente al ingeniero WILLIAM BECERRA y al personal operativo de la sección de laminación de la empresa.

A **FABIAN LEONARDO HIGUERA SÁNCHEZ,** Ingeniero Electromecánico, Director de este proyecto por su valiosa orientación y acompañamiento en su desarrollo.

A la **ESCUELA DE INGENIERIA ELECTROMECÁNICA** y al grupo de maestros que nos guio en el proceso de aprendizaje.

A **JOSE GIOVANI ACERO,** Ingeniero electromecánico por sus valiosas asesorías.

A los compañeros y amigos de la Universidad, quienes de una Universidad que de una u otra manera fueron participes de nuestra formación tanto personal como académica.

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

1 INTRODUCCION 3
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 4
1.2 OBJETIVOS 5
1.2.1 OBJETIVO GENERAL 5
1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS: 5
2 ESTADO ACTUAL 6
2.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 6
2.2 MISION 8
2.3 VISION 8
2.4 DESCRIPCION GENERAL 8
2.5 DESCRIPCION DEL PROCESO 11
2.6 FUNCIONAMIENTO 11
3 NUEVAS ALTERNATIVAS 15
3.1 SISTEMA EVACUADOR POR ARRASTRE DE CADENA INCLINADO CON CILINDROS POSICIONADORES 15
3.1.1 Ventajas: 16
3.1.2 Desventajas: 17
3.2 SISTEMA EVACUADOR POR ARRASTRE DE CADENA HORIZONTAL 17
3.2.1 Ventajas: 19
3.2.2 Desventajas: 19
3.3 SISTEMA EVACUADOR POR RESBALADERO 20
3.3.1 Funcionamiento del sistema ..... **¡Error! Marcador no definido.**
3.3.2 Ventajas: 21
3.3.3 Desventajas: 22
4 ANALISIS DE ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN DEL EQUIPO 23
5 SISTEMA EVACUADOR 25
5.1 ESTRUCTURA 30
5.1.1 Base 30
5.1.2 SOPORTE DE CELDAS DE CARGA 32
5.1.3 SOPORTE RAMPAS DE DESLIZAMIENTO 33
5.2 CELDA DE CARGA. 35

5.3 RAMPA 43
5.3.1 Placa resbaladero 43
5.3.2 Platinas de sujeción. 56
5.3.3 Selección de los pernos 59
5.4 RAMPA Y LA PLACA DE SUJECIÓN 61
6 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE PESAJE 63
6.1 SELECCIÓN DE LA CELDA DE CARGA 63
6.2 SELECCIÓN DEL INDICADOR ELECTRONICO DE PESO 65
6.3 DIAGRAMA DE CONEXIÓN SISTEMA DE PESAJE 67
6.4 PUESTA A PUNTO DEL SISTEMA DE PESAJE 68
7 FABRICACION Y MONTAJE 69
7.1 CODIFICACIÓN DE PLANO 69
8 CONCLUSIONES 71
9 RECOMENDACIONES 72
10 BIBLIOGRAFIA 73

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Ubicación geográfica de la empresa Gerdau Diaco Planta Tuta 6
Figura 2. Distribución general tren tres planta tuta 7
Figura 3. Diagrama de flujo general del proceso 9
Figura 4. Terminación tren tres 10
Figura 5. Elementos estructurales del evacuador actual 12
Figura 6. Sistema neumático de evacuación de paquetes 12
Figura 7. Maquina neumática combinada (Zunchadora) 13
Figura 8. Sistema actual de freno de paquetes de perfiles 14
Figura 9. Mesa de pesaje de paquetes de perfiles 14
Figura 10. Sistema evacuador por arrastre de cadena inclinado con cilindros posicionadores 15
Figura 11. Sistema evacuador por arrastre de cadena horizontal 17
Figura 12. (Continuación) 18
Figura 13. Sistema evacuador por resbaladero 20
Figura 14. Conjuntos evacuador 25
Figura 15. Altura promedio del hombre colombiano 26
Figura 16. Peso teórico recomendado en función de la zona de manipulación 26
Figura 17. Altura del nuevo evacuador 27
Figura 18. Diagrama de cuerpo libre paquete de perfiles 28
Figura 19. Estructura evacuador 30
Figura 20. Canal C4¨ y Perfil Hea 100 30
Figura 21. Carga sobre base y reacción del piso 31
Figura 22. Cimentación base 32
Figura 23. Soporte celdas de carga HEA 100 33
Figura 24. Columna HEA 100 soporte rampa 34
Figura 25. Tensión de Von Mises Estructura Soporte 34
Figura 26. Coeficiente de seguridad estructura soporte 35
Figura 27. Ubicación celda de carga 35
Figura 28. Carga distribuida sobre el soporte de armado de paquetes 36
Figura 29. Esfuerzo cortante sobre la platina del soporte 37
Figura 30. Momento flexionante sobre la platina del soporte 37
Figura 31. Propiedades mecánicas del acero ASTM A-36 38
Figura 32. Ubicación del esfuerzo de Von Mises en la Celda de carga. 41
Figura 33. Deflexión de la platina de la celda de carga 41
Figura 34. Coeficiente de seguridad de la platina 42
Figura 35. Propiedades mecánicas del paquete perfiles 43
Figura 36. Propiedades mecánicas del brazo basculante 44
Figura 37. Propiedades mecánicas de placa resbaladero 44
Figura 38. Posición del paquete en la rampa tipo después de la simulación 45

Figura 39. Grafica de la velocidad del paquete.....46
Figura 40. Geometría placa resbaladero 46
Figura 41. Diagrama cuerpo libre 3 paquetes sobre rampa.....47
Figura 42. Componentes de las reacciones en la rampa inclinada.....49
Figura 43. Rampa y tres paquetes.....49
Figura 44. Diagrama de momento sobre la rampa.....50
Figura 45. Dimensiones de la rampa de evacuación 51
Figura 46. Ubicación de esfuerzos de Von Mises Rampa 54
Figura 47. Desplazamiento Rampa Autodesk Inventor.....54
Figura 48. Ubicación máximos y mínimos del factor de seguridad 55
Figura 49. Diagrama cuerpo libre rampa 56
Figura 50. Platina de sujeción.....57
Figura 51. Detalle de los pernos de sujeción de la rampa 59
Figura 52. Detalles de las soldaduras en la rampa de evacuación 61
Figura 53. Ubicación de las celdas de pesaje.....63
Figura 54. Celda monobloque SP-W2 64
Figura 55. Indicador de peso Lexus Big Fox.....65
Figura 56. Conector redondo de 5 pines Fox Big 66
Figura 57. Conector puerto RS232 67
Figura 58. Diagrama de conexión del sistema de pesaje 67

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Componentes alternativa 1 16
Tabla 2. Componentes alternativa 2 18
Tabla 3.Componentes alternativa 3 21
Tabla 4. Matriz de evaluación de alternativas 23
Tabla 5. Pesos por tipo de paquetes de perfiles 27
Tabla 6. Resultados análisis por elementos finitos Autodesk Inventor 42
Tabla 7. Resultado análisis elementos finitos rampa 55
Tabla 8. Propiedades mecánicas de los elementos a unir 62
Tabla 9.Caracteristicas de la celda de carga monobloque 65
Tabla 10. Características indicador electrónico de peso 66
Tabla 11. Tabla planos y codificación 70

1 INTRODUCCION

La siderurgia es una de las industrias que más desarrollo ha presentado en los últimos años, y ha tenido un gran avance tecnológico en el mundo, ya que el acero es el producto por excelencia para la fabricación y construcción por ser un material muy versátil y adaptable, razón por la cual las empresas buscan optimizar los procesos para su obtención.

El proceso de laminación del tren tres en Gerdau Diaco planta Tuta, se finaliza en la sección de terminación, allí es donde se realizan las operaciones finales del proceso productivo, en esta se deben hacer que los productos que fueron laminados con las mejores normas de fabricación, presenten mayor exactitud en la medida del corte final con tolerancias estrechas en el enderezamiento y sus paquetes bien presentables y seguros.

El sistema utilizado actualmente por los operarios se construyó en el sitio mismo de trabajo, utilizando materiales que se disponían o producidos en la planta, el diseño actual no se tuvo en cuenta ninguna normativa, tampoco ningún concepto de ergonomía para facilitar la tarea repetitiva de apilar perfiles.

De acuerdo con la necesidad de implementar un sistema de evacuación que mejore las condiciones de trabajo de los operarios y que garantice el conformado de los paquetes del producto, se analizaron posibles sistemas, optando por un sistema sencillo de fácil mantenimiento y seguro en su operación.

El texto contiene entre sus capítulos inicialmente un estudio del sistema actual y los inconvenientes presentes en su operación, también se realizó un levantamiento de medidas geométricas de los equipos con los que interactúa el sistema, con esto se puede garantizar parámetros de diseño y no intervenir equipos existentes.

Para el diseño del nuevo evacuador se tiene presente la norma para la manipulación de cargas manuales, determinando la altura del sistema evacuador, también se seleccionan los componentes del sistema realizando cálculos estructurales garantizando todos los requerimientos del proceso y que sean comerciales en el mercado nacional.

Se incluye un sistema de pesaje que garantice el peso de cada paquete de perfiles y finalmente se recomendaciones para la fabricación y operación, incluyendo planos de montaje, y detalle de las piezas que componen el sistema.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El proceso sobre el cual se va a orientar este proyecto, es el empaquetado del tren laminador TREN TRES, es el lugar donde luego de pasar por todas las operaciones de conformado de producto se procede a apilarlos, amarrarlos, empacarlos, pesarlos y se arman las pilas o paquetes para su posterior distribución.

El sistema utilizado no cuenta con un sistema automático de apilado y empaquetado, la labor de formación de paquetes y de amarrado se hace de manera manual.

Después del proceso de enderezado, cada perfil cae sobre una mesa con rodillos inclinados que permiten llevar el perfil hasta el final de la mesa y a su vez que se deslicen hacia un costado fuera de ella, los perfiles caen sobre un soporte, donde los operarios manualmente toman uno a uno cada perfil, y lo levantan hacia un soporte el cual está a un nivel mucho más alto donde se arman las pilas o paquetes. El cambio de nivel hace que los operarios se vean obligados a inclinarse para tomar cada perfil realizando movimientos repetitivos que generan problemas de salud como espasmos musculares y problemas de espalda en los trabajadores.

Los paquetes se apilan perfil por perfil hasta completar un peso aproximado de una tonelada $(1000 + \pm 30\ Kg)$. Este proceso se hace de manera lenta, los operarios detienen el proceso por cansancio, fatiga y otros factores, generando así pérdida de tiempo y dinero por paradas imprevistas.

En el empaquetado no se posee una báscula de pesaje en línea y los paquetes ya conformados se pesan en grupos de tres lo que no garantiza una confiabilidad en el peso de cada paquete.

Actualmente los paquetes ya apilados son amarrados y evacuados por la acción de unos cilindros neumáticos, que levantan cada paquete deslizándolos hacia unos rieles que funcionan como rampas. Estos al final de la rampa son recibidos por unos resortes donde pierden su energía cinética. Los paquetes en ocasiones caen tan duro que se rompen los amarres dejando paquetes destrozados.

También, debido a que los paquetes descansan sobre los rieles inclinados, en el momento del izaje se produce un acomodamiento de los tres paquetes en la eslinga y el paquete superior recibe el peso produciéndose un momento en los perfiles de este, haciendo que las alas de los perfiles y las platinas se deformen, para corregir esto hay que hacer un proceso de re enderezado. Este proceso consiste en tomar cada perfil y llevarlo a una enderezadora de perfiles, que cuenta con seis rodillos, tres arriba y tres abajo los cuales poseen la forma del perfil y ejercen presión sobre a su paso, corrigendo los defectos, pero se genera un sobre costo y pérdida de tiempo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Rediseñar el sistema evacuación y pesaje de paquetes de perfiles con báscula electrónica en la línea de terminación del tren laminador tres de la empresa Gerdau Diaco planta tuta, con el fin de mejorar la eficiencia en el proceso de empaque y pesaje y garantizar la seguridad de los operarios.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

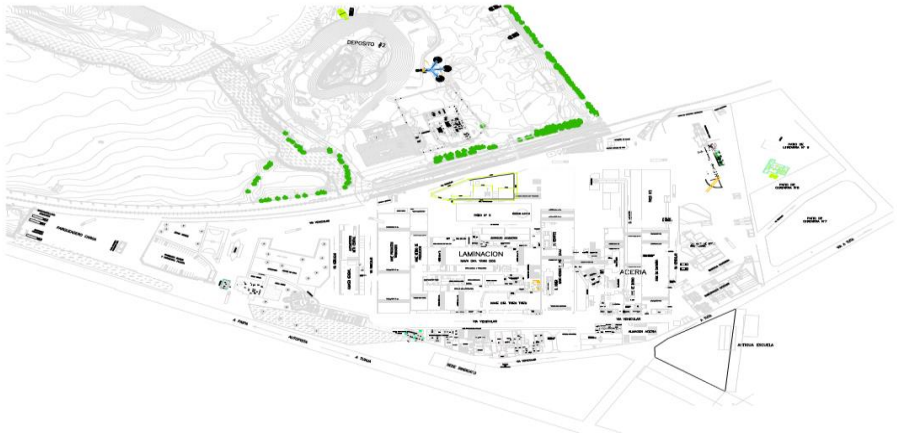
- Recolectar la información y analizar el estado actual del sistema, identificando las variables presentes con el fin de definir el nuevo sistema eléctrico y mecánico del proceso.
- Proponer y seleccionar alternativas de diseño para el nuevo sistema de evacuación y pesaje que garantice una solución óptima y adecuada en el proceso.
- Diseñar las componentes mecánicas del nuevo sistema, partiendo de la alternativa más adecuada con el fin de garantizar las exigencias de la empresa.
- Seleccionar el sistema de pesaje y sus componentes electrónicas más adecuadas, que logren una homogeneidad en el peso de los paquetes armados.
- Realizar una simulación computacional por elementos finitos de las componentes del sistema con el fin de confrontar los cálculos realizados durante el desarrollo de la propuesta.
- Desarrollar los planos de fabricación y montaje que sirvan como soporte en las actividades futuras de mantenimiento

2 ESTADO ACTUAL

2.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

La planta de Diaco -Tuta se encuentra localizada en el departamento de Boyacá en el km 27 vía Tunja-Paipa, la Figura 1 muestra la ubicación geográfica de la planta.

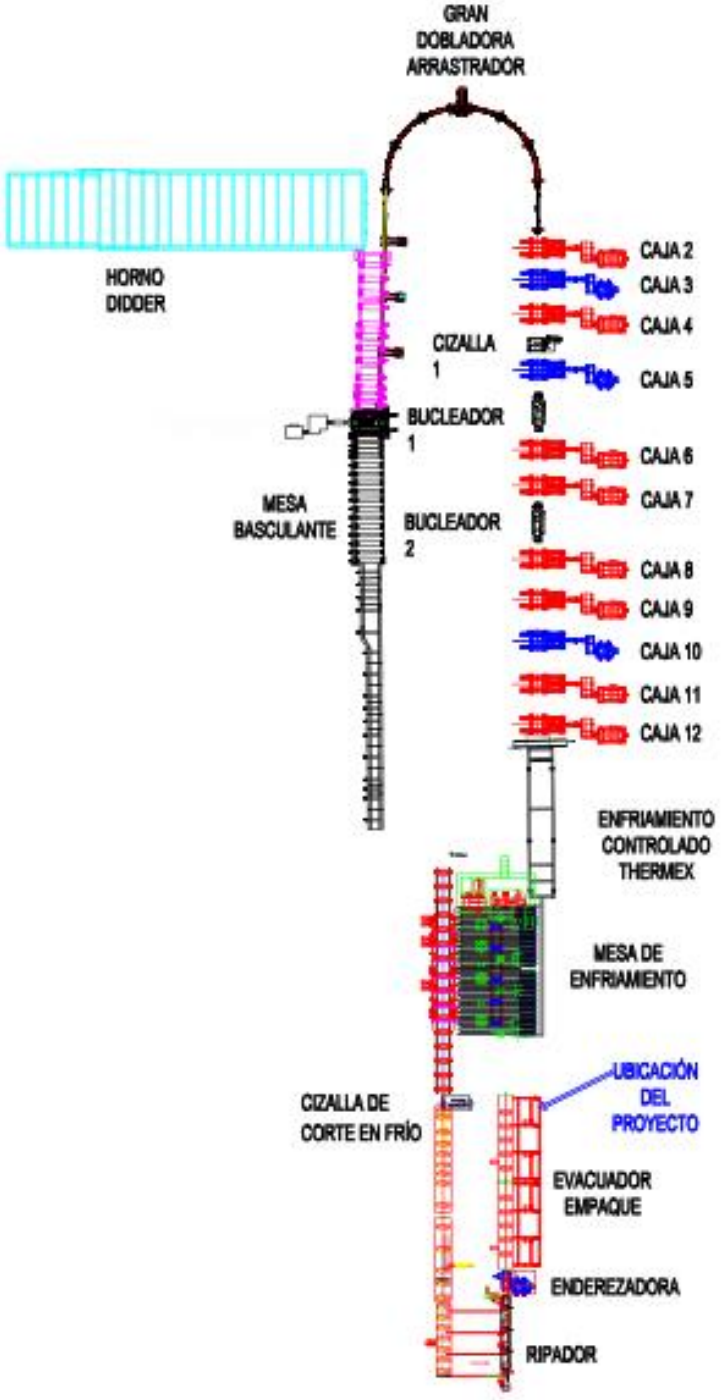
Figura 1. Ubicación geográfica de la empresa Gerdau Diaco Planta Tuta



Fuente: Localización de la siderúrgica Gerdau Diaco Fuente: google maps y autor

El proyecto se localiza al final de la línea de producción del tren laminador tres de la empresa Gerdau Diaco, en la Figura 2 se muestra la ubicación de los equipos del tren tres y la ubicación del proyecto.

Figura 2. Distribución general tren tres planta tuta



Fuente: El autor

2.2 MISION

Generar valor a nuestros clientes, accionistas, colaboradores y a la sociedad, actuando en la industria del acero en forma sostenible.

2.3 VISION

Ser global en los negocios en que actúa.[1]

2.4 DESCRIPCION GENERAL

El proceso de laminación inicia con una palanquilla que resulta del proceso de fusión de chatarra en un horno eléctrico, y luego vaciado en horno cuchara y conformado en una máquina de colada continua, posee sección transversal cuadrada de lados de 130 mm y la longitud que depende del tipo de perfil a fabricar.

La palanquilla es llevada al interior de un horno por medio de un sistema hidráulico donde se calentará hasta la temperatura de laminado que oscila entre 1160°C y 1200°C. la palanquilla es transportada hasta el tren de laminación el cual está constituido por una serie de cajas de laminación en las cuales hay rodillos que progresivamente van transformando la palanquilla en producto final, para lo cual los rodillos son previamente tallados en función del producto final que se ha programado producir.

Las cajas de laminación poseen acanaladuras verticales en las que van colocadas las chumaceras que tienen cojinetes en los cuales van asentados los cuellos de los cilindros laminadores. Existen soportes especiales para asegurar la posición de los cilindros y también tornillos de ajuste para los cilindros superior e inferior.

A la llegada y salida de las cajas de laminación se colocan cajas de guiado, su finalidad guiar a la barra que está en proceso hacia la línea de laminación entre los cilindros.

El movimiento de los cilindros laminadores es generado por un motor que lo transmite a través de una caja de piñones o reductor que está conectado mediante acoplamientos a un extremo de los cilindros laminadores.

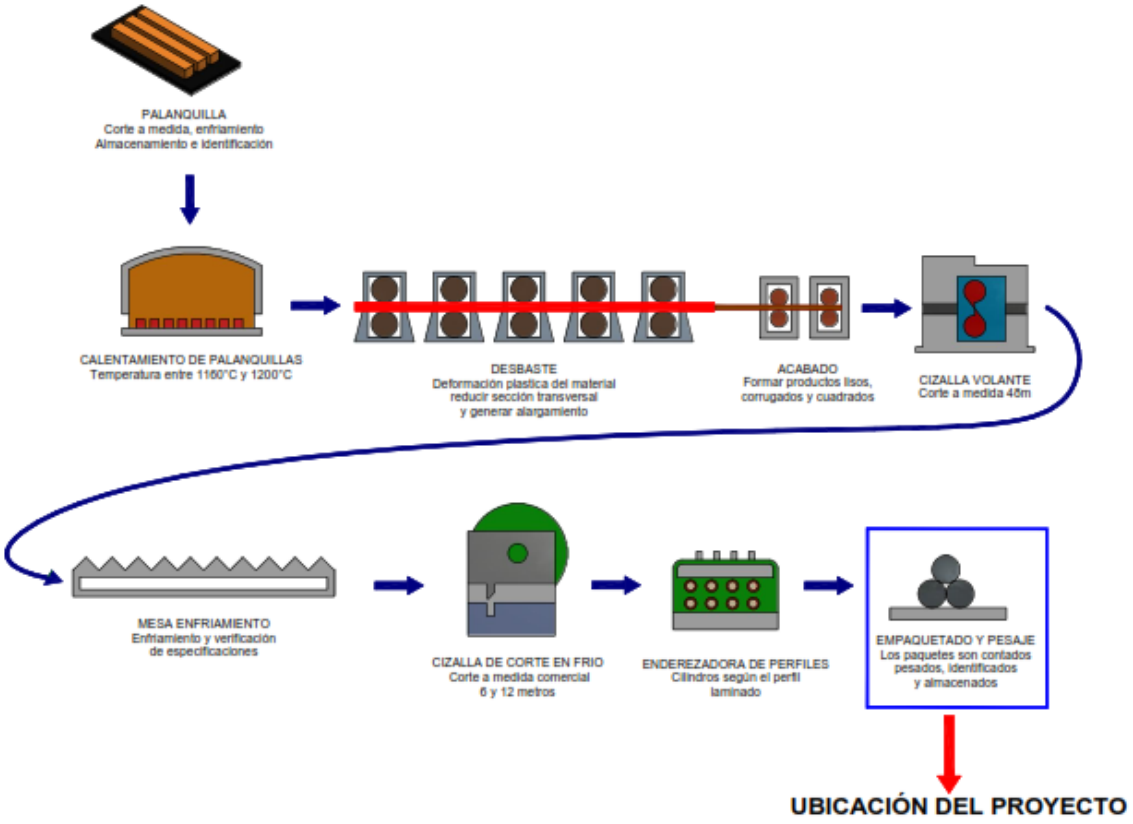
El número de cajas del tren continuo depende del perfil a laminar, las cajas trabajan a diferente velocidad desbastando y dando el acabado final al producto, en la última caja del tren continuo se le dan las dimensiones al producto según las normas técnicas colombianas.

