

Diseño de un sistema de alimentación a un horno rotativo

Andrés Felipe Barrera Rincón y María Valentina Cáceres Castellanos

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico

Director

Ricardo Alfonso Jaimes Rolon

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias Físico – Mecánicas

Escuela de Ingeniería Mecánica

Bucaramanga

2023

Tabla de contenido

Introducción	12
1. Arena	13
1.1 Clasificación de la arena	14
1.1.1 Arena de Sílice	14
1.1.2 Arena Calcárea	14
1.1.3 Arena Volcánica	15
1.1.4 Arena Feldespática	15
1.2 Uso de la arena en la industria cerámica	15
2. Banda transportadora	16
2.1 Clasificación bandas transportadoras	18
2.1.1 Clasificación según la estructura de la cinta	18
2.1.1.1 Cinta transportadora lisa.	18
2.1.1.2 Cinta transportadora con perfiles.	19
2.1.1.3 Cinta transportadora modular.	20
2.1.2 Clasificación según la configuración del sistema	21
2.1.2.1 Banda transportadora horizontal.	21
2.1.2.2 Banda transportadora inclinada.	22
2.1.2.3 Banda transportadora curva.	23
3. Criterios incidentes	25
3.1 Material de la cinta	25
3.2 Ancho de la banda	26
3.3 Ángulo máximo de inclinación	26

4. Diseño conceptual	27
4.1 Requerimientos de diseño	27
4.2 Subsistemas banda transportadora	32
5. Selección subsistema de transporte	34
5.1 Caracterización de la arena	34
5.2 Rendimiento arena húmeda - arena seca	37
5.3 Selección de la banda	38
6. Selección de los elementos del subsistema de potencia	42
6.1 Determinación de la potencia	42
6.2 Determinación del motorreductor	44
6.3 Determinación del acople directo	48
6.4 Determinación del tambor motriz y chumaceras	50
7. Selección de los elementos del subsistema estructural	51
7.1 Determinación de las ruedas tensoras y rodillos de deslizamiento	52
7.2 Determinación del bastidor	58
8. Determinación tolva almacenamiento arena húmeda	61
8.1 Análisis de esfuerzos	62
9. Análisis térmico	66
10. Pruebas prototipo	70
11. Análisis de costos	79
11.1 Detalle costos proyecto	79
11.2 Tiempo retorno inversión	80
12.1 Principales riesgos en bandas transportadoras	84

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	4
12.1.1 Atrapamiento mecánico	84
12.1.2 Caída de objetos por diferencia de altura	84
12.1.3 Atmósfera del entorno	85
13. Manual de mantenimiento y uso	87
13.1 Actividades de mantenimiento recomendadas	87
13.2 Lista de posibles fallas y como solucionar	90
Referencias Bibliográficas	91
APENDICE	95

Lista de figuras

Figura 1. Esquema general banda transportadora	17
Figura 2. Cinta transportadora lisa	19
Figura 3. Cinta transportadora con perfiles	20
Figura 4. Cinta transportadora modular	21
Figura 5. Banda transportadora horizontal	22
Figura 6. Banda transportadora inclinada	23
Figura 7. Banda transportadora curva	24
Figura 8. Línea secado de arena	28
Figura 9. Subsistema de almacenamiento	29
Figura 10. Subsistema de alimentación	29
Figura 11. Subsistema horno	30
Figura 12. Diseño conceptual banda transportadora	31
Figura 13. Subsistema de transporte	32
Figura 14. Subsistema de potencia	33
Figura 15. Subsistema estructural	33
Figura 16. Toma de muestras de masa de arena	35
Figura 17. Medidas generales banda referencia ANN-E-7-100	41
Figura 18. Descripción gráfica banda referencia ANN-E-7-100	42
Figura 19. Selección tipo equipo	44
Figura 20. Configurador del producto	45
Figura 21. Opciones de diseño	46

Figura 22. Opciones generales	47
Figura 23. Tabla datos acoples DN	48
Figura 24. Dimensiones acople DN-3	49
Figura 25. Tabla de datos tambor motriz	50
Figura 26. Dimensiones chumacera SKF SY 30 TF	51
Figura 27. Rueda tensora FPU 30X11/8	52
Figura 28. Datos técnicos FPU30X11/8	53
Figura 29. Rodillo transportadora serie 1200	54
Figura 30. Datos técnicos rodillo serie 1200	55
Figura 31. Selección rodillo	56
Figura 32. Dimensiones rodillo	57
Figura 33. Esfuerzos Von Mises bastidor	59
Figura 34. Deformaciones bastidor	59
Figura 35. Deformaciones tolva almacenamiento	63
Figura 36. Tensión Von Mises tolva almacenamiento	64
Figura 37. Tensión Von Mises con refuerzos	65
Figura 38. Deformaciones con esfuerzos	65
Figura 39. Propiedad material del horno	67
Figura 40. Análisis térmico horno secador	67
Figura 41. Dimensiones fibra de vidrio FG100C	68
Figura 42. Análisis térmico con fibra de vidrio	69
Figura 43. Análisis térmico capa superficial	69
Figura 44. Vista lateral prototipo	70

Figura 45. Vista completa	71
Figura 46. Conjunto tolva-banda	71
Figura 47. Motorreductor del prototipo	72
Figura 48. Ficha técnica motorreductor prototipo	73
Figura 49. Montaje sistema transmisión de potencia	73
Figura 50. Toma 1 RPM prototipo	74
Figura 51. Toma 2 RPM prototipo	75
Figura 52. División cargada detalle	76
Figura 53. División cargada vista completa	76
Figura 54. Peso/División 1	77
Figura 55. Peso/ División 2	78
Figura 56. Tiempo retorno inversión	82
Figura 57. Señales de seguridad	83
Figura 58. Elementos de protección personal	85
Figura 59. Señal prohibido uso de anillos y relojes	86

Lista de tablas

Tabla 1. Valores de las masas a diferentes volúmenes	35
Tabla 2. Valores densidades	36
Tabla 3. Detalle costo materiales	79
Tabla 4. Detalle costo mano de obra	80
Tabla 5. Detalle valor total proyecto	80
Tabla 6. Ingresos antes vs después del proyecto	81
Tabla 7. Amortización de la inversión	81
Tabla 8. Lista de seguimiento actividades de mantenimiento	89

Lista de apéndices

Apéndice A Línea de secado de arena	96
Apéndice B Línea de secado de arena subconjuntos	97
Apéndice C Tolva inferior	98
Apéndice D Tolva inferior desarrollo	99
Apéndice E Subconjunto de alimentación	100
Apéndice F Sistema de alimentación de arena	101
Apéndice G Subconjunto de potencia	102
Apéndice H Bastidor banda	103
Apéndice I Bastidor motor	104

Resumen

Título: Diseño de un sistema de alimentación a un horno rotativo*

Autores: Andrés Felipe Barrera Rincón y María Valentina Cáceres Castellanos **

Palabras Claves: Diseño, arena, simulación, banda transportadora, prototipo, aislamiento térmico.

Descripción

Este trabajo de grado tiene como finalidad presentar la propuesta de diseño para el transporte y alimentación de arena húmeda hacia un horno secador existente. El principal objetivo de este trabajo es garantizar el incremento de la producción de modo que la inversión haga el proyecto viable.

El proceso de diseño inicia con la presentación de una propuesta conceptual, esta propuesta divide el trabajo en tres subsistemas principales, uno relacionado a la banda transportadora, el siguiente tiene que ver con la tolva de almacenamiento y el tercero contempla el análisis térmico realizado sobre el horno secador. Este trabajo entrega como principales resultados una banda transportadora inclinada a 40° con un motor de 1Hp y una cinta nervada; una tolva de almacenamiento con capacidad para tres días laborales y una capa de aislante en fibra de vidrio para el horno. El diseño fue hecho principalmente a través del software SolidWorks, en él se llevaron a cabo las simulaciones para evitar los largos cálculos manuales.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ciencias Físico – Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director Ricardo Alfonso Jaimes Rolon

Summary

TITLE: Design of a feeding system for a rotary kiln*

Authors: Andrés Felipe Barrera Rincón y María Valentina Cáceres Castellanos**

Key Words: Design, sand, simulation, conveyor belt, prototype, thermal insulation.

