

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ELEVADORES DE CANGILONES EN LA EMPRESA EQUIM EQUIPOS Y MONTAJES S.A.S.



Rodrigo Ganem Cordero

Universidad de Pamplona

Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Pamplona, Norte de Santander , Colombia

10 de julio de 2021

Optimización del proceso de producción de elevadores de cangilones en la empresa EQUIM equipos y montajes S.A.S.



Rodrigo Ganem Cordero

Tesis o trabajo de grado presentado como
requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Mecánico

Director: Gonzalo Moreno Contreras

Título PhD Ing. Mecánica

Codirector: Juan Carlos Serrano Rico

Título PhD Ing. Mecánica

Línea de Investigación:

Optimización de procesos

Universidad de Pamplona

Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Pamplona, Norte de Santander, Colombia

10 de julio de 2021

Dedicatoria

Dedico este proyecto primeramente a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto de mi carrera logrando cada uno de los objetivos que me planteé desde el primer momento. A mis padres, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, por su apoyo indispensable tanto moral como económico, muchos de los logros en mi vida se los debo a ustedes.

Agradecimientos

A Dios por acompañarme todos los días y guiarme durante todos momentos de mi vida.

A la Universidad de Pamplona, por abrirme sus puertas para poder estudiar mi carrera profesional y así también a los docentes que me brindaron sus conocimientos y apoyo para lograr esta meta.

Al Ing. Gonzalo Moreno Contreras, director de tesis por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma.

A mis padres Rodrigo y Arelis por apoyarme en todo lo que me he propuesto y que con sus consejos han sabido guiarme para culminar mi carrera profesional y por ser ese pilar que me impulsa a ser mejor cada día.

A mis hermanos, Manuela y Jorge por estar incondicionalmente y ayudarme a afrontar los retos que se me han presentado.

A mi novia Glenda que durante años de carrera y desde antes ha sabido apoyarme para continuar y nunca renunciar, gracias por su amor incondicional.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente a la realización de este proyecto.

Resumen

La presente tesis de grado denominada: “Optimización de proceso de producción de elevadores de cangilones en la empresa EQUIM equipos y montajes S.A.S”, se llevó a cabo con el fin de obtener el título de Ingeniero Mecánico, que otorga la Universidad de Pamplona. En la presente tesis, se hizo un análisis del proceso llevado a cabo para producir los elevadores de cangilones por parte de la empresa, en donde se quería identificar todos los pasos que se realizaban en el proceso productivo con el fin de identificar y proponer posibles alternativas de mejora, que le permitieran a la empresa implementar cambios que se vieran reflejados en mejoras significativas a su sistema de producción y por consiguiente a su producto final. Los resultados obtenidos gracias a esta investigación y análisis se encuentran consignados en el presente trabajo.

Palabras clave: Optimización de procesos; elevadores de cangilones; diseño; procesos productivos.

Abstract

The present thesis of denominated degree: “Optimization of process of production of elevators of buckets in company EQUIM equipment and assemblies S.A.S”, was carried out with the purpose of obtaining the title of Mechanical Engineer, who grants the University of Pamplona. In the present thesis an analysis was made of the carried out process to produce the elevators of buckets on the part of the company, in where it was wanted to identify all the steps that were made in the productive process with the purpose of identifying and proposing possible alternatives of improvement, that they allowed the company to implement changes that were reflected in significant improvements their production system and therefore to his end item. the obtained results thanks to this investigation and analysis are briefed in the present work.

Keywords: Optimization of processes; elevators of buckets; design; production processes.

Lista de Figuras

- 2-1. Elevador de cangilones: Fuente: EQUIM S.A.S. 5
- 2-2. Sistema de accionamiento de un elevador de cangilones[3]. 6
- 2-3. Polea de accionamiento: Fuente: EQUIM S.A.S. 7
- 2-4. Cadena (órgano de tracción de un Elevador por cangilones).[3]. 8
- 2-5. Elevador de cangilones con banda como órgano de tracción.[3]. 9
- 2-6. Elevador de cangilones con cadenas como órgano de tracción.[3]. 9
- 2-7. Cangilones.[1]. 10
- 2-8. Dimensiones de los cangilones.[3]. 11
- 2-9. Tambor de reenvío: Fuente: EQUIM S.A.S. 12
- 2-10.Cabeza del elevador: Fuente: EQUIM S.A.S. 13
- 2-11.Piernas del elevador: Fuente: EQUIM S.A.S. 14
- 2-12.Base del elevador: Fuente: EQUIM S.A.S. 15
- 2-13.Recepción de la carga desde una tolva.[7]. 16
- 2-14.Carga mediante dragado.[7]. 16
- 2-15.Descarga centrifuga.[7]. 18
- 2-16.Descarga continua o por gravedad.[7]. 19
- 2-17.Elevador de descarga positiva.[7]. 20
- 2-18.Diagrama de proceso de fabricación de elevadores: Fuente: Elaboración propia. 25

3-1. Ensamble de piernas de elevador de cangilones: Fuente: Montaje planta de fedearroz El espinal-Tolima	29
3-2. Diagrama de proceso de fabricación de elevadores de cangilones propuesto : Fuente: Elaboración propia	30
3-3. Pierna de ajuste fijada al mesón metálico: Fuente: Taller de fabricación EQUIM S.A.S, Bucaramanga- Santander	31
3-4. Diseño propuesto matriz de fabricación de piernas de elevador de cangilones: Fuente: Elaboración propia.	32
3-5. Estructura: Fuente: Elaboración propia.	33
3-6. Riel: Fuente: Elaboración propia.	34
3-7. Viga con tres apoyo: Fuente: Elaboración propia.	34
3-8. Diagrama DCL riel: Fuente: Elaboración propia.	36
3-9. Análisis de los momentos en cada apoyo: Fuente: Elaboración propia.	37
3-10. Sección viga AB: Fuente: Elaboración propia.	39
3-11. Sección viga CD: Fuente: Elaboración propia.	39
3-12. Diagrama de fuerza cortante: Fuente: Elaboración propia.	40
3-13. Diagrama de momento flector: Fuente: Elaboración propia.	41
3-14. Diagrama de deformación de la viga: Fuente: Elaboración propia.	41
3-15. Perfil de la viga (medidas mm): Fuente: Elaboración propia.	42
3-16. Diseño del trinquete: Fuente: Elaboración propia.	45
3-17. Medidas del trinquete: Fuente: Elaboración propia.	46
3-18. Uñeta: Fuente: Elaboración propia.	48
3-19. Soporte fijo: Fuente: Elaboración propia.	49
3-20. Soporte móvil: Fuente: Elaboración propia.	50
3-21. Plancha soporte principal: Fuente: Elaboración propia.	50

3-22. Eje principa del mecanismo: Fuente: Elaboración propia.	51
3-23. Eje secundario del mecanismo: Fuente: Elaboración propia.	51
3-24. Chumacera SKF FY 1-12”TDW: Fuente: Catalogo de rodamiento SKF.	52
3-25. Matriz de fabricación de pierna de elevadores de cangilón: Fuente: Elaboración propia.	53
3-26. Mecanismo matriz : Fuente: Elaboración propia.	54
A-1. Lista de chequeo : Fuente: Elaboración propia.	58
A-2. Tablavigasconapoyos simples : Fuente: Elaboración propia.	59
A-3. Graficas vigas con apoyo simples[4].	60
A-4. Gráficas vigas con apoyo simples[4].	61
A-5. Graficas vigas con apoyo simples[4].	62
A-6. Cálculos perfil de la viga : Fuente: Elaboración propia.	63
A-7. Planos: Fuente: Elaboración propia.	64
A-8. Planos: Fuente: Elaboración propia.	65
A-9. Planos: Fuente: Elaboración propia.	66
A-10 Planos: Fuente: Elaboración propia.	67
A-11 Planos: Fuente: Elaboración propia.	68
A-12 Planos: Fuente: Elaboración propia.	69
A-13 Planos: Fuente: Elaboración propia.	70
A-14 Planos: Fuente: Elaboración propia.	71

Contenido

Agradecimientos	vii
Lista de figuras	xi
1. Introducción	1
1.1. Objetivos	3
1.2. Objetivo general	3
1.3. Objetivos específicos	3
2. Marco teórico	4
2.1. Elevadores con cangilones	4
2.2. Unidad de Accionamiento	5
2.2.1. Polea/catarinas de Accionamiento	6
2.2.2. Freno	7
2.2.3. Órgano de tracción	7
2.3. Dispositivo de Tensionamiento	10
2.4. Cangilones	10
2.5. Tambor de reenvío	11

2.6. Estructura	12
2.6.1. Cabeza del Elevador	12
2.6.2. Cuerpo del elevador o piernas	13
2.6.3. Base	14
2.7. Clasificación de los elevadores con cangilones	15
2.7.1. Según el tipo de carga	15
2.7.2. Según el tipo de descarga	17
2.7.3. Según su elemento sin fin	21
2.8. Diseñó mecánico	22
2.9. Proceso de diseño de ingeniería	22
2.10. Software Ftool.	24
2.11. Proceso de fabricación de elevadores en la empresa EQUIM S.A.S.	25
3. Resultados	28
3.1. Diseño de matriz de fabricación de piernas de elevadores de cangilones.	32
3.2. Diseño de la Estructura	33
3.2.1. Esfuerzos generados en la viga	41
3.3. Diseño del Trinquete	45
3.3.1. Diseño de la ñeta	48
3.4. Componentes de la matriz	49
3.4.1. Soporte fijo y móvil	49
3.4.2. Planchas	50
3.4.3. Ejes	51
3.4.4. Chumaceras	52
3.5. Diseño de la matriz propuesto	53

4. Conclusiones y recomendaciones	55
4.1. Conclusiones	55
4.2. Recomendaciones	56
A. Anexos:	57
A.1. Formato lista de chequeo.	57
A.2. Gráficas vigas simplemente apoyada	57
A.3. Tabla cálculos perfil de la viga	57
A.4. Planos matriz de fabricación de piernas de elevadores de cangilones	57
Bibliografía	72

*

1. Introducción

El grupo empresarial EQUIM equipos y montajes S.A.S. está ubicado en la ciudad de Bucaramanga Colombia, el cual cuenta con más de 50 años de experiencia, siendo una empresa que se especializa en el diseño, fabricación y montaje de equipos, los cuales son utilizados en proyectos agroindustriales en las diferentes etapas de los procesos industriales que sean requeridos por sus clientes, como pueden ser: transporte, limpieza, secado, almacenamiento de cualquier tipo de cereales o granos, entre otros. Dentro de los servicios que ofrece a sus clientes este grupo empresarial se encuentra, el transporte y manejo de materiales, centrándose en el diseño, la fabricación y el montaje de equipos que permitan la manipulación y el manejo de material a granel. Este transporte y manejo de material generalmente se realiza mediante bandas transportadoras o como es este el caso a través de elevadores de cangilones. Cabe resaltar que el transporte mediante elevadores de cangilones es uno de los más frecuentemente utilizados en este tipo de aplicación agroindustrial.

Los elevadores de cangilones aparte de ser equipos de menor complejidad a la hora de construirlos a diferencia de otros que podrían desempeñar la misma función, son además una alternativa muy económica para sistemas que requieran elevar el material a una distancia superior a los diez metros. Además son una excelente alternativa no solo para el transporte mecánico de material a granel, sino también para el transporte vertical de líquido o fango cuando las pendientes son muy elevadas.

Es por ello que en el presente trabajo se estudió el proceso de producción llevado a cabo por la empresa EQUIM equipos y montaje S.A.S. para la construcción y puesta en funcionamiento de los elevadores de cangilones que ofrece esta empresa en su portafolio de productos y servicios a sus clientes.

1.1. Objetivos

1.2. Objetivo general

Analizar y optimizar el proceso de producción de elevadores con cangilones en la empresa EQUIM equipos y montajes SAS.

1.3. Objetivos específicos

- Diagnosticar la línea de producción de elevadores con cangilones de la empresa EQUIM equipos y montajes.
- Identificar y priorizar los procesos o acciones que tenga un efecto negativo en la producción de elevadores con cangilones.
- Realizar un control y seguimiento a los procesos que se identifiquen como cuellos de botella en el proceso de producción de elevadores de cangilones.
- Desarrollar e implementar propuestas de mejora que permitan optimizar el proceso de producción de elevadores de cangilones.
- Incentivar la utilización de estrategias de mejoras tanto en los cuellos de botella del proceso productivo, como en otros procesos que permitan que la producción de elevadores de cangilones mejore aún más.

2. Marco teórico

2.1. Elevadores con cangilones

Los elevadores de cangilones son estructuras metálicas de gran altura que están construidas en forma de cajón, situándose dentro de estos varios cangilones, los cuales son una especie de recipientes en donde se aloja el material a transportar unidos entre sí por cadenas grandes o bandas dependiendo del tipo[7]. Todo el conjunto (del elevador de cangilones) se moverá alrededor de la tambora motriz y también de la polea inferior, colocadas en el extremo superior e inferior respectivamente, en el caso de emplearse cadenas como órgano de tracción, en lugar de tamboras se emplearán catarinas [3]. La función básica de estos es la de recibir el material a transportar, desde la parte inferior para “evarla” a una altura establecida, en donde posteriormente verterán el material y retornaran vacíos para así continuar con el flujo del proceso.

En ocasiones además de elevar la carga, también se podría utilizar para otros procesos, por ejemplo se pueden presentar casos en los cuales sea necesario la extracción del material sumergido en el fluido como una especie de “draga” en donde se remueve material del fondo. Solamente pueden transportar la carga desde un punto inferior hasta el final del elevador sin entradas o salidas de este entre puntos intermedios.

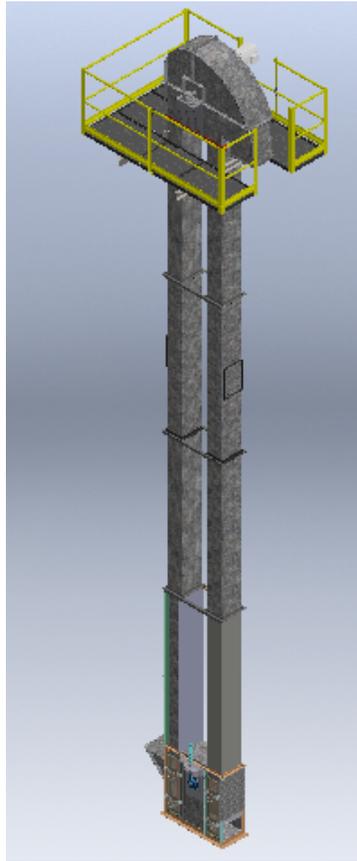


Figura 2-1.: Elevador de cangilones: Fuente: EQUIM S.A.S.

2.2. Unidad de Accionamiento

Esta es la que se encarga de generar el movimiento en la polea o catalina motriz en dependencia del sistema de transmisión que se utilice según sea el caso. Suele ocupar muy poco espacio, y casi siempre se encuentra situada en la parte superior del equipo. Con la intención de prevenir accidentes siempre se coloca un freno, este lo que hace es que evita la reversión del movimiento de las partes móviles y la caída de la carga nuevamente en el fondo del equipo. La unidad de accionamiento está constituida por un motor y un reductor que puede estar ligado directamente al eje del tambor de accionamiento o a través de transmisión por cadena o polea-banda.

Toda la unidad en conjunto se sustenta por una plataforma construida a tal fin[3].



Figura 2-2.: Sistema de accionamiento de un elevador de cangilones[3].

2.2.1. Polea/catarinas de Accionamiento

Este es el encargado de transmitir el movimiento hasta la banda o cadena, normalmente fabricado en fundición o chapa de acero. Pueden tener una pequeña biconicidad a los efectos de centrar la banda, de ser este el caso, y siempre y cuando el cangilón lo permita. Se recomienda altamente que el recubrimiento del mismo con caucho a los efectos de protegerlo del desgaste producido por la gran cantidad de polvo que genera el sistema. Este recubrimiento evita también el desgaste prematuro de la banda y hace uso eficiente de la potencia ahorrando energía. También aumenta el coeficiente de rozamiento haciendo más difícil un eventual deslizamiento. El diámetro del mismo se calcula en función de la descarga y la velocidad para lograr una operación eficiente[3].

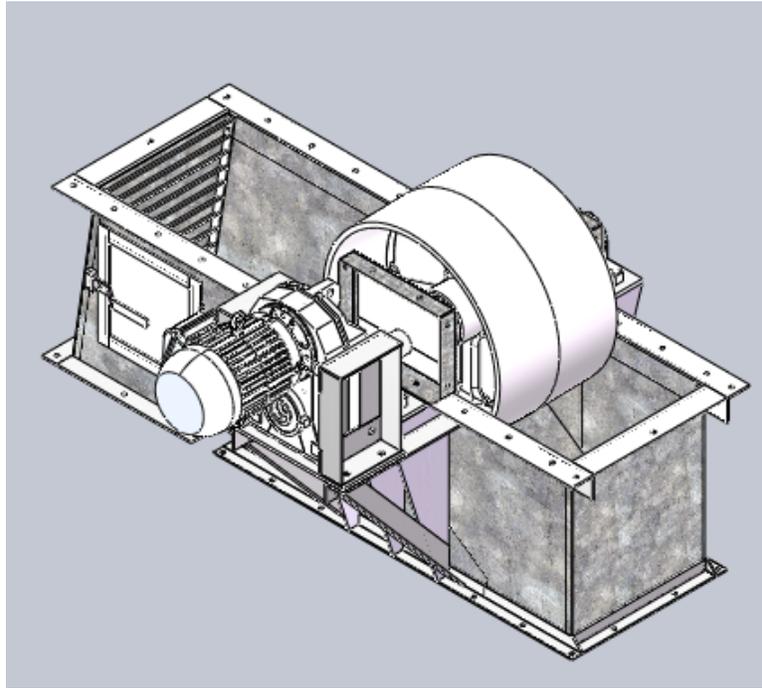


Figura 2-3.: Polea de accionamiento: Fuente: EQUIM S.A.S.

2.2.2. Freno

El freno Es un sistema que se encuentra ligado al eje del tambor de accionamiento. Este se encarga de Permitir el libre movimiento en el sentido de elevación. En caso de que por cualquier motivo el elevador se detiene con los cangilones cargados, este sistema imposibilita el retroceso de la correa, evitando así de esta forma que el material contenido en los mismos sea descargado en el fondo del elevador. Los dispositivos más frecuentemente usados son: el de malacate o el de cinta[3].

2.2.3. Órgano de tracción

El órgano de tracción puede ser banda o cadena en dependencias de la capacidad, altura del elevador y naturaleza del material transportado. Una banda es la que sostiene los cangilones con menor rigidez y soporta de esta forma menos esfuerzos que las cadenas. Sin embargo

esta banda mantiene un comportamiento adecuado aun en altas velocidades y se desgasta en menor medida que las cadenas cuando se manipula materiales abrasivos. Las bandas se utilizan para elevadores de alta velocidad y de baja y media capacidad (hasta 80 metros cúbicos/h). Las velocidades de la banda dependiendo cual sea su uso varia su velocidad en un rango de 0.8 a 2. 5 m/s. Las cadenas se emplean preferentemente en elevadores de alta capacidad (hasta 160 metros cúbicos/h), donde se manipulan materiales muy pesados y que se elevan a gran altura. También suelen emplearse para manipular materiales muy calientes u otros materiales que afecten la banda al entrar en contacto con ella. Las velocidades de las cadenas oscilan entre 0. 4 y 1. 25 m/s.