Una vez sale del tren continuo el perfil obtenido es cortado por medio de una cizalla volante en tramos de 48 metros y llevado a la mesa de enfriamiento donde perderá

[1] *GERDAU DIACO. Misión visión y valores. [en línea].* https://www.gerdau.com.co/SOBREGERDAU/Misionvisionvalores.aspx

la mayor parte de su temperatura, y a su vez por medio de palancas y sistemas mecánicos es enviada hacia un camino de rodillos que conduce a una cizalla de corte en frio donde se le darán las medidas comerciales de seis (6) metros y doce (12) metros. En la Figura 3, se muestra un diagrama de flujo general del proceso de laminación y se indica la ubicación del proyecto.

Figura 3. Diagrama de flujo general del proceso



Fuente: El autor

Después de corte en frio los perfiles siguen por un camino de rodillos y son empujados hacia sistema de transporte por medio de cadenas llamado Ripador, este se ubica perpendicular al camino de rodillos de salida de la cizalla, se transportan por medio de unas cadenas hacia la enderezadora de perfiles.

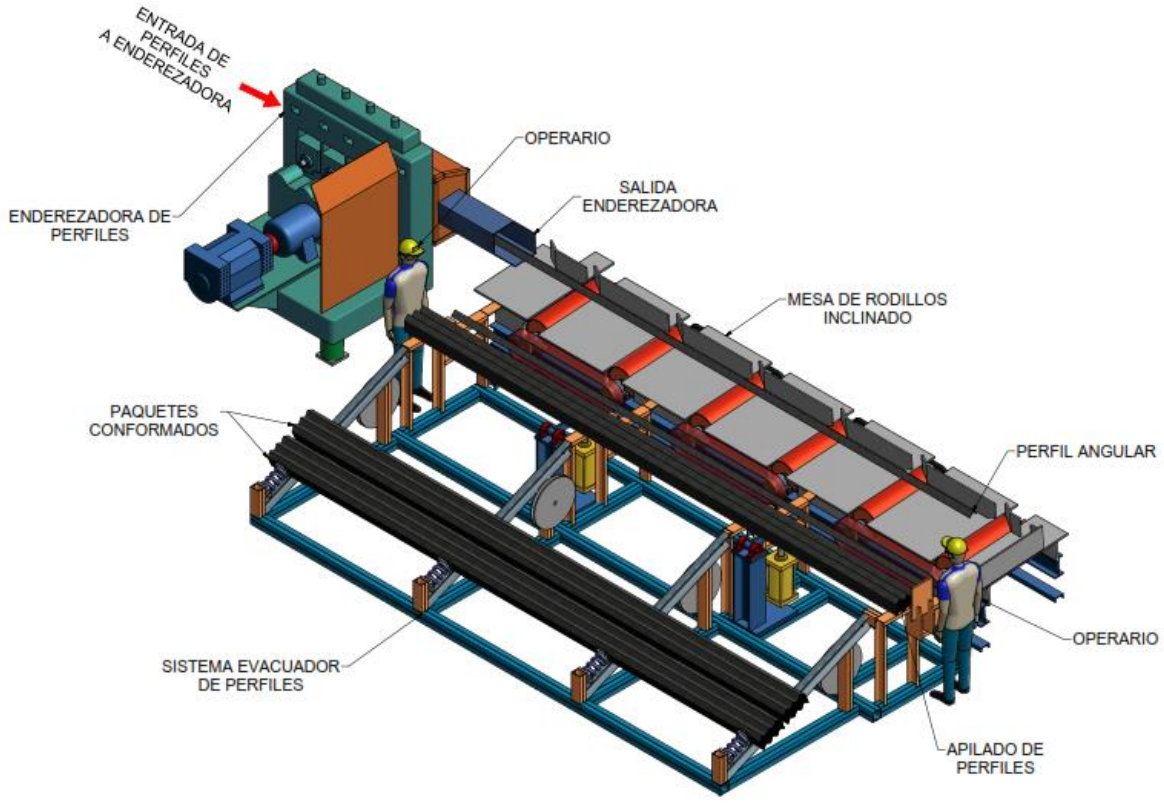
Manualmente se toma cada perfil y se coloca en la entrada de la enderezadora, esta posee cuatro pares de cilindros motorizados que tienen la forma del perfil que se está produciendo, ejerciendo presión sobre las alas de los perfiles se consigue un buen acabado.

Después de su paso por la enderezadora cada perfil cae a una mesa que posee rodillos que giran accionados por un motor, estos hacen que el perfil se desplace hasta una estructura de empaquetado que es el evacuador de paquetes de perfiles.

En el evacuador se toman uno a uno los perfiles y se forman pilas o paquetes los cuales se amarran y se izan para luego ser transportados hasta una mesa que posee celdas de carga donde se verifica su peso y se etiqueta con las características de producción y se almacena para su posterior despacho.

En la Figura 4, muestra la enderezadora de perfiles y la mesa de rodillos junto con el sistema de evacuador, en este se indica el proceso de apilado y la ubicación de los paquetes después de conformados.

Figura 4. Terminación tren tres



Fuente: El autor

Los diferentes productos que se laminan en el tren tres son:
Platinas: Desde 1” hasta 3” de ancho nominal y espesores de 1/8”, 3/16”, 1/4", 3/8”, 1/2".

Ángulos de Alas Iguales: Desde 25mm x 2.5mm hasta 2 1/2" x 1/4".
Barras Redondas Lisas: De 3/4", 5/8", 7/8" y 1".
Barras Redondas Corrugas: Fabricadas bajo la norma NTC 2289 De 1/4", 3/8", 1/2", 5/8", 3/4", 7/8", 1", 1 1/8", 1 1/4" y 1 3/8".
Barras Cuadradas: De 9 y 10 mm; así como 1/2", 5/8", 3/4" y 7/8".

2.5 DESCRIPCION DEL PROCESO

Después de enderezado cada perfil, este cae sobre una mesa inclinada con rodillos motorizados que llevan los perfiles hasta el final de esta, la inclinación de la mesa permite que estos se deslicen a un costado y fuera de ella para quedar soportados a lo ancho de la estructura del evacuador de paquetes de perfiles.

Se toma uno a uno cada perfil a medida que van llegando de la enderezadora, estos son tomados de sus extremos por dos operarios que lo levantaran hacia un soporte más elevado, donde se comienzan a apilar uno a uno los perfiles formando paquetes de una tonelada, según el perfil que se esté produciendo los operarios ya tienen la cantidad exacta de perfiles que son necesarios para cumplir con el peso.

Luego de completado el paquete este se amarra y es evacuado y un operario acciona dos cilindros neumáticos que lo elevan y estos se deslizan sobre las rampas que posee el evacuador, el paquete llega al final del evacuador.

Al completar tres paquetes sobre la rampa de evacuación estos son levantados con ayuda de un puente grúa y llevados a otra sección de terminación donde hay una mesa de pesaje donde se registra el peso de los tres paquetes, y se etiquetan los paquetes dando a conocer las características mecánicas del acero producido, el peso y el tipo de perfil que se produjo.

2.6 FUNCIONAMIENTO

El sistema evacuador en su armazón posee elementos estructurales que le dan su rigidez para soportar el peso y cargas que se producen en operación del mismo. Su base que esta empotrada al piso la conforman ángulos de 2" x 1/4" soldados de manera que forma un tubo cuadrado, esta forma una base y sobre esta se ensamblan los demás elementos que a su vez están soldados, como se muestra en la Figura 5.

La estructura superior está hecha con canal C 4" y soldada, en la cual se reciben los perfiles que llegan de la mesa de rodillos y se arman los paquetes, y un riel 4 1/4" ASCE 60 por donde deslizan y se evacuan los paquetes.

Figura 5. Elementos estructurales del evacuador actual

Fuente: El autor

El sistema cuenta con dos cilindros neumáticos con pivote posterior de 8” de diámetro y 6” de recorrido, dos vigas IPE 200 que sirven de punto de apoyo para levantar el paquete, dos chumaceras con rodamientos en cada punto de apoyo. Cada cilindro esta accionando un brazo hecho de lámina 5/8” que eleva los paquetes y que estos se deslicen hacia los rieles de evacuación.

En la Figura 6 se indica los elementos que sirven para evacuar los paquetes de perfiles.

Figura 6. Sistema neumático de evacuación de paquetes

Fuente: El autor

En cada apoyo de la estructura del evacuador hay un carrete que esta atornillado y en este se encuentra envuelto un fleje de acero con la que se amarran los paquetes, este fleje para zunchadora tiene de ancho 3/4” y espesor 0.025.

Los amarres se hacen con una maquina neumática combinada para flejes en redondo conocida como zunchadora indicada en la Figura 7, el fleje de acero se coloca en el manguito de cierre, y se coloca alrededor del objeto a precintar, se introduce nuevamente el manguito de cierre y se dobla el extremo, luego se acopla la zunchadora y se acciona el motor neumático de esta y así se tensa el fleje y este se corta al terminar la operación.

El tiempo estimado en el proceso total de apilado y amarrado de los paquetes es de 7 a 10 minutos esto depende del tipo de perfil que se está empacando ya que entre más grande sea el perfil menos cantidad debe apilarse.

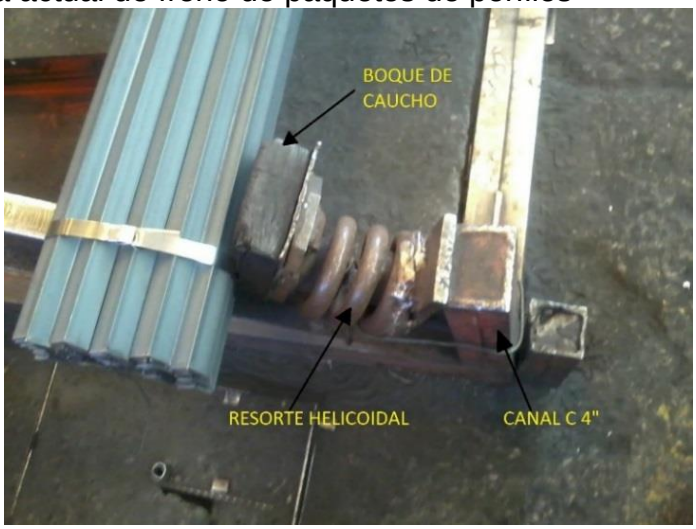
Figura 7. Maquina neumática combinada (Zunchadora)

Fuente: Manual de instrucciones/Fromm Modelo A480

Después de colocarle los cuatro amarres al paquete de perfiles este se evacua del soporte de armado, para suavizar la caída de los paquetes se colocó al final de cada riel un resorte helicoidal de Ø1” x 8” para detener la caída del paquete en, también se colocaron bloques de caucho de 4” x 4” esp. 2 1/2".

En la Figura 8, se muestran los elementos utilizados para frenar el paquete, el resorte esta soldado a dos platinas, una que esta soldada a la canal de la estructura y al riel por donde se deslizan los paquetes, la otra platina al otro extremo está pegada al bloque de caucho, en la imagen se puede apreciar cómo queda apoyado el paquete de perfiles al final de su recorrido.

Figura 8. Sistema actual de freno de paquetes de perfiles



Fuente: El autor

Luego de acumular tres paquetes de perfiles estos se llevan a una mesa de pesaje, donde se encuentran las celdas de carga y el módulo de pesaje estos dos se encargan principalmente de enviarle la información a través de un cable serial a los computadores ubicados en el laboratorio de calidad. La Figura 9. Nos muestra la mesa de pesaje que se utiliza actualmente.

Figura 9. Mesa de pesaje de paquetes de perfiles

Fuente: Control calidad Tren tres Gerdau Diaco

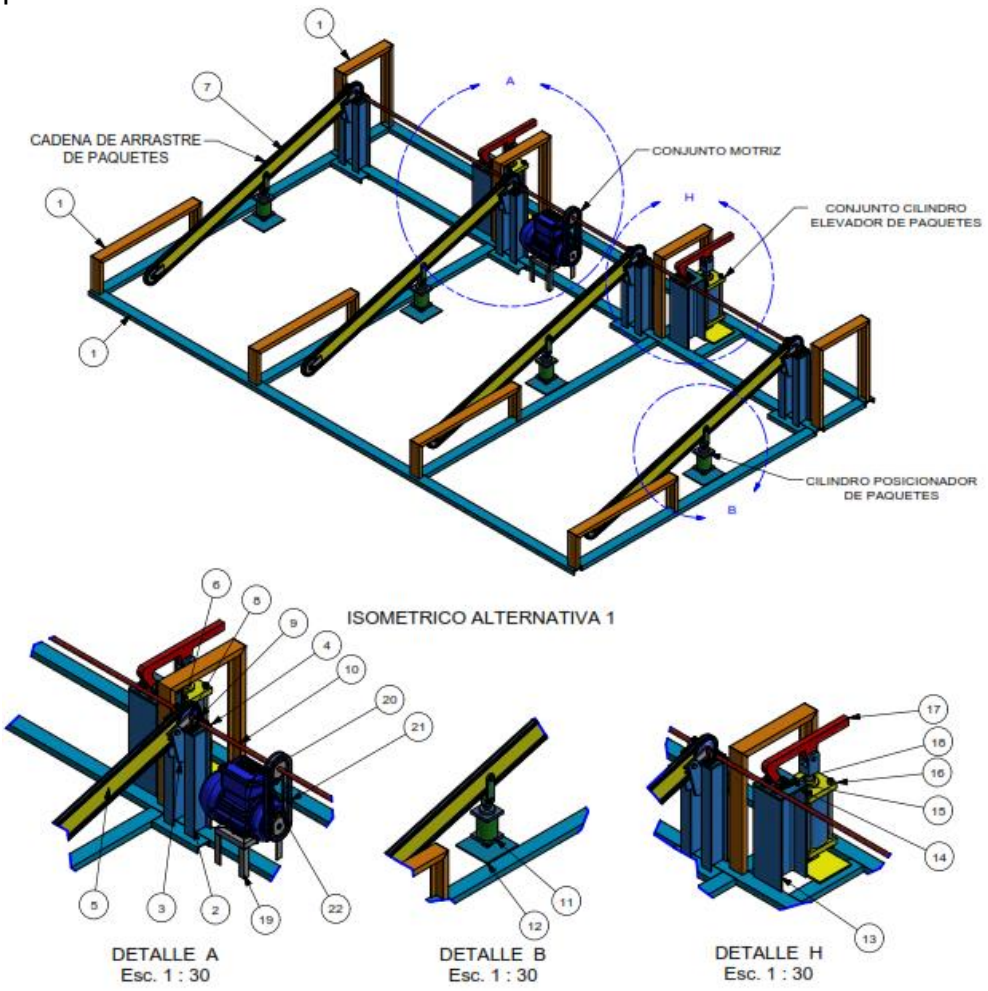
3 NUEVAS ALTERNATIVAS

Como paso anterior al desarrollo del proyecto, se tuvieron en cuenta las siguientes alternativas.

3.1 SISTEMA EVACUADOR POR ARRASTRE DE CADENA INCLINADO CON CILINDROS POSICIONADORES.

En la Figura 10 se muestra el modelado en 3D de la propuesta con sus principales componentes, los balones son las posiciones de cada elemento en la Tabla 1.

Figura 10. Sistema evacuador por arrastre de cadena inclinado con cilindros posicionadores



Fuente: El autor

Tabla 1. Componentes alternativa 1

COMPONENTES ALTERNATIVA 1		
Posición	**Descripción**	**Material**
1	Estructura base y soportes canal C 4"x 5.1	ASTM A-36
2	HEA 140	ASTM A-36
3	Placa 1 esp. 1/2"	ASTM A-36
4	Placa 2 esp. 1/2"	ASTM A-36
5	Placa 2 esp. 1"	ASTM A-36
6	Piñón Ø 167 mm	Comercio
7	Cadena P 25,4 mm	Comercio
8	Tensor	Comercio
9	Chumacera y rodamiento Ø 1"	Comercio
10	Eje Ø 1"	SAE 1045
11	Conjunto cilindro neumático Ø 120 mm	Comercio
12	Placa 2 esp. 1/4"	ASTM A-36
13	HEA 220	ASTM A-36
14	Placa 2 esp. 1/2"	ASTM A-36
15	Chumacera y rodamiento Ø 1"	ASTM A-36
16	Conjunto cilindro neumático Ø 210 mm	Comercio
17	Brazo basculante	ASTM A-36
18	Eje brazo basculante Ø 40 mm	SAE 1045
19	Angulo 2" x 2" x 1/4"	ASTM A-36
20	Motor Trifásico	Comercio
21	Cadena P 25,4 mm	Comercio
22	Piñón Ø 167 mm	Comercio

Fuente: El autor

Después de conformado el paquete, este es elevado por medio de un conjunto de cilindros neumáticos, que lo posicionan sobre unas cadenas. Las cuales por acción del motor se deslizan sobre unas placas llevando el paquete hasta los soportes al final del evacuador, luego se acciona el cilindro de posicionado para que el paquete descanse sobre el soporte. El cilindro de posicionado cambia de nivel y se repite el mismo proceso hasta que los tres paquetes estén sobre los soportes listos para ser transportados.

3.1.1 Ventajas:

- Se pueden acumular hasta tres paquetes para su despacho.
- No se produce fricción entre los elementos de transporte y los perfiles del paquete
- No se deforman las alas de los perfiles.
- Se conserva la integridad del paquete no se dañan los amarres.
- Se puede controlar la velocidad de evacuación del paquete.

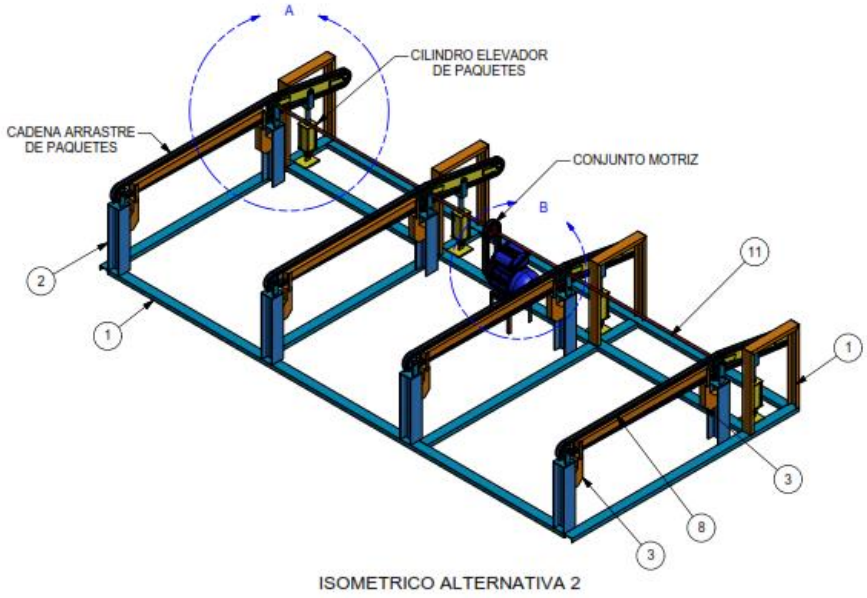
3.1.2 Desventajas:

- Se presenta riesgo mecánico causando atrapamiento en cadenas y piñones del sistema a utilizar.
- Alto costo en elementos mecánicos y eléctricos.
- Dificultad en el amarre de los paquetes.
- Alto costo de mantenimiento del sistema.

3.2 SISTEMA EVACUADOR POR ARRASTRE DE CADENA HORIZONTAL

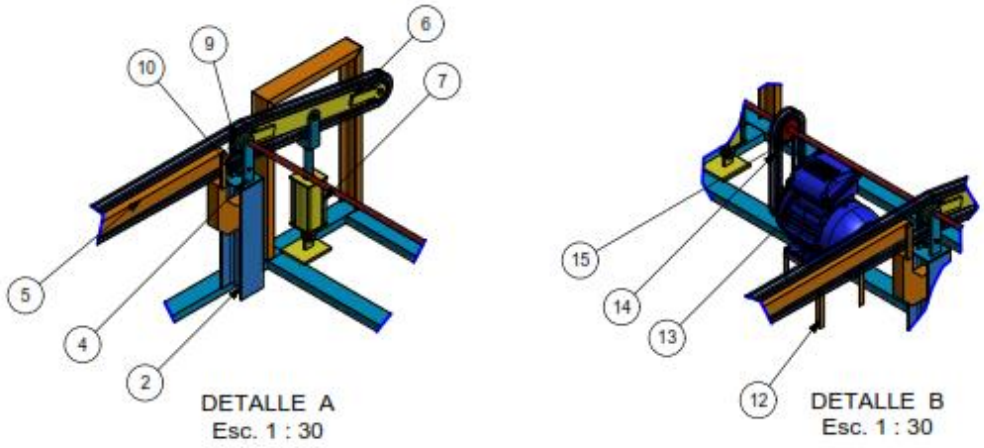
En la Figura 11 se muestra el modelado en 3D de la propuesta con sus principales componentes, los balones son las posiciones de cada elemento en la Tabla 2.

Figura 11. Sistema evacuador por arrastre de cadena horizontal



Fuente: El autor

Figura 12. (Continuación)



Fuente: El autor

Tabla 2. Componentes alternativa 2

COMPONENTES ALTERNATIVA 2		
Posición	**Descripción**	**Material**
1	Estructura base y soportes canal C 4"x 5.1	ASTM A-36
2	HEA 140	ASTM A-36
3	Placa 1 Esp. 2 1/2"	ASTM A-36
4	Placa 2 Esp. 1/2"	ASTM A-36
5	Placa 3 Esp. 2 1/2"	ASTM A-36
6	Placa 3 Esp. 1 1/4"	ASTM A-36
7	Conjunto cilindro neumático Ø 120 mm	Comercio
8	Cadena P 25,4 mm	Comercio
9	Piñón Ø 152 mm	Comercio
10	Piñón Ø 102 mm	Comercio
11	Eje Ø 1"	SAE 1045
12	Angulo 2" x 2" x 1/4"	ASTM A-36
13	Motor Trifásico	Comercio
14	Cadena P 25,4 mm	Comercio
15	Piñón Ø 102 mm	Comercio

Fuente: El Autor

Después de conformado el paquete de perfiles, se acciona el conjunto de cilindro neumático para elevar el paquete, una vez el paquete soportado por la cadena de arrastre el grupo motriz se pone en acción, evacuando el paquete hacia el extremo opuesto del evacuador.