Description

The purpose of this thesis project is to present the design proposal for the transportation and feeding of wet sand to an existing drying oven. The main objective of this work is to guarantee the increase in production so that the investment makes the project viable.

The design process begins with the presentation of a conceptual proposal, this proposal divides the work into three main subsystems, one related to the conveyor belt, the next has to do with the storage hopper and the third contemplates the thermal analysis carried out on the drying oven. This work delivers as main results a conveyor belt inclined at 40° with a 1Hp motor and a ribbed belt; a storage hopper with capacity for three business days and a layer of fiberglass insulation for the oven. The design was done mainly through SolidWorks software, where simulations were carried out to avoid long manual calculations.

*

**

Introducción

El proceso de secado de arena es de suma importancia para diferentes aplicaciones, ya sea en sandblasting, fabricación de vidrio, material refractario e incluso para la fabricación de pegamento cerámico. Es por esto que el diseño de un sistema de alimentación automático para un horno típico de secado de arena resulta de gran importancia, principalmente a nivel económico para una organización, ya que garantiza un proceso continuo y eficiente; por otra parte libera al operario de la exposición al calor de este equipo (alrededor de 150°C) y del gran esfuerzo físico al tener que palear la arena repetidas veces.

Se considera la arena húmeda como principal material a transportar y sus consecuencias dadas por sus propiedades como corrosión al contacto directo con otros materiales, se identificarán estrategias efectivas para mitigar las consecuencias

Se requiere de un sistema de alimentación motorizado que resguarde la salud de la persona encargada de este oficio, además se espera que este sistema aumente la producción de arena seca. Por otra parte, se requiere garantizar la seguridad operacional ya que existen equipos y personal aledaño a este sistema por lo que la solución planteada evita que al momento de transportar la arena, esta se esparza por el ambiente causando problemas de salud además de aislar térmicamente el horno para evitar el peligro de quemaduras en el personal.

1. Arena

La arena en Colombia es un recurso natural ampliamente disponible debido a su extensa costa en el océano Atlántico y el océano Pacífico, así como a la presencia de ríos y lagos en todo el país. Algunos aspectos relevantes de este recurso a tener en cuenta son los siguientes:

La arena se compone principalmente de partículas de sílice y puede variar en tamaño, desde granos finos hasta granos más gruesos. La unidad de planeación de minas y energías especifica que la arena utilizada en Colombia se compone al menos de un 98% de SiO_2 lo que permite utilizarla en la fabricación de vidrio, porcelana, cerámicas, y algunos materiales de construcción como el hormigón y los adoquines.

La arena es producida a través del proceso erosivo de las rocas y los minerales a lo largo de miles de años. Acciones como el ir y venir de las olas del mar, el roce del agua contra las piedras en un río, el golpe de las corrientes de aire, el congelamiento y deshielo de las diferentes zonas geográficas; todos estos elementos propician a lo largo del tiempo la descomposición de los materiales en partículas más pequeñas creando de esta manera la arena.

La extracción de arena en Colombia se realiza principalmente en las áreas costeras y en lechos de ríos y lagos. Algunas de las zonas más destacadas incluyen las playas de la costa caribeña, como Cartagena, Santa Marta y Barranquilla, así como la región del Pacífico, especialmente en Chocó.

Es importante tener en cuenta que la extracción descontrolada de arena puede tener un impacto negativo en el medio ambiente. La extracción excesiva puede causar erosión costera, alterar los ecosistemas acuáticos y afectar a la biodiversidad.

1.1 Clasificación de la arena

La arena se puede clasificar dependiendo de la característica que se evalúe, el aspecto más importante a tener en cuenta para la fabricación de cerámica es el que relaciona la composición mineral de la arena.

1.1.1 Arena de Sílice

La arena de sílice es el resultado de la combinación de un átomo de sílice con dos átomos de oxígeno, esto forma un molécula muy estable e insoluble en el agua conocida como cuarzo. Cuando el cuarzo forma un cristal se conoce como roca de cuarzo. Cuando está desperdigado se conoce como sal de silicato y su mezcla con la arena da como resultado arena de sílice cuando alcanza una concentración del 98%. Otros componentes que aparecen en concentraciones menores al 0,05% son: Hierro, aluminio, sodio, titanio, fósforo y calcio.

1.1.2 Arena Calcárea

La arena calcárea tiene como principal componente la calcita, esto se combina con el carbono formando carbonatos de calcio y representan el 90% de la composición de este tipo de arena. La calcita es producida principalmente en los depósitos coralinos, estos son sedimentos compuestos por corales, algas, conchas y demás materiales de tipo calcáreo que aportan la calcita al suelo marino.

1.1.3 Arena Volcánica

La arena volcánica es producida por la emisión de los volcanes, estas emisiones contienen partículas de minerales como el basalto, andesita e incluso obsidiana. La inclusión de estos minerales le un característico color gris-negro. En su composición se encuentra sílice al 70% y alúmina al 14%. Gracias a la inclusión de estos elementos tiene características especiales que le dan gran utilidad en aplicaciones como aislante térmico o acústico, es ignífuga, y posee una gran resistencia en relación a su peso.

1.1.4 Arena Feldespática

Este tipo de arena se caracteriza por contener una alta proporción de mineral de feldespato. Este mineral es un aluminosilicato de potasio, sodio o calcio. Se caracteriza por sus tonalidades claras, colores tipo pastel. Los feldespatos son los minerales más abundantes en el planeta y su aplicación industrial se ve beneficiada por su capacidad para fundirse y formar matrices cristalinas lo que los hace muy útiles en la fabricación de vidrio y cerámica.

1.2 Uso de la arena en la industria cerámica

La arena es la materia prima principal en la industria cerámica ya que su papel es crucial en las diferentes etapas del proceso de fabricación. En primer lugar es importante que la arena para esta industria contenga en muy alta proporción sílice para que la fabricación del esmalte cerámico y las diferentes cerámicas cumplan con los estándares de calidad y pureza exigidos.

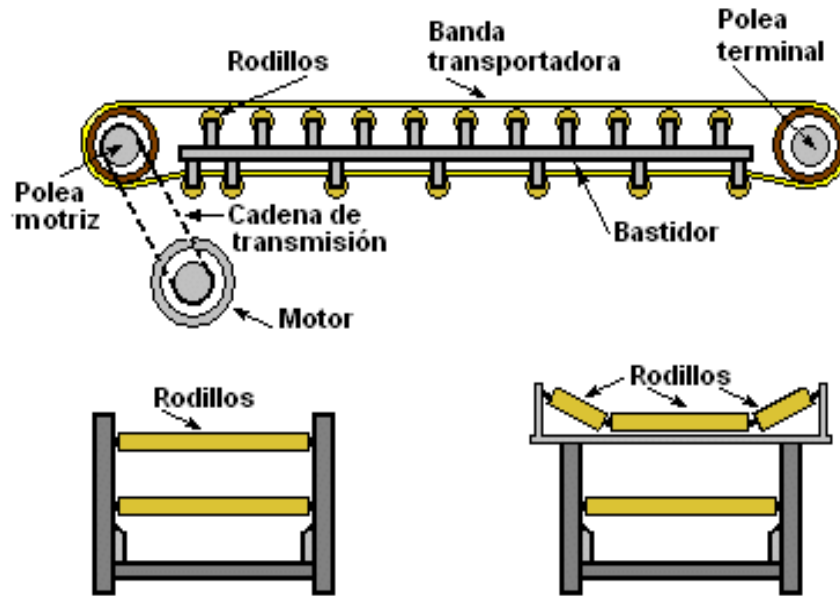
Seguidamente la arena es mezclada con arcilla y otros materiales para garantizar la resistencia y estabilidad de las piezas durante los procesos de cocción y secado de las cerámicas. Durante esta etapa del proceso la arena también juega un papel muy importante en el control de contracción ya que al perderse humedad la arena reduce el riesgo de deformación y fractura de la cerámica. Finalmente la arena se mezcla con aglutinantes para crear los moldes que son utilizados para dar forma a las cerámicas; con esto se garantiza que todo el proceso cumpla con el estándar de calidad requerido.