Figura 2-4.: Cadena (órgano de tracción de un Elevador por cangilones).[3].

Los Transportadores de cangilones reciben una clasificación principal que se define por el órgano de tracción que tengan, pueden ser de banda, donde los cangilones van atornillados a una banda flexible, estos son más livianos y si las temperaturas de operación y las cargas no son muy altas un sistema que utilice una banda como un órgano de tracción es la mejor elección, además de que ofrece mayores velocidades de transporte.

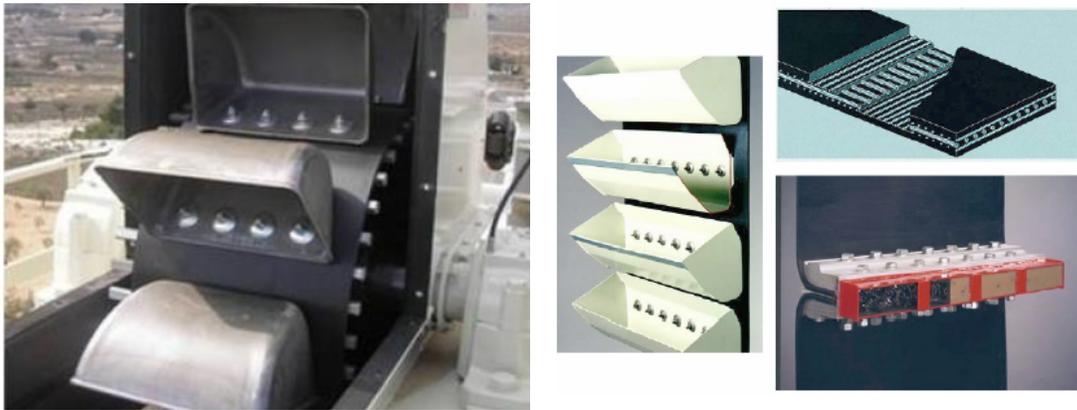


Figura 2-5.: Elevador de cangilones con banda como órgano de tracción.[3].

Los transportadores de cangilones que usan cadena como órgano de tracción son más robustos y pesados, por ende más lentos, sin embargo pueden transportar cargas muy elevadas, en ambientes agresivos y a altas temperaturas, muy utilizados en la industria cementera y como veremos más adelante este tipo de transportador es del que se trata la investigación.[3].



Figura 2-6.: Elevador de cangilones con cadenas como órgano de tracción.[3].

2.3. Dispositivo de Tensionamiento

Como su nombre lo indica este dispositivo es el que se encarga de permitir al elevador el tensado de la banda o cadena para lograr de esta manera un perfecto funcionamiento del sistema. Encontramos que Este dispositivo puede ser de dos tipos: a tornillo (el más usual) o automático (para elevadores de grandes capacidades)[3].

2.4. Cangilones

Estos Son los elementos que alojan a la carga en medio del proceso para transportar el material. Según su construcción los cangilones pueden ser metálicos de chapa soldada o estampados, de material plástico, de fibra, de acero inoxidable o de fundición. Existen infinidad de formatos, dimensiones y presentaciones en las cuales podemos encontrarlos, cada fabricante de elevadores normalmente cuenta con un diseño particular e incluso patentado. Existen también grandes fábricas de cangilones de diferentes materiales y con diseño estandarizado[3].

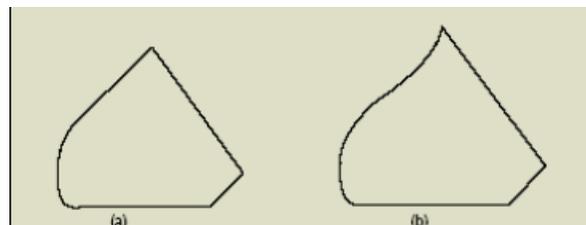


Figura 2-7.: Cangilones.[1].

Las medidas básicas con las cuales cuenta un cangilón, son tres: Largo, profundidad y proyección. En el proceso de selección de los mismos, se aconseja seguir las indicaciones del fabricante respecto a la velocidad de la correa y al diseño del capot o sombrero del elevador, fundamentalmente en los elevadores centrifugo donde el "momento" de descarga del cangilón es factor determinante de la eficiencia del sistema y está íntimamente ligado a la velocidad de la correa/cadena[3].

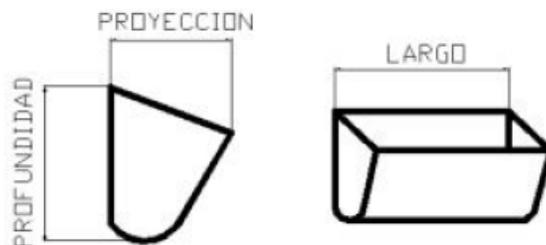


Figura 2-8.: Dimensiones de los cangilones.[3].

2.5. Tambor de reenvío

El tambor se encuentra localizado en la parte inferior del elevador. Ubicado Sobre el eje del mismo se encuentra montado normalmente el dispositivo de estiramiento. La construcción de este se recomienda que sea aleteada o tipo "jaula de ardilla" para evitar que el material derramado se introduzca entre el tambor y la correa provocando daños a la misma. Su diámetro es generalmente igual al tambor de accionamiento o menor que el mismo[3].

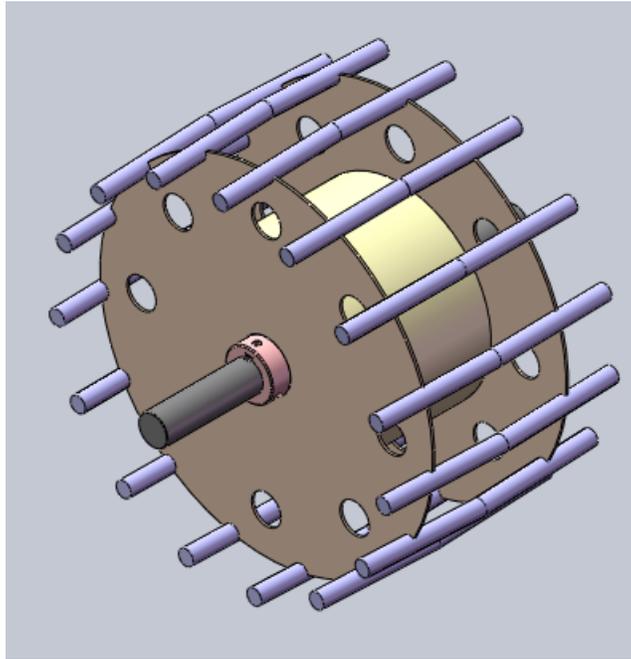


Figura 2-9.: Tambor de reenvío: Fuente: EQUIM S.A.S.

2.6. Estructura

La estructura es aquella que se encarga de cerrar y mantener todo el conjunto del elevador. Generalmente esta se encuentra formada por planchas de acero de 2 a 4 mm terminando su borde en angulares para poder unir sus diferentes partes entre sí. Las sesiones se hacen de 2 a 2.5 m. Esta a su vez se puede definir como 3 secciones principales.

2.6.1. Cabeza del Elevador

También localizada en la parte superior del elevador y es una estructura metálica que contiene al tambor de accionamiento, formando de esta parte de la misma la unidad de accionamiento, el freno y la boca de descarga. El capot de la cabeza o lo que también se conoce como sombrero debe contar con el perfil adecuado y correcto para que pueda adaptarse lo más posible a la trayectoria que posea el material elevado en el momento de producirse la descarga. Esta

trayectoria del material depende de varios factores como puede ser el tipo de cangilón, la velocidad de la banda y el diámetro del tambor de accionamiento[3].

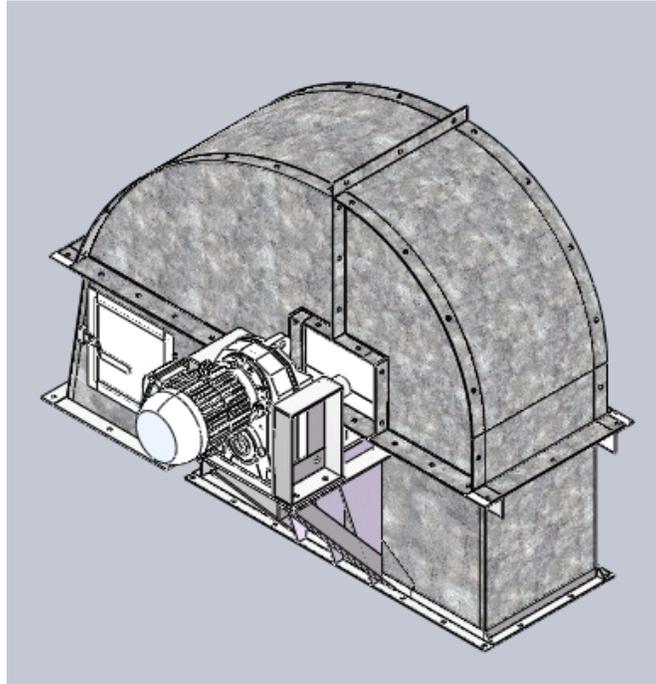


Figura 2-10.: Cabeza del elevador: Fuente: EQUIM S.A.S.

2.6.2. Cuerpo del elevador o piernas

El cuerpo es el encargado de unir a la cabeza con la base del elevador. Este Normalmente es fabricado en chapa plegada y luego de eso es soldada de construcción modular. Cada cuerpo se une al siguiente con bulones. Su largo depende basicamente de la altura del elevador. Así como también Sus dimensiones deben ser tales que permitan el paso de la correa y los cangilones con holgura. Estas piernas a las cuales también se les conoce como pantalón, son las que contienen a la banda o cadena y cangilones cargados en su movimiento ascendente y descendente. Sobre el mismo normalmente se encuentra ubicada la puerta de inspección[3].

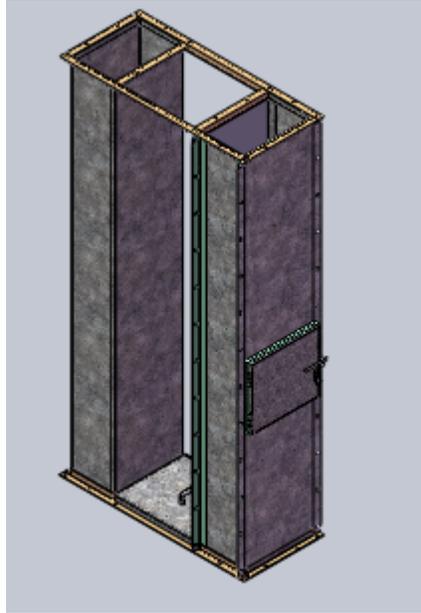


Figura 2-11.: Piernas del elevador: Fuente: EQUIM S.A.S.

2.6.3. Base

La base se encuentra ubicado en la parte inferior del elevador y en esta se encuentra contenida el tambor de reenvío. Estas Son partes integrantes del mismo la tolva de alimentación y el dispositivo de estiramiento. Esta parte de la estructura se encuentra regularmente provisionada de puertas de inspección y de limpieza[3].

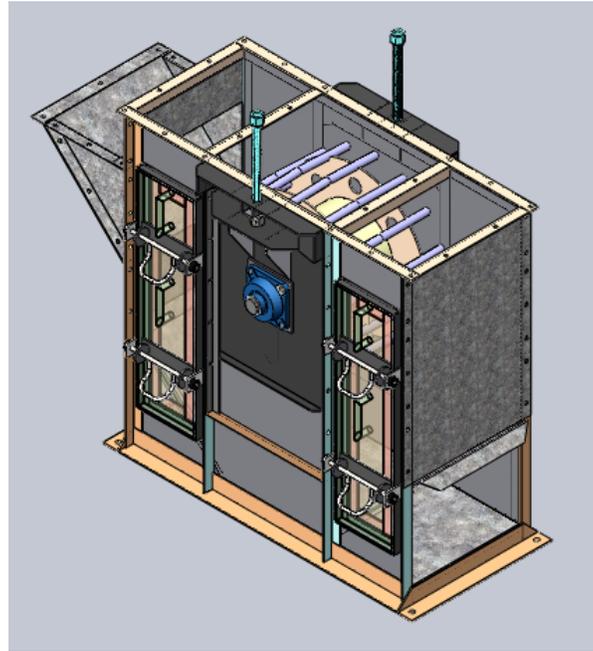


Figura 2-12.: Base del elevador: Fuente: EQUIM S.A.S.

2.7. Clasificación de los elevadores con cangilones

A los elevadores de cangilones según la literatura consultada, los podemos clasificar según el material que se va a transportar, por como van montados los cangilones sobre el elemento sin fin y por el tipo de elemento sin fin que ocupa[7]. Por ello los clasificamos de la siguiente forma.

2.7.1. Según el tipo de carga

Directamente desde la tolva

En este tipo Los cangilones reciben el material directamente desde una tolva, cayendo a estos claramente por gravedad. Son empleados con regularidad para el transporte de materiales constituidos por pedazos grandes y del tipo abrasivos. La velocidad de desplazamiento del órgano de tracción es baja[7].

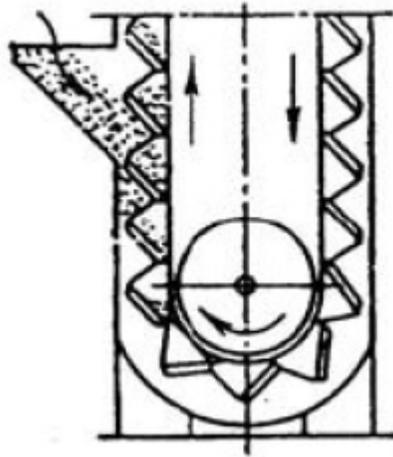


Figura 2-13.: Recepción de la carga desde una tolva.[7].

Por dragado

Los cangilones se cargan parcialmente actuando como brazo de arrastre desde el fondo, el resto del cangilón se llena en forma directa. Se emplean para el transporte de materiales que no ofrecen resistencia a la extracción, pulvulentos y de granulación fina[7].

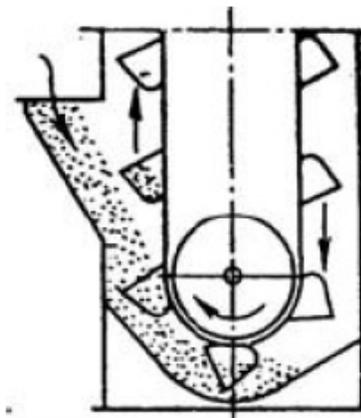


Figura 2-14.: Carga mediante dragado.[7].

2.7.2. Según el tipo de descarga

Centrifuga

Como su nombre lo indica la descarga del cangilón se efectúa por fuerza centrífuga al momento de girar la correa o cadena sobre el tambor de mando. Esto quiere decir que es solo el efecto de la inercia en un movimiento circular lo que produce la descarga, no es causada por la interacción de otro cuerpo físico. Los Elevadores de descarga centrífuga están diseñados especialmente para materiales de escurrimiento, ya sea de flujo libre, fino y terrones pequeños. Las velocidades pueden ser relativamente altas para materiales bastantes densos, pero se debe reducir para materiales esponjosos y polvorosos, con el fin de evitar que se origine un tiro hacia arriba que arrastre el material. Las altas velocidades garantizan la descarga del material por acción de la fuerza centrífuga. Su punto de alimentación es considerablemente más bajo que el de descarga por gravedad, disminuyendo el tamaño del conjunto de pie y por ende, el costo del equipo[7].

Cabe señalar que la descarga centrífuga se practica con elevadores de cinta y de cadena, entre las características de este tipo de elevadores tenemos las siguientes:

- Los cangilones van montados en una o varias filas según su diseño.
- La carga se efectúa normalmente por dragado del material depositado en la parte inferior del transportador.
- La distancia de separación entre cangilones es de dos a tres veces la altura del cangilón. Su separación es para evitar la interferencia de carga o descarga.
- Es el tipo de elevador mas usado en la industria.
- Grandes velocidades de desplazamiento (entre 1.2 a 1.4 m/seg.).

- Se los utiliza para capacidades pequeñas de hasta 50 ton/h por ser los menos costosos.
- Se usan para materiales livianos y secos.

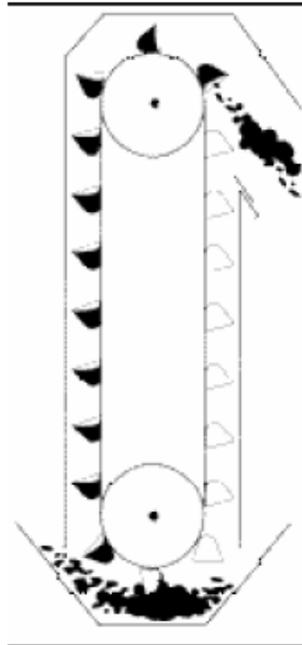


Figura 2-15.: Descarga centrifuga.[7].

Gravedad o continua

El elevador de cangilones del tipo de descarga por gravedad o continua suele utilizarse para materiales mas difíciles de manejar. Los cangilones están instalados en forma continua y con muy poco espaciamiento entre ellos, y la descarga se efectúa por gravedad, utilizando la parte inferior del cangilón precedente como tolva de descarga. La carga se realiza directamente desde tolva (no por dragado). Se dan casos en que este tipo de elevadores funcionan en un plano inclinado, para mejorar las condiciones de carga y descarga[7].

Las velocidades de operación son bajas y debido a las cargas pesadas, la cadena que soporta a los cangilones va habitualmente sobre vías en las corridas de elevación y regreso.

Entre sus características podemos señalar las siguientes:

- Bajas velocidades de desplazamiento (0.5 y 1.0 m/s).
- El conjunto motriz es más grande que el de descarga centrifuga, debido a que opera a una velocidad menor.
- Se aprovecha el propio peso del material para la descarga del mismo.
- Transportan materiales frágiles, muy húmedos o de alta granulometría.

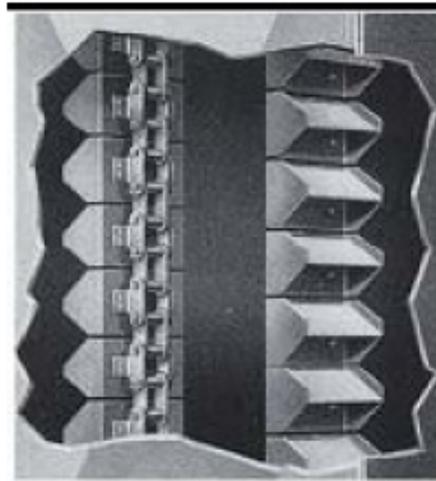


Figura 2-16.: Descarga continua o por gravedad.[7].

Positiva

Los elevadores de cangilones espaciados y de descarga positiva son esencialmente iguales a los anteriores, con la diferencia de que los cangilones están montados en los extremos con dos cordones o torones de cadena. Se los utiliza para materiales livianos y aireados. La velocidad de estas unidades es relativamente baja, la cantidad de cangilones es grande al

tener un espaciamiento estrecho para alcanzar los niveles de capacidad de los elevadores de tipo centrífugo[7].