3.2.1 Ventajas:

- Mejora la evacuación del paquete al llevarlo a un mismo nivel.
- No hay fricción entre el paquete y los elementos que lo transportan.
- Se garantiza la integridad del paquete ya que se evacua sin tener contacto con otros paquetes.
- Los amarres no se romperán porque no hay elementos que rocen choquen con el paquete.
- Mejor comodidad para colocar las eslingas que despachan el paquete.
- Control de la velocidad de evacuación del paquete.

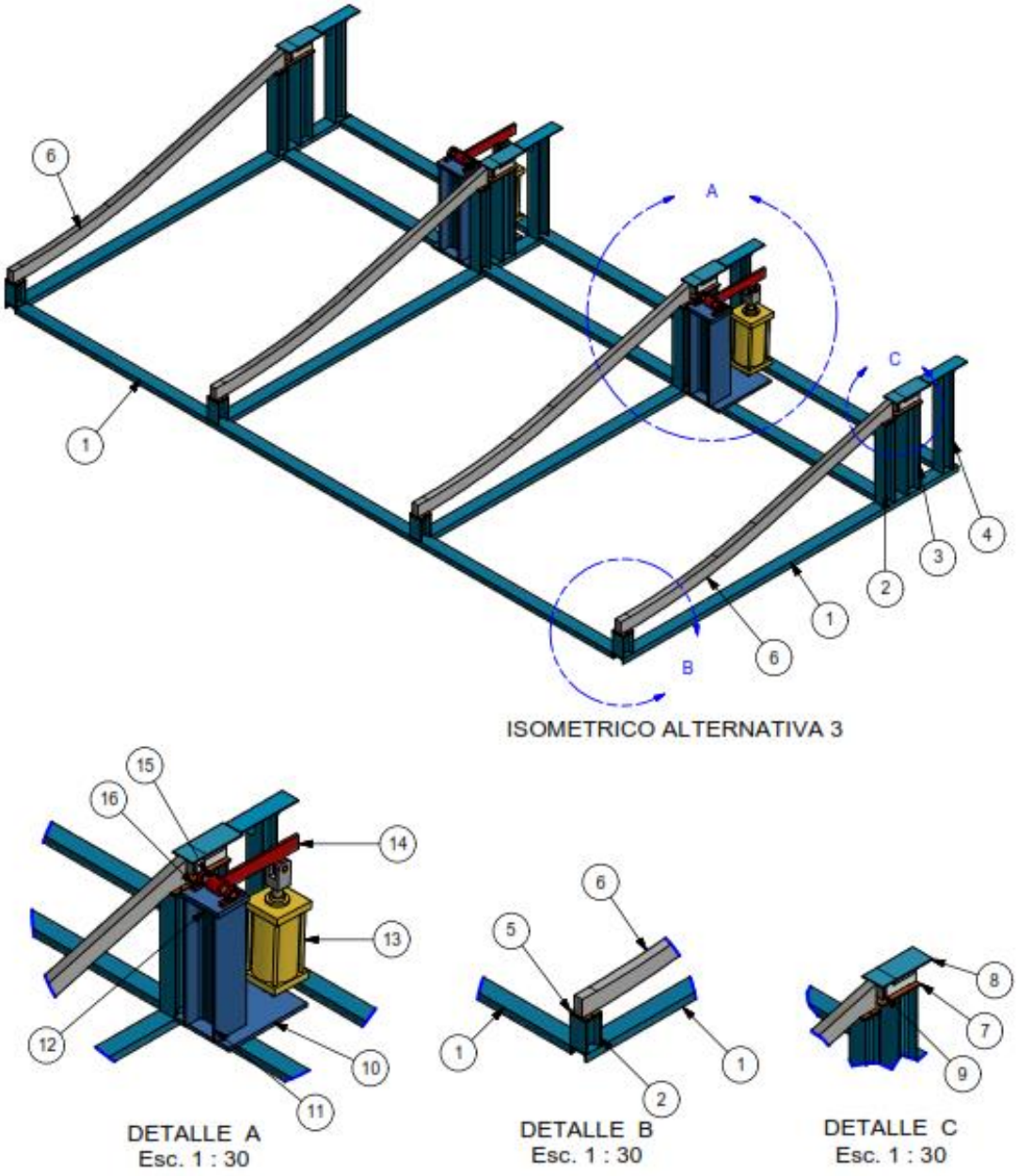
3.2.2 Desventajas:

- Mayor costo por elementos mecánicos.
- Mantenimiento más costoso.
- Riesgo de atrapamiento de personas.
- Menor eficiencia en el proceso por despacho de un solo paquete a la vez.
- Incomodidad al colocar los amarres.

3.3 SISTEMA EVACUADOR POR RESBALADERO

En la Figura 13 se muestra el modelado en 3D de la propuesta con sus principales componentes, los balones son las posiciones de cada elemento en la Tabla 3.

Figura 13. Sistema evacuador por resbaladero



Fuente: El autor

Tabla 3.Componentes alternativa 3

COMPONENTES ALTERNATIVA 3		
Posición	**Descripción**	**Material**
1	Estructura base y soportes canal C 4"x 5.1	ASTM A-36
2	HEA 100	ASTM A-36
3	HEA 100	ASTM A-36
4	HEA 100	ASTM A-36
5	Placa esp. 1/4"	ASTM A-36
6	Placa esp. 2"	ASTM A-36
7	Placa esp. 3/8"	ASTM A-36
8	Placa esp. 1/4"	ASTM A-36
9	Placa esp. 3/8"	ASTM A-36
10	Placa esp. 3/4"	ASTM A-36
11	HEA 200	ASTM A-36
12	Placa esp. 1"	ASTM A-36
13	Conjunto cilindro neumático Ø 210 mm	Comercio
14	Brazo basculante	ASTM A-36
15	Eje brazo basculante Ø 40 mm	SAE 1045
16	Chumacera y rodamiento Ø 1"	Comercio

Fuente: El autor

Después de conformado el paquete, este es elevado por medio del conjunto de cilindros neumáticos y enviado sobre rieles, aprovechando la energía potencial cada paquete se deslizará a lo largo que unos rieles que por su geometría permitirá que estos sean evacuados hasta el extremo posterior del evacuador, donde se acumularan de a tres paquetes para su despacho.

3.3.1 Ventajas:

- Baja fricción en el desplazamiento de los paquetes.
- No hay riesgo de atrapamiento.
- Muy económico en sus componentes mecánicos.
- Garantiza la integridad de los paquetes gracias a su pérdida de energía cinética.
- Fácil desplazamiento al colocar los amarres.
- Permite acumular 3 paquetes.
- Fácil y económico su mantenimiento.

- Bajo consumo de energía.

3.3.2 Desventajas:

- No hay control en la velocidad del deslizamiento del paquete.

4 ANALISIS DE ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN DEL EQUIPO

Los criterios de selección con los que se va analizar en conjunto las alternativas que darán solución al problema de empaquetado y amarrado de paquetes de perfiles en la sección de terminación son operativos, y de fabricación.

El equipo debe tener las siguientes características:

- Seguridad. El equipo debe ser seguro en su operación, al momento de apilación y amarre que no tenga posibles riesgos que atrapamiento.
- Operación. La operación del equipo debe hacerse de un modo sencillo y rápido ya que se necesita agilizar los tiempos de evacuación para mejorar la producción.
- Costos. El presupuesto para la fabricación del equipo y los costos operación del equipo como la energía que se utiliza para su funcionamiento.
- Mantenimiento. El mantenimiento debe ser rápido ya que es un equipo critico que no puede permitir mucho tiempo en las paradas.

En el capítulo 3 Nuevas alternativas, se muestran las ventajas y desventajas de las propuestas con estas se hará una evaluación comparativa de las alternativas.

En la Tabla 4, se comparan las alternativas en una matriz de evaluación, se estima el cumplimiento de cada criterio, y se evalúa con la siguiente escala: alto = 5, medio alto = 4, medio = 3, medio bajo 2, y bajo = 1.

Tabla 4. Matriz de evaluación de alternativas

MATRIZ DE EVALUACION DE ALTERNATIVAS				
ALTERNATIVAS NUEVAS	CRITERIOS			
	SEGURIDAD	OPERACIÓN	COSTOS	MANTENIMIENTO
SISTEMA EVACUADOR POR ARRASTRE DE CADENA INCLINADO CON CLINDROS POSICIONADORES	2	3	1	2
SISTEMA EVACUADOR POR ARRASTRE DE CADENA HORIZONTAL	2	2	2	2
SISTEMA EVACUADOR POR RESBALADERO	4	5	4	5

Fuente: El autor

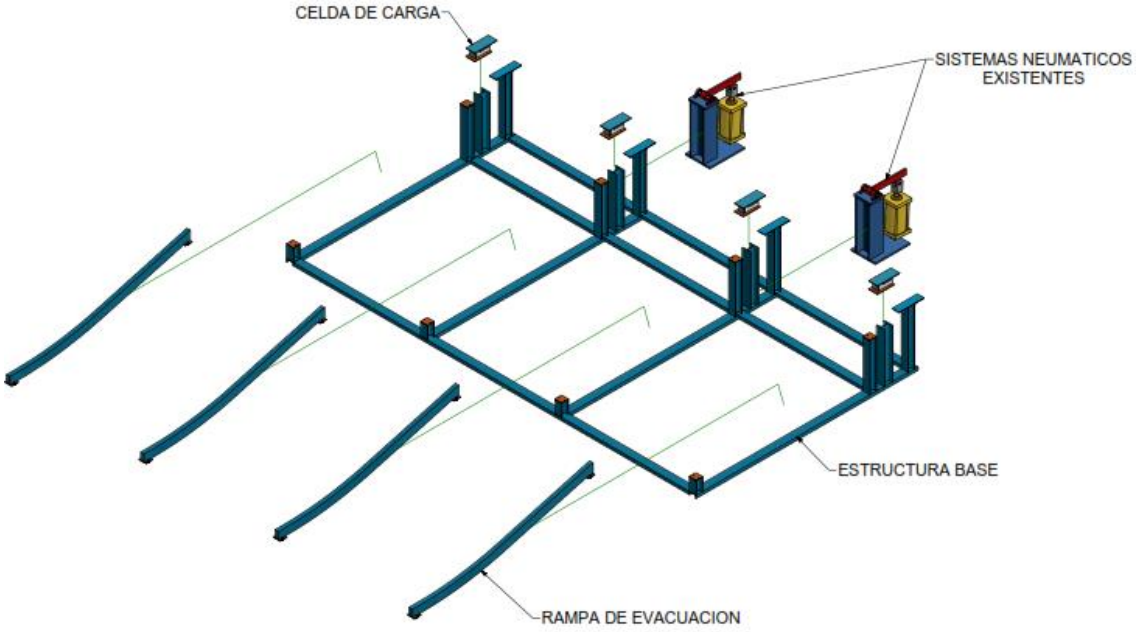
Haciendo un análisis de resultados de la matriz de evaluación de alternativas, podemos concluir que el equipo con más alta calificación es el **Sistema evacuador por resbaladero**, este es el más seguro ya que no posee mecanismos móviles que puedan generar accidentes por riesgo de atrapamiento, es el más fácil de operar ya que es simple y cumple con su función de evacuar los paquetes, es económico ya que no posee motores ni mecanismos lo que economiza su fabricación, y su mantenimiento es mínimo.

Por estas razones se selecciona el Sistema evacuador por resbaladero como la mejor opción.

5 SISTEMA EVACUADOR

El sistema evacuador como equipo posee tres conjuntos los cuales son: estructura base, rampa de evacuación y celda de carga, para su funcionamiento es necesario del sistema neumático se utilizará el existente ya que no posee ningún problema en su operación, también se utilizarán los carretes donde se envuelve los flejes para zunchadora. En la Figura 14 se muestra un explosionado de los conjuntos del evacuador.

Figura 14. Conjuntos evacuador

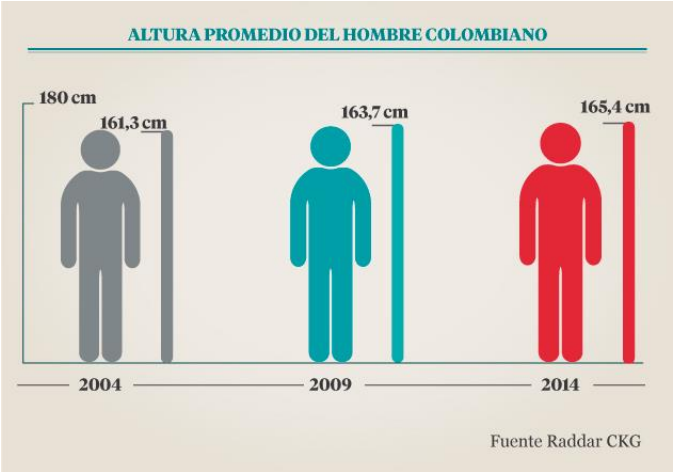


Fuente: el autor.

Para definir la altura del soporte de armado de paquetes del evacuador hay que tener en cuenta la estatura de los operarios que van a hacer uso de este y para esto debemos buscar el promedio de estatura en Colombia, según un análisis de la consultora de consumo Raddar muestra que la estatura promedio es de 165.3 cm para los hombres.[2] En la Figura 15, se muestra la altura promedio del hombre en Colombia para el año 2014.

2 RADDAR. Altura promedio del hombre colombiano. [en línea] http://www.portafolio.co/tendencias/conozca-estatura-promedio-hombre-colombiano-65894

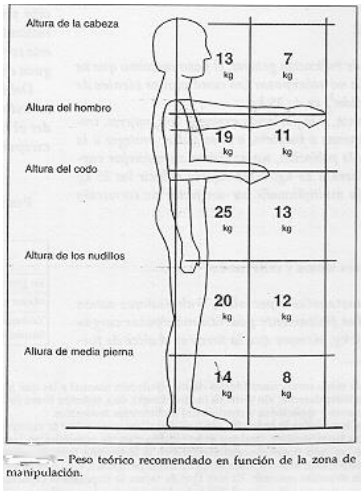
Figura 15. Altura promedio del hombre colombiano



Fuente: Raddar, Estudio de consultoría

La altura de manipulación no debe sobrepasar la altura de los codos, la Figura 16 nos indica que cargas puede soportar el cuerpo humano a distintos niveles. El nivel óptimo para el trabajo se toma desde la altura de los nudillos con los brazos caídos hacia los lados hasta la altura de los codos.

Figura 16. Peso teórico recomendado en función de la zona de manipulación

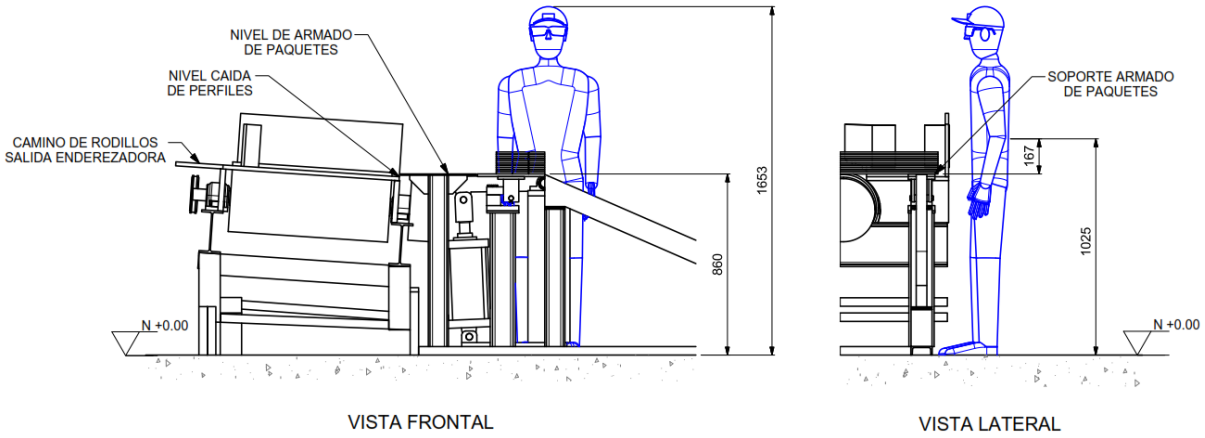


Fuente: Ergonomía manipulación manual. Parte 3.[3]

[3] Posiciones adecuadas de trabajo: Fuente: E-BOOK - NTC 5693-3 - ERGONOMÍA. MANIPULACIÓN MANUAL. PARTE 3: manipulación de cargas livianas a alta frecuencia.

De acuerdo a la estatura promedio y el peso en función de la zona de manipulación la altura óptima para la manipulación de cargas es de 860mm por encima del nivel de piso. En la Figura 17 se muestra el soporte de armado de paquetes por debajo de la altura del codo para un hombre de estatura promedio en Colombia.

Figura 17. Altura del nuevo evacuador



Fuente: El autor

Características de los paquetes según producto, aquí solo los más pesados.

En la Tabla 5 muestra los paquetes de perfiles más pesados, ya que por su tamaño varia la masa por encima de la tonelada. Se tomará el más alto de los valores de masa por paquete ya que este producirá los mayores esfuerzos a los que estará sometido el sistema.

Tabla 5. Pesos por tipo de paquetes de perfiles

PRODUCTO	CANTIDAD PERFILES	MASA POR PERFIL	MASA PAQUETE
ANGULO 2-1/2" x 3 / 16"	37	27,66	1023,42
ANGULO 2-1/2" x 1 / 4"	28	36,6	1024,8
PLATINA 2-1/2" x 1/2"	27	37,98	1025,46
PLATINA 3" x 3/8"	30	34,2	1026
REDONDO LISO 5/8"	108	9,335	1008,18
REDONDO LISO 7/8"	55	18,296	1006,28
CUADRADO 5/8"	85	11,885	1010,225

Fuente**:** Control de calidad.

Para realizar los cálculos estructurales del evacuador, es necesario tener en cuenta el paquete más masa, y se tiene la platina de 3” x 3/8” el cual tiene una masa de $1026\ kg$. En la Ec. 1 se determinará el peso del paquete que posee más masa y es la base del análisis de los esfuerzos a los que estará sometido el evacuador.

$$W = mg \tag{1}$$

Donde W es el peso del paquete; m la masa del paquete de perfiles; g la aceleración de la gravedad.

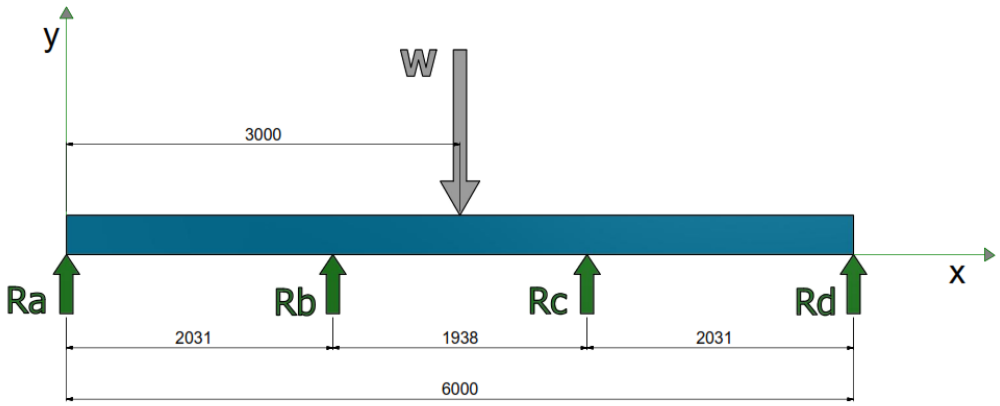
$m = 1026\ Kg$

$W = 1026\ Kg * 9.81 \frac{m}{s^2}$

$W = 10065\ N$ peso por paquete.

Para analizar los esfuerzos a los que estará sometido cada soporte, se hallan las reacciones que soportan la carga. El diagrama de cuerpo libre en la Figura 18 muestra las reacciones y las dimensiones del paquete de perfiles. Como todos los soportes son iguales se analizarán con la mayor reacción.

Figura 18. Diagrama de cuerpo libre paquete de perfiles



Fuente: El autor

Para hallar las reacciones producidas por la carga el paquete de perfiles se utilizan ecuaciones por funciones de singularidad. Se hace sumatorias de fuerzas de fuerzas a lo largo de los ejes X y Y.

En las Ec. 2 a 11 se expresan las fuerzas y los momentos que produce el paquete sobre los soportes donde reposara, a partir de estas se consigue el valor de cada una de las reacciones.

Aplicando sumatoria en el eje X

$+\rightarrow \Sigma_{F_x} = 0$ (2)

Se hace sumatorias de fuerzas en el eje Y

$+\uparrow \Sigma_{F_y} = 0$ (3)

$R_a + R_b + R_c + R_d - w = 0$ (4)

Aplicando sumatoria de momentos en el punto A

$\circlearrowright +\Sigma_{M_A} = 0$ (5)

$R_B\langle AB\rangle + R_C\langle AC\rangle + R_D\langle AD\rangle = w\langle x\rangle$ (6)

Aplicando sumatoria de momentos en el punto B

$\circlearrowright +\Sigma_{M_B} = 0$ (7)

$-R_A\langle AB\rangle + R_C\langle\frac{BC}{2}\rangle + R_D\langle X\rangle = w\langle\frac{BC}{2}\rangle$

Aplicando sumatoria de momentos en el punto C

$\circlearrowright +\Sigma_{M_C} = 0$ (8)

$R_A\langle x\rangle + R_B\langle\frac{BC}{2}\rangle - R_D\langle CD\rangle = w\langle\frac{BC}{2}\rangle$ (9)

Aplicando sumatoria de momentos en el punto D

$\circlearrowright +\Sigma_{M_D} = 0$ (10)

$R_A\langle AD\rangle + R_B\langle BD\rangle + R_C\langle CD\rangle = w\langle x\rangle$ (11)

Reemplazando valores de las ecuaciones se obtienen las siguientes reacciones:

$R_A = 131.9N$

$R_B = 4873.2N$

$R_C = 4873.2N$

$R_D = 131.9N$

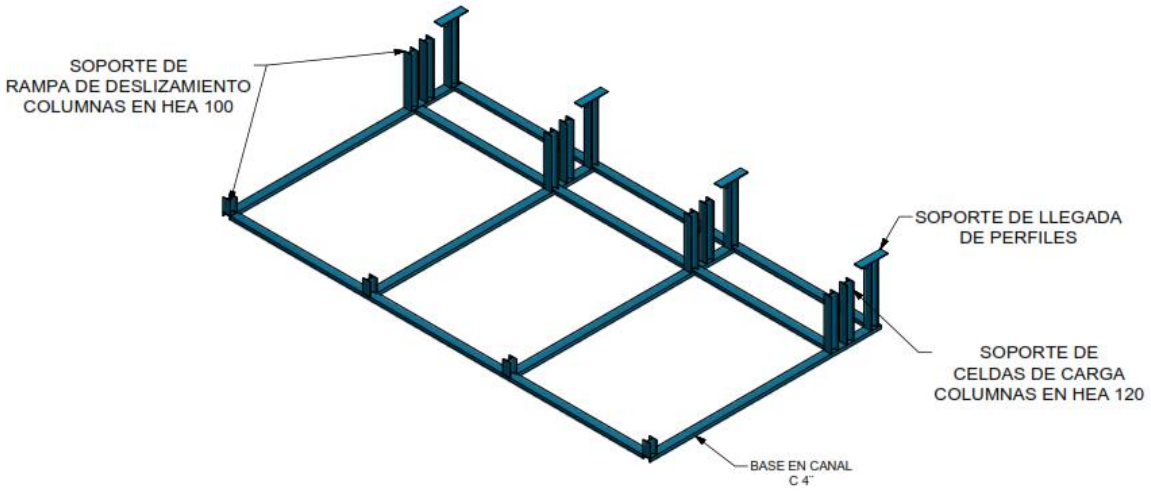
La mayor parte del peso del paquete esta soportado en el centro donde actúan R_B y R_C, ambos con una reacción de $4873.2\ N$ ya que los soportes son simétricos, se analizaran todos los cuatro soportes con este valor al que se le nombrara W_0 para los respectivos cálculos.