2. Banda transportadora

Una banda transportadora es una máquina utilizada para el transporte continuo de materiales a granel o productos empacados en una variedad muy amplia de industrias. Generalmente la cinta está fabricada en caucho y PVC y algunos otros materiales que otorgan resistencia al desgaste sin perder flexibilidad.

Figura 1.

Esquema general banda transportadora



Su principio de funcionamiento consiste en la acción de un motor que mueve un cilindro motriz, este transmite el movimiento a la cinta sobre unos rodillos o alguna otra superficie que permita el desplazamiento continuo, sobre la cinta se sitúan los materiales a transportar y estos seguirán la trayectoria dada por la cinta.

El campo de aplicación de las bandas transportadoras incluye la minería, la industria alimenticia, la industria de embalaje y logística, agricultura, construcción. Entre las ventajas de este tipo de máquina se tiene que garantizar un transporte eficiente y continuo, permite que los procesos de transporte sean automatizados, reduce costos por mano de obra, permite líneas de producción flexibles y reduce riesgos laborales al minimizar la intervención humana en el

transporte de elementos pesados o peligrosos. Finalmente, un mantenimiento adecuado consiste en garantizar la limpieza de la banda y los rodillos, así como una correcta lubricación.

2.1 Clasificación bandas transportadoras

Las bandas transportadoras se pueden clasificar desde dos puntos de vista, por una parte se clasifican según la estructura de la cinta transportadora, por otro lado se clasifican según la configuración del sistema. En este documento se verán las dos clasificaciones ya que son necesarias para el diseño final.

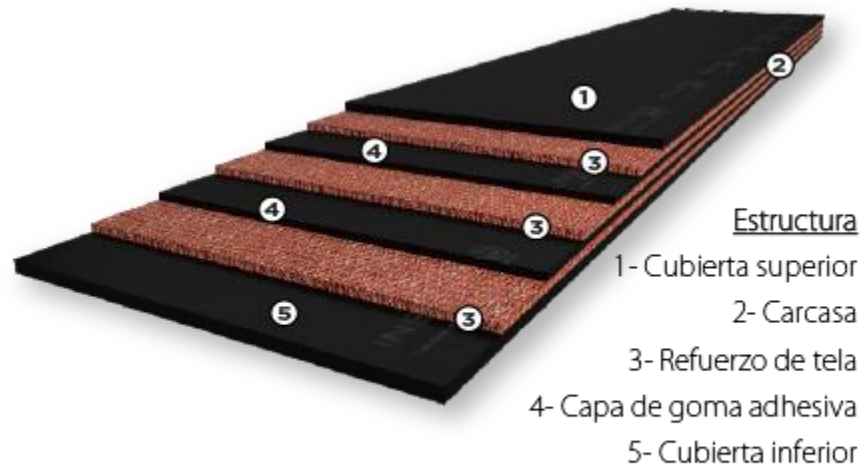
2.1.1 Clasificación según la estructura de la cinta

2.1.1.1 Cinta transportadora lisa. Este tipo de cinta transportadora es el más utilizado ya que ofrece gran versatilidad y es la más económica de todas las opciones. Esta cinta es utilizada en aquellas instalaciones donde el transporte es horizontal o donde el ángulo de inclinación es menor al ángulo de deslizamiento. De igual manera el material a transportar debe tener la consistencia y el peso tal que permanezca en su sitio durante el transporte.

Su estructura consiste en una serie de capas donde las dos más externas son completamente lisas, no presentan en su superficie ningún tipo de textura o división. Debe garantizar alta resistencia a la rotura, poca elongación, alta flexibilidad, y resistencia a la abrasión.

Figura 2.

Cinta transportadora lisa



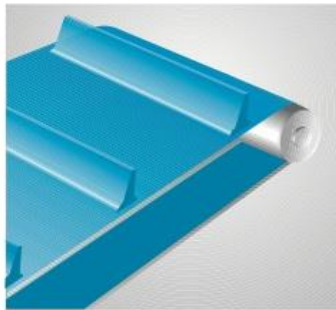
La ilustración muestra la construcción de una cinta reforzada con tela y sus principales características

2.1.1.2 Cinta transportadora con perfiles. Este tipo de cinta es utilizado en el transporte inclinado, cuando el ángulo de inclinación supera el ángulo de deslizamiento. En este tipo de transporte se vuelve indispensable utilizar una cinta con nervios o perfiles perpendiculares a la dirección de transporte sobre la superficie de la cinta, estos elementos evitan que el material transportado sufra retrocesos o caídas garantizando de este modo la capacidad de transporte de la cinta.

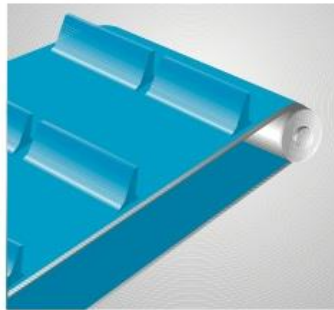
Basado en el material a transportar y el grado de inclinación se determina la altura y el tipo de perfil más adecuado para cada aplicación, en condiciones ideales es posible garantizar el transporte hasta los 70° de inclinación. Añadir este tipo de perfiles a la cinta sacrifica la flexibilidad de la misma haciendo que los diámetros de los tambores deban ser mayores, dependiendo de la aplicación es posible dentar los perfiles para dar algo más de flexibilidad a la cinta.

Figura 3.

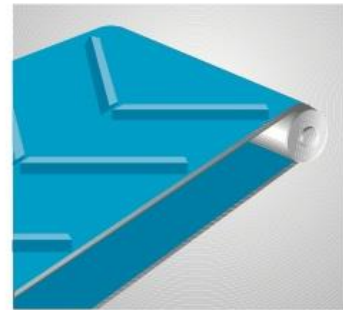
Cinta transportadora con perfiles



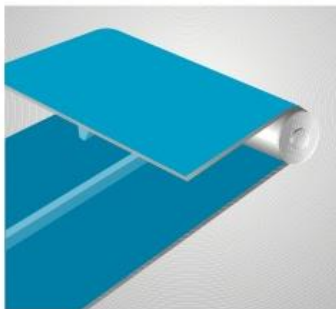
Perfil transversal único



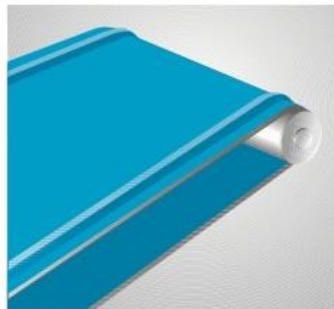
Perfil transversal doble



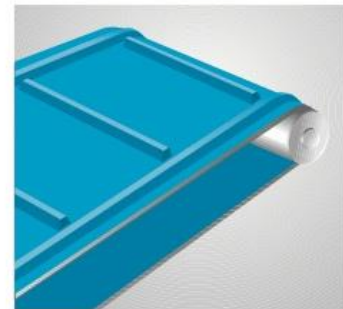
Perfil en forma de "V"



Perfil guía interna



Perfiles laterales de contención



Perfil transversal único con laterales de contención

2.1.1.3 Cinta transportadora modular. Este tipo de cinta se compone de pequeños módulos fabricados generalmente en plástico. Su utilización depende principalmente del uso, tipo de producto y cuidados que se deben tener. La cinta la componen dos elementos a nivel general, eslabones y pines; la unión de estos elementos crea el “tejido” que da lugar a este tipo de cinta transportadora.

Su utilidad está enfocada principalmente en la industria que requiere estándares de higiene muy elevados como lo son el transporte de químicos, alimentos y farmacéutica. Otras ventajas que presenta este tipo de cinta son la resistencia a la abrasión, la corrosión, y sobre todo una gran flexibilidad en el diseño. Los tramos se pueden fabricar de cualquier longitud, pueden ascender y descender en una misma trayectoria varias veces, y finalmente este tipo de diseño permite una

limpieza sencilla, efectiva y rápida. Al ser un diseño modular permite que, al momento de dañarse un eslabón o un pin, realizar el cambio de este elemento individual permitiendo así reducción en los costos de los repuestos.