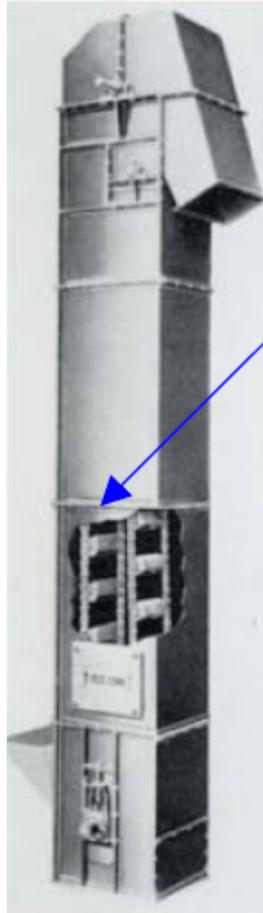


Figura 2-17.: Elevador de descarga positiva.[7].

2.7.3. Según su elemento sin fin

Elevadores de correa

Los Elevadores con elemento sin fin de correa, se ocupan preferentemente para transportar cereales. Se debe evitar el uso de correas cuando se desea transportar un material que posea puntas como algunas piedras y que no posea un grado de humedad muy elevado, ya que si el agua llega a mojar la cara de la correa que contacta con el tambor, disminuirá la fricción, produciéndose el consiguiente deslizamiento de la correa sobre el tambor. Uno de los factores importantes en este tipo de elevadores es el alineamiento de la correa, ya que una falta de alineación de esta provocaría problemas tales como rotura de correa, arrancamiento de cangilones y daños estructurales en el elevador[7].

Las causas de desalineación de correa más comunes en un sistema de elevación son:

- Uniones de correa fuera de escuadra.
- Fijación de cangilones fuera de escuadra.
- Carga del elevador descentralizada.

La doble conicidad de tambores de mando puede ser un auxiliar importante en la alineación de la correa, pero podrá ser utilizada solamente en aquellos casos donde el cangilón lo permita.

Elevadores de cadena

Los Elevadores con elemento sin fin de cadena son aconsejables de utilizar en condiciones extremas de trabajo, como es el caso de transporte de material a altas temperaturas o de gran tonelaje. Estos Elevadores pueden poseer una cadena central o dos cadenas laterales dependiendo de la solicitud[7].

2.8. Diseño mecánico

Diseñar es formular un plan para satisfacer una demanda humana; por lo que esta necesidad particular a satisfacer puede estar bien definida, por lo general, desde el principio. En todo diseño hay un propósito determinado: la obtención de un resultado final en función de una necesidad social, al que se llega mediante una acción determinada o por la creación de algo que tiene realidad física.

El diseño en la ingeniería mecánica incluye el Diseño Mecánico, con el Dibujo Técnico como lenguaje gráfico, pero en un estado de mayor amplitud, que abarca todas las disciplinas de la Ingeniería Mecánica, la Física, Matemática y las Ciencias Técnicas y de los Fluidos, entre otras. En el mismo se emplean técnicas alcanzadas con estudio, experiencia y práctica, en las que se aplican la utilización eficaz de los materiales y las fuerzas de la naturaleza, con una optimización de los recursos materiales y financieros para llevar a cabo, en función de resolver un problema social planteado. Por lo que el diseño en la ingeniería mecánica se apoya en el Diseño Mecánico[5].

El proceso de diseño inicia con conocer la necesidad, para luego plantear el problema concreto, también se realiza de manera iterativa el análisis y síntesis hasta concluir con el diseño final.

2.9. Proceso de diseño de ingeniería

El producto del proceso de diseño en ingeniería es una unión sinérgica de diferentes elementos, donde el desempeño de la integración de las partes supera el de cada una de las partes individuales. Los elementos fundamentales del proceso de diseño en ingeniería son:

El establecimiento de objetivos y especificaciones, síntesis, análisis, construcción, pruebas y evaluación. Además se deben tener en cuenta las diferentes restricciones reales como son

los factores económicos, seguridad, estéticos, éticos, impacto social con la identificación de necesidades y finaliza con la aceptación de las pruebas de calificación del prototipo[5].

Definición de necesidades

El proceso de diseño inicia con conocer las necesidades que deben ser satisfechas por una solución dada.

Conceptualización

Es importante reconocer que un problema dado debe ser correctamente formulado si se desea alcanzar una solución específica, por ende se plantean preguntas y se responden como por ejemplo: ¿El problema definido difiere del problema inicialmente concebido o presentado y en que forma? ¿Cuáles objetivos tienen mas relevancia? etc. Después que se ha identificado el problema se debe llevar a cabo una lluvia de ideas en la cual se obtienen varias soluciones al problema.

Análisis de Viabilidad

En función de la manera de cómo resolver el problema, el siguiente paso es determinar si ese proyecto resuelve al 100 porciento el problema planteado.

Toma de decisiones

Va seguido del análisis de viabilidad y se llega a una conclusión en función del análisis de viabilidad a todas las soluciones encontradas.

Diseño preliminar

En forma de croquis, se cuenta de manera de manera incluyente todas la solución planteada.

Diseño detallado

Se realiza de manera ingenieril la solución planteada para resolver el problema, es decir, se realizan los planos para fabricación y los análisis de esfuerzos.

Planificación de la producción y fabricación de utillajes

Se realizan los procesos necesarios para su fabricación, costos de producción para que no se pueda reducir el costo de producción.

Producción

Se diseñan los procesos de producción y se buscan las mejores opciones para este.

2.10. Software Ftool.

Ftool es un programa de análisis estructural en dos dimensiones (2D), sencillo de manejar con el cual se puede resolver un poco más rápidamente las reacciones, diagrama cortante, diagrama de momento y otros que se generen en una estructura o viga. El programa fue diseñado por profesores de la PUC (Pontificia Universidad Católica de Río de Janeiro), en el departamento de Ingeniería Civil Tecgraf Computer Graphics Technology Group[6]. Su autor en concreto fue el profesor Luiz Fernando Martha, quien diseñó el programa para usarlo principalmente en aulas, pero a medida del transcurso se transformó en una herramienta altamente utilizada por profesionales en proyectos de estructuras.

La edición básica de Ftool facilita al usuario realizar modelos más eficientes. Este examina el modelo y ofrece resultados distintos, como diagramas de fuerza interna y la deformación de estructuras, además arroja resultados para varios tipos de cargas. Además el programa ofrece una variedad de secciones transversales que van desde perfiles T, L e I, o en caso no

contar con la sección da la opción de definir las propiedades geometricas de esta, como area y momento de inercia.

2.11. Proceso de fabricación de elevadores en la empresa EQUIM S.A.S.

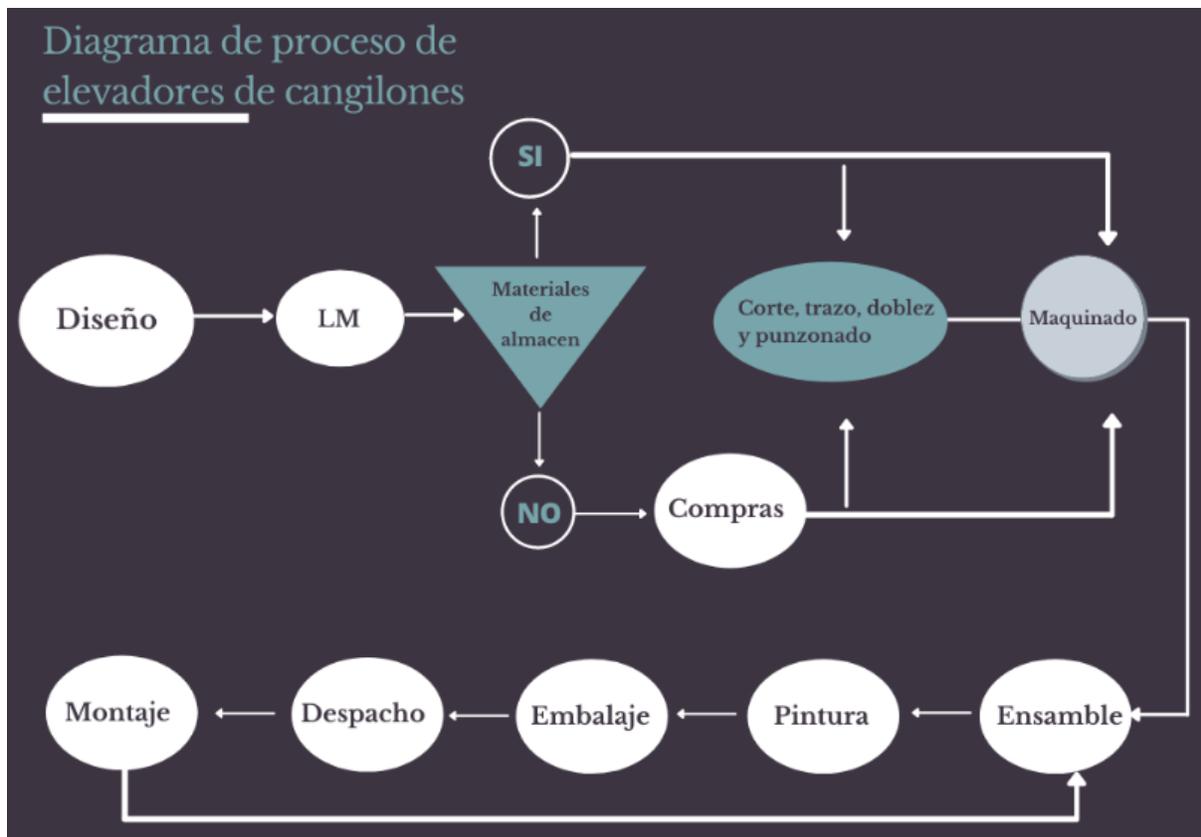


Figura 2-18.: Diagrama de proceso de fabricación de elevadores: Fuente: Elaboración propia.

La línea del proceso de fabricación de los elevadores de la empresa EQUIMS S.A.S, actualmente cuenta con 8 estaciones (Ver figura 2-18). Descritas a continuación.

- Diseño: Es la primera etapa del proceso y la mas importante, en esta definen todos los

parametros de los elevadores como la altura y capacidad. Esta etapa es realizada por ingenieros o dibujantes técnicos capacitados en el diseño de maquinas y estructuras.

- Lista de materiales: Esta tarea se realiza justo despues de haber concluido el diseño, se realiza una lista donde se especifican los materiales y la cantidad necesaria para la fabricación de los elevadores. Luego de llevar acabo la lista se procede a verificar si la bodega consta de estos materiales y de la cantidad especificada, en caso de no cumplirse alguna de las dos, se procede a enviar la lista al área de compras para realizar las respectivas cotizaciones y compras como tal.
- Corte, trazo, dobléz y punzonado: En esta etapa se realiza la mayoría de los procesos donde se intervienenl as laminas, platinas y ángulos necesarios para la fabricación de los elevadores.
- Maquinado: Esta etapa se realiza paralelamente con la de corte y trazo. Consiste en la fabricación de piezas o maquinado de piezas fundidas mayormente del sistema motriz de los elevadores (piñones, ejes, catarinas, bujes, poleas y bushing).
- Ensamble: En esta etapa se ensambla las piezas que se reciben de corte, trazo y maquinado. El ensamble se realiza mediante uniones con pernos o soldadura de unión, debe haber cierta estética y presición en la soldadura de unión para tener buenos acabados.
- Pintura: Esta etapa tiene como objetivo dar una buena presentación de los equipos. se aplican anticorrosivos como base, pinturas epóxicas, aerosoles y pinturas de uretano. Tambien se realizan acabados superficiales como medida correctiva de algún defecto que proceda de la etapa de ensamble, para esto se aplican ceras y hueso duro como material correctivo. Al finalizar la etapa las piezas se dejan secar a temperatura ambiente el tiempo necesario que dure el secamiento.

2.11 Proceso de fabricación de elevadores en la empresa EQUIM S.A.S. 27

- Embalaje: Al salir del área de pintura, se transportan hasta el área de embalaje y se preparan para su posterior despacho, la preparación va desde colocar estibas de madera para proteger la parte inferior de las piezas hasta envolverla con plástico y evitar rayones. Luego de realizar lo anterior la pieza pasa al área frontal de la bodega, hasta su despacho.
- Despacho: Los despachos se realizan dependiendo del flujo de piezas que se fabriquen en el taller, cuando se tenga una buena cantidad de partes que puedan completar el vehículo se realiza el despacho. La carga generalmente se sube a mano, salvo las piezas más pesadas en la que se utilizaría un montacarga.
- Montaje: Esta etapa es realizada por fuera del taller, en el lugar donde se ubicará el elevador. El tiempo de montaje dependerá de la altura del elevador pero en promedio se tarda al rededor de 3 a 4 días en realizarlo.

Al examinar el proceso de fabricación de los elevadores de cangilones, se observa que la línea de proceso no presenta una inspección del producto o pieza (procedimiento importante en toda línea de procesos). Una inspección en una línea de producción es obligatoria, ya que se certifica que la pieza cumpla las condiciones aptas según las normas o el diseño.

3. Resultados

La empresa EQUIM S.A.S presentó un problema relacionado a un mal ensamble de los cuerpos o piernas de los elevadores de cangilones, la cual fabricó para la planta de fedearroz en el Espinal-Tolima. Las piernas presentaban una pequeña torcedura longitudinal, es decir, a lo largo de la pierna. Se ubica el defecto gracias al montador a cargo, al armar 5 pares de pierna nota que el conjunto estaba torcido, se le informa al supervisor para tomar las acciones correctivas y la solución presentada fue desarmar las piernas y alinearlas. Las piernas se fijaron en una mesa metálica para evitar problemas de torcedura, al momento de aplicar los cordones de soldadura (Ver figura 3-1).

Este problema se pudo evitar si al momento de la fabricación de las piernas se hubiera encontrado presente un inspector, el cual verificara la calidad, los estándares de diseño, y en este caso presentado, el defecto de la pieza.



Figura 3-1.: Ensamble de piernas de elevador de cangilones: Fuente: Montaje planta de fedearroz El espinal-Tolima .

Se modifica el proceso de producción de los elevadores agregando un proceso más a la línea de fabricación, el cual consiste en una inspección realizada por una persona capacitada y con los instrumentos necesarios para efectuar una correcta revisión de las piezas fabricadas en el taller. Se realizara el proceso de inspección en dos puntos, después del proceso de ensamble y después del proceso de pintura, la persona hará la verificación de la pieza con ayuda de un checklist (Ver Anexos), donde decidirá si esta cumple con los estándares planteados en este. En caso de cumplir continúa la línea de recorrido como se indica la figura y en caso de no cumplir esta será devuelta a ensamble o ya sea ha pintura (Ver figura 3-2).

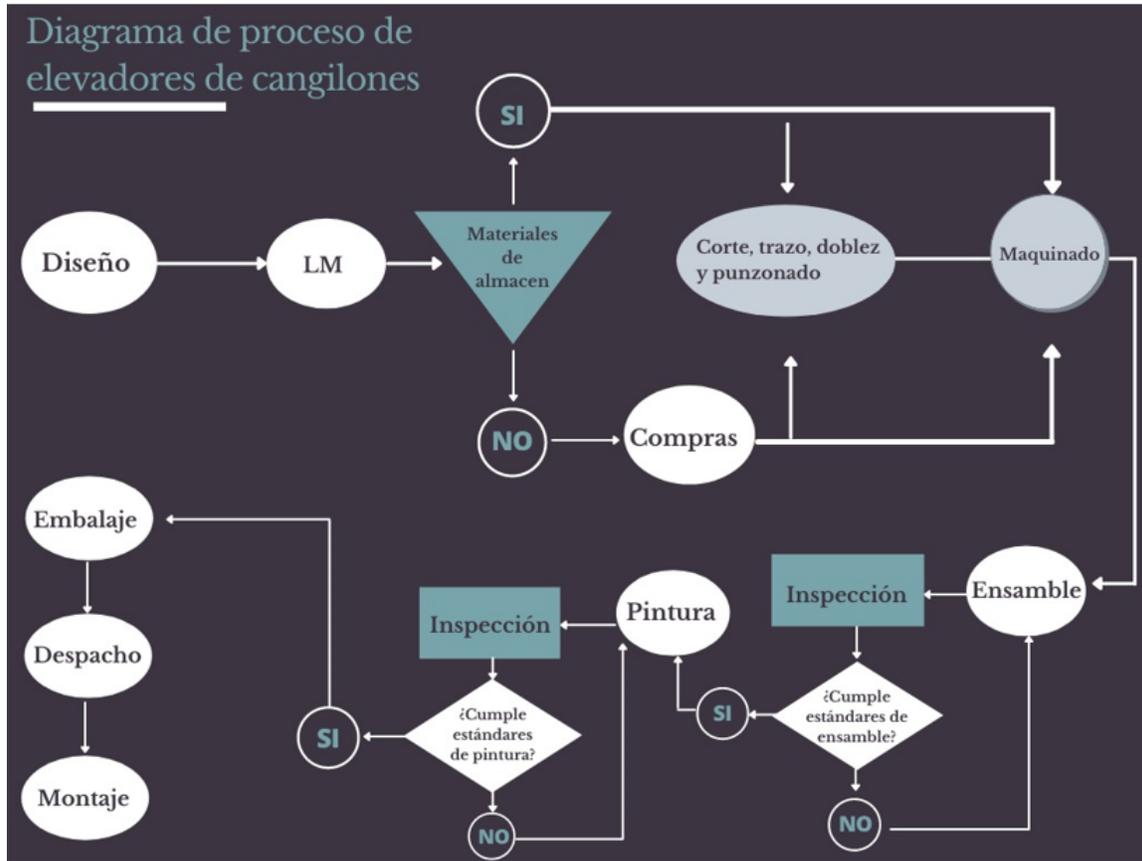


Figura 3-2.: Diagrama de proceso de fabricación de elevadores de cangilones propuesto :

Fuente: Elaboración propia .

Otro problema que se detalló en el proceso de fabricación de los elevadores, es su poca productividad en la fabricación de las pierna o cuerpo. En el taller se fabrican de 3 a 4 piernas máximo por persona, actividad demasiado lenta considerando que en algunos casos se fabrican elevadores de hasta 35 metros (llegan a tener 14 pares de pierna), además hay proyectos dónde se contemplan la fabricación de hasta 18 elevadores de altura variable. Es una actividad poco productiva considerando la carga de trabajo.

Al observar con detalle la fabricación de una pierna, se nota que al momento de aplicar los cordones de soldadura, se le es muy complicado a la persona, soldar el marco de la pierna a una mesa metálica y luego aplicar los cordones de soldadura. Para después tener que volar

la soldadura que la fija a la mesa y girar la pierna para volverla a fijar, y así aplicar los cordones en la otra unión de la chapa metálica. En caso de no fijar la pierna a la mesa de acero sucedera lo comentado anteriormente, al aplicar los cordones de soldadura en las uniones de chapa y la base del marco, el calor deformara el acero y se torcera (Ver figura 3-3).



Figura 3-3.: Pierna de ajuste fijada al mesón metálico: Fuente: Taller de fabricación EQUIM S.A.S, Bucaramanga- Santander .

Uno de los objetivos de este trabajo es precisamente plantear una solución a la problemática. En este caso se plantea diseñar una matriz para fabricar las piernas del elevadores y lograr un mayor desempeño en esta etapa del proceso.