$W_0 = 4873.2N$

5.1 ESTRUCTURA

La estructura está compuesta por canales que serán la base anclada al piso, perfiles HEA 100, soldados a la base y sobre estos estará el soporte de armado de paquete, estos se calculan con la reacción más grande que va a soportar el sistema, este diseño aplica para los 4 soportes que posee el evacuador. A continuación, la Figura 19 indica los soportes del evacuador.

Figura 19. Estructura evacuador

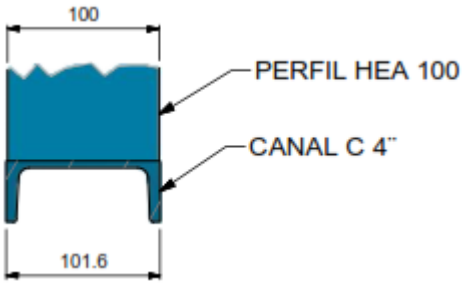


Fuente: El autor

5.1.1 Base

La base de la estructura está fabricada en canal C 4", su parte plana servirá como base para los elementos que se soldarán a esta. Se selecciona este tipo de canal ya que posee el ancho perfecto para los soportes que son columnas HEA 100 y poseen el mismo ancho, Ver Anexo 1.

Figura 20. Canal C4¨ y Perfil Hea 100



Fuente: El autor

En la Figura 20, se indican las dimensiones de una canal C 4¨ y un perfil HEA 100 y son muy similares lo que permite un buen ensamble entre las partes.

La base deberá tolerar las cargas trasmitidas por los soportes, los esfuerzos a los que estará sometida son de aplastamiento ya que esta se encuentra anclada al piso de la sección de terminación, en la Figura 21 se muestra las cargas y la reacciones sobre la base del evacuador.

Figura 21. Carga sobre base y reacción del piso

Fuente: El autor

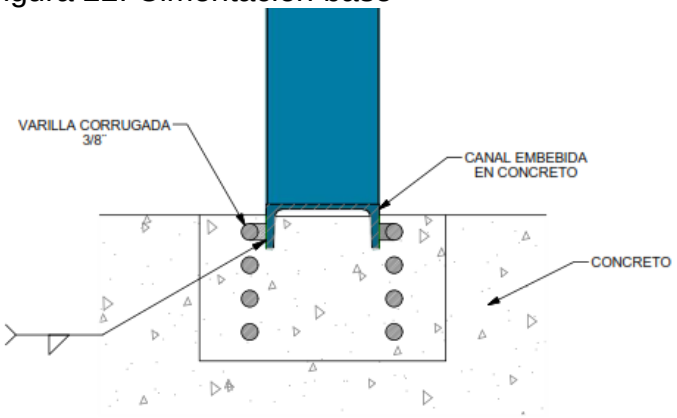
El esfuerzo de aplastamiento soportado por la canal base en el punto donde se aplica la carga se define por la Ec. 12.

$$\sigma = \frac{F}{A} \tag{12}$$

Donde σ es el esfuerzo de aplastamiento en este caso, F es la fuerza aplicada y A el área donde se aplica esa fuerza.
La Fuerza es el valor de la reacción multiplicado por tres veces ya que son tres paquetes los que acumularan.
$F = W_0 * 3$
$F = 4873.2N * 3 = 14619.6N$
El área donde se aplica la carga es el área transversal del perfil HEA 100.
$A = 0.002124m^2$
Entonces
$\sigma = \frac{14619.6N}{0.002124m^2} = 6.88MPa$
El material de la canal es acero ASTM A36 y tiene un esfuerzo de fluencia (σ_S) de $250\ MPa$.
En la Ec. 13 se indica el factor de seguridad de la base del evacuador.
$n = \frac{\sigma_{Smaterial}}{\sigma_{Aplicado}}$
Donde n es el factor de seguridad.
$n = \frac{250\ MPa}{6.88\ Mpa}$
$n = 36.3$

Esto nos indica que la canal tiene una capacidad en exceso sobre los requerimientos.
La base estará cimentada y arriostrada en el piso, el cual se adecuará a las dimensiones de la base y se fundirá de modo que quede una parte de la base embebida en el concreto. En la Figura 22 se indica la estructura y como estará anclada al piso.

Figura 22. Cimentación base



Fuente. El autor

5.1.2 SOPORTE DE CELDAS DE CARGA

La celda de carga donde se pesa el paquete, se soporta sobre un perfil HEA 100 que esta soldado a la base de canal C 4", esta se somete en el peor de los casos a una fuerza igual a la reacción máxima ejercida en contra del paquete de perfiles W_0. Ver anexo 1. Este se selecciona porque es el perfil más pequeño.

Con la Ec. 14 hallamos la carga critica que puede soportar el perfil HEA 100.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * E * I}{(2L)^2} \qquad (14)$$

Donde P_{cr} es la carga critica, E módulo de elasticidad del acero ASTM A36 en que está fabricado el perfil,I es el momento de inercia del perfil, L es la longitud de la columna.

$P = 4873.2N$ que es igual a W_0

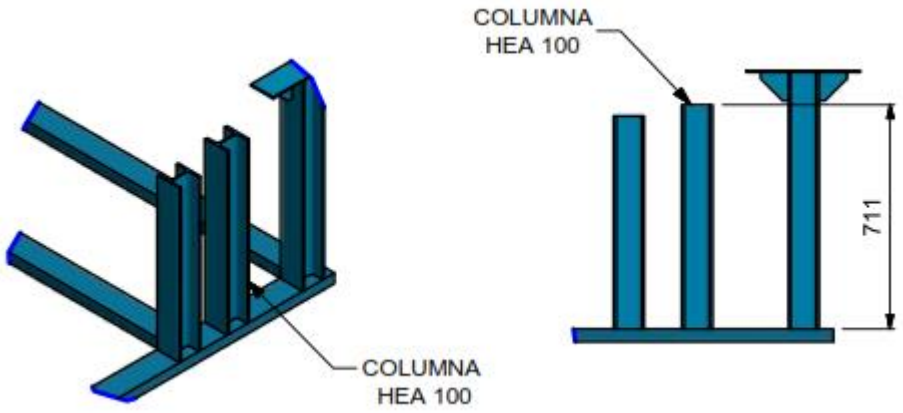
$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * 200 * 10^9 Pa * 3.49 * 10^{-6} m^4}{(2 * 0.711m)^2}$$

$$P_{cr} = 3.4 * 10^6 N$$

Como $P < P_{cr}$ la columna es satisfactoria.

En la Figura 23 se muestra el perfil HEA 100 donde se soportan las celdas de carga y el paquete de perfiles.

Figura 23. Soporte celdas de carga HEA 100



Fuente: El autor

5.1.3 SOPORTE RAMPAS DE DESLIZAMIENTO

Las rampas de deslizamiento se soportan sobre un perfil HEA 100, este está soldado a la canal C 4", este soporta una reacción máxima de tres paquetes. Ver anexo 1.

$P = W_0 * 3 = 4783.2 * 3 = 14349.6N$

Se aplica la Ec. 14 para hallar la carga critica P_{cr}.

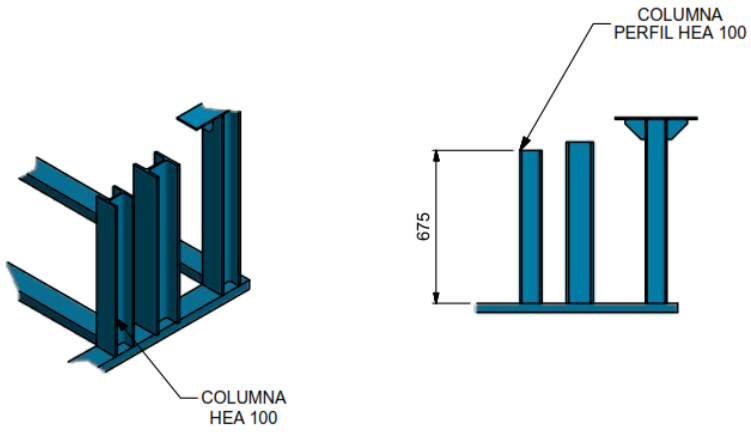
$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * 200E^9 Pa * 3.49 * 10^{-6} m^4}{(2 * 0.675m)^2}$$

$P_{cr} = 3.78 * 10^6\ N$

Como $P < P_{cr}$ la columna es satisfactoria.

En la Figura 24 se muestra el perfil HEA 100 como columna su ubicación y dimensión.

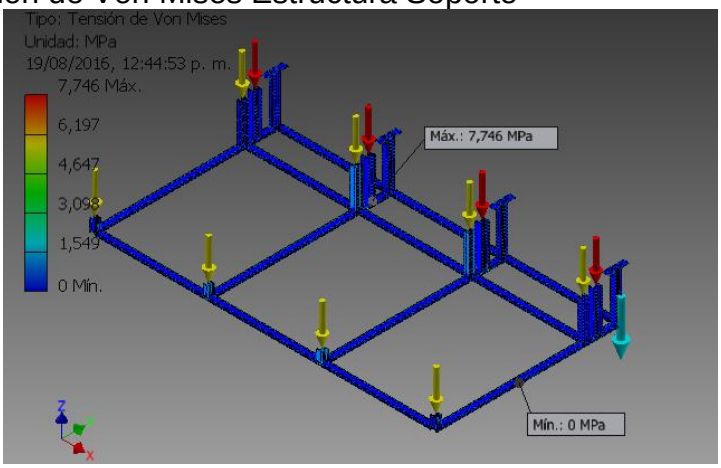
Figura 24. Columna HEA 100 soporte rampa



Fuente: El autor

En la Figura 25 se visualiza la estructura sometida a las cargas de los paquetes, las flechas rojas indican la carga del paquete sobre el soporte de las celdas de pesaje, y las flechas amarillas indican las cargas de los dos paquetes que descansan sobre las rampas de evacuación, resultado de estos esfuerzos producidos en la imagen se ve que la tensión máxima fue de 7.746 Mpa y su ubicación.

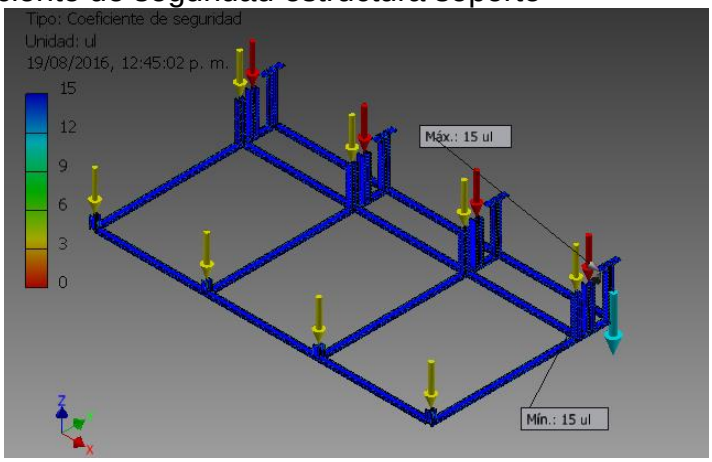
Figura 25. Tensión de Von Mises Estructura Soporte



Fuente: El autor

La figura 26 muestra el coeficiente de seguridad a la izquierda de la imagen hay una escala de colores y en esta indica que la estructura está por encima del factor de seguridad de 15, garantizando que la estructura soporta las cargas a las que se somete.

Figura 26. Coeficiente de seguridad estructura soporte



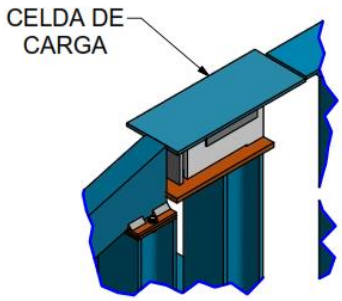
Fuente: El autor

5.2 CELDA DE CARGA.

A la celda de carga hay que hacerle una adaptación de una platina que se suelda a esta, ya que el espacio para la carga sobre la celda es muy reducido, que se le coloca al sensor característica de la platina tiene que ser lo más liviana posible para que no interfiera en la medida del peso del paquete, el largo de la platina debe ser mayor al ancho del paquete más grande.

En la Figura 27 se muestra la ubicación de la celda de carga.

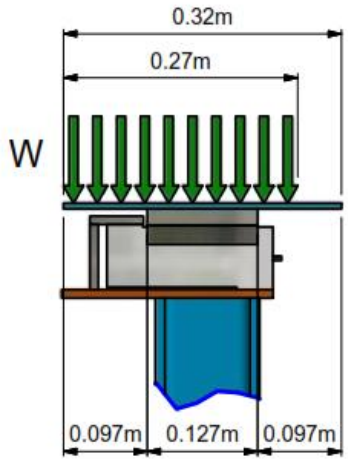
Figura 27. Ubicación celda de carga



Fuente: El autor

Se analiza el caso más crítico cuando el paquete queda apoyado en un extremo del soporte. La carga aplicada es distribuida a lo largo de la platina que está sobre la celda de carga como se muestra en la Figura 28. Dimensiones de la platina. Ver Anexo 6. Plano DTU-T3-EVAC-C0-P4.

Figura 28. Carga distribuida sobre el soporte de armado de paquetes



Fuente: El autor

La carga que soporta esta platina es la reacción del soporte debido al peso del paquete a lo largo del ancho del paquete.

$W_0 = 4873.2\ N$ que es la reacción del soporte debida al peso del paquete.

La Ec. 15 se usa para hallar la carga del paquete distribuida en el ancho que ocupa sobre la platina de la celda de carga.

$$W = \frac{W_0}{x} \tag{15}$$

Donde W carga distribuida, x longitud ancho del paquete.

$$W = \frac{W_0}{x} = \frac{4873.2N}{0.27m} = 18048.9\frac{N}{m}$$

Las Ec. 16 a 18 son ecuaciones de singularidad y se utilizan para hallar el cortante y el momento producido por la carga en la platina. Donde $\langle BD \rangle$ es el valor del ancho de la platina.

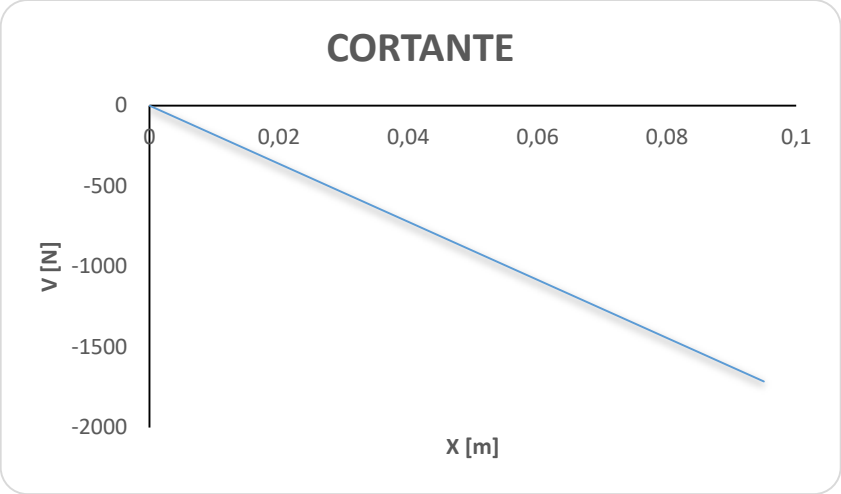
$$q = -W\langle BD\rangle^0 \tag{16}$$

$$V = -W\langle BD\rangle^1 \tag{17}$$

$$M = -\frac{W\langle BD\rangle^2}{2} \quad (18)$$

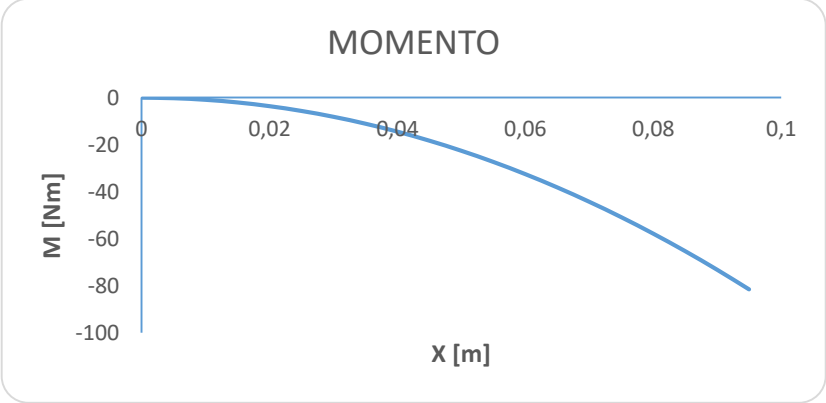
Reemplazando los valores en las Ec. 17 y 18 y variando la distancia se obtienen los valores de esfuerzo cortante mostrados en la Figura 29 y los valores de momento flexionante mostrados en la Figura 30.

Figura 29. Esfuerzo cortante sobre la platina del soporte



Fuente: El autor

Figura 30. Momento flexionante sobre la platina del soporte



Fuente: El autor

Los valores encontrados para el esfuerzo cortante y el momento flexionante de la carga sobre la platina son:

Cortante Máximo: -1750.67 N

Momento Máximo: -84.9 N m

Estos dos valores se utilizan para encontrar el para hallar el valor del esfuerzo al que está sometido la platina. Se selecciona la platina 5''x 1/4" en acero laminado ASTM A-36 en la Figura 31 las propiedades mecánicas de este. Ver Anexo 2.

Figura 31. Propiedades mecánicas del acero ASTM A-36

Propiedades Mecánicas

Esfuerzo Fluencia		Esfuerzo Tracción		Elongación
(Kg / mm2)	MPa	(Kg / mm2)	MPa	%
25,5 (mín.)	250 (mín.)	40,8 (mín.)	400 (mín.)	20 (mín.)

Composición Química (Valores típicos)

% C	% Mn	% Si	% P	% S
≤ 0,26	0,80 - 1,20	≤ 0,40	≤ 0,04	≤ 0,05

Mínimo Radio Interior de Plegado en Frío (**)

Espesor E (mm.)		
Hasta 20 mm. (incl.)	Sobre 20 mm. hasta 25 mm. (incl.)	Sobre 25 mm. hasta 50 mm. (incl.)
1,5 X E	1,5 X E	1,5 X E

Fuente: Productos Aceros Otero[4]

La Ec. 19 indica el momento de inercia de la platina, donde I es el momento de inercia, b el ancho de la sección transversal de la platina, h la altura.

$$I = \frac{b * h^3}{12} \tag{19}$$

$$I = \frac{(0.127m)(0.00635m)^3}{12}$$

$$I = 2.709 * 10^{-9} m^4$$

Esfuerzo de flexión en la platina[5] se define en la Ec. 20 en este se utiliza el momento flector hallado en las ecuaciones singularidad de la carga distribuida, donde $\sigma_{Aplicado}$ es el esfuerzo aplicado, M momento flector, c es la mitad de la altura de la platina, I es el momento de inercia de la sección transversal de la platina.

4 PRODUCTOS ACEROS OTELO. Planchas de acero carbono [en línea] http://www.acerosotero.cl/planchas_acero_carbono_astm_a36.html

5 ROBERT W. FITZGERALD. Mecánica de materiales, 2ª Ed. p. 131

$$\sigma_{Aplicado} = \frac{Mc}{I} \quad (20)$$

$$\sigma_{Aplicado} = \frac{(84.9N.m)(0.00318m)}{2.709 * 10^{-9}m^4}$$

$$\sigma_{Aplicado} = 99.66MPa$$

Esfuerzo de cortante en la platina está definido en la Ec. 21.

$$\tau_{xy} = \frac{VQ}{Ib} \quad (21)$$

Donde, V es el esfuerzo cortante, Q es el área de la sección transversal de la platina multiplicada por la mitad de la altura de esta indicada en la Ec. 22, I es el momento de inercia y b el ancho de la platina.

$$Q = Ay \quad (22)$$

$$A = 0.127m * 0.00635m$$

$$A = 0.000806m^2$$

$$y = \frac{0.00635m}{2}$$

$$y = 0.003175m$$

$$Q = 0.000806m^2 * 0.003175m =$$

$$\tau_{xy} = \frac{(1750.7N)(2.560 * 10^{-6}m^3)}{(2.709 * 10^{-9}m^4)(0.127m)}$$

$$\tau_{xy} = 13.021\ MPa$$

Esfuerzo máximo a flexión o esfuerzo de Von Mises[6] se define en la Ec. 22 para esfuerzo plano. Donde σ'es el esfuerzo de Von Mises plano, σ_x el esfuerzo a lo largo del eje x, σ_y los esfuerzos a los largo del eje y, y τ_{xy} los esfuerzos cortantes en el plano xy.

$$\sigma' = \sqrt{{\sigma_x}^2 + {\sigma_y}^2 - \sigma_x\sigma_y + 3{\tau_{xy}}^2} \quad (22)$$

$$\sigma' = \sqrt{(99.66\ MPa)^2 + 3(13.021\ MPa)^2}$$

[6] *RICHARD G. BUDYNAS Y J. KEITH NISBETT, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. 8ª ed. p. 215*

$\sigma' = 102.18\ MPa$

Como la carga dura lo que demora en apilarse un paquete de perfiles, esta se toma como carga estática, y se halla el factor de seguridad que se indica en la Ec. 23.