Figura 4.

Cinta transportadora modular



2.1.2 Clasificación según la configuración del sistema

2.1.2.1 Banda transportadora horizontal. Esta configuración de banda transportadora es la más sencilla y económica, es utilizada cuando se requiere transportar un elemento de un punto A hacia un punto B con un ángulo de inclinación 0. Es un sistema muy sencillo, en línea recta y al mismo nivel, la cinta se desplaza suavemente por la acción del motor sobre el rodillo motriz.

Esta configuración es fácil de instalar, es fácil de mantener, y en caso de ser necesario es fácil de trasladar. Los artículos a transportar deben tener un peso y forma que les permita mantenerse en su posición durante el recorrido.

Figura 5.

Banda transportadora horizontal



2.1.2.2 Banda transportadora inclinada. Esta configuración de la máquina es utilizada cuando el punto de partida y el punto de llegada están a diferente nivel, por lo tanto entra a consideración un ángulo de inclinación para el transporte. Cuando hace presencia un ángulo de inclinación en el transporte es necesario tener en cuenta que deben usarse las cintas con perfiles ya que de otro modo esta configuración presenta una notoria pérdida en la capacidad de carga y transporte lo que resulta en procesos ineficientes.

Por otro lado el diseño del equipo presenta mayor complejidad, es necesario garantizar que en este diseño no se presenten puntos muertos donde pueda quedar atrapado el material transportado, el diseño debe garantizar la confiabilidad en su operación.

Esta configuración es más robusta, más potente y por ende menos flexible; el proceso de instalación y puesta en marcha requiere de mayor tiempo. Trasladar este equipo es complejo y en ocasiones no es posible debido a que en muchas ocasiones su diseño está enfocado a una aplicación específica.

Figura 6.

Banda transportadora inclinada



2.1.2.3 Banda transportadora curva. En esta configuración el punto A y el punto B están al mismo nivel pero desplazados uno del otro en la dirección horizontal. Cuando se requiere hacer

el cambio de dirección es posible realizarlo con varias bandas horizontales, sin embargo, este método no es eficiente ya que requiere de muchos recursos y de grandes dimensiones. En este lugar entra en juego la banda transportadora curva, esta permite que el espacio sea utilizado de manera más eficaz al realizar el cambio de dirección.

El tipo de cinta puede ser modular o lisa, depende más del campo al que vaya ser aplicado. En cualquier caso, se requiere de elementos guía y de fijación que permitan mantener la curva de la cinta fija, con un movimiento suave y sin complicaciones.

En este tipo de configuración la capacidad de carga de la cinta disminuye ya que se somete a mayores esfuerzos, por otro lado, se incluyen nuevos elementos de guía y fijación que generan un mayor desgaste en la cinta, además se debe verificar continuamente la alineación para garantizar un funcionamiento correcto.

Figura 7.

Banda transportadora curva



3. Criterios incidentes

La selección de una cinta transportadora y la configuración de toda la máquina depende de los requerimientos de la aplicación donde va a operar el equipo, los criterios que representan una mayor incidencia para la selección son los siguientes:

3.1 Material de la cinta

Una cinta transportadora se compone esencialmente de dos materiales. En primer lugar cuenta con un tejido interior y su función es la de soportar los esfuerzos y distribuirlos por toda la cinta; este tejido se arregla de tal modo que las hebras de mayor calibre vayan en la misma dirección del movimiento, de este modo se soporta la mayor carga producto de la acción del transporte. Por otro lado, las hebras más delgadas se ubican en dirección perpendicular al movimiento para garantizar una resistencia a las cargas laterales. Algunos de los tejidos comúnmente utilizados son: Algodón, poliéster, poliamida y cables de acero.

En segundo lugar se tiene el recubrimiento exterior, su función es la de dar protección al tejido interno así como proporcionar la superficie de tracción para que el transporte del material sea efectivo. El material más utilizado es el caucho, ya sea de origen natural o PVC, junto a este se adicionan otros compuestos para dar al recubrimiento las propiedades de tracción y resistencia a la abrasión que sean requeridas.

3.2 Ancho de la banda

Realmente no existe una norma que defina de manera contundente la relación del ancho de la banda con otras características relevantes, sin embargo desde las buenas prácticas se recomienda a nivel general que el ancho de la banda sea mayor a 2 veces el ancho del artículo más grande a transportar. Cuando se trata de transporte de material a granel el ancho se relaciona con el flujo de material a transportar, la velocidad de la banda y el ángulo máximo de inclinación.

3.3 Ángulo máximo de inclinación

Este parámetro relaciona el ángulo de inclinación para la banda en el cual el transporte del material deja de ser seguro y eficiente ya que se comienza a presentar deslizamiento y caída de este. Este parámetro aplica en los casos donde se utiliza una banda lisa; cuando se utiliza una cinta con nervaduras este criterio pierde incidencia ya que el perfil evita los deslizamientos.

El ángulo máximo de inclinación está dado por el mismo material y su interacción con la cinta que lo transporta (Fricción). Para garantizar un correcto transporte se debe respetar este ángulo llevando la inclinación máxima a un valor menor a este. Algunos ángulos de inclinación típicos son los siguientes:

- Arena: 15° - 18°
- Asfalto: 16° - 18°
- Piedra caliza: 18°
- Cemento: 20°

Si se desea transportar este tipo de materiales con mayor ángulo de inclinación se debe utilizar una cinta con perfiles para garantizar un transporte seguro y eficiente.

4. Diseño conceptual

4.1 Requerimientos de diseño

El objetivo principal es diseñar un sistema de alimentación continua de arena para un secador rotativo con el fin de incrementar su capacidad volumétrica de procesamiento en un máximo de 35%. Para dar cumplimiento a este objetivo se cuenta con los siguientes requerimientos:

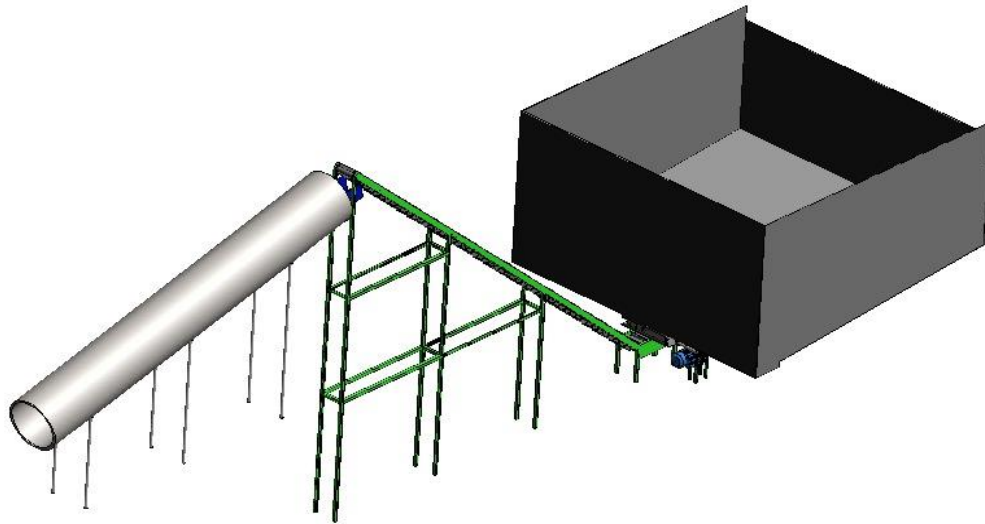
- Incremento en 35% en volumen de alimentación al horno secador
- Tiempo de operación diario de 8 horas.
- Área de emplazamiento disponible de 7m x 3m
- La máquina debe ser segura de operar
- Se debe corroborar la funcionalidad de la propuesta con un modelo a escala
- Presentar los costos documentados y un análisis del tiempo de retorno de la inversión
- Se entrega manual de operación y mantenimiento del equipo

Para satisfacer estos requerimientos se diseña una banda transportadora de 5,7 metros de longitud, 0,2 metros ancho, 40° de inclinación, cinta con nervaduras para garantizar el transporte, velocidad de 5,3 rpm y un motorreductor de 1Hp. La máquina se instala de manera fija, una parte

de ella queda bajo el nivel del piso para recoger la arena de la tolva y asciende hasta la altura de la boca del horno.