3.1. Diseño de matriz de fabricación de piernas de elevadores de cangilones.

El objetivo del diseño es responder a la necesidad de la empresa, el cual se centra en aumentar la cantidad de piernas fabricadas por día.

Con la matriz se busca tener una fácil maniobrabilidad de la pierna durante su proceso de fabricación, siendo específico en la capacidad de poder girar la pierna con facilidad al momento de aplicar los cordones de soldadura, en las esquinas de unión de la chapa metálica.

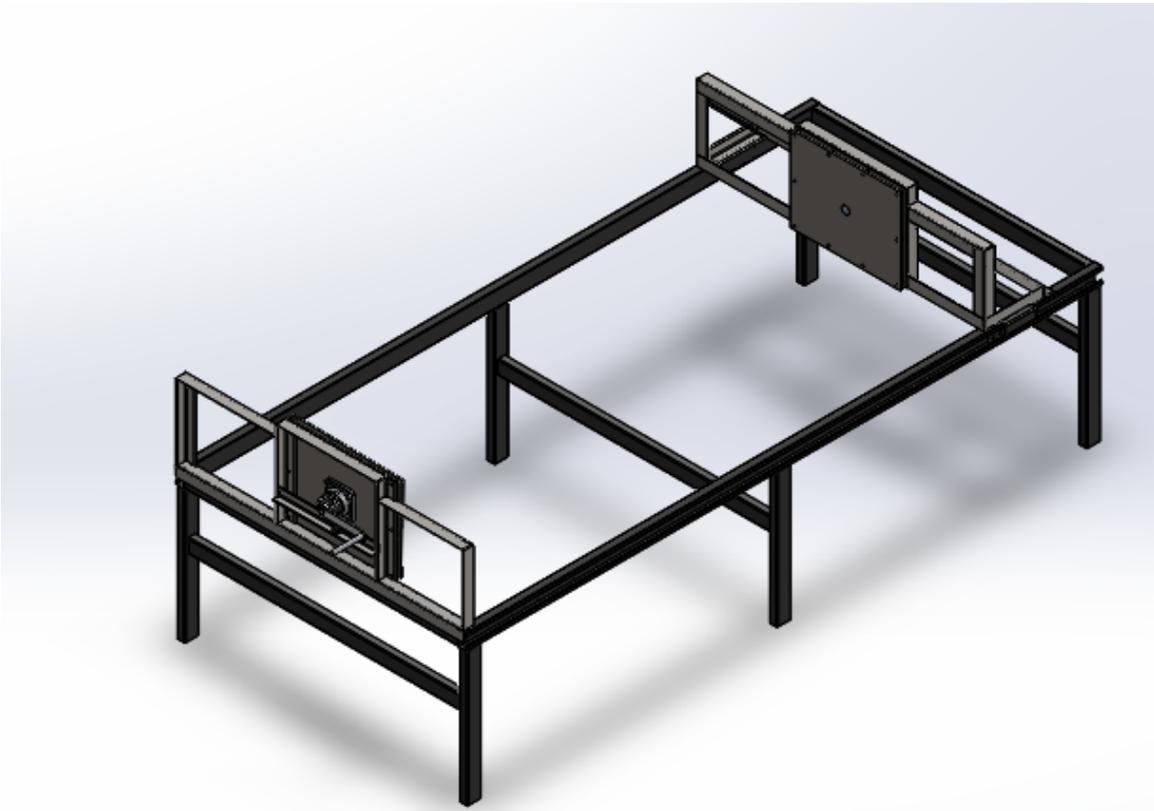


Figura 3-4.: Diseño propuesto matriz de fabricación de piernas de elevador de cangilones:

Fuente: Elaboración propia.

El diseño propuesto consiste en una estructura, donde se ubican los soportes de la pierna y el mecanismo de giro de la pierna (ver figura 3-4).

3.2. Diseño de la Estructura

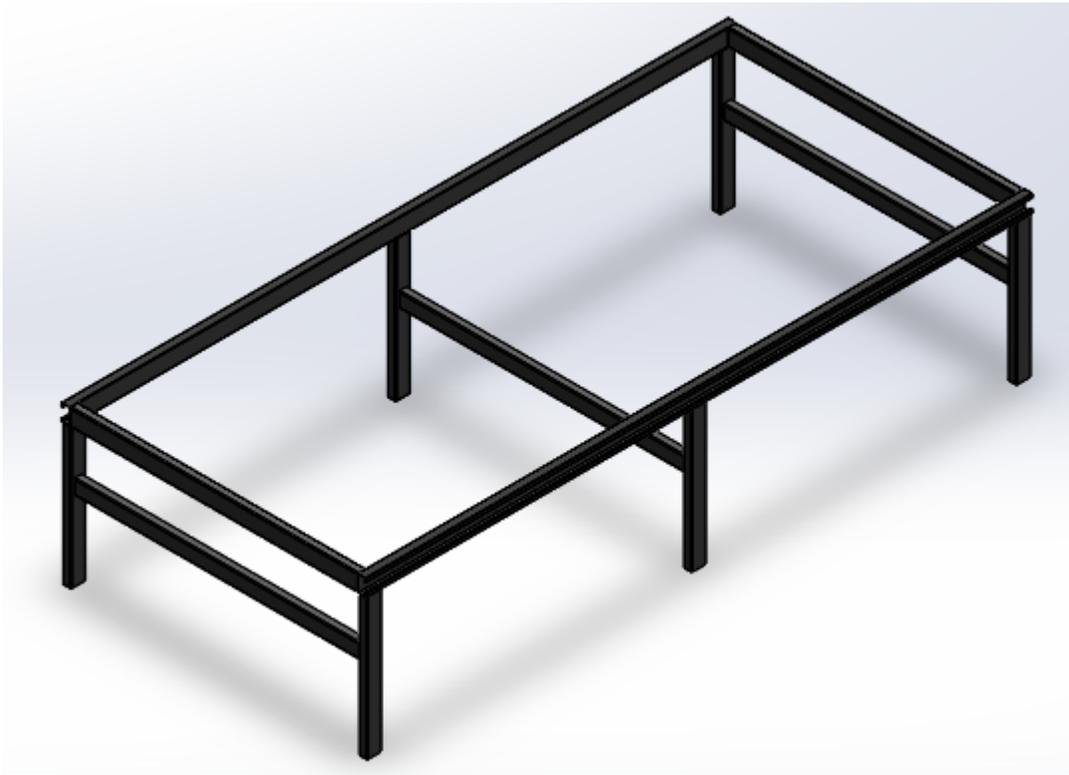


Figura 3-5.: Estructura: Fuente: Elaboración propia.

Se utiliza un perfil estructural comercial, que brinda las características adecuadas definidas por el diseño. Los perfiles a utilizar son: tubo rectangular de (80 x 40 mm) y tubo rectangular de (70 x 40 mm) en acero HR grado 50 (Ver figura 3-5). Los laterales que a la vez cumplirán la función de riel, será un perfil en chapa metálica fabricado en lamina HR calibre 12 (Ver figura 3-6).



Figura 3-6.: Riel: Fuente: Elaboración propia.

Al analizar la estructura se observa que el riel o lateral es la pieza que sostendrá de lleno el peso del soporte de la pierna y el mismo peso de la pierna, por ende es la parte mas crítica de la estructura. Se estudiará el comportamiento de la fuerza que ejerce el peso de las piezas sobre el lateral y los esfuerzos generados(Ver figura 3-7).

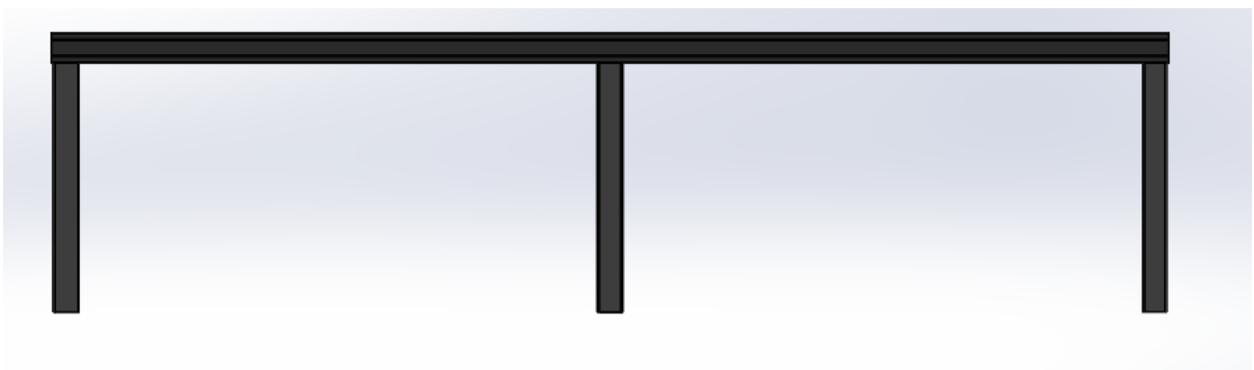


Figura 3-7.: Viga con tres apoyo: Fuente: Elaboración propia.

Se analiza el riel o lateral, como una viga de tres apoyos simples. La viga presenta característica hiperestática, es decir tiene mas condiciones de contorno. Por ello su cálculo no se realiza con las ecuaciones de equilibrio, ya que resultarían en dos ecuaciones con tres incógnitas y sería estáticamente indeterminada.

Se tiene una viga con tres apoyos simples, que soporta dos cargas una del apoyo fijo de la pierna y la otra del apoyo móvil. La ubicación de la carga del apoyo móvil dependerá de la longitud total de la pierna del elevador, generalmente las piernas del elevador son de una medida estandar (2.4 m). En este caso se desprecia la carga del soporte superior al no tener mayor incidencia en el riel, solo ejercería carga la base del soporte móvil. Como se había mencionado la longitud de la pierna determina la ubicación de la carga, se tomará la medida de una pierna estandar para ubicar la carga, ya que la mayoría se realizara de esta medida y por tanto esta zona soportara una carga de manera constante. Aunque en algunos casos la matriz se utilizará para fabricar piernas de ajuste (piernas que van desde los 0.6 a los 2 metros de longitud), pero esto no tendrá mayor incidencia en el diseño.

La carga ejercida por el soporte móvil se analiza como una carga distribuida de una longitud de 33.8 Cm y se ubicará a 2.64 m del primer apoyo (izquierda a derecha) hasta el centro de la carga (Ver figura 3-8).

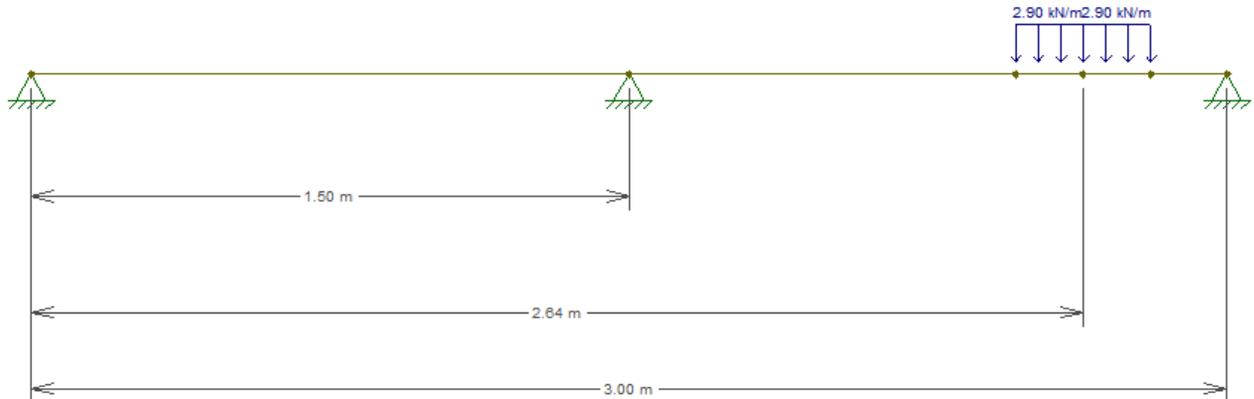


Figura 3-8.: Diagrama DCL riel: Fuente: Elaboración propia.

Existen muchos métodos analíticos para resolver este tipo de vigas en mención de algunos se encuentra, el método matricial de la rigidez, método de cross, método Castigliano, etc. En el caso planteado se utiliza el método de los tres momentos, es el más común para resolver vigas hiperestáticas. El método consiste en dividir la viga en (n) vigas isoestáticas equivalentes, de apoyos simples, cuyos extremos se ubican las fuerzas resultantes y los momentos resultantes de las cargas.

La ecuación general aplicada es.

$$M_1 L_1 + 2M_2(L_1 + L_2) + M_3 L_2 = -\frac{6A_1 a_1}{L_1} - \frac{6A_2 a_2}{L_2} \quad (3-1)$$

Simplificamos.

$$\alpha_1 = \frac{A_1 a_1}{L_1}; \alpha_2 = \frac{A_2 a_2}{L_1} \quad (3-2)$$

Por tanto.

$$M_1 L_1 + 2M_2(L_1 + L_2) + M_3 L_2 = -6\alpha_1 - 6\alpha_2 \quad (3-3)$$

Dónde:

L_1, L_2 : Longitudes de los tramos 1 y 2 (m); M_1, M_2, M_3 : Momentos flectores en los apoyos

1,2 y 3 (KNm); A_1, A_2 : Área del diagrama de momento flector de las cargas sobre los tramos 1 y 2 (m^2); a_1 : Distancia del centro del diagrama de momento flector del tramo 1 al apoyo 1 (m); b_2 : Distancia del centro del diagrama de momento flector del tramo 2 al apoyo 3 (m); Iniciamos con definir α_1 y α_2 , el primer tramo de la viga llamado AB, no tiene ninguna carga aplicada por ende.

$$\alpha_1=0$$

El segundo tramo llamado BC tiene una carga distribuida continua en una porcion del tramo.

$$\alpha_2 = \frac{wbcL}{3} \left(1 - \frac{b^2}{L^2} - \frac{c^2}{L^2}\right) \text{(Ver Anexos A1)} \quad (3-4)$$

Reemplazamos la ecuación 3-4 en la ecuación 3-3, nos queda.

$$M_1L_1 + 2M_2(L_1 + L_2) + M_3L_2 = -\frac{6wbcL}{3} \left(1 - \frac{b^2}{L^2} - \frac{c^2}{L^2}\right) \quad (3-5)$$

Los apoyos simple de cada extremo de la viga no generan momento, solo el apoyo intermedio genera momento.

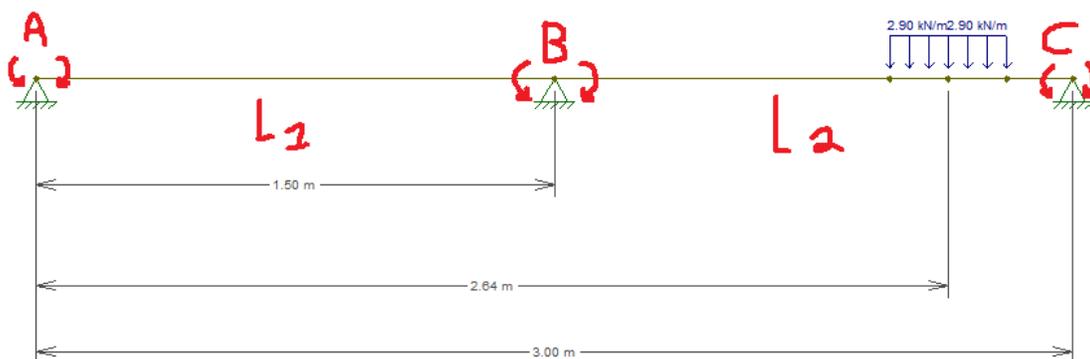


Figura 3-9.: Análisis de los momentos en cada apoyo: Fuente: Elaboración propia.

Por lo que.

$$M_A * 1,5 + 2M_B(1,5 + 1,5) + M_C * 1,5 = -\frac{6wbcL}{3} \left(1 - \frac{b^2}{L^2} - \frac{c^2}{L^2}\right) \quad (3-6)$$

Los momentos $M_A=0$ y $M_B=0$

$$0 * 1,5 + 2M_B(1,5 + 1,5) + 0 * 1,5 = -\frac{6wbcL}{3} \left(1 - \frac{b^2}{L^2} - \frac{c^2}{L^2}\right) \quad (3-7)$$

$$6M_B = -\frac{6wbcL}{3} \left(1 - \frac{b^2}{L^2} - \frac{c^2}{L^2}\right) \quad (3-8)$$

Reemplazamos los valores de α_2 según la tabla de vigas con apoyos simples (Ver anexos A1).

$$6M_B = -\frac{6 * 29 * 0,355 * 0,169 * 1,5}{3} \left(1 - \frac{0,355^2}{1,5^2} - \frac{0,169^2}{1,5^2}\right) \quad (3-9)$$

$$6M_B = -0,47916 \quad (3-10)$$

$$M_B = \frac{-0,47916}{6} = -0,07986 \text{ kNm} \quad (3-11)$$

Sección de la viga AB



Figura 3-10.: Sección viga AB: Fuente: Elaboración propia.

$$\sum M_A = 0$$

$$R'_B(1,5) - 0,07986 = 0 \quad (3-12)$$

$$R'_B = 0.05324 \text{ KN}$$

$$\sum F_Y = 0$$

$$R'_B + R_A = 0 \quad (3-13)$$

$$R_A = -0.05324 \text{ KN}$$

Sección de la viga CD



Figura 3-11.: Sección viga CD: Fuente: Elaboración propia.

$$\sum M_A = 0$$

$$R_C(1,5) + 0,07986 - 0,981(1,145) = 0 \quad (3-14)$$

$$R_C = 0.6955 \text{ KN}$$

$$\sum F_Y = 0$$

$$R_C + R_B'' - 0,981 = 0 \quad (3-15)$$

$$R_B'' = 0.2855 \text{ KN}$$

Se encuentra la reacción en el apoyo B sumando R_B' Y R_B''

$$R_B = R_B' + R_B'' \quad (3-16)$$

$$R_B = 0.33874 \text{ KN}$$

Al hallar las reacciones en los tres apoyo se procede realizar los diagrama DFC, DMF y el diagrama de deformación de la viga con ayuda del program Ftool.

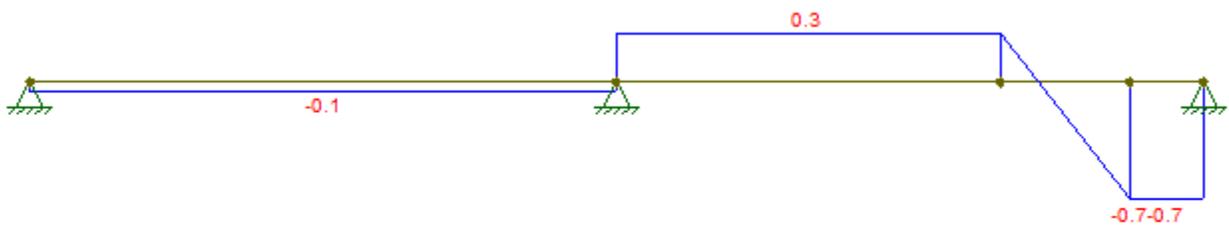


Figura 3-12.: Diagrama de fuerza cortante: Fuente: Elaboración propia.