Factor de seguridad contra la carga estática.[7]

$$n = \frac{\sigma_S\ Material}{\sigma_S\ Aplicado} \tag{23}$$

$$n = \frac{250\ MPa}{99.66\ MPa}$$

$$n = 2.5$$

Para hallar la deflexión de la platina[8] se utiliza la Ec. 24 que es para cargas uniformes en vigas en voladizo y para la platina se analiza la deformación de la parte que queda suspendida.

$$y_{max} = \frac{-Wl^4}{8EI} \tag{24}$$

Donde, y_{max} es la deformación máxima, W la carga distribuida, l la longitud de la platina en voladizo, E módulo de Young del material, I el momento de inercia de la platina.

$$ymax = \frac{-(-18049.9\frac{N}{m})(0.097m)^4}{8(250 * 10^9\frac{N}{m^2})(2.709 * 10^{-9}m^4)}$$

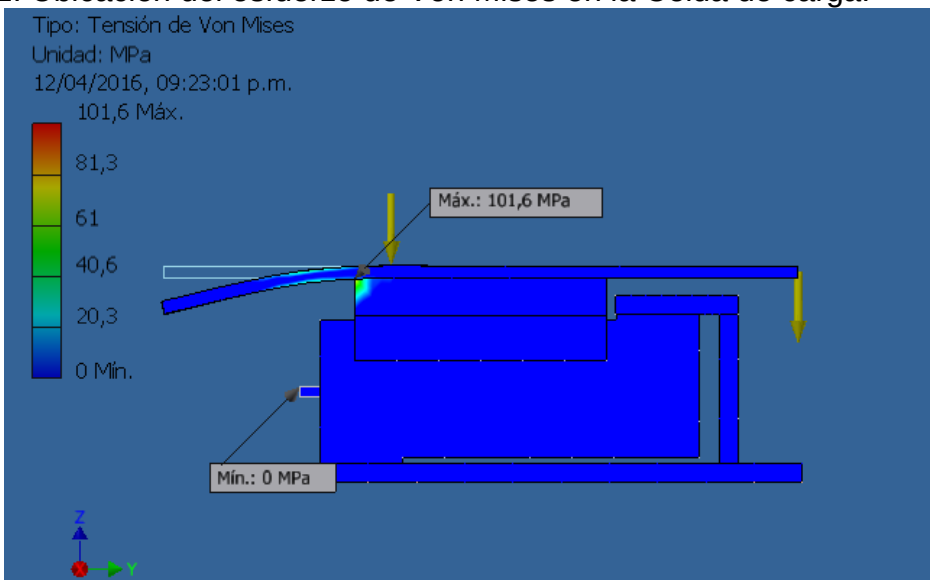
$$ymax = -0.000295m$$

Mediante el programa de elementos finitos de Autodesk Inventor, se realiza un análisis de esfuerzos para comparar los cálculos realizados.

En la Figura 32 en la parte izquierda se muestra una escala de colores iniciando en azul que indica que no hay esfuerzos, y llegando al color rojo que indica que el esfuerzo es máximo, en la parte central de la figura se muestra la celda de carga con la platina en su parte superior, y un valor que indica el esfuerzo máximo de $101.6\ MPa$ que es un muy cercano al valor calculado en la Ec. 22, y reafirma los cálculos realizados.

[7] *RICHARD G. BUDYNAS Y J.* KEITH *NISBETT, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. 8ª ed. p. 216*
[8] *RICHARD G. BUDYNAS Y J. KEITH NISBETT, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. 8ª ed. p. 994.*

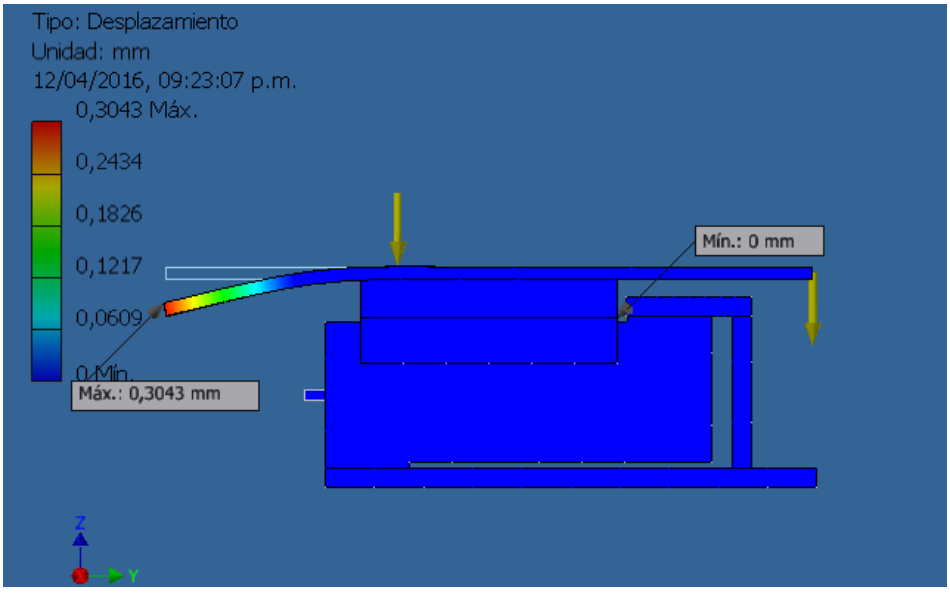
Figura 32. Ubicación del esfuerzo de Von Mises en la Celda de carga.



Fuente: El autor

En la Figura 33 se muestra la deflexión de la platina producida por el peso del paquete de perfiles, se indica un valor máximo de $0.3043mm$ que es concordante al calculado en la Ec. 24.

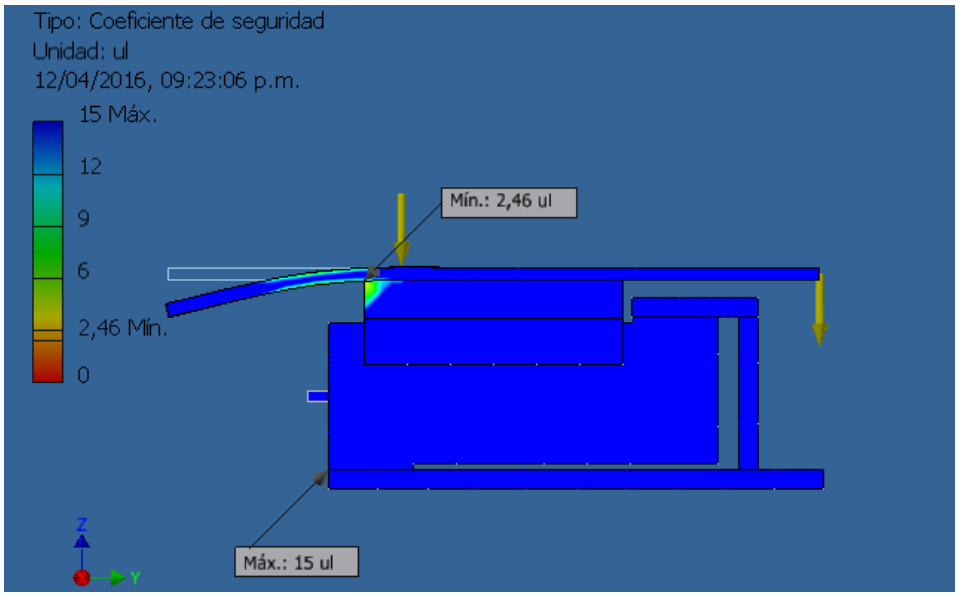
Figura 33. Deflexión de la platina de la celda de carga



Fuente: El autor

En la Figura 34, se muestra la ubicación más crítica de pieza, se indica un valor mínimo del factor de seguridad contra carga estática y comprueba el cálculo realizado en la Ec. 23.

Figura 34. Coeficiente de seguridad de la platina



Fuente: El autor

Tabla 6. Resultados análisis por elementos finitos Autodesk Inventor

RESUMEN DE RESULTADOS		
Nombre	**Mínimo**	**Máximo**
Volumen	1845540 mm^3	
Masa	14,4875 kg	
Tensión de Von Mises	0,000187071 MPa	101,602 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,304302 mm
Coeficiente de seguridad	2,46059 su	15 su

Fuente: El autor

Del análisis por elementos finitos, obtenemos un valor mínimo para la tensión de Von Mises 187 Pa, y un valor máximo 101.602 Mpa, y siendo este último un valor inferior al esfuerzo permisible por la platina que es de 250 Mpa, lo cual demuestra el cálculo correcto de la platina de soporte.

5.3 RAMPA

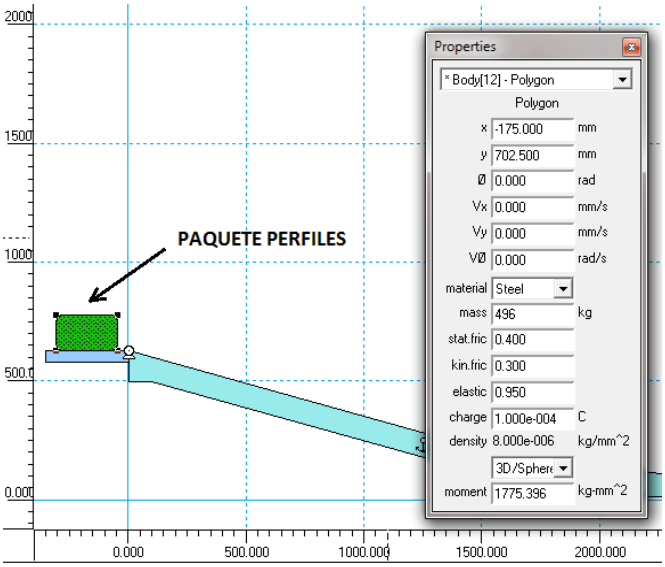
5.3.1 Placa resbaladero

La geometría de la placa resbaladero debe ser la adecuada para garantizar el desplazamiento del paquete hasta el final de esta.

Para generar tal geometría se hace un análisis se hace mediante una simulación cinemática del sistema, mediante el software de simulaciones de sistemas mecánicos llamado **Working Model 2D**, en la simulación interactúan los elementos que van a estar en contacto con el paquete, para esto se tiene en cuenta todas las variables que intervienen en el momento del desplazamiento, como el tipo de material, la fricción, coeficientes de restitución, gravedad, etc.

Para determinar cuál modelo de rampa es el más adecuado se simula el movimiento del paquete sobre la geometría por donde este se va a deslizar, para ello se hace un modelo 2D de los componentes a simular que son el paquete, la rampa y el brazo basculante a cada uno de se le asignan sus propiedades mecánicas y unas condiciones de contacto entre ellos, también las condiciones del entorno como la gravedad. En la Figura 35 se muestran las propiedades del paquete de perfiles, tales como densidad, coeficiente de fricción estático y dinámico la masa y el tipo de contacto entre este y las demás componentes.

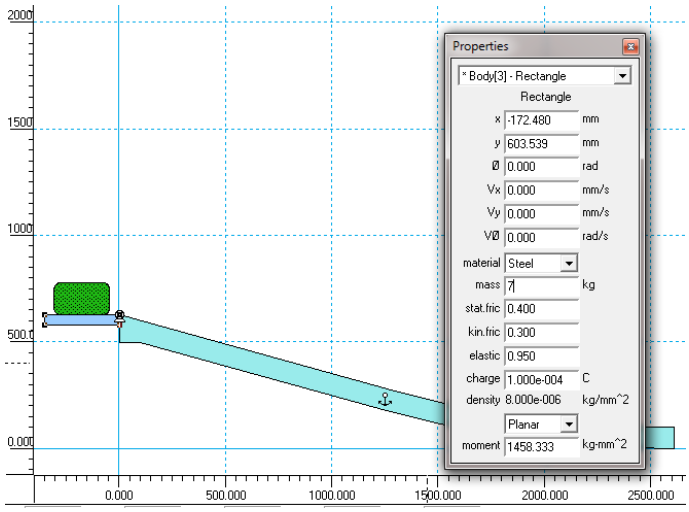
Figura 35. Propiedades mecánicas del paquete perfiles



Fuente: El autor

En la Figura 36 se muestra el cuadro de propiedades en el cual se le asignan las propiedades mecánicas para la simulación dinámica en este caso al brazo basculante.

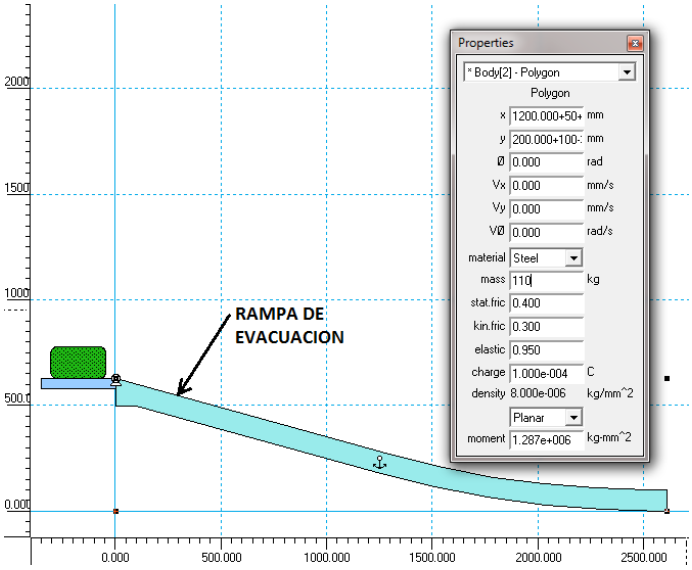
Figura 36. Propiedades mecánicas del brazo basculante



Fuente: El autor

En la Figura 37, muestra la asignación de propiedades mecánicas a la rampa resbaladero.

Figura 37. Propiedades mecánicas de placa resbaladero

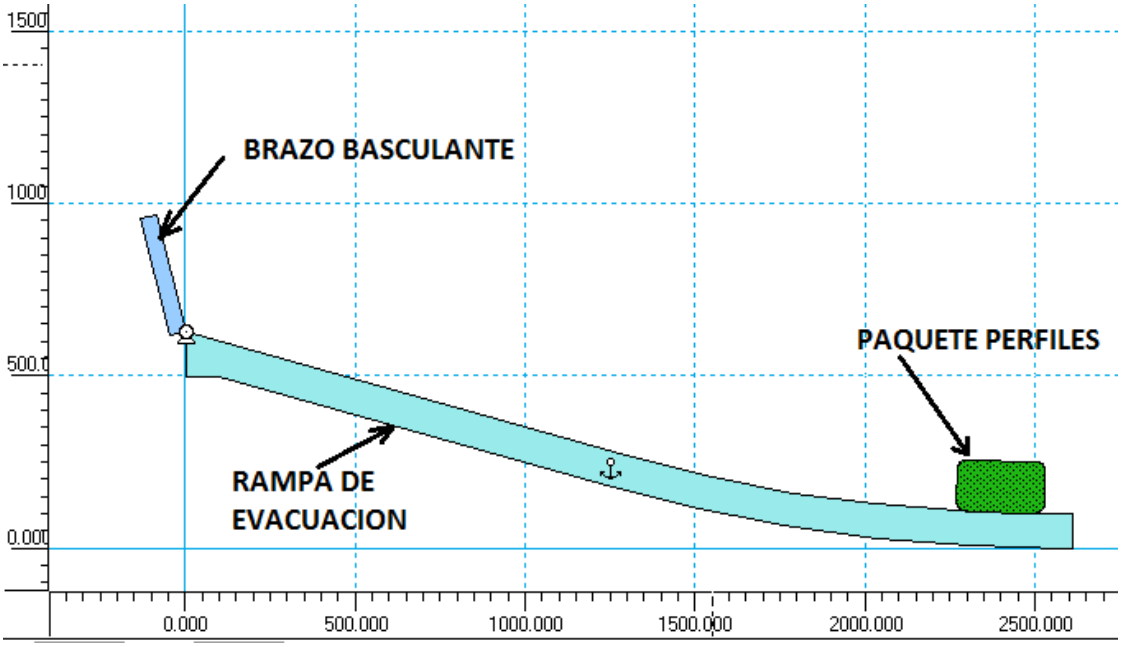


Fuente: El autor

Una vez asignadas las propiedades mecánicas y de cada uno de los elementos del sistema a simular, se inicia la simulación y esta nos muestra el desplazamiento del paquete a lo largo de la placa resbaladero, y modificando la geometría se hace que el perfil llegue hasta el final de la rampa.

En la Figura 38 se consiguió la configuración geométrica de la rampa esta permite que el paquete llegue hasta la posición mostrada 2400mm desde su partida luego de perder toda su energía potencial.

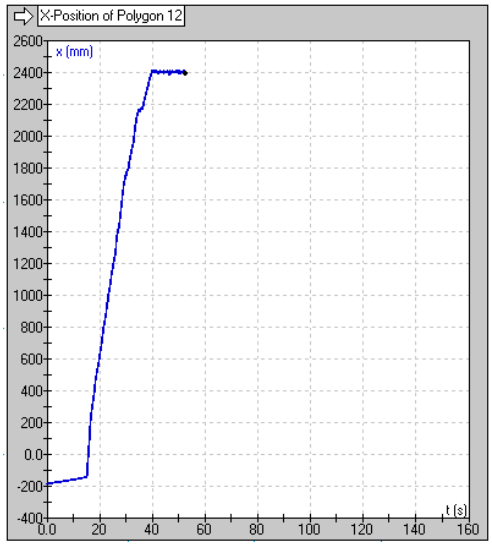
Figura 38. Posición del paquete en la rampa tipo después de la simulación



Fuente: El autor

El comportamiento de la velocidad del paquete en la simulación se muestra en el gráfico de la Figura 39, y podemos apreciar que este es lineal hasta los 1800mm del desplazamiento, después de este trayecto disminuye su velocidad por la curvatura que tiene la rampa.

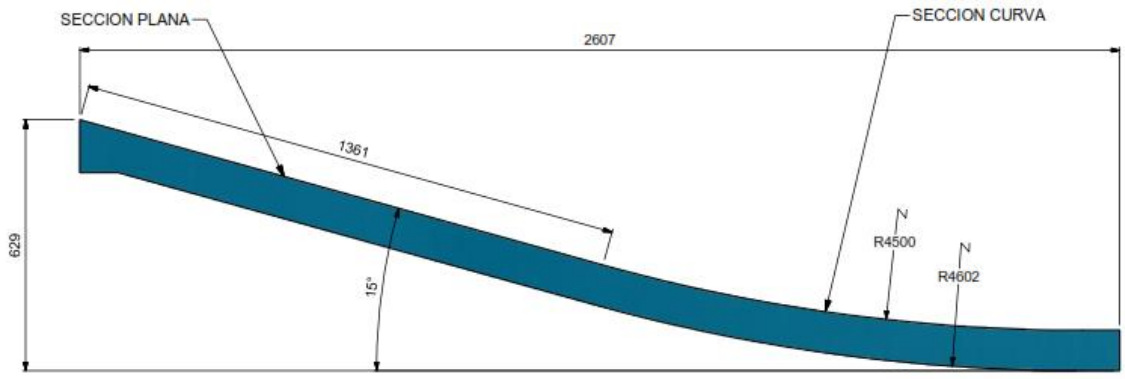
Figura 39. Grafica de la velocidad del paquete



Fuente: El autor

Después de encontrar la geometría adecuada de la rampa de evacuación para que el sistema tenga un buen desempeño, se analiza la placa resbaladero ya que esta se comportara como una de viga. La placa resbaladero tiene una geometría compuesta por una parte lineal y otra curva.

Figura 40. Geometría placa resbaladero



Fuente: El autor

Como la rampa es inclinada en un ángulo de $15°$ se hallan las componentes de las fuerzas a lo largo del eje inclinado.

Se analiza la rampa en su sección curva, y se determinara cómo se comporta, para ello debemos hallar el radio centroidal de la placa y el radio neutro, con la Ec. 25 hallamos el radio neutro de la viga curva.

$$r_n = \frac{h}{ln\frac{r_0}{r_i}} \tag{25}$$

La Ec. 26 indica el radio centroidal de la placa resbaladero.

$$r_c = r_i + \frac{h}{2} \tag{26}$$

Donde r_c es el radio centroidal.

$$r_c = 4.5m + \frac{0.1016m}{2} = 4.55m$$

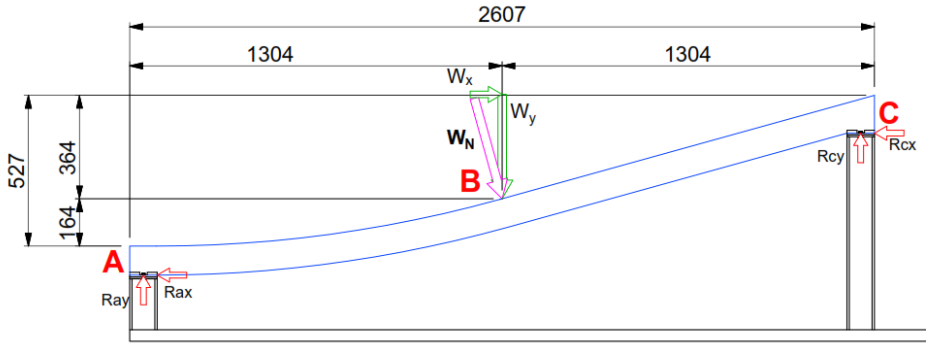
Donde, r_0 es el radio de la fibra externa, r_i radio de la fibra interna, h es la altura de la sección y r_n radio del eje neutro.

$$r_n = \frac{0.1016m}{ln\frac{(4.550 + 0.0508)}{(4.550 - 0.0508)}} = 4.55m$$

Se puede observar que el radio neutro y el radio centroidal son iguales, $r_c = r_n$ ya que estos dos valores son iguales la placa resbaladero se analiza como una viga plana.

Los mayores esfuerzos en la viga se presentarán cuando los tres paquetes de perfiles descansen sobre ella con base a esto harán los respectivos cálculos, en la Figura 41, se muestra la carga de los tres paquetes como una carga puntual y sus reacciones y componentes.