Figura 8.

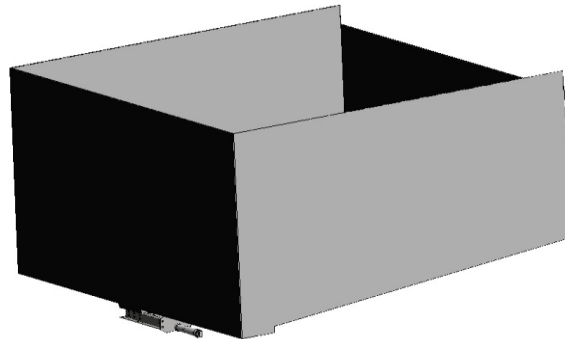
Línea secado de arena



En la imagen anterior se presenta la propuesta a desarrollar, actualmente existe únicamente el horno para el secado de la arena, el almacenamiento se realiza sobre el piso y la alimentación a través de esfuerzo humano. La propuesta comprende tres subsistemas principales, en primer lugar, el subsistema de almacenamiento, en segundo lugar el subsistema de alimentación y en tercer lugar el subsistema del horno.

Figura 9.

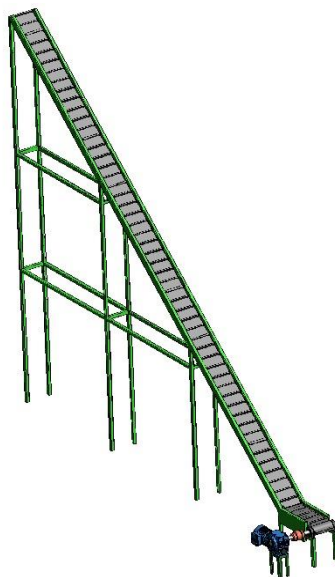
Subsistema de almacenamiento



Para el subsistema de almacenamiento se propone una tolva con guillotina o rasera que permita almacenar la arena necesaria para varios días de proceso; además debe realizar la dosificación de la materia prima sobre la cinta transportadora. El diseño detallado y las simulaciones de carga se presentan en el capítulo 8 del presente libro.

Figura 10.

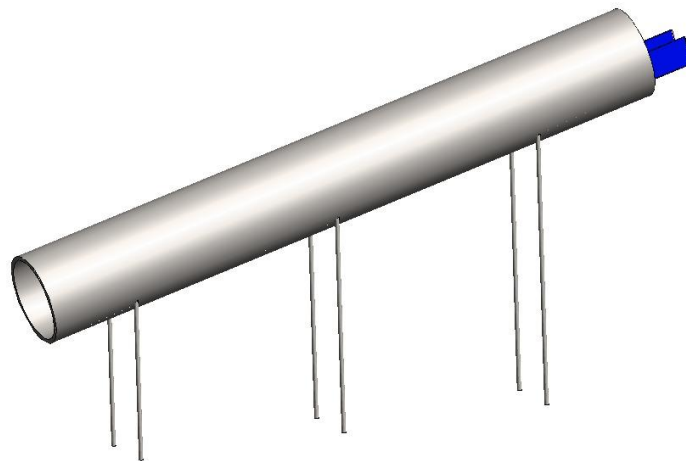
Subsistema de alimentación



Este subsistema comprende el enfoque principal de este trabajo de grado ya que con él se desean cumplir los objetivos planteados para el desarrollo de este proyecto. La propuesta se compone de una estructura metálica sobre la cual se desliza una cinta con nervaduras, es el puente entre el subsistema de almacenamiento y el subsistema del horno. A partir del capítulo 4 y hasta el capítulo 7 podrá encontrar el desarrollo de la propuesta para este subsistema; allí podrá encontrar el detalle de los elementos que componen esta sección del proyecto, la selección de cada pieza, las simulaciones de carga entre otros.

Figura 11.

Subsistema horno

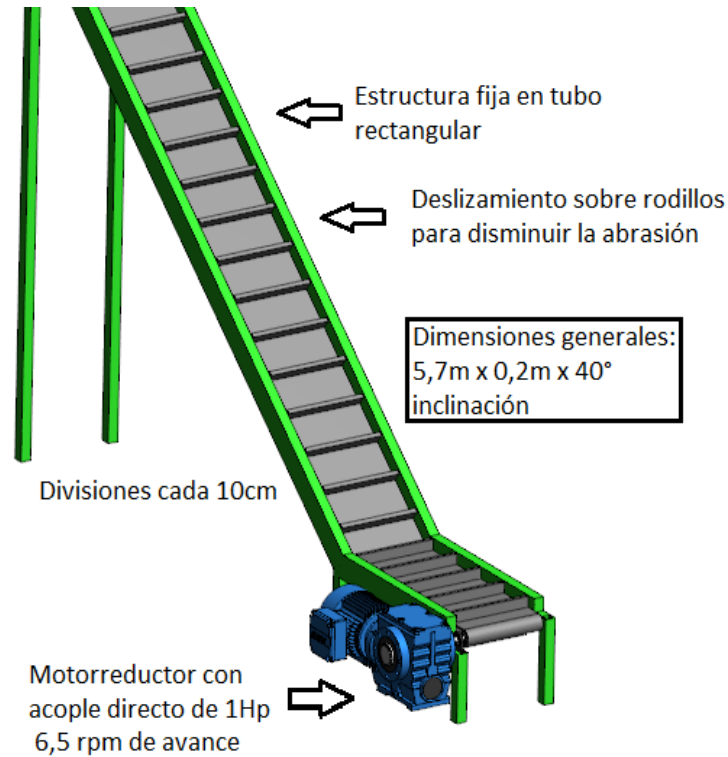


Finalmente se presenta el subsistema del componente que ya existe en la actualidad, el horno rotativo para el secado de arena. Para este horno se solicita implementar un aislante térmico para garantizar la seguridad operacional de las personas alrededor del mismo ya que se encuentra el metal totalmente expuesto lo que representa un alto riesgo de accidente. El desarrollo y simulación de esta propuesta se evidencia en el capítulo 9 de este documento.

A continuación, se presenta el detalle de la propuesta conceptual para el subsistema de alimentación:

Figura 12.

Diseño conceptual banda transportadora



En la figura anterior se observa el diseño conceptual de la banda transportadora sobre el cual se realiza el diseño definitivo para dar cumplimiento a los requerimientos.

4.2 Subsistemas banda transportadora

Se definen 3 subsistemas esenciales que conforman todo el conjunto de la máquina, estos son: Subsistema de potencia, Subsistema estructural, Subsistema de transporte; a continuación, se presentan de manera ilustrativa.

Figura 13.