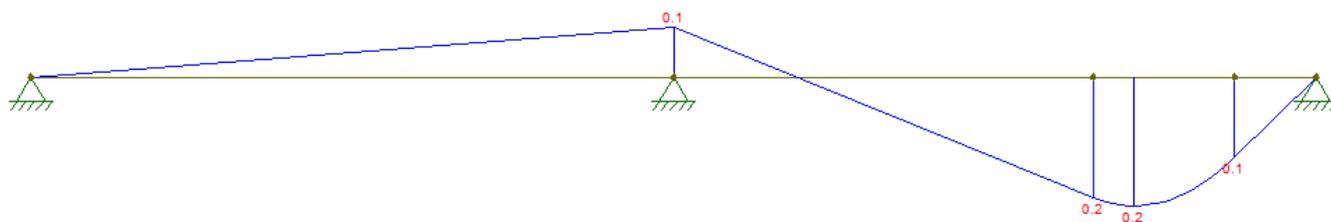


Figura 3-13.: Diagrama de momento flector: Fuente: Elaboración propia.

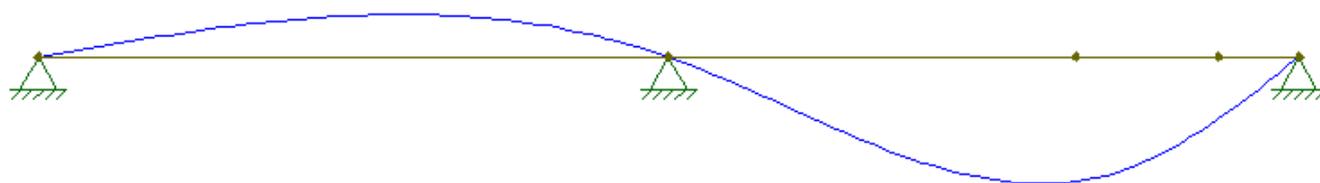


Figura 3-14.: Diagrama de deformación de la viga: Fuente: Elaboración propia.

Observando la figuras 3-12 y 3-13, se obtiene las magnitudes de fuerza cortante y momento flector máximo.

$$V_{Max}=0.7 \text{ KN}$$

$$M_{Max}=0.21 \text{ KNm}$$

3.2.1. Esfuerzos generados en la viga

El esfuerzo generado por el momento flector de una viga esta regido por la ecuación

$$\sigma = \frac{MC}{I}$$

Dónde.

σ =Esfuerzo generado en la viga (Pa); M_M =Momento del flector(KNm); C =Distancia desde el eje neutro hata el extremo de la viga (m); I =Momento de inercia respecto al eje de flexión(m^4).

Se analiza el perfil de la viga, para hallar el momento de inercia y la distancia al eje neutro.

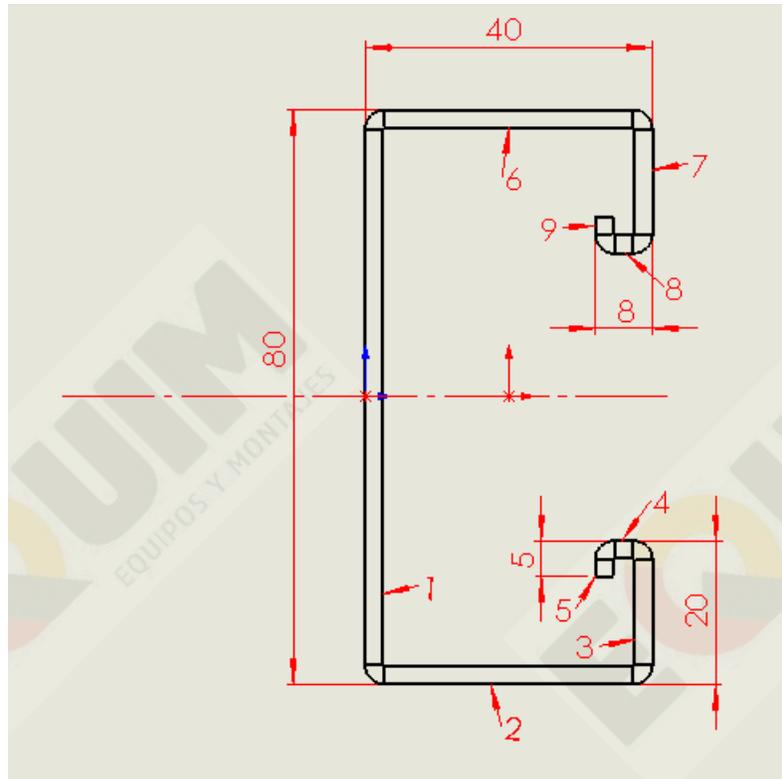


Figura 3-15.: Perfil de la viga (medidas mm): Fuente: Elaboración propia.

Se realiza en una tabla todos los calculos respectivos para hallar el \bar{y} (Ver anexos A2).

$$\sum MA_i = 515 \text{ mm}^2 \quad \sum MA_i \bar{y} = 20600 \text{ mm}^3$$

$$\bar{y} = \frac{20600}{515} \tag{3-17}$$

$$\bar{y} = 40 \text{ mm}$$

Se divide el perfil en varias figuras simples o menos complejas, en este caso en rectangulos.

El momento de inercia de un rectangulo esta dada por la ecuación[2].

$$I = \frac{1}{12}(bh^3) \tag{3-18}$$

Dónde.

b : Base del rectángulo (m) h : Altura del rectángulo (m)

Otro factor a considerar en la obtención del momento de inercia es el teorema de los ejes paralelos, ya que en algunos casos los centroides de los rectángulos no coinciden con el eje centroidal del perfil. En este caso se agrega la ecuación de los ejes paralelos.

$$I = \frac{1}{12}(bh^3) + Ad^2 \quad (3-19)$$

Dónde:

A : Área de la figura (m^2) d : Distancia entre el centroide del rectángulo, hasta el centroide del perfil (m).

El momento de inercia total esta regido por la ecuación.

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + I_n + \dots;$$

Al ser el perfil una figura simétrica los rectángulos 2,3,4 y 5 son iguales a los 6,7,8 y 9, por tanto la inercia de los rectángulos 2,3,4 y 5 se multiplican por dos.

$$I_T = \frac{1}{12}(b_1h_1^3) + 2\frac{1}{12}(b_2h_2^3) + A_2d_2^2 + 2\frac{1}{12}(b_3h_3^3 + A_3d_3^2) + 2\frac{1}{12}(b_4h_4^3) + A_4d_4^2 + 2\frac{1}{12}(b_5h_5^3) + A_5d_5^2 \quad (3-20)$$

$$I_T = 4,8235 \times 10^{-7} m^4$$

Al tener los datos se procede a calcular el esfuerzo en el punto donde se ubica el momento flector máximo, ya que es el punto crítico de la viga y donde presenta la deflexión máxima.

En el caso de la viga la geometría del perfil es simétrico, por lo que el esfuerzo en tensión es igual al esfuerzo en compresión, pero este último con valor negativo.

$$\sigma_T = \frac{M_{Max}C}{I}$$

$$\sigma_T = 17.414 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_C = -17.414 \text{ Mpa}$$

El esfuerzo ejercido por la carga es menor al límite de fluencia del material de la viga (Acero ASTM A-36, $S_y = 250$ Mpa). Por lo tanto la viga soportará la carga ejercida.

De la gráfica de deflexión en la viga, arrojada por el programa Ftool. Se toma una ecuación, con la cual se determinará la deflexión en el punto donde está aplicado el momento flector máximo.

$$Y_{Max} = \frac{0,01}{EI} \quad (3-21)$$

Dónde. E : Moduló elástico del material (Acero 200 Gpa); I : Momento de inercia respecto al eje de flexión (m^4);

$$Y_{Max} = 1,036 \times 10^{-7} m$$

$$Y_{Max} = 1,036 \times 10^{-4} mm$$

Como se observa en los resultados, la deflexión en el punto crítico es de 0.0001036 mm. Por ende no se considera una deformación crítica del riel, en el punto donde ocurre el momento flector máximo.

3.3. Diseño del Trinquete

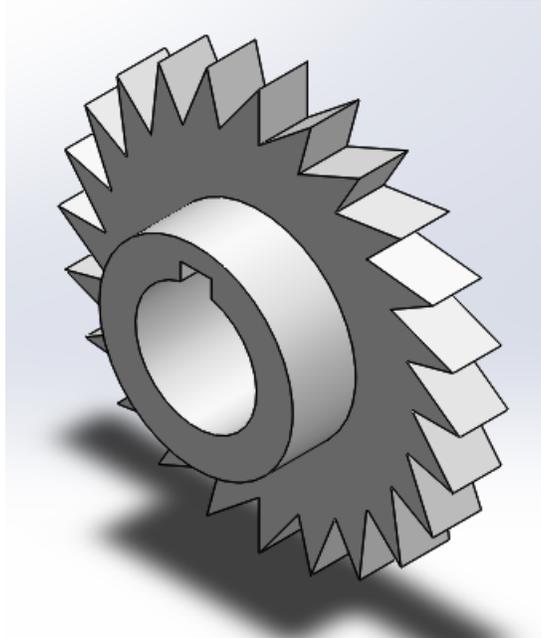


Figura 3-16.: Diseño del trinquete: Fuente: Elaboración propia.

El trinquete es el mecanismo encargado de permitir que la pierna gire en un solo sentido, evitando el retroceso por acción de la inercia del giro (Ver figura 3-16).

El material utilizado para la fabricación del piñón del trinquete es un acero AISI 1020. El eje se diseñó con un diámetro de 25 mm, por ende el diámetro del agujero será de la misma dimensión. A partir de este dato realizamos el diseño del trinquete (Ver figura 3-17).

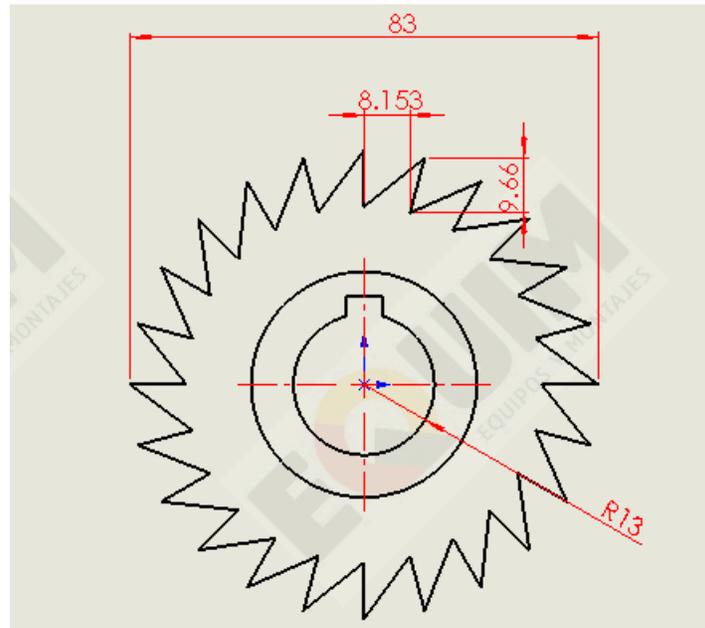


Figura 3-17.: Medidas del trinquete: Fuente: Elaboración propia.

$$r=0.15D$$

Dónde:

r : Radio del agujero (mm); D : Diámetro exterior del piñón (mm);

Despejamos el diámetro exterior del piñón.

$$D = \frac{r}{0,15} \quad (3-22)$$

$$D = \frac{12,5}{0,15} \quad (3-23)$$

$$D = 83.33 \text{ mm}$$

Se redondea el diámetro exterior a 83 mm.

A continuación se procede a comprobar si los dientes resisten el esfuerzo de corte que genera la fuerza.

$$h = \sqrt{\frac{18Fa}{bS_y}} \quad (3-24)$$

Dónde.

h : Longitud paralela del diente respecto a la acción de fuerza(mm); F : Fuerza provocada por la presión metaloestática (N); a : *Alturadeldiente(mm)*; b : *Caradeldiente(mm)*; S_y : Límite de fluencia (El acero 1020; $S_y=210$ Mpa)

La fuerza aplicada en el piñón se considera la misma ejercida sobre la manivela del eje principal. La magnitud de la fuerza se toma como la fuerza ejercida por un hombre corriente sobre la manivela (589.6 N).

$$h = \sqrt{\frac{18 * 589,6N * 9,66mm}{8,15mm * 210Mpa}} \quad (3-25)$$

$$h = 7.739 \text{ mm}$$

Se determina el esfuerzo de corte necesario para que el diente no se deforme o se vuele.

$$\tau = \frac{0,4S_y}{3} \quad (3-26)$$

$$\tau = \frac{0,4 * 210Mpa}{3} \quad (3-27)$$

$$\tau = 28 \text{ Mpa}$$

Seguidamente determinamos el esfuerzo de corte admisible del diente con la ecuación.

$$\tau = \frac{F}{hb} \quad (3-28)$$

$$\tau = \frac{589,6N}{7,739 \times 10^{-3}m * 8,15 \times 10^{-3}m} \quad (3-29)$$

$$\tau = 9.347 \text{ Mpa}$$

El esfuerzo admisible que se genera por la fuerza es menor que el esfuerzo necesario de deformación del diente, por tanto el piñón es aceptable.

3.3.1. Diseño de la uñeta

El material que se utilizará para la uñeta, en este caso será lámina HR calibre 1/4. Se desprecia los esfuerzo flexión o corte generados en la uñeta, debido a la dimensiones y la poca carga (Ver figura 3-18).



Figura 3-18.: Uñeta: Fuente: Elaboración propia.

3.4. Componentes de la matriz

3.4.1. Soporte fijo y móvil

Es la estructura donde se ubicará el mecanismo de giro, lo que incluye las planchas, los ejes y las chumaceras. Ambos soportes cuenta con los tres tipos de dimensiones de piernas estándares mas fabricadas en la empresa, las cuales son; pierna para elevadores de 8x6 con capacidad de 5 a 8 Ton/h, piernas para elevadores 12x7 con capacidad de 50 Ton/h y finalmente piernas para elevadores 12x8 con capacidad de 100 Ton/h. El material utilizado para la estructura de los soportes es ángulos de 1/4" x 2", el cual nos brinda gran resistencia a cargas a la que sea sometida la matriz (Ver figura 3-19 y 3-20).

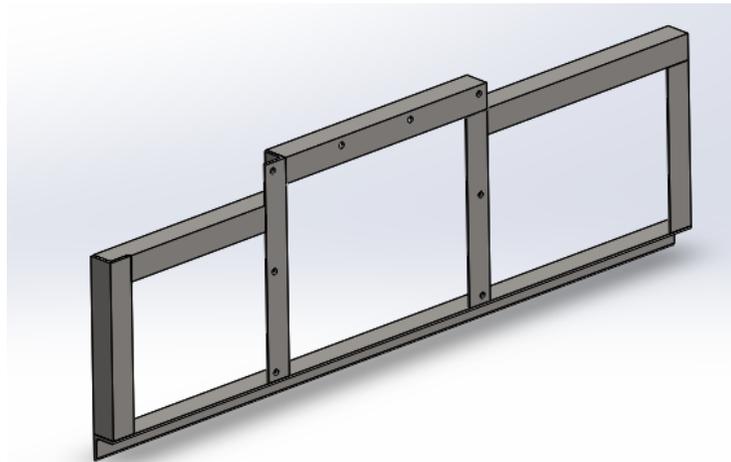


Figura 3-19.: Soporte fijo: Fuente: Elaboración propia.

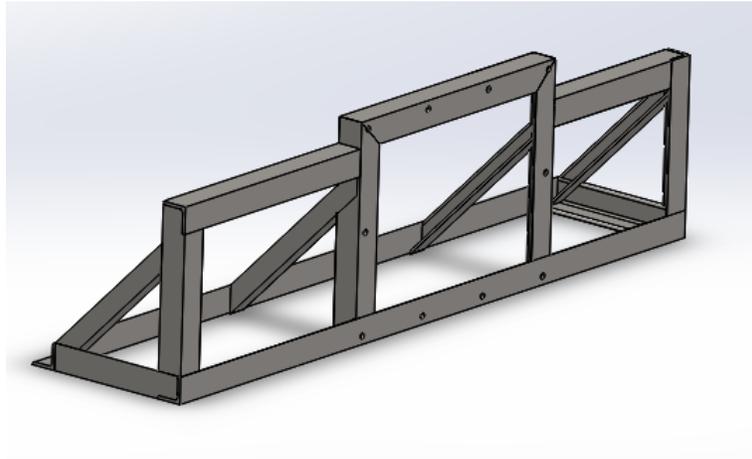


Figura 3-20.: Soporte móvil: Fuente: Elaboración propia.

3.4.2. Planchas

Están ubicadas en los soporte (fijo y móvil), se sujetan con tornillos pasantes. Cúmplen la función de soportar las chumaceras y los ejes, se escoge como material del diseño una lámina HR calibre de 1/4" (Ver figura 3-21).

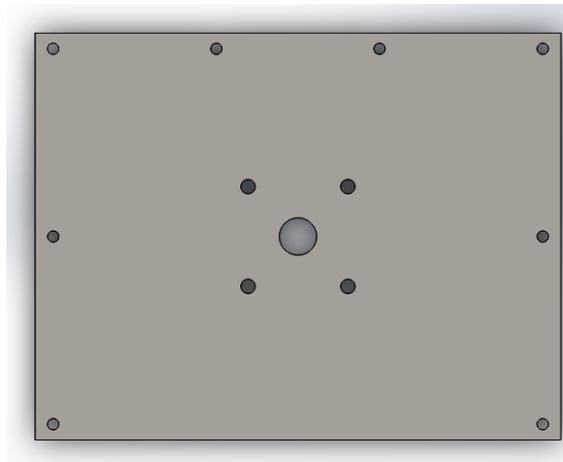


Figura 3-21.: Plancha soporte principal: Fuente: Elaboración propia.

3.4.3. Ejes

El diseño no requiere de mayores consideraciones, ya que no están sometidos a grandes fuerzas, ni a grandes cargas. Se desprecia flexión alguna, debido a sus dimensiones. El material que se escoge para el diseño es un acero AISI 1020 estirado en frío (Ver figura 3-22 y 3-23).

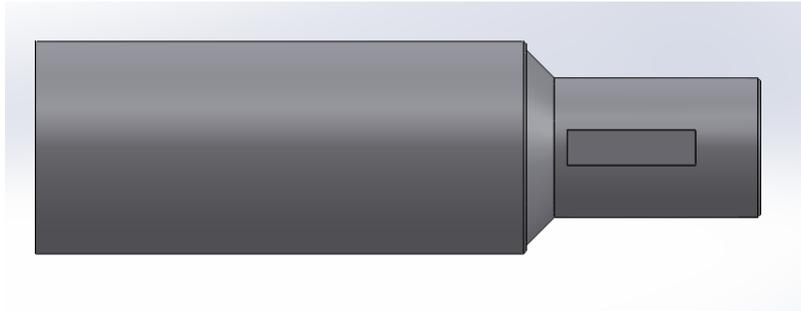


Figura 3-22.: Eje principa del mecanismo: Fuente: Elaboración propia.