Figura 41. Diagrama cuerpo libre 3 paquetes sobre rampa



Fuente: El autor

En la Ec. 27 se halla el peso de los tres paquetes, para luego en las Ec. 28 a 30 se hallan las componentes de esta carga por la inclinación del paquete.

$$W = W_o * 3 = 4873.2N * 3 = 14619.6N \quad (27)$$

$$W_N = W \cos \emptyset = 14619.6 \cos 15 = 14121.4N \quad (28)$$

Se hallan las componentes de W_N.

$$W_{Ny} = W_N \cos \emptyset = 14121.4N * \cos 15 = 13640N \quad (29)$$

$$W_{Nx} = W_N \, sen \, \emptyset = 14121.4N * sen \, 15 = 3654.1N \quad (30)$$

Se hace sumatorias de las fuerzas en los ejes X y Y para hallar las reacciones en los puntos de apoyo de la placa.

$$+\uparrow \Sigma_{F_y} = 0 \quad (31)$$

$$R_{Ay} - W_y + R_{Cy} = 0$$

$$+\rightarrow \Sigma_{F_X} = 0 \quad (32)$$

$$-R_{AX} + W_X - R_{CX} = 0$$

Se hallan los momentos en los puntos A y C en el eje Y.

$$+\circlearrowleft \Sigma_{M_{Ay}} = 0 \quad (33)$$

$$-\mathrm{W}_{Ny}(AB_x) + R_{Cy}(AC_x) = 0$$

$$+\circlearrowleft \Sigma_{M_{Cy}} = 0 \quad (34)$$

$$-R_{Ay}(AC_x) - W_{Ny}(BC_x) = 0$$

$$R_{Ay} = 6820N$$

$$R_{Cy} = 6820N$$

Se hallan los momentos en los puntos A y C en el eje X.

$$+\circlearrowleft \Sigma_{M_{Ax}} = 0 \quad (35)$$

$$W_{Nx}(AB_y) - R_{Cx}(AC_y) = 0$$

$$+\circlearrowleft \Sigma_{M_{Cx}} = 0 \quad (36)$$

$$R_{Ax}(AC_y) - W_{Nx}(BC_y) = 0$$

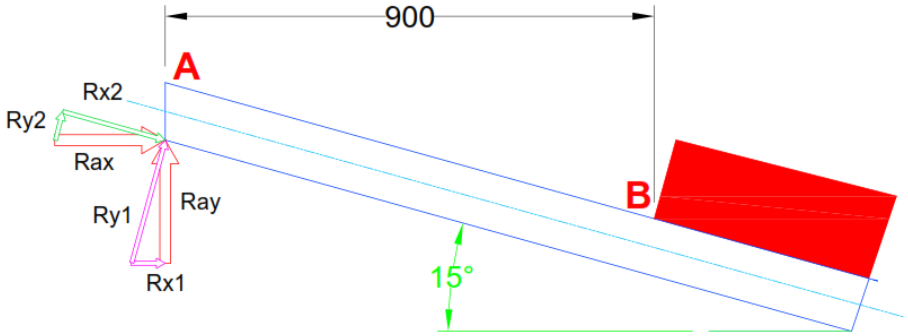
$$R_{Ax} = 2519N$$

$$R_{Cx} = 1135N$$

Aplicamos funciones de singularidad hallamos las ecuaciones de carga, cortante y momento del sistema.

En la Figura 42 se muestra la parte inclinada de la viga y se hallan los componentes de las reacciones.

Figura 42. Componentes de las reacciones en la rampa inclinada



Fuente. El autor

Las se hallan las componentes de las fuerzas

$R_{y1} = R_{ay} \cos \emptyset = 6820 \cos 15 = 6587.6N$

$R_{y2} = R_{ax} \operatorname{sen} \emptyset = 1130 \operatorname{sen} 15 = 292.5N$

$R_y = R_{y1} + R_{y2} = 6587.6N + 292.5N = 6880.1N$

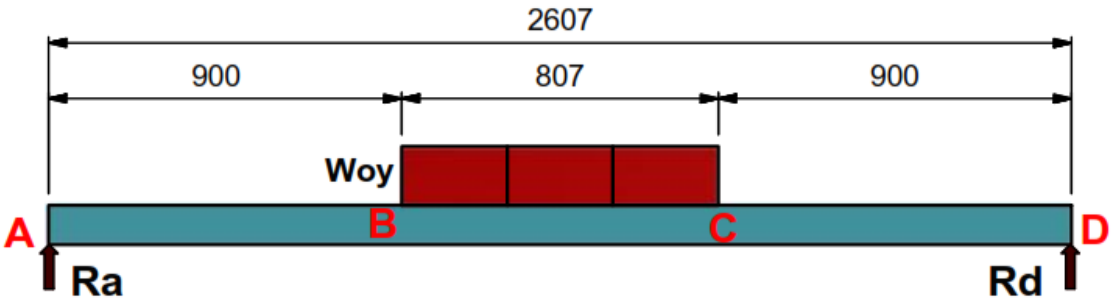
$R_{x1} = R_{ay} \operatorname{sen} \emptyset = 6820 \operatorname{sen} 15 = 1765.2\ N$

$R_{x2} = R_{ax} \cos \emptyset = 1130 \cos 15 = 1092\ N$

$R_x = R_{x1} + R_{x2} = 1765.2\ N + 1092\ N = 2857N$

En la Figura 43 se ven los tres paquetes y se analiza la rampa como viga plana.

Figura 43. Rampa y tres paquetes



Fuente: El autor

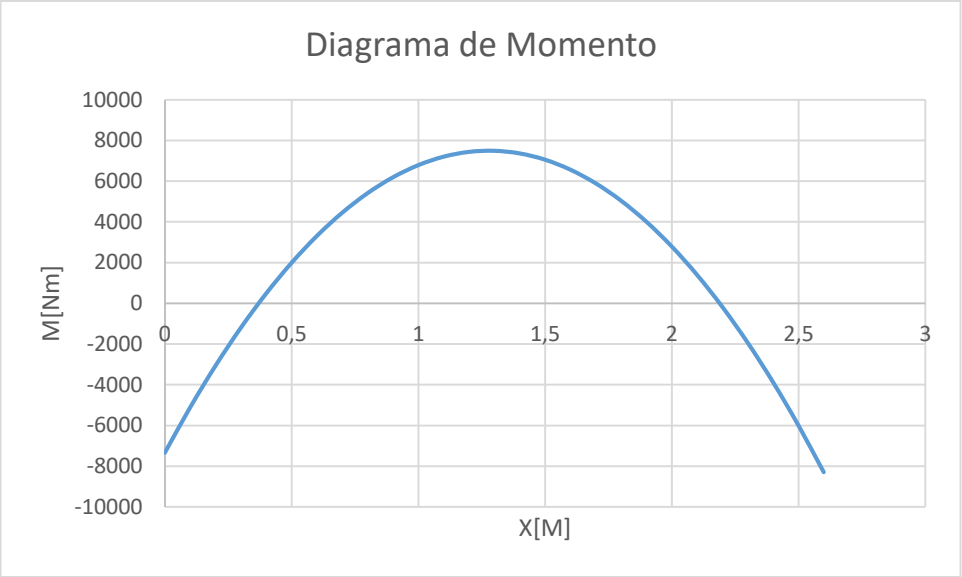
Se hallan los valores de cortante y momento máximo.

$$q = R_{Ay}\langle AD\rangle^{-1} - \mathrm{W}\langle X - AB\rangle^{0} + \mathrm{W}\langle X - AC\rangle^{0} + R_{Ay}\langle X - AD\rangle^{-1}$$

$$V = R_{Ay}\langle AD\rangle^{0} - \mathrm{W}\langle X - AB\rangle^{1} + \mathrm{W}\langle X - AC\rangle^{1} + R_{Ay}\langle X - AD\rangle^{0}$$

$$M = R_{Ay}\langle AD\rangle^{1} - \mathrm{W}\frac{\langle X - AB\rangle^{2}}{2} + \mathrm{W}\frac{\langle X - AC\rangle^{2}}{2} + R_{Ay}\langle X - AD\rangle^{1}$$

Figura 44. Diagrama de momento sobre la rampa



Fuente: El autor

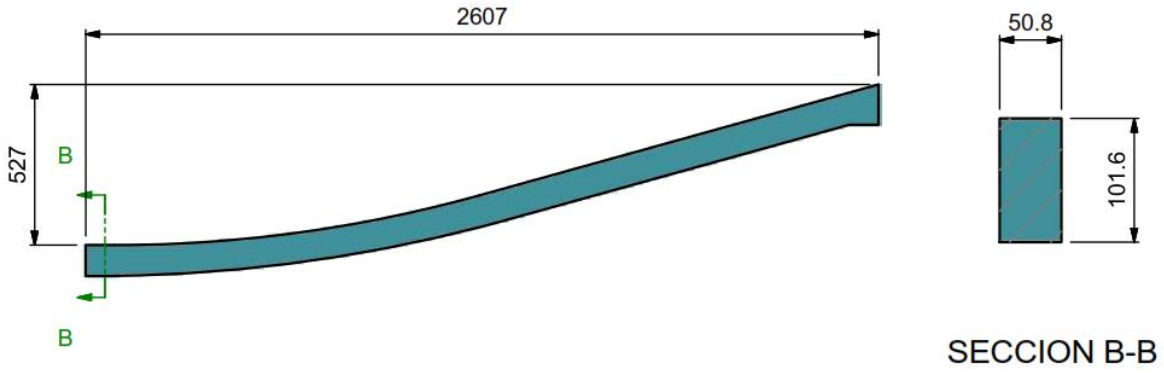
$$Momento\ máximo = 7439.6\ Nm$$

$$Cortante\ máximo = 15213.4\ N$$

El momento mayor en los dos casos es de $\boldsymbol{7439.6\ Nm}$ y se produce cuando pasa el paquete por el punto inferior al $1.3035\mathrm{m}$ del inicio.

Teniendo en cuenta lo anterior se procede al diseñar la rampa, en la Figura 45 se muestra la rampa y un corte de su sección transversal con esas dimensiones se analizan los esfuerzos. Ver Anexo 3.

Figura 45. Dimensiones de la rampa de evacuación



Fuente: El autor

Es de gran importancia garantizar la geometría de la rampa de evacuación, ya que por medio de esta los paquetes se deslizan de manera suave y se detienen por si solos.

La manera garantizar que la geometría de la rampa después de su fabricación sea la indicada en el plano, el corte se debe hacer mediante un equipo de corte por plasma CNC, ya que este posee un software en que se ingresan las coordenadas de la figura, también utiliza archivos de AutoCAD que se cargan generando el perfil deseado.

Actualmente estos equipos pueden realizar cortes de hasta de 10 pulgadas de espesor, también garantizando el corte de 2 pulgadas de espesor de la rampa de evacuación.

Dimensiones de la rampa de evacuación ver Anexo 6, plano DTU-T3-EVAC-R0-P0.

Área sección transversal de la rampa.

$A = (0.127m * 0.0635m) = 0.008065m^2$

La Ec. 37 indica el momento de inercia de la sección transversal de la placa resbaladero.

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad (37)$$

Donde b es el ancho de la placa, h es la altura e I es el momento de inercia.

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{(0.0508m)(0.1016m)^3}{12} = 4.4398 * 10^{-6}m^4$$

Distancia media de la altura de la sección de la placa está definida en la Ec. 38.

$$c = \frac{h}{2} \tag{38}$$

Donde c distancia media, h es la altura del perfil.

$$c = \frac{h}{2} = \frac{0.1016m}{2} = 0.0508m$$

Esfuerzo de flexión en la rampa.

$$\sigma_{Aplicado} = \frac{Mc}{I} \tag{39}$$

Donde $\sigma_{Aplicado}$ es el esfuerzo aplicado a la placa, M es el momento flector.

$$\sigma_{Aplicado} = \frac{(7439.6Nm)(0.0508m)}{(4.4398 * 10^{-6}m^4)}$$

$$\sigma_{Aplicado} = 85.12 * 10^6 \frac{N}{m^2}$$

$$\sigma_{Aplicado} = 85.12\ MPa$$

Esfuerzo de cortante en la placa resbaladero, está definido en la Ec. 40

$$\tau_{xy} = \frac{VQ}{Ib} \tag{40}$$

Donde Q, es el área trasversal del perfil multiplicado por la altura media de este, V es el cortante máximo producido por la carga, b es el ancho de perfil e I es el momento de inercia.

$$Q = Ay$$

$$A = 0.1016m * 0.0508m$$

$$A = 0.005161m^2$$

$$y = \frac{0.1016m}{2}$$

$$y = 0.0508m$$

$$b = 0.0508m$$

$$Q = 0.00561 * 0.0508$$

$$Q = 2.621 * 10^{-4}m^3$$

$$\tau_{xy} = \frac{(15213.4\ N)(2.621 * 10^{-4} m^3)}{(4.439 * 10^{-6} m^4)(0.0508m)}$$

$$\tau_{xy} = 17.68 * 10^6\ Pa$$

$$\tau_{xy} = 17.6825\ MPa$$

Esfuerzo máximo a flexión o esfuerzo de Von Mises[9] para esfuerzos planos se halla con la Ec. 41.

$$\sigma' = \sqrt{{\sigma_x}^2 + {\sigma_y}^2 - \sigma_x \sigma_y + 3{\tau_{xy}}^2} \quad (41)$$

$$\sigma' = \sqrt{(85.12\ MPa)^2 + 3(17.683\ MPa)^2}$$

$$\sigma' = 90.5\ MPa$$

Factor de seguridad para carga estática, en la Ec. 42 se indica la ecuación en la que relaciona el esfuerzo del material de la placa y el esfuerzo producido por la carga distribuida sobre esta.

$$n = \frac{\sigma_{S\ Material}}{\sigma_{S\ Aplicado}} \quad (42)$$

$$n = \frac{250\ MPa}{90.5\ MPa}$$

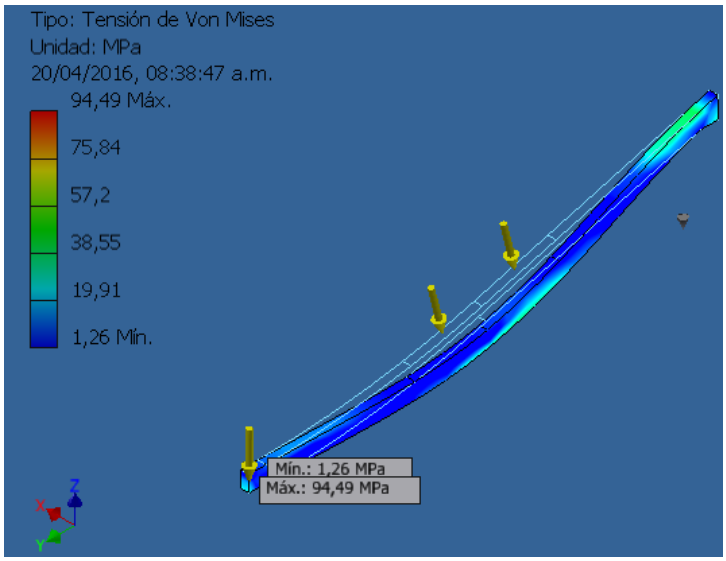
$$n = 2.7$$

Mediante el programa de elementos finitos de Autodesk Inventor, se realiza un análisis de esfuerzos por elementos finitos para corroborar los cálculos realizados.

En la Figura 46 se muestra la imagen de la placa resbaladero sometida a la carga de los tres paquetes indicando el esfuerzo de Von Mises, en la imagen se ve a la izquierda una escala de colores en la cual indica el esfuerzo mínimo y máximo, en la figura se muestra la placa resbaladero que tiene diferentes tonalidades de acuerdo a la ubicación de los esfuerzos máximos, también unos números que indican la ubicación del esfuerzo en la placa.

[9] *RICHARD G. BUDYNAS Y J. KEITH NISBETT, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. 8ª ed. p. 215*

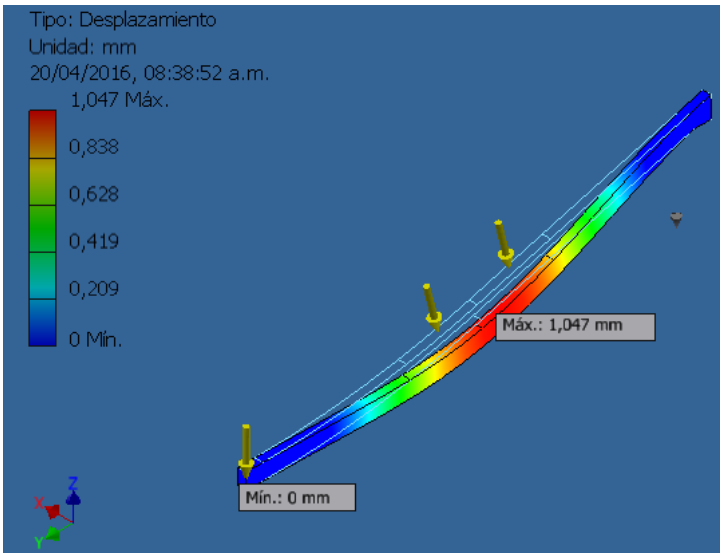
Figura 46. Ubicación de esfuerzos de Von Mises Rampa



Fuente: El autor

La placa debido al peso de los paquetes se deflecta, en la simulación por elementos finitos se evidencia la ubicación de la deflexión y su magnitud en la Figura 47, se muestra el resultado de esta simulación, en la zona de color la máxima deflexión de la placa es de 1.047mm que es aceptable para la magnitud de la carga y la separación de los apoyos.

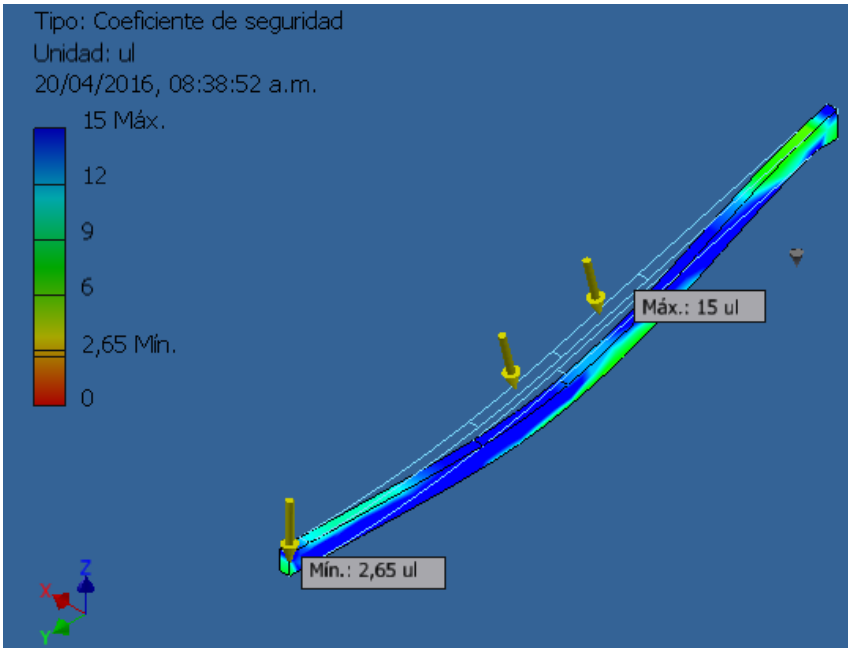
Figura 47. Desplazamiento Rampa Autodesk Inventor



Fuente: El autor

En la Figura 48, se muestra las zonas donde la placa es más resistente, y por ende la seguridad de esta.

Figura 48. Ubicación máximos y mínimos del factor de seguridad



Fuente: El autor

Tabla 7. Resultado análisis elementos finitos rampa

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen		11069800 mm^3
Masa		86,8976 kg
Tensión de Von Mises	1,26071 MPa	94,4868 MPa
Desplazamiento	0 mm	1,04731 mm
Coeficiente de seguridad	2,64587 su	15 su

Fuente: El autor

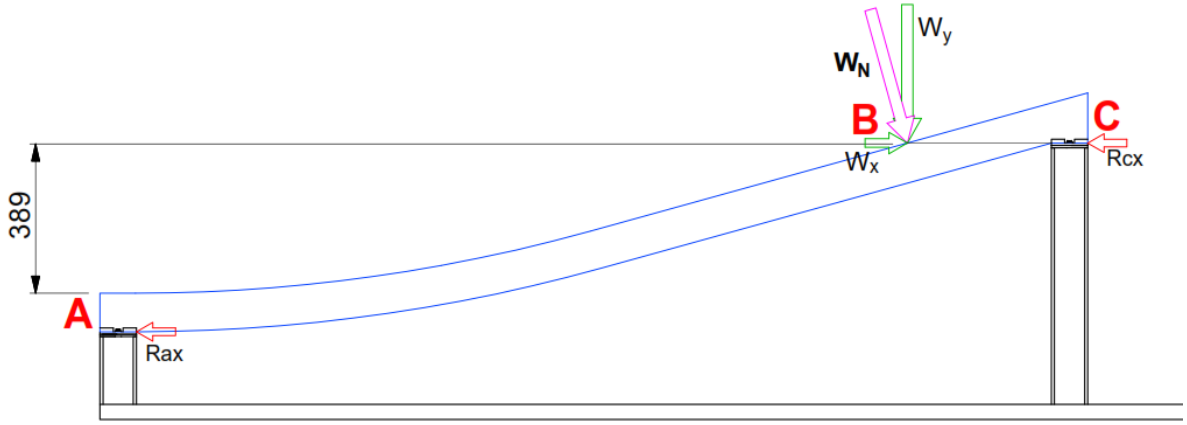
En la Figura 46 muestra la simulación del análisis por elementos finitos, obtenemos un valor mínimo para la tensión de Von Mises 1,260 MPa, y un valor máximo 94.48 MPa, y siendo este último un valor inferior al esfuerzo permisible por la platina que es de 250 MPa, lo cual demuestra el cálculo correcto de la platina de soporte.

5.3.2 Platinas de sujeción.

Estas platinas de sujeción son las que permiten unir la rampa de evacuación a la estructura soporte por medio de pernos.

Para hallar los esfuerzos de aplastamiento producidos por los pernos en las platinas, se analiza cuando desciende un paquete por la rampa de la rampa de evacuación. El peso de un paquete es $W = 4873.2N$ la Figura 49 se muestra la carga, sus componentes y las reacciones del sistema en sentido del eje X.

Figura 49. Diagrama cuerpo libre rampa



Fuente: El Autor

W_N es la reacción normal al peso W producido por el paquete, y se hallan las componentes de W_N en X y Y. Los esfuerzos de aplastamiento son producidos por la componente en el eje X.