Subsistema de transporte

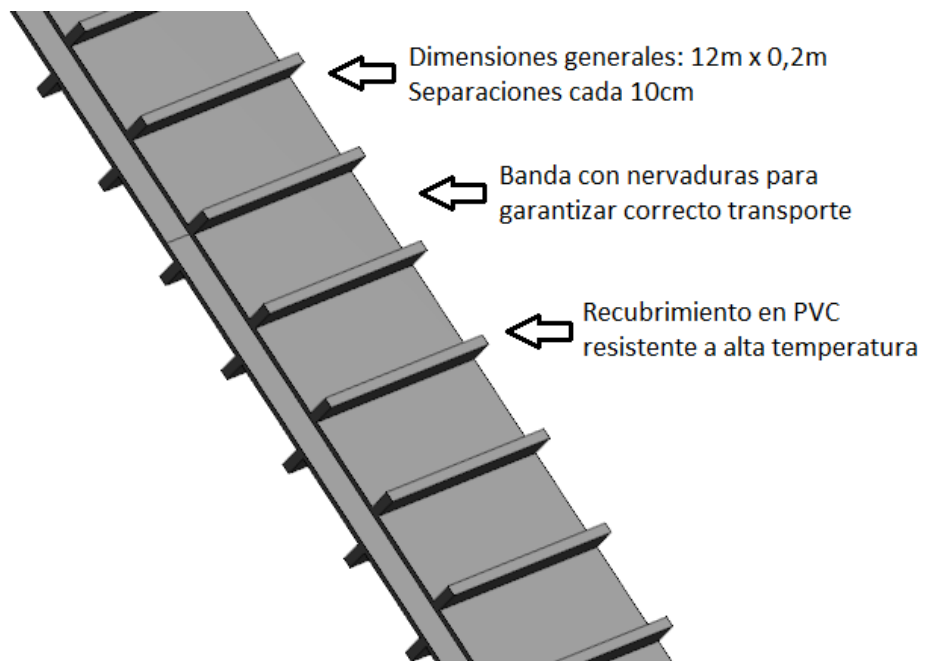
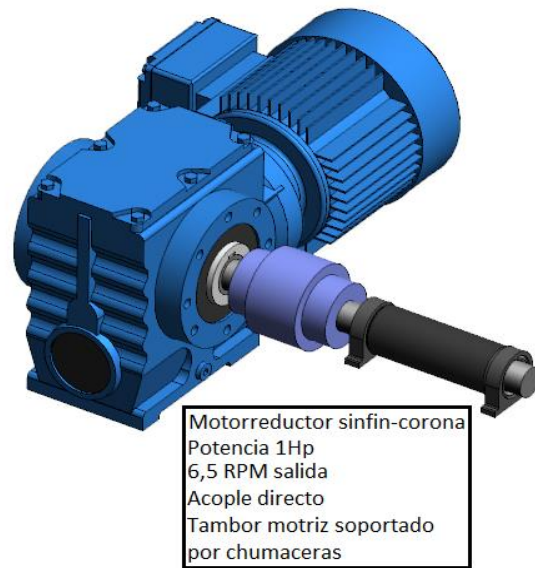
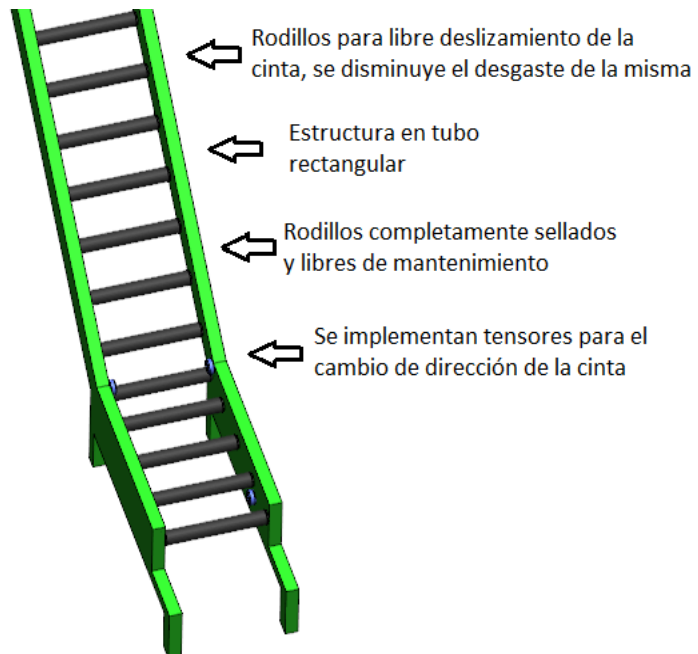


Figura 14.

Subsistema de potencia

**Figura 15.**

Subsistema estructural



Cada uno de estos subsistemas se compone a su vez de elementos mecánicos individuales que serán explicados en los siguientes capítulos.

5. Selección subsistema de transporte

El subsistema de transporte lo compone únicamente la banda transportadora. Para dar inicio al proceso de selección de este elemento se deben recordar los factores incidentes que se mencionan en el capítulo 3 de este libro: Material, ancho y ángulo de inclinación de la banda.

El proveedor de referencia para la selección de la banda será *Icobandas*. Sus productos son fabricados con materiales acordes a la aplicación garantizando la resistencia a grasas, temperatura, ácidos y desgaste general basado en compuestos de caucho y PVC según sea requerido.

El ángulo de inclinación de la banda es de 40° ; para la arena el ángulo máximo de inclinación es de 18° , por este motivo la banda a seleccionar es de la familia *ANN* especial para transporte inclinado ya que incluye nervaduras para garantizar el transporte del material.

Para definir el ancho de la banda y luego realizar la selección; se realiza una caracterización de la arena a utilizar; de este modo se quiere definir la carga que debe transportar la cinta y consigo el área necesaria para la selección.

5.1 Caracterización de la arena

Se tomaron diferentes muestras de arena, la caracterización se realiza mediante la medición de la masa de arena húmeda y de arena seca con un mismo volumen de control. De este modo se determina la densidad.

Figura 16.

Toma de muestras de masa de arena



De la actividad de muestreo se recopilan y tabulan los siguientes datos:

Tabla 1.

Valores de las masas a diferentes volúmenes

Altura balde (cm)	Masa arena húmeda (gr)	Masa promedio arena húmeda (gr)	Masa arena seca saturada (gr)	Masa promedio arena seca saturada (gr)
17	19200	19250	25200	25200
	19300		25180	
	19250		25220	
15	169930	169850	22230	22230
	169850		22200	
	169770		22260	
10	11320	11320	14820	14820
	11320		14820	
	11320		14820	

Con los datos consignados en la TABLA 1 se calcula el volumen de control para cada altura y de igual manera se realiza el cálculo de la densidad para cada muestra tomada. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla a continuación.

Tabla 2.

Valores densidades

Tipo de arena	Masas (Kg)	Volumen balde (m ³)	Densidad (Kg/m ³)	Densidad promedio (Kg/m ³)
Húmeda	19,25	0,01201662	1601,947969	1601,615
	16,98	0,0106029	1601,44866	
	11,32	0,0070686	1601,44866	
Seca saturada	25,2	0,01201662	2097,095523	2096,763
	22,23	0,0106029	2096,596214	
	14,82	0,0070686	2096,596214	

A continuación, se realiza una comparación contra datos teóricos de densidad para arena seca y húmeda:

- Densidad arena húmeda: $1650 \frac{kg}{m^3}$

- Densidad arena saturada seca: $2100 \frac{kg}{m^3}$

$$\% \varepsilon = \left| \frac{Real - Teórico}{Teórico} \right| \times 100$$

$$\% \varepsilon_{húmeda} = \left| \frac{1602 - 1650}{1650} \right| \times 100 = 2.9\%$$

$$\% \varepsilon_{seca} = \left| \frac{2097 - 2100}{2100} \right| \times 100 = 0.14\%$$

Esta comparación se realiza con el fin de verificar los valores de densidad obtenidos, con los porcentajes de error obtenidos se confirma que se trabaja con una baja cantidad de impurezas (Madera y rocas principalmente). Con este cálculo se finaliza la caracterización de la arena; a continuación, se presenta el cálculo del rendimiento de la materia prima con el objetivo de definir la cantidad diaria que se va a transportar.

5.2 Rendimiento arena húmeda - arena seca

El proceso al cual se va a someter la arena es de secado principalmente y un tamizaje al finalizar el recorrido por el horno. Partiendo de este concepto definimos por rendimiento a la arena resultante una vez finalizado el proceso respecto a la arena recibida inicialmente.

La arena de río recibida presenta un máximo de 10% de humedad en masa, además, se manifiesta por parte de los operadores del equipo que se recibe entre un 5% - 10% de materiales extraños mezclados con la arena húmeda. Atendiendo a estos parámetros se presenta el siguiente cálculo para determinar las toneladas de materia prima diarias a procesar.