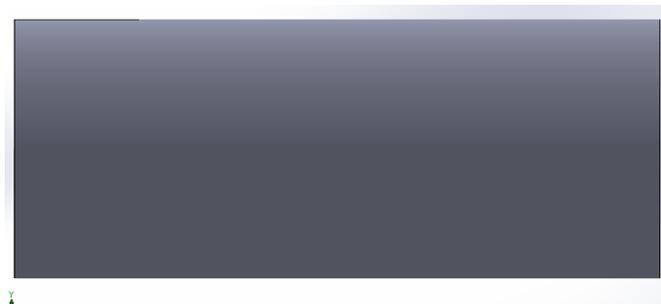


Figura 3-23.: Eje secundario del mecanismo: Fuente: Elaboración propia.

3.4.4. Chumaceras

Las chumaceras fueron seleccionadas según el diámetro de los ejes, la chumacera escogida fue SKF FY 1-1/2" TDW.

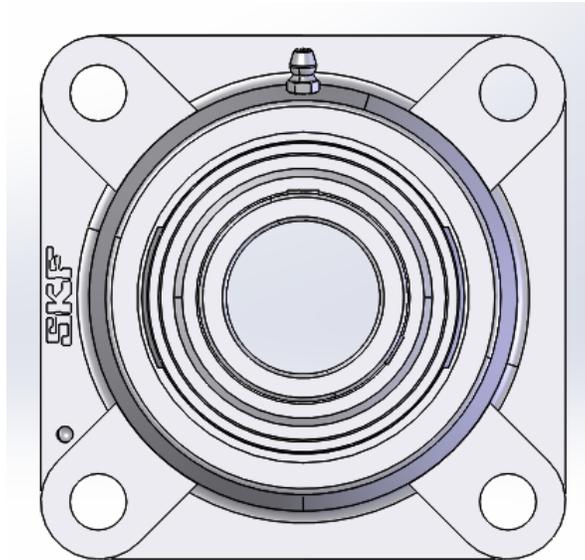


Figura 3-24.: Chumacera SKF FY 1-1/2" TDW: Fuente: Catalogo de rodamiento SKF.

3.5. Diseño de la matriz propuesto

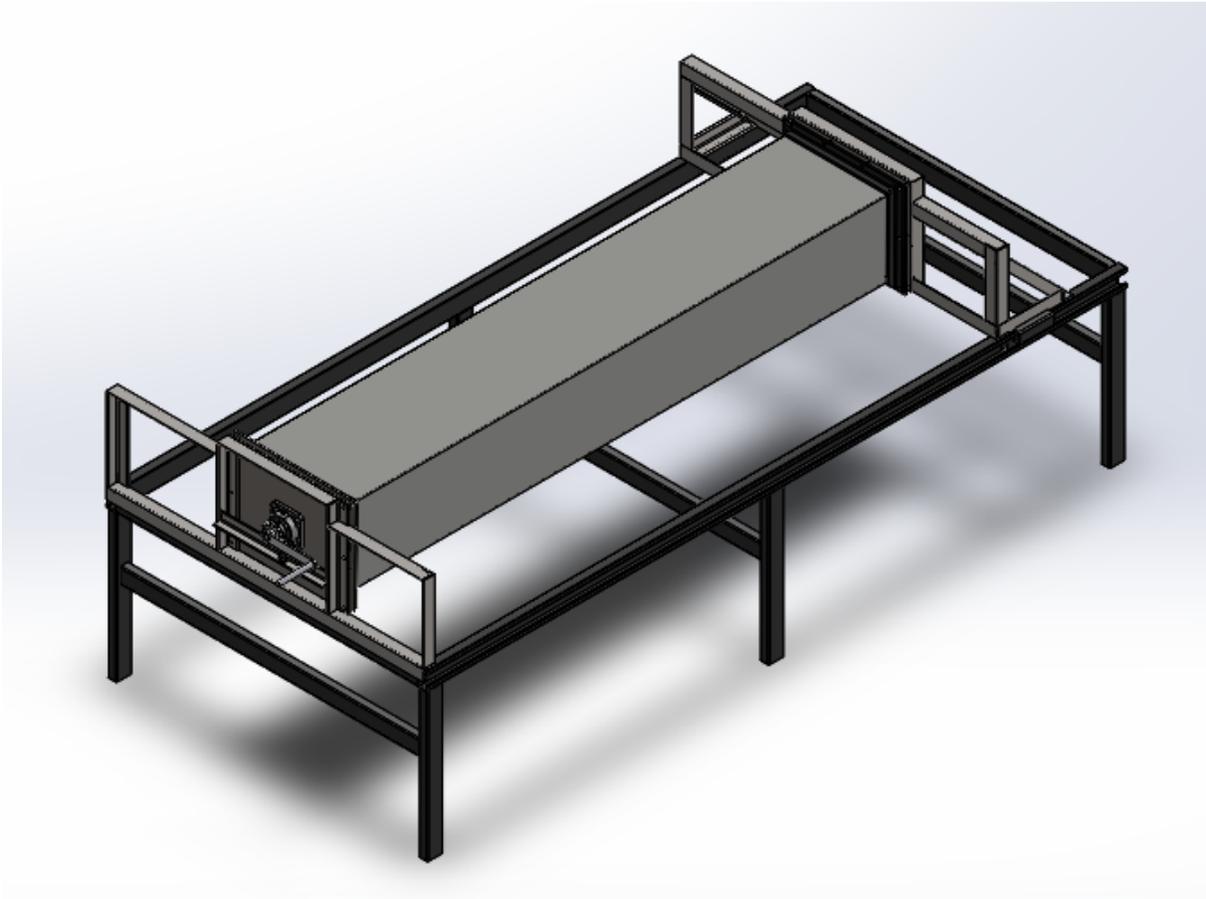


Figura 3-25.: Matriz de fabricación de pierna de elevadores de cangilón: Fuente: Elaboración propia.

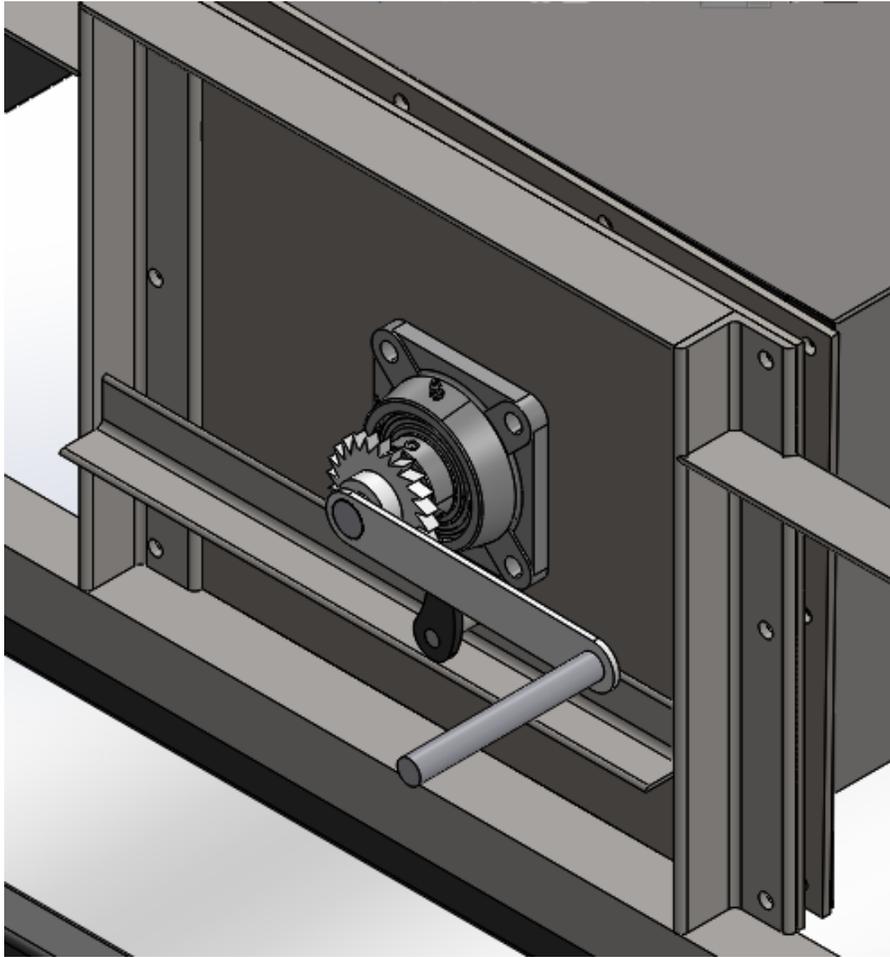


Figura 3-26.: Mecanismo matriz : Fuente: Elaboración propia.

Con la matriz de fabricación de piernas, aumentará la productividad en el proceso de fabricación de los elevadores de cangilones. Habrá un aumento de alrededor de un 60 por ciento en la cantidad de piernas fabricadas por día, es decir pasarán de fabricar de 3 a 4 piernas, a fabricar 6 a 7 piernas por día.

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1. Conclusiones

- Se logró analizar de forma clara y puntual como era el proceso de producción llevado a cabo por la empresa EQUIM equipos y montajes SAS para producir elevadores de cangilones, mediante este análisis al proceso se logró proponer una mejora al sistema.
- En la línea de producción de los elevadores de cangilones se diagnosticaron cuáles eran las acciones, pasos y procesos que se llevaban a cabo para lograr su producción, esto quedó plasmado en el diagrama de flujo que se muestra en los resultados de la investigación.
- Se logró realizar un seguimiento a los procesos que hacen parte de la producción de elevadores de cangilones, logrando identificar cuellos de botella (procesos que retrasan la producción o generan un problema).
- Se identificaron cuáles eran los procesos que se debían priorizar para optimizar el proceso de producción de elevadores de cangilones, así como también se logró identificar y suprimir del proceso las acciones que estaban generando demoras, retrasos o que eran innecesarias.

- Se desarrolló una propuesta de mejora, la cuál se planteó mediante una matriz para la fabricación de piernas para los elevadores de cangilones, como se puede notar en los diseños presentados en los resultados de este trabajo.
- Durante la ejecución del presente trabajo no se presentaron mayores inconvenientes que impidieran la realización de este y la obtención de resultados prometedores.
- Se buscó a su vez con la presente tesis incentivar a la empresa a implementar estrategias de mejora en otros procesos que aunque no afectaron de forma negativa el resultado de las operaciones, se podrían mejorar.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda a la empresa EQUIM equipos y montajes SAS que implemente las mejoras propuestas, y lleven a cabo los diseños sugeridos con el fin de optimizar el proceso de producción de los elevadores de cangilones.
- Se recomienda que de la misma forma como se realizó el análisis y posterior presentación de una propuesta de mejora para la fabricación de los elevadores de cangilones, se analice la opción de realizar estudios o análisis similares con otros.

A. Anexos:

A.1. Formato lista de chequeo.

A.2. Gráficas vigas simplemente apoyada

A.3. Tabla cálculos perfil de la viga

**A.4. Planos matriz de fabricación de piernas de
elevadores de cangilones**

		LISTA DE CHEQUEO	
FECHA:			PÁGINA: 1
OBJETIVO: REVISAR EL ESTADO DE LAS PIEZAS FABRICADAS.		PROCEDIMIENTOS:	
FECHA:		EMPRESA	EQUIM S.A.S
AUDITOR		PROCESO AUDITADO	
		ENSAMBLE	
PREGUNTA, ACTIVIDAD, DOCUMENTO	SI	NO	COMENTARIOS
PRESENCIA DE TORCEDURAS POR DEFECTO DE DILATACION Y/O CONTRACCION DURANTE EL PROCESO DE SOLDADURA			
PRESENTA DEFECTOS EN LOS CORDONES DE SOLDADURA APLICADOS EN LA BRIDA Y EN LA CHAPA			
CUENTA CON LAS DIMENSIONES CORRESPONDIENTES AL DISEÑO			
LISTA ELABORADA POR:			

Figura A-1.: Lista de chequeo : Fuente: Elaboración propia.

A.4 Planos matriz de fabricación de piernas de elevadores de cangilones59

		LISTA DE CHEQUEO	
FECHA:		PÁGINA: 1	
OBJETIVO: REVISAR EL ESTADO DE LAS PIEZAS FABRICADAS.		PROCEDIMIENTOS:	

FECHA:	EMPRESA	EQUIM S.A.S	
---------------	----------------	--------------------	--

AUDITOR	PROCESO AUDITADO
	PINTURA

PREGUNTA, ACTIVIDAD, DOCUMENTO	SI	NO	COMENTARIOS
PRESENTA DEFECTOS EN LA APLICACIÓN DE PINTURA			
TIENE BUENA APLICACIÓN DE HUESO DURO SOBRE LOS CORDONES DE SOLDADURA			
LA PINTURA PRESENTA BUENA ADHERENCIA SOBRE LA SUPERFICIE METALICA			

LISTA ELABORADA POR:	
-----------------------------	--

Figura A-2.: Tablavigasconapoyos simples : Fuente: Elaboración propia.

VIGA APOYADA
DISTINTAS HIPOTESIS DE CARGA

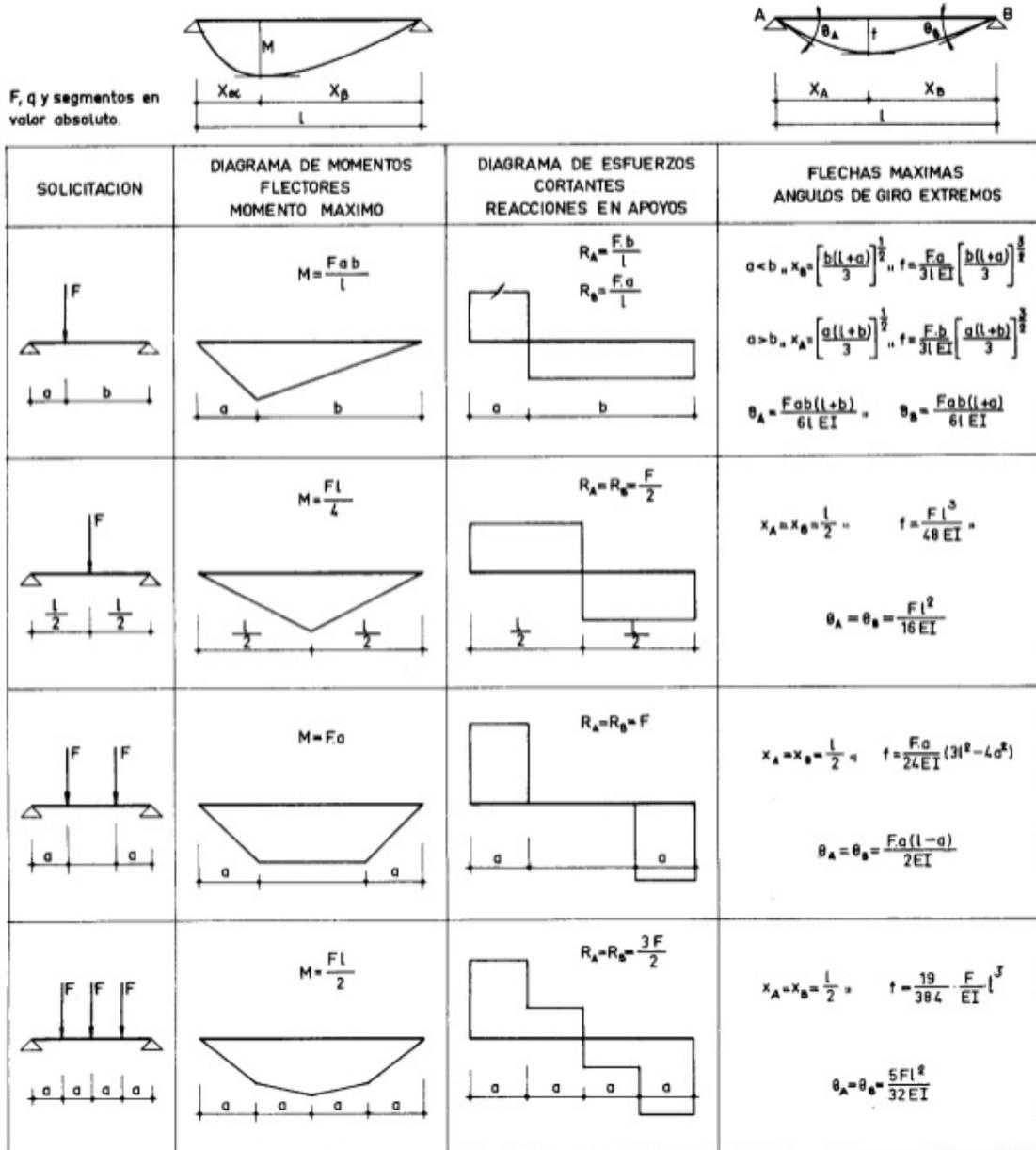


Figura A-3.: Graficas vigas con apoyo simples[4].

A.4 Planos matriz de fabricación de piernas de elevadores de cangilones61

VIGA APOYADA
DISTINTAS HIPOTESIS DE CARGA

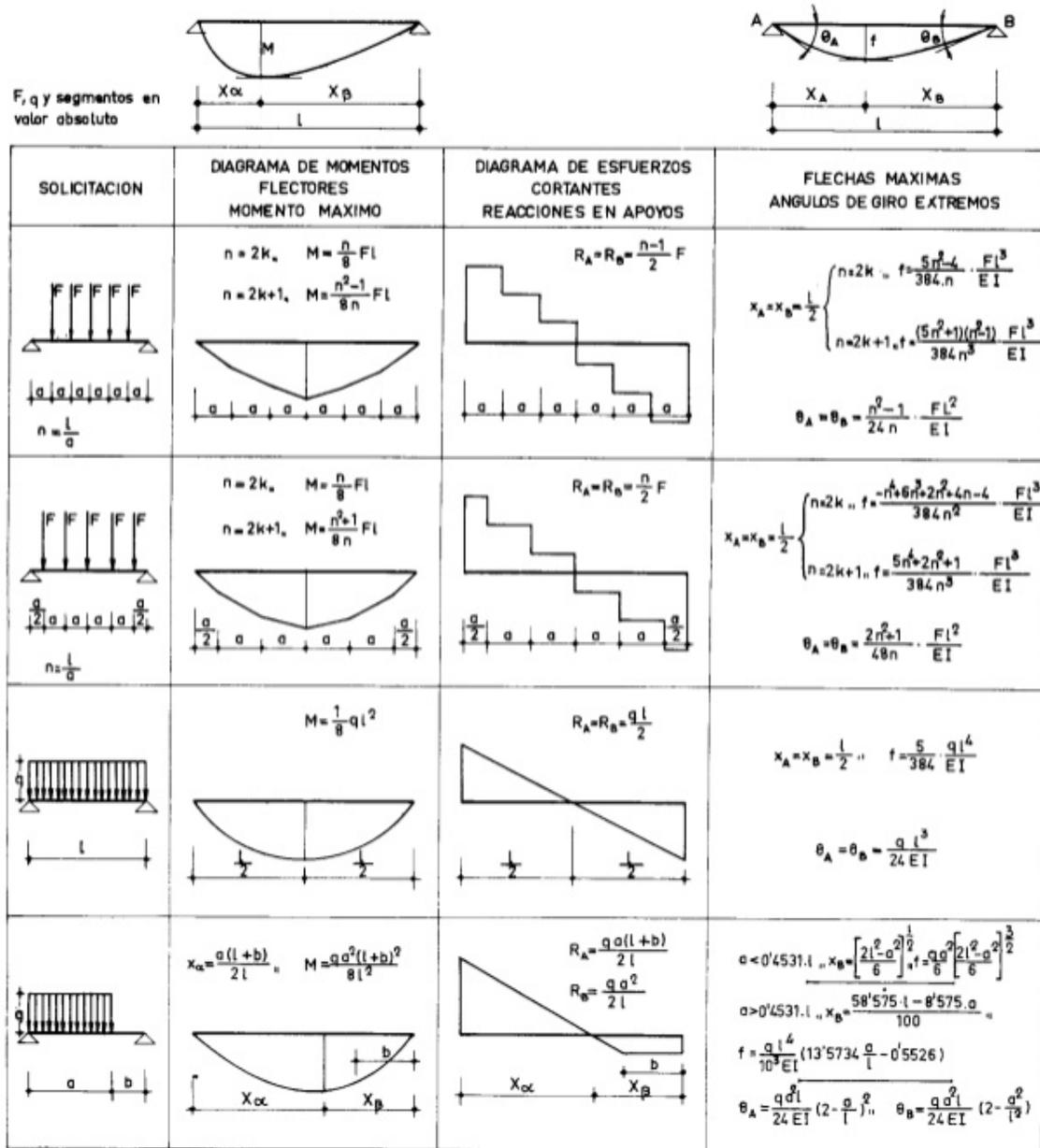


Figura A-4.: Gráficas vigas con apoyo simples[4].