En la Ec. 43, se halla la reacción normal a la carga del paquete.

$$W_N = Wcos(\theta) \quad (43)$$

Donde W_N es la fuerza normal a la placa resbaladero, W es el peso del paquete y θ es el ángulo de inclinación de la rampa.

$$W_N = 4873.2N\ cos(15°) = 4707.2N$$

Se hallan las componentes de la fuerza normal W_N la Ec. 44 indica la componente en el eje X de la fuerza normal y la Ec. 45 la componente de la fuerza normal en el eje Y.

$$W_x = W_N\ sen(\theta) \quad (44)$$

$$W_y = W_N\ cos(\theta) \quad (45)$$

$$W_x = 4707.2N\ sen(15°) = 1218.3N$$

$W_y = 4707.2N\ cos(15°) = 4546.8N$

De la Figura 53 se hallan las reacciones los apoyos a la carga en el eje X, en las Ec. 46 y 47 se halla la reacción de la fuerza en el punto C.

$$+\rightarrow \Sigma_{F_X} = 0 \quad (46)$$

$$-R_{Ax} + W_x - R_{Cx} = 0$$

$$+\circlearrowleft \Sigma_{M_A} = 0 \quad (47)$$

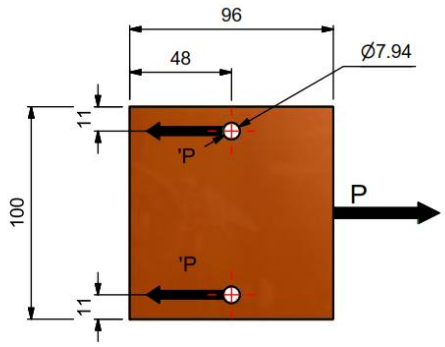
$$W_x\langle AC\rangle - R_{Cx}\langle AC\rangle = 0$$

$$R_{Cx} = \frac{W_x\langle AC\rangle}{\langle AC\rangle}$$

$$R_{Cx} = W_x = 1218.3N$$

La carga P a la que esta sometida la platina es la misma R_{Cx} y con base en esta se analizan los esfuerzos de aplastamiento de la platina de sujeción. En la Figura 50 se indica la carga sobre la platina y las reacciones en los agujeros.

Figura 50. Platina de sujeción



Fuente: El autor

Las dimensiones de la platina ver Anexo 6 plano DTU-T3-EVAC-R0-P1

Ya que la platina posee dos agujeros la carga P se divide en dos. En la Ec. 48 se indica la carga por agujero en la platina, donde P' es la carga en cortante V en cada agujero.

$$P' = \frac{P}{2} = \frac{1218.3N}{2} = 609.2N \quad (48)$$

La Ec. 49 indica el área del agujero donde la fuerza es aplicada.

$$\mathrm{A} = \mathrm{b} * \mathrm{t} \tag{49}$$

Donde A es el área de aplicación de la fuerza, b es el diámetro del agujero, y t es el espesor de la placa.

$$\mathrm{A} = \mathrm{b} * \mathrm{t} = 0.0079375m * 0.00635m$$

$$A = 5.0165 * 10^{-5}m$$

El esfuerzo de aplastamiento para la placa,[10] indicado en la Ec. 50, y relaciona la carga por agujero y el área.

$$\tau_{prom} = \frac{P'}{A} = \frac{609.2\ N}{5.0165 * 10^{-5}m^2} = 12.14MPa \tag{50}$$

Factor de seguridad para esfuerzo cortante, en la Ec. 51, se relacionan el esfuerzo al que está sometida la platina y el esfuerzo del material,

$$n = \frac{\sigma_{s\ material}}{\sigma_{s\ aplicado}} \tag{51}$$

$$n = \frac{250 * 10^6 Pa}{12.14\ * 10^6 Pa} = 20.5$$

$$n = 20.5$$

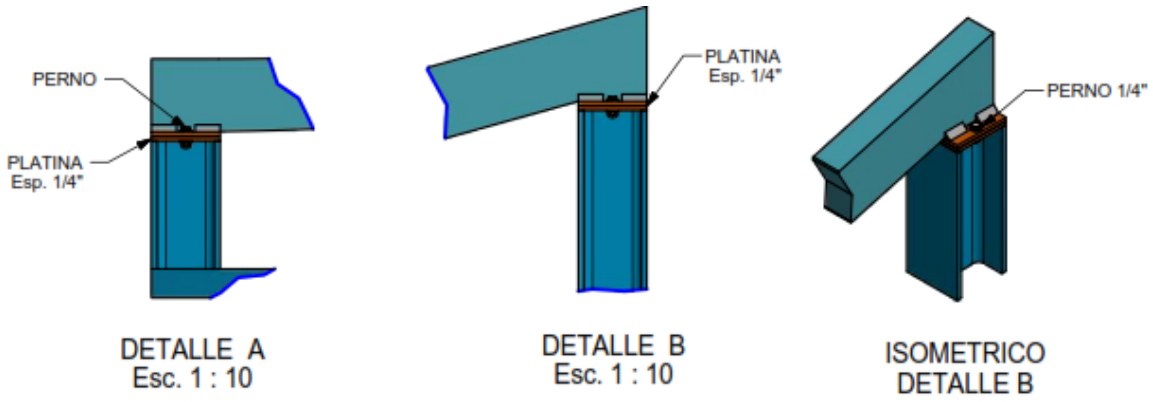
Con el valor del factor de seguridad de la platina se puede concluir que esta soporta la carga de gran manera.

[10] *FERDINAND P. BEER Y E. RUSSEL JOHNSTON JR. Mecánica de materiales 1984. pag. 7.*

5.3.3 Selección de los pernos

Los pernos de sujeción unen la rampa con la estructura del evacuador, estos deben soportar el esfuerzo cortante producido por la componente en X de la carga del paquete sobre la superficie inclinada de la rampa de evacuación, las platinas producen un esfuerzo cizallante sobre el cuerpo del perno. En la Figura 51 se indica la ubicación de los pernos asegurando el conjunto de la estructura y la rampa de evacuación.

Figura 51. Detalle de los pernos de sujeción de la rampa



Fuente: El autor

Para hallar el cortante del perno, se utiliza la componente de la fuerza del paquete a lo largo del eje X, $F = 1218N$. La Ec. 52, relaciona el esfuerzo cortante en el perno, la fuerza aplicada el área de contacto del perno con las platinas, el factor de seguridad y la resistencia de prueba mínima del perno, se asume un factor de seguridad de 1.5 y se halla el diámetro del perno.

$$\tau = \frac{F}{2A_r} = 0.577\frac{S_P}{n_d} \qquad (52)$$

Donde, τ es el cortante del perno, F la carga aplicada, A_r área de contacto, S_P es el esfuerzo de prueba mínima, n_d factor de seguridad.

Esfuerzo de prueba mínima $S_P = 380\ MPa$[11]

Asumiendo un factor de seguridad de $n_d = 1.5$

[11] *RICHARD G. BUDYNAS Y J. KEITH NISBETT, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. 8ª ed. pag. 420.*

El espesor de las platinas de sujeción

$$t = \frac{1}{4}^{"} = 6.35mm = 6.35 * 10^{-3}m$$

Cortante en el perno, todos los pernos activos: si las roscas de los pernos se extienden en uno de los planos.

$$F_x = 1218N$$

Cortante del perno, todos los pernos cargados las roscas no se extienden en los planos de cortante. [12]

$$\frac{F}{4\left(\frac{\pi d^2}{4}\right)} = 0.577\frac{S_P}{n_d}$$

$$d = \sqrt{\frac{(F * n_d)}{(0.577 * \pi * S_P)}}$$

$$d = 0.00162m = 1.62mm$$

Se selecciona un perno de cabeza hex. - Pulgadas 1/4-20 UNC - 1 1/4"

Factor de seguridad para el perno seleccionado.

$$Diam = 0.00635m$$

$$n_d = \frac{0.577 * S_P * \pi * d^2}{F}$$

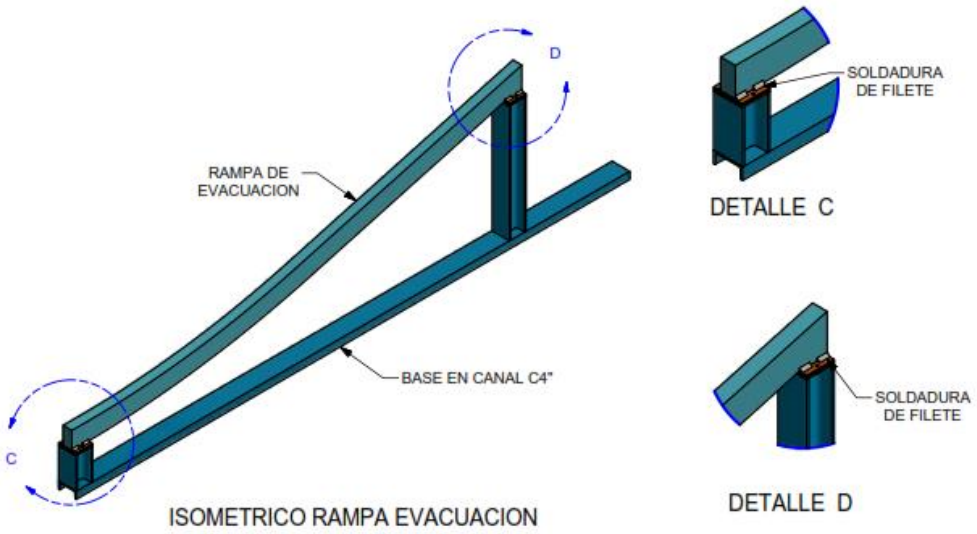
$$n_d = \frac{0.577 * 380 * 10^6 \frac{N}{m^2} * \pi(0.00635m)^2}{1218N}$$

$$n_d = 22.8$$

[12] *RICHARD G. BUDYNAS Y J. KEITH NISBETT, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. 8ª ed. pag. 438.*

5.4 RAMPA Y LA PLACA DE SUJECIÓN

Figura 52. Detalles de las soldaduras en la rampa de evacuación



Fuente: El autor

$F = 1218N$

Área de garganta de la soldadura[13], está dada por la geometría de la aplicación de la soldadura porque son cordones de soldadura paralelos. En la Ec. Se indica la ecuación del área de garganta.

$$A = 1.414hd \tag{53}$$

Esfuerzo Cortante Soldadura de filete[14], se indica en la Ec. 54.

$$\tau = \frac{1.414F}{2hl} \tag{54}$$

Donde τ es el esfuerzo cortante en la soldadura, F la carga aplicada, h es el ancho de la soldadura, l el largo de la soldadura.

[13] *RICHARD G. BUDYNAS Y J. KEITH NISBETT, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. 8ª ed. pag. 470*
[14] *RICHARD G. BUDYNAS Y J. KEITH NISBETT, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. 8ª ed. pag. 463*

$$\tau = \frac{1.414(1218N)}{2(0.00635m * 0.06m)}$$

$$\tau = 2.3MPa$$

Los elementos a unir como materiales base y elemento de aporte se indican en la Tabla 8 en que se indican las características mecánicas.

Tabla 8. Propiedades mecánicas de los elementos a unir

PROPIEDADES DE LOS ELEMENTOS A UNIR			
Elemento	Material	Sut[Mpa]	Sy[Mpa]
Riel	ASTM A-36	400	250
Placas	ASTM A-36	400	250
Electrodo	E60XX	427	345

Fuente: El autor

En la Ec. 55 se indica el factor de Seguridad por resistencia al cortante

$$n = \frac{S_{Sy}}{\tau_{max}} \quad (55)$$

Donde $S_{sy} =$ resistencia a la fluencia cortante[15] y τ_{max} es el esfuerzo máximo aplicado.

$$n = \frac{0.577(250MPa)}{2.3MPa}$$

$$n = 62$$

Factor de seguridad contra falla estática

$$n = \frac{0.4(250MPa)}{2.3MPa}$$

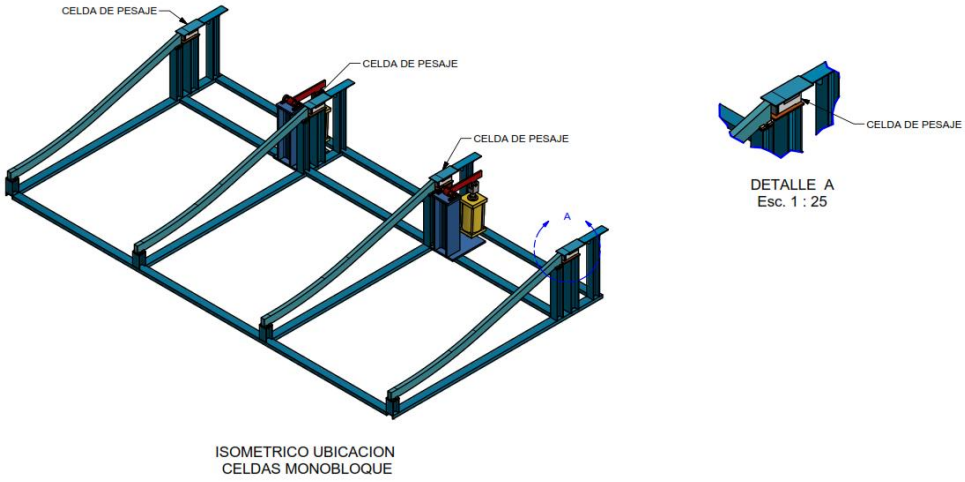
$$n = 43$$

[15] *RICHARD G. BUDYNAS Y J. KEITH NISBETT, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. 8ª ed. pag. 217*

6 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE PESAJE

El sistema de evacuación cuenta con unas celdas de carga las cuales están ubicadas en el lugar donde se apilan y se amarran los perfiles como se muestra en la Figura 53, de estas se llevará la señal hacia un indicador electrónico de peso, en este indicador se configura la señal de entrada de cada celda de acuerdo al peso que esté sometido cada soporte.

Figura 53. Ubicación de las celdas de pesaje



Fuente el autor.

6.1 SELECCIÓN DE LA CELDA DE CARGA

Para la selección de la celda de pesaje se tiene en cuenta la mayor reacción de los a la carga del paquete las cuales fueron:

$W_{teorico} = 4873.2N$

En la Ec. 56 se halla la masa que corresponde a la máxima reacción y a partir de ella se selecciona la celda de carga.

$$W_{teorico} = m * g \quad (56)$$

Donde: $W_{teorico}$ es el peso que se apoya en el soporte, m es la masa y g la aceleración de la gravedad.

$$m = \frac{W_{teorico}}{g}$$

$$m = \frac{4873.2 \frac{Kg * m}{s^2}}{9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$m = 496.8Kg$$

La celda de pesaje seleccionada es SP-W12 ya que la carga que soportará es de 496.8Kg y se encuentra dentro del rango de operación de esta, su geometría facilita su adecuación en el soporte de carga ya que su tamaño de plataforma es bastante amplio la Figura 54 se muestra la celda monobloque. Las características de operación de la celda se indican en la Tabla 9. Ver Anexo 4.

Figura 54. Celda monobloque SP-W2

Fuente: BCI Ingeniería[16]

[16] *BCI INGENIERIA. [en línea]* *http://www.bci.co/productos/pesaje/celdas-carga/single-point/lexus-sp-w12.html*

Tabla 9.Caracteristicas de la celda de carga monobloque

CELDA MONOBLOQUE SP-W12	
CAPACIDAD DE CARGA	300 A 1000 Kg
SENSIBILIDAD	2mV/V
MATERIAL	ALUMINIO
RESISTENCIA DE SALIDA	350 Ohms

Fuente: BCI Ingeniería

6.2 SELECCIÓN DEL INDICADOR ELECTRONICO DE PESO

El indicador electrónico de peso reúne las señales de las cuatro celdas de pesaje de los soportes de armado de paquetes y las suma para entregar la cantidad del peso total del paquete que se está armando.

Se seleccionó el indicador de peso Fox Big de la marca Lexus, ya permite censar hasta cuatro celdas de carga de 350Ω lo que es muy conveniente el sistema de evacuación ya que es el número de celdas que posee. La Figura 55 nos muestra el indicador de peso. Ver Anexo 5.

Figura 55. Indicador de peso Lexus Big Fox

Fuente: Lexus electronic weighing

Tabla 10. Características indicador electrónico de peso

INDICADOR ELECTRONICO DE PESO FOX BIG	
VOLTAJE DE ALIMENTACION	110 VAC/60Hz
NUMERO MAXIMO DE CELDAS DE CARGA	4 CELDAS DE CARGA DE 350 Ohms
RANGO DE SEÑAL DE ENTRADA	0 A 3mV
ALIMENTACION DE CELDAS DE CARGA	5VDC

Fuente: Lexus electronic weighing

Las celdas de carga y el indicador electrónico de peso por sus características son compatibles.

Conexiones del indicador electrónico de peso

A continuación, esta descrita la distribución de los pines de cada uno de los conectores del indicador FOX BIG.

Conector celda de carga redondo de 5 pines para Fox Big

En la Figura 56, se muestra el detalle del conector redondo de 5 pines.

Figura 56. Conector redondo de 5 pines Fox Big

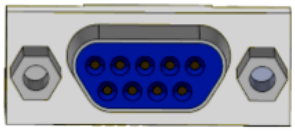
Pin	Función	Pin	Función
1	Excitación +	4	Excitación -
2	Señal +	5	GND
3	Señal -		

Fuente: Lexus electronic weighing

Conector puerto RS232

Conector DB9 macho con la siguiente distribución.

Figura 57. Conector puerto RS232



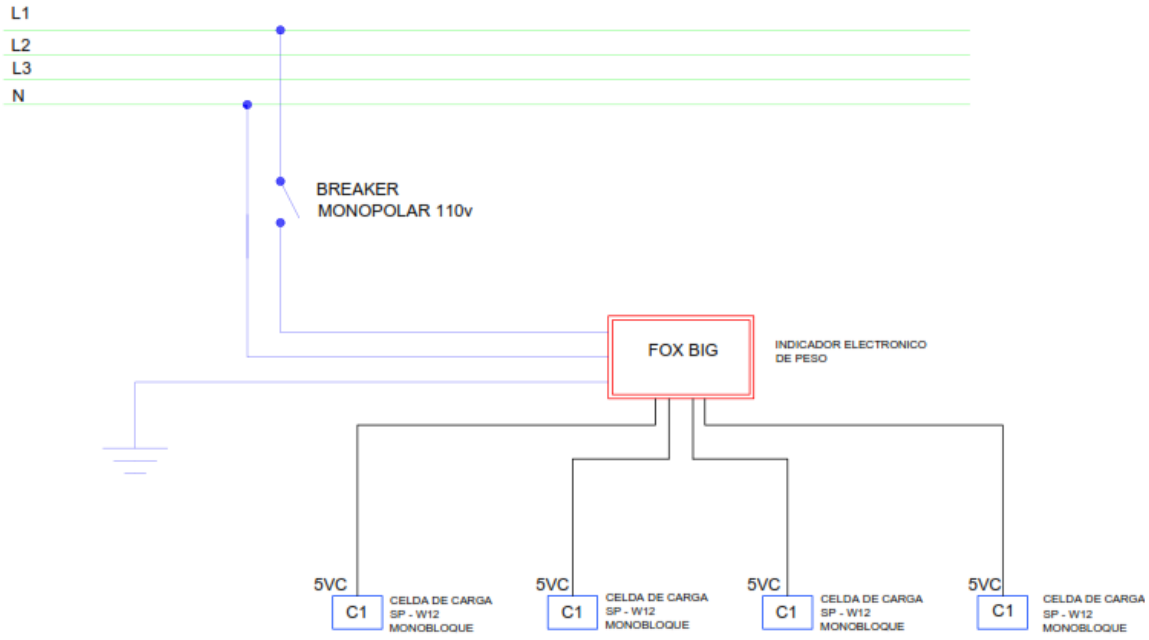
Conector DB9 Hembra

Pin	Función	Pin	Función
1	NC	6	NC
2	NC	7	NC
3	TXD	8	NC
4	NC	9	NC
5	GND		

Fuente: Lexus electronic weighing

6.3 DIAGRAMA DE CONEXIÓN SISTEMA DE PESAJE

Figura 58. Diagrama de conexión del sistema de pesaje



Fuente: El autor

6.4 PUESTA A PUNTO DEL SISTEMA DE PESAJE

La debida puesta a punto del sistema de pesaje, se hará con la debida conexión de los equipos y parametrización de los elementos de medida, dicha parametrización se hace teniendo en cuenta los elementos de medida, los rangos de trabajo y los rangos de pesaje en cada uno de los puntos de las celdas de pesaje.

El modulo indicador de peso posee una gama de menús ajustando los parámetros de acuerdo a esas características, en el Anexo 5 se indica paso a paso el procedimiento para configurar el indicador de peso electrónico.

En el proceso de puesta a punto se deben tener patrones de peso que permiten hacer la calibración de cada instrumento de medida en el punto de medición de la carga.

7 FABRICACION Y MONTAJE

Para la elaboración de piezas en taller se generan los planos de detalle, donde se representa gráficamente cada elemento que compone la estructura metálica, su ubicación cotas en milímetros, disposición de las uniones, diámetro de los agujeros de los tornillos, con la indicación de la forma de mecanizado, clase y diámetro de tornillos, forma y dimensiones de loas unisones soldadas, preparación de bordes.

Todo plano de taller llevará indicados los perfiles, clase de material, cantidad de piezas, pesos y marcas de cada uno de los elementos de la estructura representados en él.

En todas las fases de la fabricación las piezas deberán ser identificadas con un marcado adecuado, duradero y distinguible, acorde con el sistema de representación utilizado en los planos de detalle.

El marcado permitirá el seguimiento de las diferentes piezas de la estructura para facilitar el almacenamiento previo al montaje, el marcado deberá ser realizado preferiblemente mediante pintura. En el almacenamiento se cuidará especialmente que las piezas no se vean afectadas por acumulaciones de agua, ni estén en contacto directo con el terreno.

El corte de los elementos deber realizarse por medio, entre otros de sierra, cizalla u oxicorte puliendo aristas vivas e irregularidades.

El ensamblado previo en taller puede hacerse con piezas que no sean de gran tamaño para su transporte, se deberá obtener la coincidencia de las uniones dentro de tolerancias aceptables, sin forzar o dañar las piezas.

Antes de montar la estructura es necesario garantizar las obras civiles, de manera que se debe comprobar la nivelación de la base.

7.1 CODIFICACIÓN DE PLANO

La codificación se hace referencia a la ubicación de la maquina o sistema dentro de la empresa y esta se codifica según el conjunto dentro de la maquina.