- Actualmente se procesan 4 Ton/Día y se desea aumentar un 35%; es decir, a 5,4 Ton/Día
- Para alcanzar esta producción se debe recibir:

Ton Arena húmeda - 10% humedad - 10% elementos extraños = 5,4 Ton/Día

Ton Arena húmeda - (Ton Arena húmeda * 20%) = 5,4 Ton/Día

$$\text{Ton Arena húmeda} = 5,4 * 1,2$$

$$\text{Ton Arena húmeda} = 6,48 \text{ Ton/Día}$$

Las variables de humedad y elementos extraños son algo difíciles de manejar, por este motivo el equipo del proyecto decide sumar un 10% en masa a las Ton Arena húmeda para garantizar un inventario constante de arena para el proceso. Finalmente, las toneladas de arena para el diseño y selección de la banda serán 7,1 Ton/Día

5.3 Selección de la banda

En primer lugar, se determina el flujo de masa que debe transportar la banda por minuto, para ello a las 7,1 toneladas halladas en el ítem anterior se les divide en 8 horas de operación diarias y en 60 minutos de operación por hora; de esta manera se obtiene el siguiente resultado:

$$7100 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ horas}} \times \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} = 14.79 \frac{\text{kg}}{\text{minuto}}$$

Para calcular la capacidad de transporte de la banda se realiza la siguiente hipótesis: Por cada división de la banda se puede transportar el 75% del volumen del segmento de banda. Esta suposición se realiza teniendo en cuenta factores como pérdidas por dispersión de la arena, caída de material por los laterales o hacia el siguiente segmento por la inclinación, entre otros factores. A continuación, se presentan 3 propuestas:

Icobandas (ANN - E - 7 - 200) A8

$$200 \text{ mm} \times 25 \text{ mm} \times 200 \text{ mm} = 1000000 \text{ mm}^3$$

$$1000000 \text{ mm}^3 * 0,75 = 750000 \text{ mm}^3$$

$$750000 \text{ mm}^3 = 750 \text{ cm}^3$$

$$m = 0.001602 \text{ kg/cm}^3 * 750 \text{ cm}^3$$

$$m = 1,2 \text{ kg}$$

$$14,79/1,2 = 12,33 \text{ divisiones por minuto}$$

$$12,32 \text{ RPM}$$

Icobandas (ANN - E - 7 - 100) A8

$$200 \text{ mm} \times 25 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} = 500000 \text{ mm}^3$$

$$500000 \text{ mm}^3 * 0,75 = 375000 \text{ mm}^3$$

$$375000 \text{ mm}^3 = 375 \text{ cm}^3$$

$$m = 0.001602 \text{ kg/cm}^3 * 375 \text{ cm}^3$$

$$m = 0,6 \text{ kg}$$

$$14,79/0,6 = 24,65 \text{ divisiones por minuto}$$

$$12,1 \text{ RPM}$$

Icobandas (ANN - E - 6 - 110) A6

$$200 \text{ mm} \times 20 \text{ mm} \times 110 \text{ mm} = 440000 \text{ mm}^3$$

$$440000 \text{ mm}^3 \times 0.75 = 330000 \text{ mm}^3$$

$$330000 \text{ mm}^3 = 330 \text{ cm}^3$$

$$m = 0.001602 \text{ kg/cm}^3 * 330 \text{ cm}^3$$

$$m = 0,53 \text{ kg}$$

$$14,79/0,53 = 27,91 \text{ divisiones por minuto}$$

$$15 \text{ RPM}$$

Se presentan tres alternativas de bandas comerciales, la primera opción es la banda **Icobandas (ANN - E - 7 - 200) A8**, la cual tiene una capacidad de transporte de 1,2 kg por división y se requerirían 12 divisiones por minuto para cumplir con el flujo de masa necesario para la operación.

La siguiente alternativa considerada es la banda **Icobandas (ANN - E - 7 - 100) A8** de Icobandas como una alternativa viable. Esta banda tiene una capacidad de transporte de 0,6 kilogramos de arena por división, lo que significa que se requerirían aproximadamente 25 divisiones por minuto para cumplir con la capacidad de procesamiento del horno.

Finalmente se presenta como otra alternativa la banda **Icobandas (ANN - E - 6 - 110) A8** de Icobandas. Esta banda tiene una capacidad de transporte de 0,53 kilogramos por división, lo que significa que se requerirían 28 divisiones por minuto para cumplir con el flujo de masa necesario para la operación.

El criterio principal a tener en cuenta para seleccionar la banda se basa en comparar la capacidad de carga de la banda contra las rpm necesarias para garantizar el flujo de arena necesario para el proceso. Teniendo lo anterior en cuenta se descarta en primer lugar la referencia ANN-E-6-110 ya que presenta la menor capacidad de carga y necesita la mayor cantidad de vueltas para

cumplir con el transporte de arena lo que propicia el desperdicio de material por dispersión de la arena.

Las referencias ANN-E-7-200 y ANN-E-7-100 en realidad son bandas idénticas, la diferencia está en la distancia de separación de las divisiones, para este caso el equipo de proyecto considera tomar la referencia ANN-E-7-100 como la banda de referencia para efectuar los cálculos posteriores, esta decisión se toma basados en que la capacidad de carga, al ser menor garantiza disminuir la probabilidad de generar atascos o colapsar el sistema en cada descarga, de igual manera las RPM necesarias son el dato más pequeño de las tres referencias. Igual se aclara que en caso de ser necesario puede ser utilizada la referencia ANN-E-7-200 sin ningún tipo de problema. Para este diseño serán necesarios 11 metros de banda para cubrir el recorrido.

A continuación, se presentan las ilustraciones de referencia para la banda ANN-E-7-100:

Figura 17.

Medidas generales banda referencia ANN-E-7-100

Ancho Banda [A] (Pulg.)	Ancho Nervadura [N] (Pulg.)
6	6
8	8
10	10
12	12
14	14
15	15
Longitud mínima 2,80m	

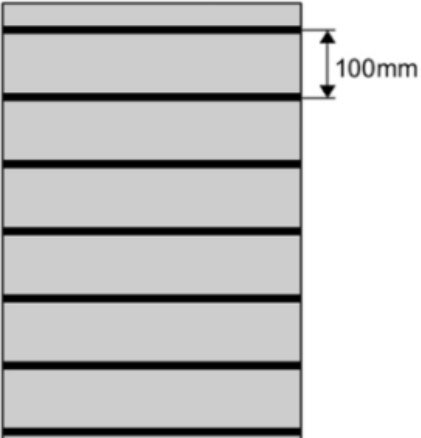


Figura 18.

Descripción gráfica banda referencia ANN-E-7-100



6. Selección de los elementos del subsistema de potencia

El subsistema de potencia se compone esencialmente de un motorreductor, un acople directo, un tambor motriz y dos chumaceras. En primer lugar, se determina la potencia la potencia del motorreductor basado en los requerimientos inicialmente mencionados. La determinación de la potencia se realizó siguiendo tres métodos de cálculo diferentes ya que por la magnitud de la carga transportada los resultados no eran convincentes.

6.1 Determinación de la potencia

En primer lugar, se utilizó el método de cálculo del Fabricante *A&J Transmisiones y Equipos* donde basa su cálculo en la inercia por la fricción con los rodillos, la longitud de la banda,

carga de la cinta, carga del material, y el ángulo de inclinación. Con estos datos se obtiene que la potencia necesaria es de 0,1kW.

En segundo lugar, se usa el método de energías, este método tiene en cuenta la energía potencial, cinética y rotacional de todos los elementos involucrados en el sistema; una vez halladas todas estas energías se determina la constante de inercia de la masa giratoria (wk^2). Al igual que en el método anterior la potencia necesaria es de 0,1kW.

Finalmente se utiliza la calculadora del fabricante de motorreductores *Sew-Eurodrive*. Esta calculadora permite seleccionar la aplicación del motorreductor, en este caso una banda transportadora; seguidamente se ingresan el parámetro de carga, el diámetro del tambor motriz, la velocidad lineal de avance de la cinta y el factor de fricción banda-rodillos. Los valores ingresados fueron:

- Carga: 120Kg
- Diámetro tambor motriz: 80mm
- Velocidad: 0,042 m/s
- Factor de fricción: Se asume deslizamiento caucho sobre metal por lo tanto da 0,45

El resultado obtenido es:

Potencia estática de 0.471 kW

6.2 Determinación del motorreductor

Una vez obtenido este valor se toma como referencia por encima de los otros métodos utilizados. Además, al notar que el material a transportar es arena húmeda y sin tamizar se decide aplicar un factor de seguridad de 1,6 a esta potencia de modo que la banda no vaya a presentar atascamiento. Finalmente, la potencia para el sistema es de 0,75kW.