VIGA APOYADA
DISTINTAS HIPOTESIS DE CARGA

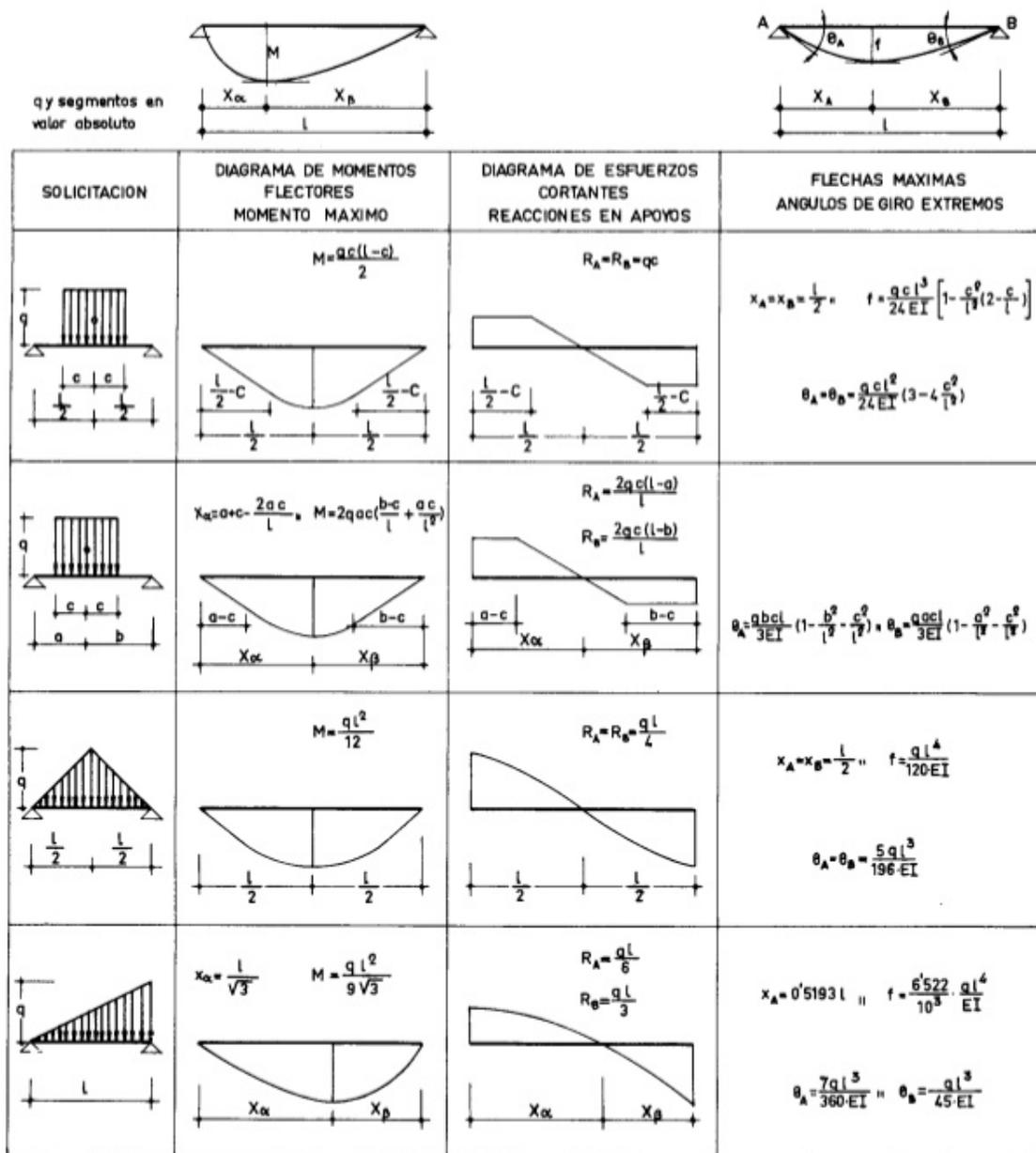


Figura A-5.: Graficas vigas con apoyo simples[4].

A.4 Planos matriz de fabricación de piernas de elevadores de cangilones63

FIGURAS	BASE b mm	ALTURA h mm	Ai	Y	AIY	D centro	momento de inercia I
1	40	2.5	100	1.25	125	38.75	150208.3333
2	2.5	15	37.5	10	375	30	34453.125
3	8	2.5	20	18.75	375	21.25	9041.666667
4	2.5	2.5	6.25	16.25	101.5625	23.75	3528.645833
5	2.5	75	187.5	40	7500		87890.625
6	40	2.5	100	78.75	7875	38.75	150208.3333
7	2.5	15	37.5	70	2625	30	34453.125
8	8	2.5	20	61.25	1225	21.25	9041.666667
9	2.5	2.5	6.25	63.75	398.4375	23.75	3528.645833
Σ	NA	NA	515		20600		482354.1667

Figura A-6.: Cálculos perfil de la viga : Fuente: Elaboración propia.

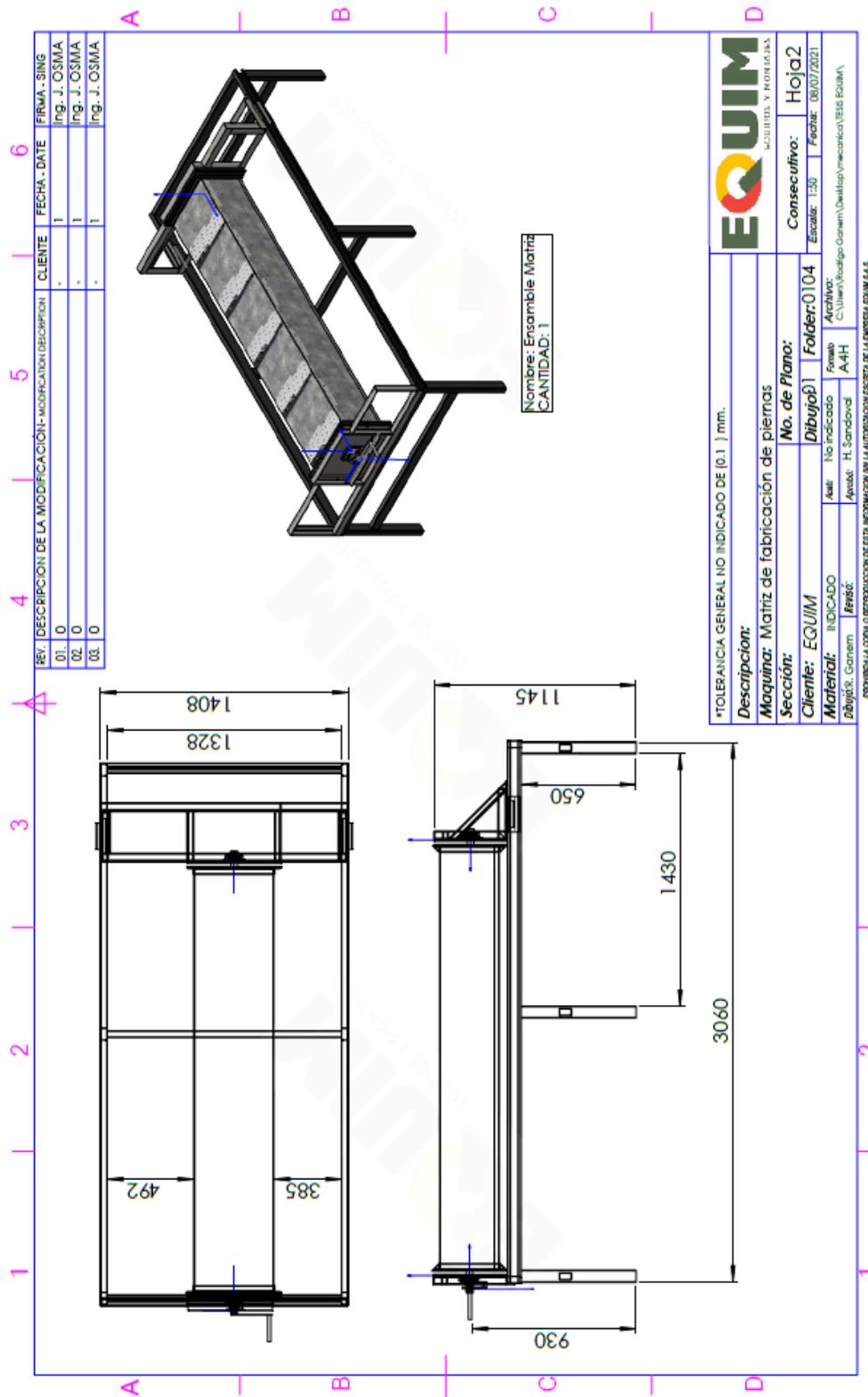


Figura A-7.: Planos: Fuente: Elaboración propia.

A.4 Planos matriz de fabricación de piernas de elevadores de cangilones65

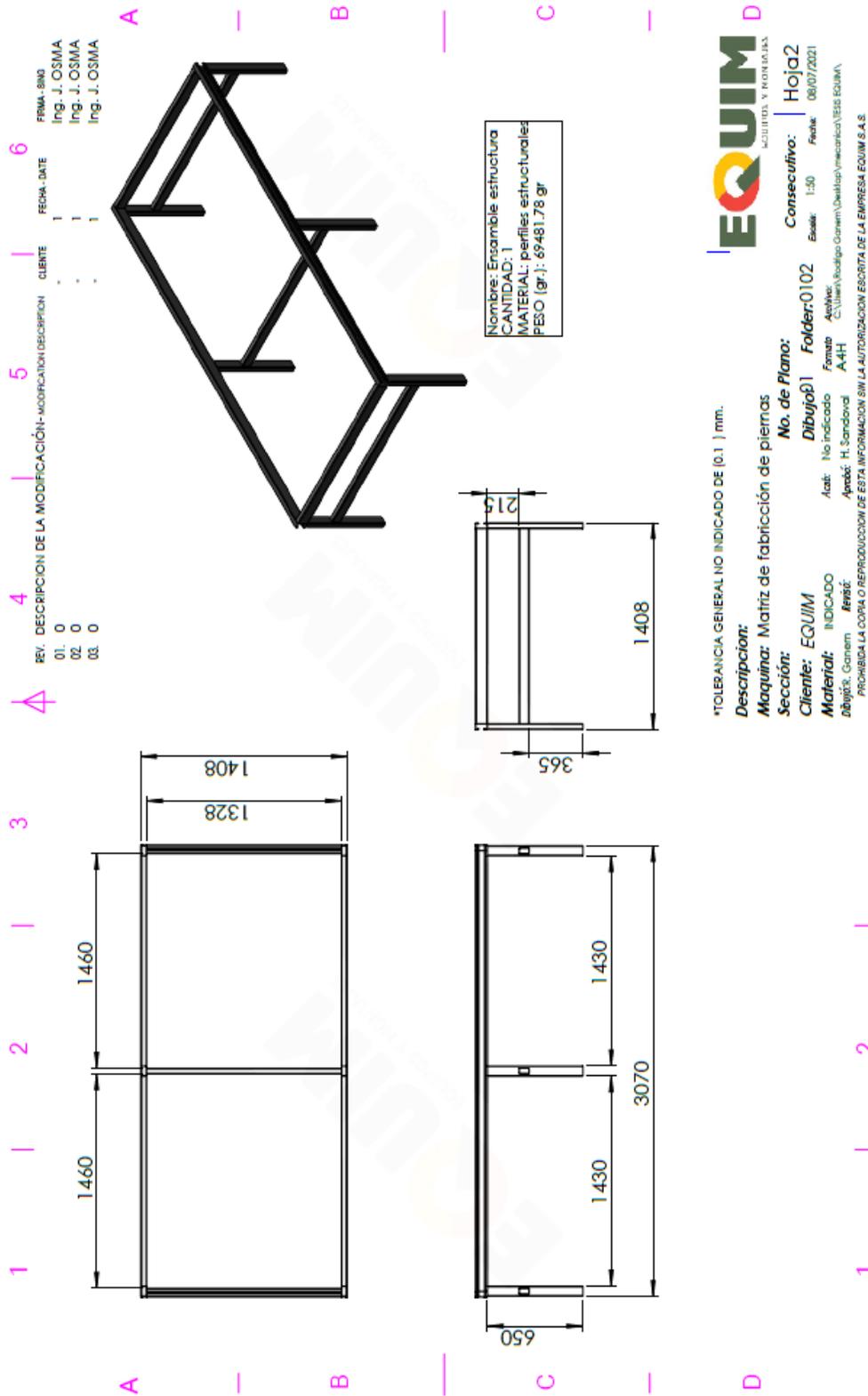


Figura A-8.: Planos: Fuente: Elaboración propia.

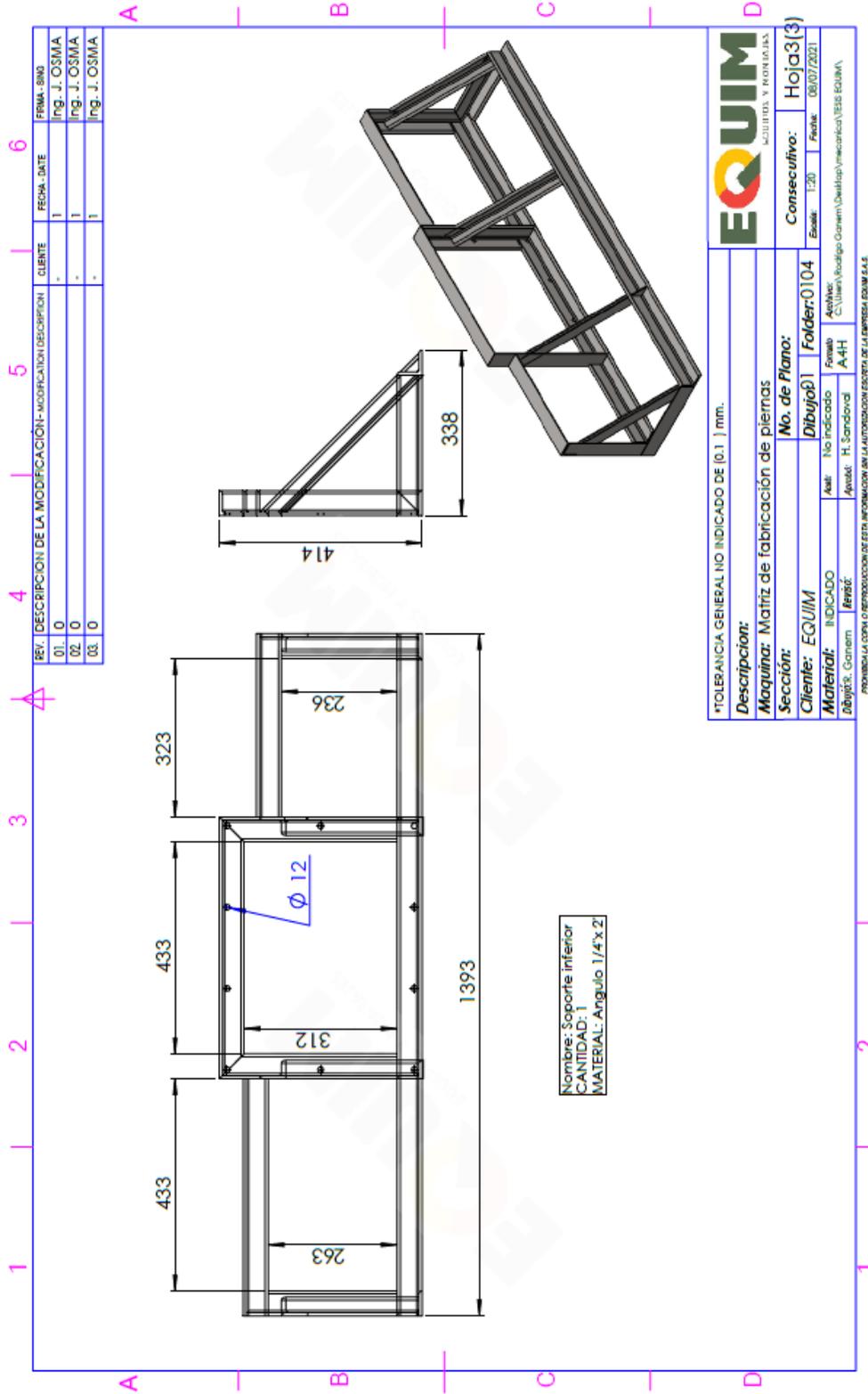


Figura A-9.: Planos: Fuente: Elaboración propia.