DTU-T3-EVAC-X1.dwg

DTU-T3-EVAC (DIACO PLANTA TUTA - SECCION TREN TRES – EVACUADOR)

Donde:

X1:

- G: General
- E: Explosionado

Tabla 11. Tabla planos y codificación

	EXPLOSIONADO CONJUNTO ESTRUCTURA DTU-T3-EVAC-E0	PIEZAS POSICION 1 a 9	DTU-T3-EVAC-E0-P0
		PIEZAS POSICION 10 a 25	DTU-T3-EVAC-E0-P1
		PIEZAS POSICION 26 a 33	DTU-T3-EVAC-E0-P2
		PIEZAS POSICION 34 a 37	DTU-T3-EVAC-E0-P3
GENERAL EVACUADOR DE PERFILES		PIEZAS POSICION 38 a 45	DTU-T3-EVAC-E0-P4
DTU-T3-EVAC-G	EXPLOSIONADO CONJUNTO RAMPA DE EVACUACION DTU-T3-EVAC-R0	PIEZAS POSICION 1	DTU-T3-EVAC-R0-P0
		PIEZAS POSICION 2	DTU-T3-EVAC-R0-P1
EXPLOSIONADO CONJUNTOS EVACUADOR	EXPLOSIONADO CONJUNTO CELDA DE CARGA DTU-T3-EVAC-C0	PIEZAS POSICION 1	DTU-T3-EVAC-C0-P0
DTU-T3-EVAC-GE		PIEZAS POSICION 2	DTU-T3-EVAC-C0-P1
		PIEZAS POSICION 3	DTU-T3-EVAC-C0-P2
		PIEZAS POSICION 4	DTU-T3-EVAC-C0-P3
		PIEZAS POSICION 5	DTU-T3-EVAC-C0-P4

Fuente: El autor

El plano general evacuador de perfiles muestra el evacuador con sus medidas exteriores los elementos que lo componen.

El plano explosionado conjuntos evacuador, indica la ubicación de cada conjunto en el evacuador. Cada conjunto tiene un plano con el explosionado y unos globos dan la numeración de cada pieza, y van relacionadas en un plano con sus medidas y peso.

En la Tabla 11, se muestran los conjuntos y los planos de cada conjunto con sus nombres y sus códigos, en los planos de conjuntos se encuentran las tablas de los planos que conforman el conjunto.

Los planos de fabricación y lista de materiales están incluidos en los anexos. Ver Anexo 6.

8 CONCLUSIONES

- La información proporcionada por los operarios del sistema actual ayudo a identificar los problemas que se presentan en la operación del sistema evacuador. A partir de esto se corrigieron los problemas de fatiga y espasmos musculares mejorando la ergonomía en la manipulación del material a empacar.
- Se identificaron los elementos actuales del sistema y por medio de un levantamiento de medidas geométricas y utilizando el Software de Diseño se modelo el sistema y se definieron niveles para que el sistema nuevo no tenga interferencias.
- Luego de la necesidad planteada se analizaron diferentes tipos de sistemas de evacuación de perfiles que reunían algunas características de diseño, seguridad y costos económicos. De acuerdo con los criterios mencionados se optó por diseñar el evacuador de perfiles por resbaladero.
- Se optó por el sistema más seguro, sencillo, y económico ya que es un elemento crítico en la sección de terminación y su mantenimiento debe ser fácil y rápido, y sencillo de operar optimizar tiempos de operación.
- Los cálculos de los elementos mecánicos más críticos fueron validados por medio de simulación de esfuerzos por elementos finitos, dando uso a las herramientas de diseño computacional.
- Todos los elementos del sistema se diseñaron y seleccionaron de acuerdo a las ofertas de los equipos y materiales que se presentan en el mercado regional y nacional, lo que garantiza una disponibilidad inmediata y económica de cualquier pieza del sistema.
- Las opiniones e ideas presentadas por el personal operativo fueron de gran importancia a la hora de tomar decisiones, debido a su amplia experiencia y trayectoria en la industria siderúrgica les da la posibilidad de sugerir alternativas viables.
- Por medio de este diseño se comprueba que el uso adecuado de teorías y conceptos permiten dar soluciones a problemas reales que la industria presenta a diario, aportando de esta forma a reducir la gran brecha que existe entre industria y academia.

9 RECOMENDACIONES

Se recomienda para el armado de los paquetes los dos operarios que están a cada extremo del evacuador tengan la misma estatura para que el peso en la manipulación de los perfiles sea más equilibrado.

Procurar que el armado del paquete quede en la mitad de la platina de soporte de este y evitar apoyarse o recostarse sobre los paquetes así se evitaran malas lecturas de la celda de carga.

Al momento de elevar los cilindros neumáticos se debe retirar el personal que se encuentre en la trayectoria de evacuado del paquete para así evitar accidentes.

En para el despacho de paquetes de perfiles tener cuidado en el izaje ya que puede comprometer la estructura y el sistema de pesaje por un mal manejo del puente grúa.

10 BIBLIOGRAFIA

ASOCIACION NACIONAL DE INDUSTRIALES DE COLOMBIA, ANDI. La industria del Acero en Colombia. Segunda Edición, Octubre 2007. (s.f.).

BEER, Ferdinand Pierre. Mecánica Vectorial para Ingenieros. 8va ed. México: Mc Graw-Hil Interamericana, 2007. (s.f.).

GERDAU DIACO. Laminación introducción y conceptos operador. Cartilla de capacitación laminación. Mayo 2013 . (s.f.).

GERDAU DIACO. Misión visión y valores. [en línea]. https://www.gerdau.com.co/SOBREGERDAU/Misionvisionvalores.aspx. (s.f.).

HIBBELER, Russell Charles. Estática: Mecánica Vectorial para ingenieros 10ª ed. (s.f.).

MUÑOZ, Harold Alberto, Ing. MANUAL DEL ACERO GERDAU DIACO PARA CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES. Tercera Ed. Octubre de 2012. (s.f.).

NOMA NTC 5693-3 - ERGONOMÍA. MANIPULACIÓN MANUAL. PARTE 3: Manipulación de cargas livianas a alta frecuencia. (s.f.).

Norton, Robert L. Diseño de Maquinas. México: Prentice Hall, 2000. (s.f.).

PORTAFOLIO PRODUCTOS GERDAU. [en línea]. https://www.gerdau.com.co/PRODUCTOSYSERVICIOS/Productos.aspx. (s.f.).

RADDAR. Altura promedio del hombre colombiano. [en línea]. https://www.portafolio.co/tendencias/conozca-estatura-promedio-hombre-colombiano-65894. (s.f.).

RICHARD G. BUDYNAS Y J. KEITH NISBETT, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. 8ª ed. (s.f.).

ROBERT W. FITZGERALD. Mecánica de materiales, 2ª Ed. p. 131. (s.f.).

SALICO. Apiladores magnéticos y de vacío. [en línea]. Disponible en internet: https://www.salico.net/es/innovacion/Apiladores-magneticos-y-de-vacio.php. (s.f.).

SINGER, Ferdinand L. Resistencia de Materiales, 3ª ed. México: Harla, 1983. (s.f.).

WASMIN YOUNIS. Inventor y su simulacion con ejercicios prácticos. 1a ed. Mexico 2013. (s.f.).

ANEXOS

ANEXO 1

TABLA DE PERFILES HEA

HEA (I) IPBL	Dimensiones (mm)					Área cm^2	Peso Kg/m
	h	*b*	*s*	*t*	*r1*		
100	96	100	5.0	8.0	12	21.2	16.7
120	114	120	5.0	8.0	12	25.3	19.9
140	133	140	5.5	8.5	12	31.4	27.7
160	152	160	6.0	9.0	15	38.8	30.4
180	171	180	6.0	9.5	15	45.3	35.5
200	190	200	6.5	10.0	18	53.8	42.3
220	210	220	7.0	11.0	18	64.3	50.5
240	230	240	7.5	12.0	21	76.8	60.3
260	250	260	7.5	12.5	24	86.8	68.2
280	270	280	8.0	13.0	24	97.3	76.4
300	290	300	8.5	14.0	27	113.0	88.3
320	310	300	9.0	15.5	27	124.0	97.6
340	330	300	9.5	16.5	27	133.0	105.0
360	350	300	10.0	17.5	27	143.0	112.0
400	390	300	11.0	19.0	27	159.0	125.0
450	440	300	11.5	21.0	27	178.0	140.0
500	490	300	12.0	23.0	27	198.0	155.0
550	540	300	12.5	24.0	27	212.0	166.0
600	590	300	13.0	25.0	27	226.0	178.0
650	640	300	13.5	26.0	27	242.0	190.0
700	690	300	14.5	27.0	27	260.0	204.0
800	790	300	15.0	28.0	30	286.0	224.0
900	890	300	16.0	30.0	30	321.0	252.0
1000	990	300	16.5	31.0	30	347.0	272.0

Momento respecto a los ejes					
EJE-X-X			EJE-Y-Y		
Ix cm^4	*Sx cm^3*	*Rx cm*	*Iy cm^4*	*Sy cm^3*	*Ry cm*
349	72.7	4.05	134	26.7	2.51
606	106.0	4.89	231	38.4	3.02
1030	155.0	5.73	389	55.6	3.52
1670	220.0	6.57	615	76.9	3.98
2510	294.0	7.45	924	103.0	4.52
3690	389.0	8.28	1330	133.0	4.98
5410	515.0	9.17	1950	178.0	5.51
7760	675.0	10.10	2770	231.0	6.00
0500	836.0	11.00	3660	282.0	6.50
13700	1010.0	11.90	4760	340.0	7.00
18300	1260.0	12.70	6310	420.0	7.49
22900	1480.0	13.60	6980	465.0	7.49
27700	1680.0	14.40	7430	495.0	7.46
33100	1890.0	15.20	7880	525.0	7.43
45100	2310.0	16.80	8560	571.0	7.34
63700	2900.0	18.90	9460	631.0	7.29
87000	3550.0	21.00	10400	691.0	7.24
112000	4150.0	23.00	10800	721.0	7.15
141000	4790.0	25.00	11300	751.0	7.05
175000	5470.0	26.90	11700	781.0	6.96
215000	6240.0	28.70	12200	812.0	6.84
303000	7680.0	32.60	12600	842.0	6.65
422000	9480.0	36.30	13500	903.0	6.50
554000	11200.0	40.00	14000	933.0	6.35

ANEXO 2

PLACA ACERO ASTM A36

PLANCHAS DE ACERO CARBONO

ASTM A36

Estado de Suministro: Laminado
Tolerancia: ASTM A6

Características

Acero estructural de buena soldabilidad, adecuado para la fabricación de vigas soldadas para edificios, estructuras remachadas, y atornilladas, bases de columnas, piezas para puentes y depósitos de combustibles.

Aplicaciones

Construcción de puentes, estanques, estructuras para industrias, edificios, torres y aplicaciones estructurales en general.

Propiedades Mecánicas

Esfuerzo Fluencia		Esfuerzo Tracción		Elongación
(Kg / mm2)	MPa	(Kg / mm2)	MPa	%
25,5 (min.)	250 (min.)	40,8 (min.)	400 (min.)	20 (min.)

Composición Química (Valores típicos)

% C	% Mn	% Si	% P	% S
≤ 0,26	0,80 - 1,20	≤ 0,40	≤ 0,04	≤ 0,05

Mínimo Radio Interior de Plegado en Frío (**)

Espesor E (mm.)		
Hasta 20 mm. (incl.)	Sobre 20 mm. hasta 25 mm. (incl.)	Sobre 25 mm. hasta 50 mm. (incl.)
1,5 X E	1,5 X E	1,5 X E

ANEXO 3

TABLA DE PLACAS

TABLA DE PESOS PLACA (KG.)

Pulgadas	3/16"	1/4"	5/16"	3/8"	7/16"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1 1/8"	1 1/4"	1 1/2"	1 3/4"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"	4 1/2"	5"
Milésimas	0.188	0.250	0.313	0.375	0.438	0.500	0.625	0.750	0.875	1.000	1.125	0.250	1.500	1.750	2.000	2.500	3.000	3.500	4.000	4.500	5.000
Milímetros	4.8	6.4	7.9	9.5	11.1	12.7	15.9	19.1	22.2	25.4	28.6	31.7	38.1	44.5	50.8	63.5	76.2	88.9	101.6	114.3	127
Medidas																					
36" X 72"	63	83	104	125	146	167	208	250	292	333	375	417	500	584	667	834	-	-	-	-	-
36" X 96"	83	111	139	167	195	222	278	333	389	445	500	556	667	778	889	1111	-	-	-	-	-
36" X 120"	104	139	174	208	243	278	347	417	486	556	625	695	834	973	1111	1389	-	-	-	-	-
48" X 96	111	148	185	222	259	296	370	445	519	593	667	741	889	1037	1186	1482	-	-	-	-	-
48" X 120"	139	185	232	278	324	370	463	556	648	741	834	926	1111	1297	1482	1852	-	-	-	-	-
60" X 120"	174	232	289	347	405	463	579	695	810	926	1042	1158	1389	1621	1852	2315	-	-	-	-	-
60" X 180"	260	347	434	521	608	695	868	1042	1216	1389	1563	1737	2084	2431	2779	3473	4168	4863	5557	6252	6946
60" X 240"	347	463	579	695	810	926	1158	1389	1621	1852	2084	2315	2779	3242	3705	4631	5557	-	-	-	-
72" X 120"	208	278	347	417	486	556	695	834	973	1111	1250	1389	1667	1945	2223	2779	3334	-	-	-	-
72" X 240	417	556	695	834	973	1111	1389	1667	1945	2223	2501	2779	3334	3890	4446	5557	6669	-	-	-	-
96" X 240	556	741	926	1111	1297	1482	1852	2223	2593	2964	3334	3705	4446	5187	5928	7410	8891	-	-	-	-
96" X 480"	1111	1482	1852	2223	2593	2964	3705	4446	5187	5928	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
120" X 120"	347	463	579	695	810	926	1158	1389	1621	1852	2084	2315	2779	3242	3705	4631	5557	-	-	-	-
120" X 480"	1389	1852	2315	2779	3242	3705	4631	5557	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kg/m²	37.39	49.85	62.31	74.77	87.23	99.69	124.62	149.54	174.47	199.39	224.31	249.24	299.08	348.93	398.78	498.47	598.17	697.86	797.56	897.25	996.95
Kg/in²	0.024	0.032	0.040	0.048	0.056	0.064	0.080	0.096	0.113	0.129	0.145	0.161	0.193	0.225	0.257	0.322	0.386	0.450	0.515	0.579	0.643

OBSERVACIÓN:
El peso está calculado con mediciones nominales normales y considerando que un metro cúbico de acero rolado tiene un peso de 7.850 kg.

ANEXO 4

CELDA DE CARGA

LEXUS
ELECTRONIC WEIGHING

SP - W12

Celda monobloque

- Capacidades de 300 a 1000kg
- Sensibilidad de 2mV/V
- Construida en aluminio
- Protección IP66
- Tamaño de plataforma de 80x80cm

Versión 1 2014-05

*** Dimensiones y especificaciones sujetas a cambios sin previo aviso ***

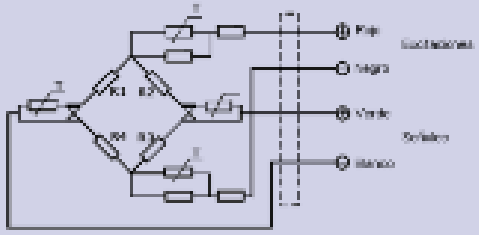
LEXUS
ELECTRONIC WEIGHING

SP - W12

Especificaciones técnicas

Parámetro	Especificación	Unidad
Capacidades (Emax) :	300, 500, 635, 1000	kg
Sensibilidad (Cn) :	2.0 ± 10%	mV/V
Balance de cero	± 0.06	mV/V
Max. Tamaño de plataforma	80 x 80	cm
Linealidad:	< ± 0.017	% de la capacidad max.
Repetibilidad	< ± 0.017	% de la capacidad max.
Histéresis	< ± 0.017	% de la capacidad max.
Creep en 30 min	< ± 0.023	% de la capacidad max.
Resistencia de entrada (Ric) :	415 ± 15	Ohms
Resistencia de salida (Ro) :	350 ± 3	Ohms
Resistencia de aislamiento :	> 1 [50 VDC]	Giga-Ohms
Límite de sobrecarga :	150	% de la capacidad max.
Ruptura de celda :	300	% de la capacidad max.
Rango de temperatura en operación :	-10 a +40 / 14 a +104	ºC / ºF
Excitación Recomendada :	10	V (AC o DC)
Máxima excitación permitida :	15	V (AC o DC)
Peso aproximado :	2,7	kg
Material :	Aluminio	
Tipo de sello:	Ambientalmente sellada	
Clase de protección :	IP66	
Cable:	Φ5.1 mm x 2m	
Celdas compatibles:	PW12B, PW12 de HBM	

Conexiones

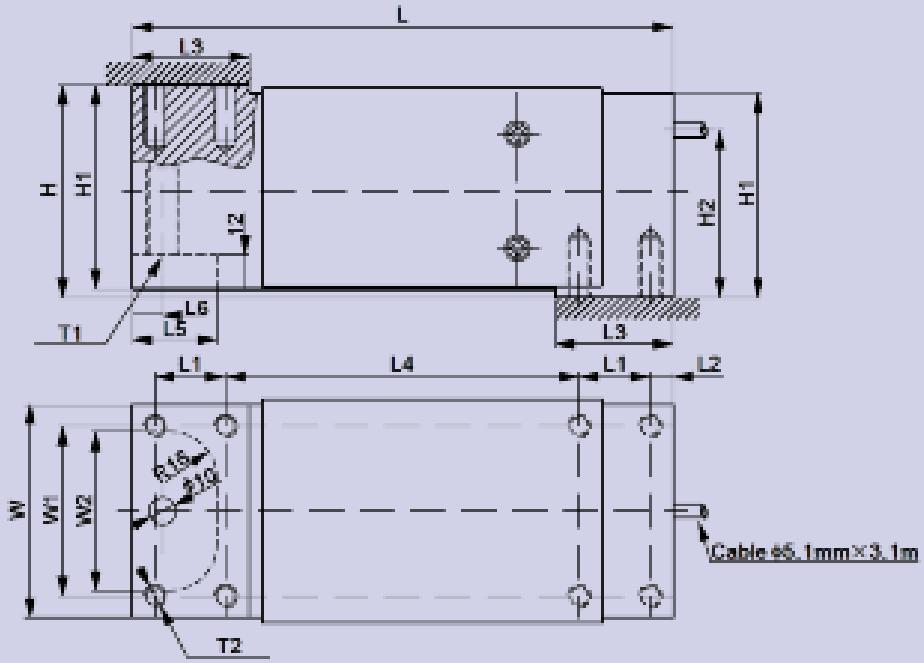


*** Dimensiones y especificaciones sujetas a cambios sin previo aviso ***

LEXUS
ELECTRONIC WEIGHING

SP - W12

Dimensiones



Capacidad Max kg / mm	H	H1	H2	L	L1	L2	L3	L4	L5	L6	W	W1	W2	T1	T2
300 ... 1000	75	72	59	191	25	8	41.5	125	30	10.8	75	60	56	1/2 Depth 30	8-5/16—18 UNC Depth 0.8

*** Dimensiones y especificaciones sujetas a cambios sin previo aviso ***

ANEXO 5

INDICADOR DE PESO FOX BIG

LEXUS
ELECTRONIC WEIGHING

INDICADOR DE SOLO PESO INOX FOX BIG

DESCRIPCION

Indicador multifuncional de solo peso, **en carcasa en acero inoxidable**, con puerto serial RS232 con funciones de pesaje de animales, con Peak Hold, Acumulacion de pesadas, conteo por muestra, **con display tipo LED rojo de 4cm de altura** para mayor visibilidad, de facil instalacion y configuracion por teclado, con soporte a pared.

(Ver. 1 2011/10)

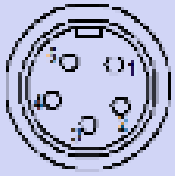
DIMENSIONES Y ESPECIFICACIONES SUJETAS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO

LEXUS
ELECTRONIC WEIGHING

CARACTERISTICAS GENERALES

CARACTERISTICAS	FOX BIG
Maximo numero de divisiones	10000
Rango de señal de entrada	0 - 3mV
Velocidad de conversion	40 conversiones / s
Numero maximo de celdas de carga	4 de 350 Ohm / 8 de 700 Ohm
Unidades	Kg / lb
Display	6 digitos, 4cm de altura (H), tipo LED rojo
Teclado	7 teclas tipo pulsador
Tara	Sustractiva, 100% (Max)
Temperatura de operación	0 – 40 °C
Maxima humedad	90%, humedad relativa (RH)
Alimentacion indicador	110VAC / 60Hz por cable
Alimentacion celdas de carga	5VDC
Calibracion (Ajuste)	Cero y Span hasta el 100% por teclado
Memorias	NO
Carcasa	Acero inoxidable
Bateria	6VDC / 2.8 Ah, recargable, 30 horas de autonomia
Adaptador	NO
Interfaces	RS232 (Modo continuo, modo impresion)
Funciones	Pesaje de animales, Peak Hold, Acumulacion manual y automatica, autoapagado, conteo por muestreo.
Peso indicador	1780 g
Dimensiones caja	Ancho (23cm), Largo (27,5cm), Alto (18,3cm)

CONEXION CELDA



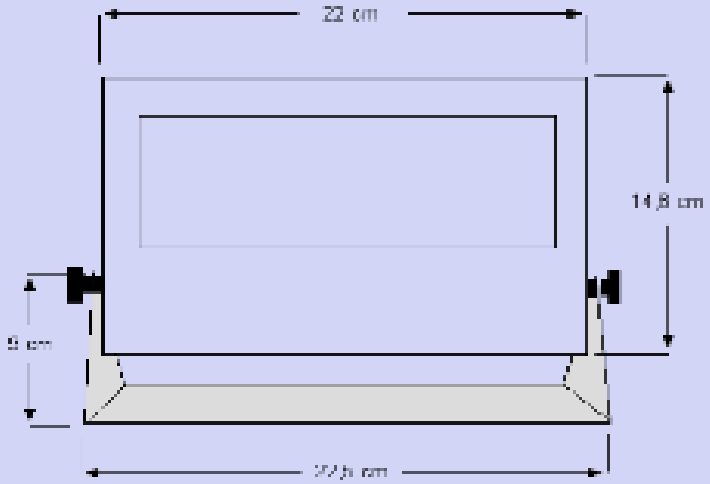
Conector redondo de 5 pines

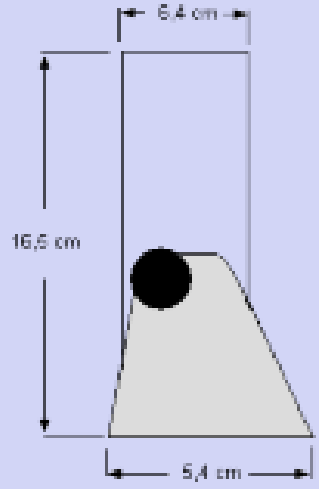
PIN	FUNCION	PIN	FUNCION
1	Excitación +	4	GND
2	Señal +	5	Excitación -
3	Señal -		

DIMENSIONES Y ESPECIFICACIONES SUJETAS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO

LEXUS
ELECTRONIC WEIGHING

DIMENSIONES INDICADOR





DIMENSIONES Y ESPECIFICACIONES SUJETAS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO

ANEXO 6

PLANOS DE DETALLE FABRICACION Y MONTAJE