A.4 Planos matriz de fabricación de piernas de elevadores de cangilones67

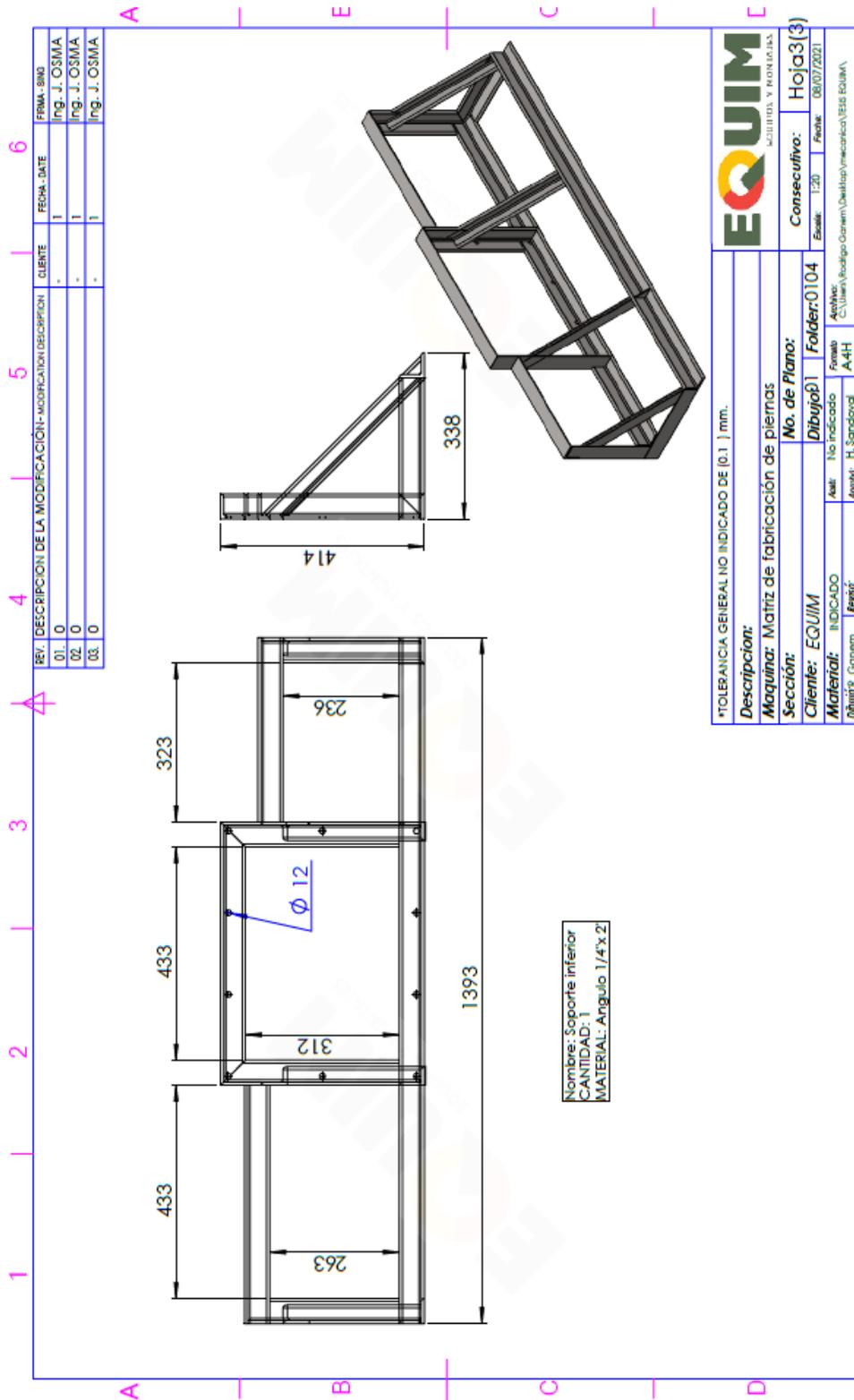


Figura A-10.: Planos: Fuente: Elaboración propia.

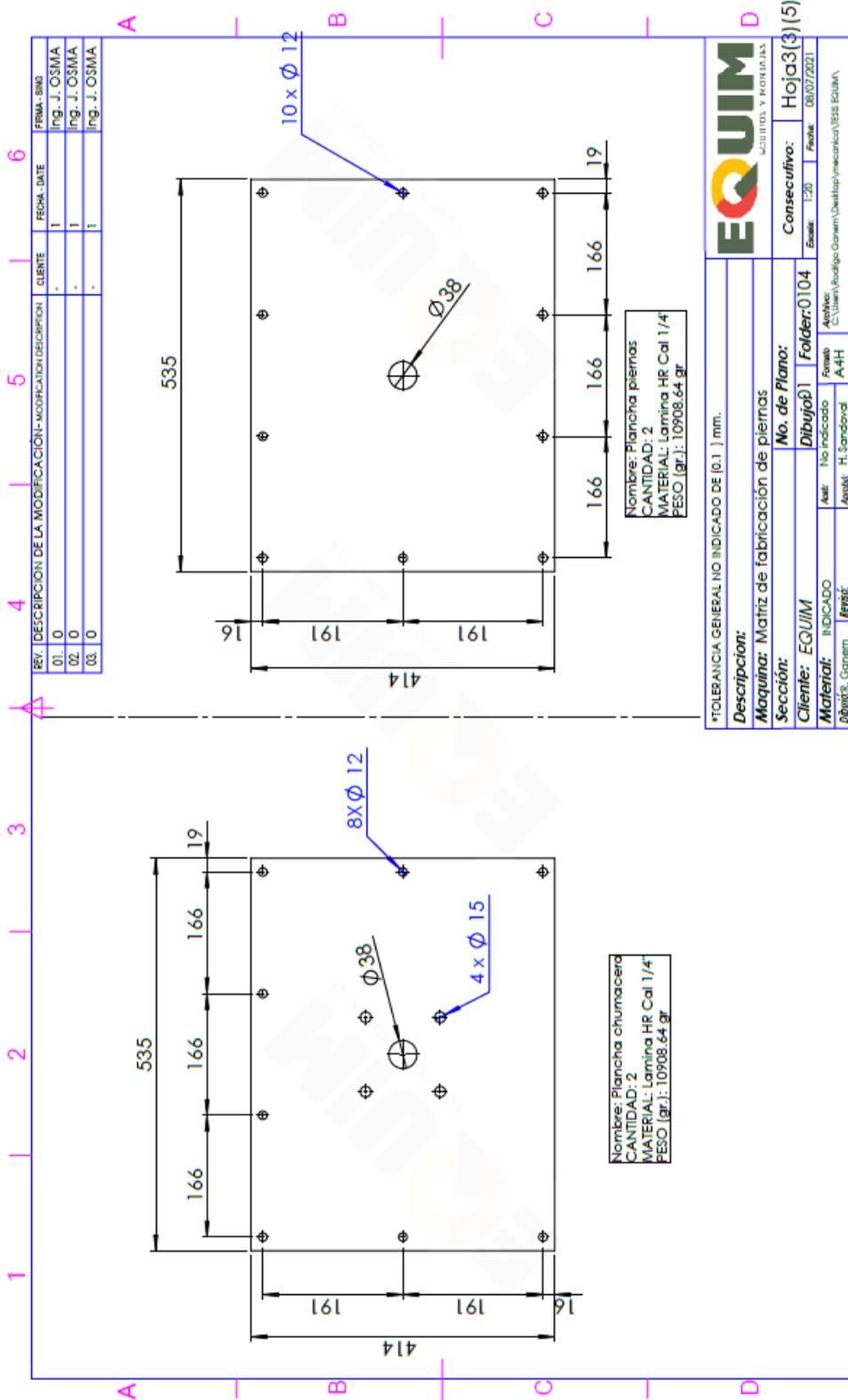


Figura A-11.: Planos: Fuente: Elaboración propia.

A.4 Planos matriz de fabricación de piernas de elevadores de cangilones69

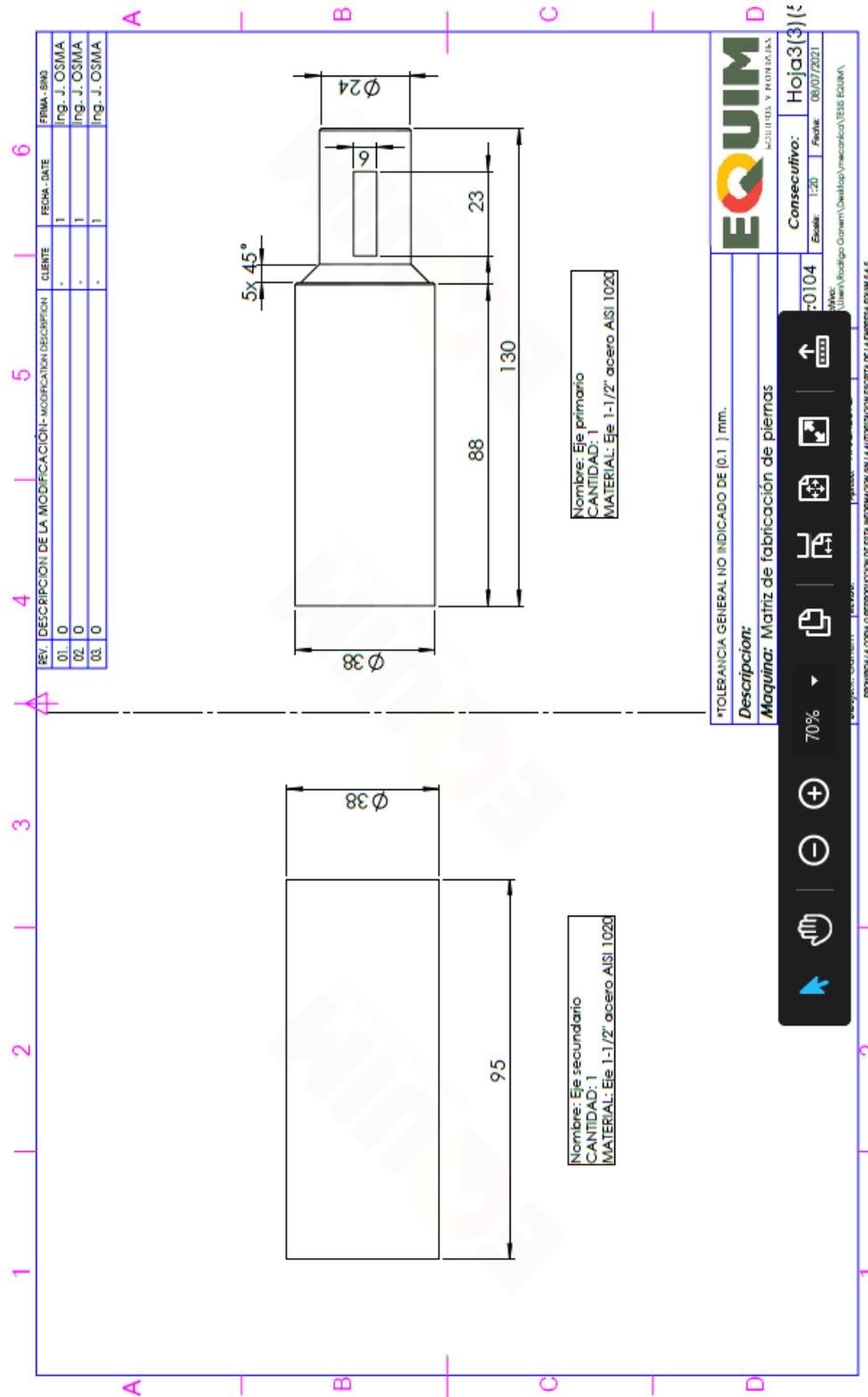


Figura A-12.: Planos: Fuente: Elaboración propia.

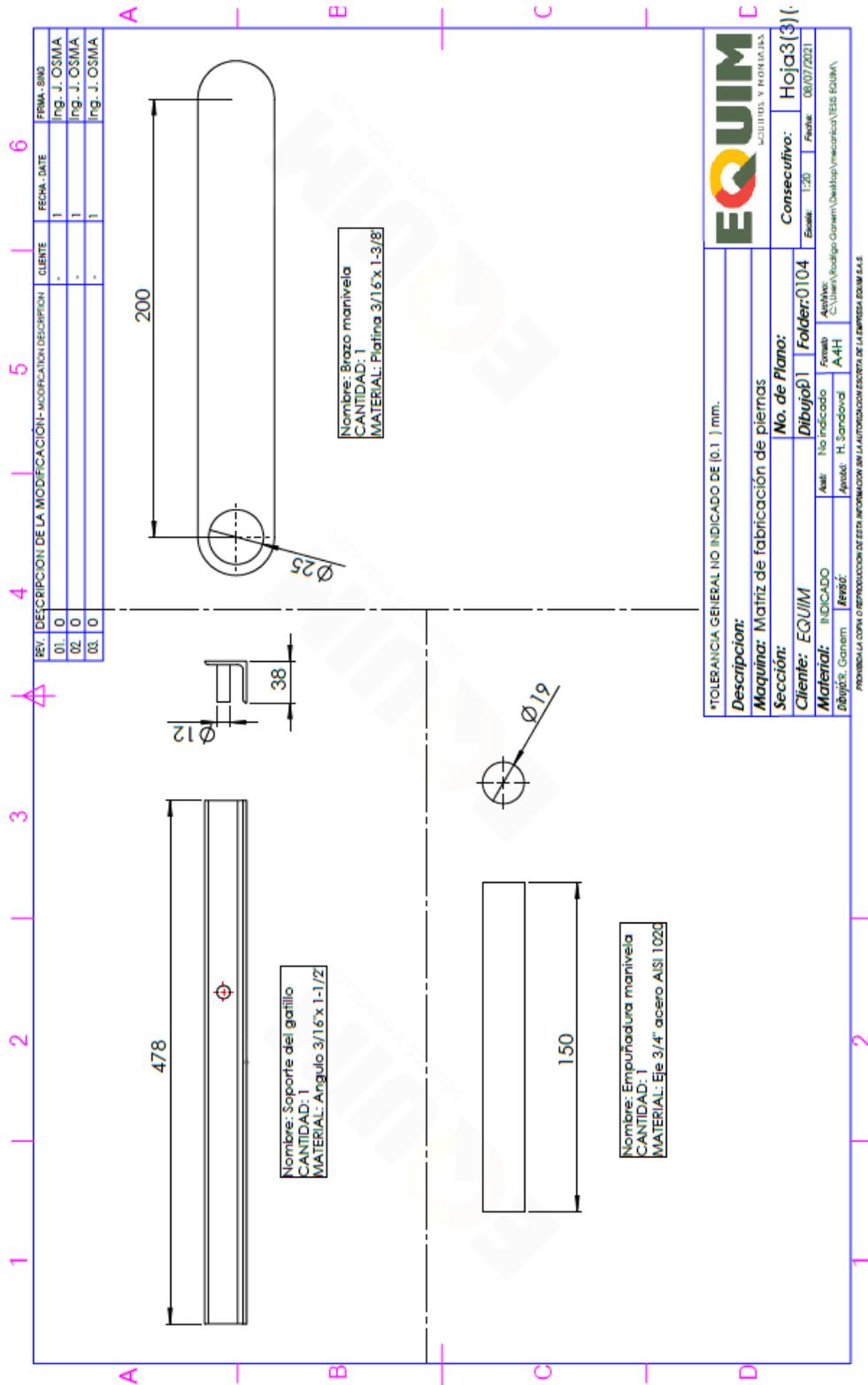


Figura A-13.: Planos: Fuente: Elaboración propia.

A.4 Planos matriz de fabricación de piernas de elevadores de cangilones71

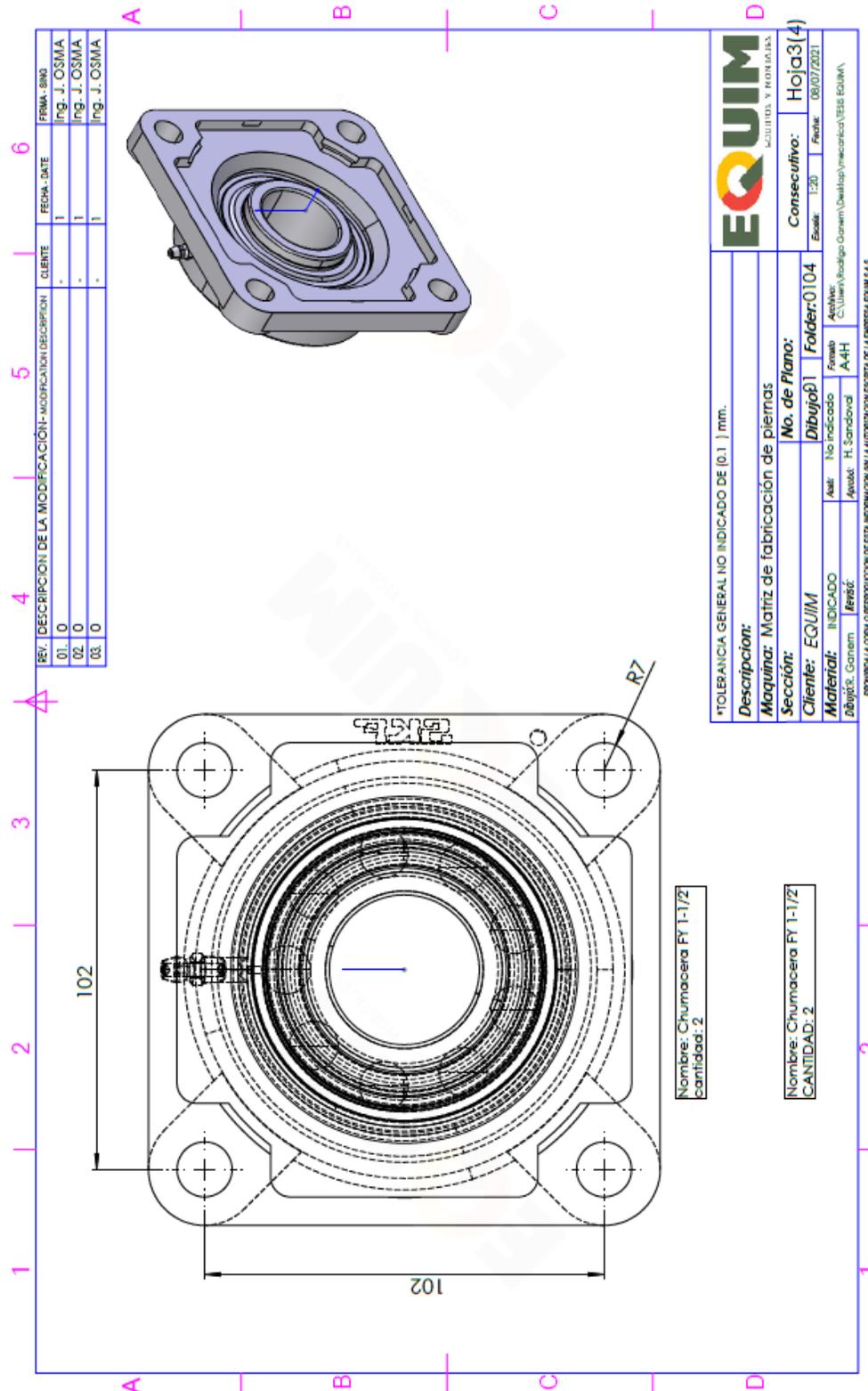


Figura A-14.: Planos: Fuente: Elaboración propia.

Bibliografía

- [1] Bellorin, M. (2008). Evaluación de las condiciones operativas de los elevadores de cangilones.
- [2] Douglas, A. and Monel, M. (2008). Diseño en ingeniería mecánica Shigley.
- [3] Manga, C. (2014). Determinación de causas de falla en el elevador de cangilones del transportador de clínker de argos.
- [4] Miguel Cervera Ruiz, E. B. D. (2002). *Mecánica de estructuras Libro 2 Métodos de análisis*.
- [5] Pintura, D. E. C. F. D. E. (2007). “ DISEÑO DE UNA MAQUINA FABRICADORA.
- [6] Piura, U. N. D. E. (2017). « EFICACIA DEL SOFTWARE EDUCATIVO EN EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL CLÁSICO ».
- [7] polpaico, A. (2010). Estudio y diseño de elevador de cangilones planta cementos polpaico.