Una vez determinada la potencia se continúa con la selección del motorreductor, para ello se hace uso de la herramienta *catálogo configurador de productos* del fabricante *Sew-Eurodrive*. A continuación, se presentan las figuras del proceso de selección del motorreductor.

Figura 19.

Selección tipo equipo



En esta primera ventana se presentan todos los productos ofertados por *Sew-Eurodrive*. Se ingresa en la opción de “Motorreductores AC”

Figura 20.**Configurador del producto**

Búsqueda

Designación del tipo requerido:

Diseño del reductor:

Tipo motor:

País de uso:

Potencia del motor P [kW] / Par Ma [Nm]: ± / ±

Velocidad de salida na [1/min] / Índice de reducción i: ± / ±

Factor de servicio fB: ±

Clase con eficiencia internacional (IE):

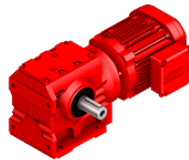
Nº de polos:

Factor de duración:

Adaptador entre el reductor y el motor:

Velocidades de salida bajas especiales:

Operación con convertidor de frecuencia



Resultados de la búsqueda

Denominación	Clase eficiente	P [kW]	na [1/min]	Ma [Nm]	i	fB	na2 [1/min]	Factor con duración ciclica	PLCM
S57oR17DRN80MK4	IE3	0.55	13	315	131	1.2	1745	S1-100%	
S67DRN80M4	IE3	0.75	11	430	158.45	1.2	1751	S1-100%	
S87DRN100L4	IE3	3	13	1720	139.05	1.2	1763	S1-100%	
S37oDRN63M4	IE3	0.18	14	93	122.94	1.05	1695	S1-100%	

En esta ventana se dan las características principales para seleccionar un producto, como se puede observar en la figura anterior se introducen los siguientes parámetros:

- Reductor tipo tornillo sinfin-corona: Se selecciona este tipo de reductor ya que facilita el montaje en el diseño propuesto.

- Motor de corriente alterna (AC)

- Potencia 0,75kW

- RPM salida 11

- Eficiencia IE3 (>83%)

Una vez introducidos estos datos el selector despliega en la parte inferior una serie de productos cuyas características se asemejan a las introducidas anteriormente. Para este caso se

selecciona la segunda alternativa ya que es la más cercana a las RPM solicitadas. Esta consideración se toma basada en el objetivo de evitar atascamiento por exceso de velocidad o reducir la eficiencia del secado por exceso de carga.

Figura 21.

Opciones de diseño



Opciones de diseño	
Posición de montaje:	M1
ángulo de pivote:	Sin ángulo pivotante
Tipo integrado:	S. Diseño con patas
Eje de salida:	50x100 mm
Posición del eje:	A
Interface de motor digital:	<i>i</i> Sin integración de motor digital
Posición de conexión/caja de bornas:	270°
Entrada de cable/ Posición del conector:	X

Below the form are icons for file operations (undo, redo, save, print, etc.) and a 3D model of a motor with a gearbox.

En esta etapa se define la posición del montaje, si el montaje es inclinado, el tipo de diseño de la caja del reductor, el tamaño del eje de salida y la posición de la caja de bornes. Los datos introducidos son los siguientes:

- Montaje en posición M1
- Sin ángulo de pivote
- Caja con patas de anclaje

- Eje de 50mm x 100mm
- Posición de la caja de bornes a 270°

Una vez introducida la información el configurador muestra una vista preliminar de la configuración.

Figura 22.

Opciones generales

The screenshot displays the 'Driveconfigurator' interface for the S67DRN80M4 model. The top navigation bar includes 'Volver', '1 Búsqueda', '2 Variantes', '3 Opciones', '4 Resumen', and 'Siguiete'. The main content area is divided into three sections: 'Opciones', 'Descripción', and 'Opciones seleccionadas'. The 'Opciones' section shows 'Garantía extendida' with a checkbox and a '-12' badge, and 'General' with expandable options like 'Pintura imprimación/CapaFinal' and 'Protección anticorrosiva y para la superficie'. The 'Descripción' section contains instructions: 'Por favor, seleccione una de las opciones disponibles en la izquierda. Si no encuentra una opción en la selección, puede añadir una nota en el apartado de resumen antes de entregar su solicitud'. The 'Opciones seleccionadas' section lists: 'Eje de salida: 40x80 mm', 'Pais de uso Colombia (RETIE/RETIQ 60 Hz)', 'Aislamiento térmico 155(F)', 'Grado de protección IP 55', and 'Tensión, frecuencia, bobinado'.

Finalmente, antes de la opción de compra se hace un recuento del motorreductor seleccionado, así como la opción de algunas configuraciones extra. A continuación, se presenta el motorreductor seleccionado y sus características:

- Motorreductor S67DRN80M4
- Potencia 0,75kW
- 11 RPM salida
- Voltaje 220
- Conexión Doble estrella/estrella
- Eje salida 40mm x 80mm
- Cumplimiento de la norma RETIE para Colombia

- Aislamiento térmico 155F
- Aceite mineral CLP 680
- Pintura color Gris Azulado

6.3 Determinación del acople directo

Uno de los objetivos es que la banda transportadora sea segura para quienes puedan transitar a su alrededor, por ello el sistema de transmisión es lo más compacto posible con el objetivo de minimizar los riesgos por atrapamiento. Al contar con un motorreductor la transmisión de la potencia se realiza con un acople directo.

El acople utilizado lo fabrica la compañía *ERHSA* quienes son fabricantes de una variedad de equipos para transmisión de potencia. Se selecciona el acople de referencia DN que según el fabricante es un acople apto para cargas bajas. Se compone de dos cubos dentados en acero y la unión es a través de un manguito en poliamida que le da resistencia al desgaste, estabilidad térmica y amortiguación. Es el acople más económico del proveedor, son totalmente libres de mantenimiento y puede operar a una temperatura máxima de 100°C.

Figura 23.

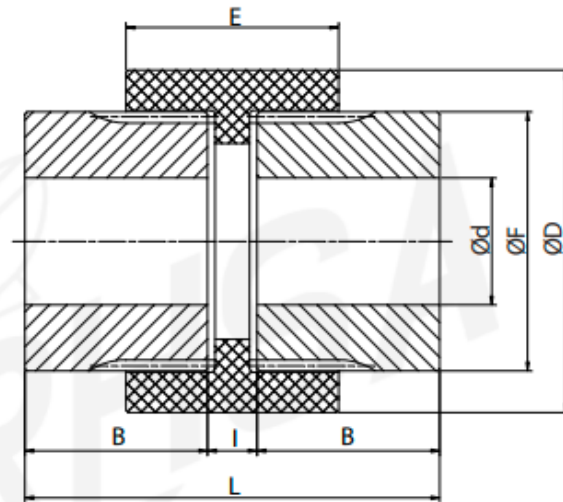
Tabla datos acoples DN

MODELO	CAPACIDAD			DIMENSIONES (mm)								
	n_{max}	N_{nom}/rpm	M_t	D	d max	B	E	F	I		L	
	RPM	HP/RPM	Nm						min	max	min	max
DN-00	4500	0.002	14	48	19	19	32	33	4	6	42	44
DN-0	4500	0.0037	27	60	28	33	50	45	9	12	75	78
DN-1	3950	0.013	93	83	42	50	55	64	14	18	114	118
DN-2	3300	0.033	236	104	60	62	70	84	14	18	138	142
DN-3	3000	0.087	623	133	75	75	86	105	14	18	164	168

Se ingresa a la tabla con el parámetro H_p/RPM que en nuestro caso es: 0.0834, con este dato el acople que cumple el requerimiento por encima es la referencia DN-3.

Figura 24.

Dimensiones acople DN-3



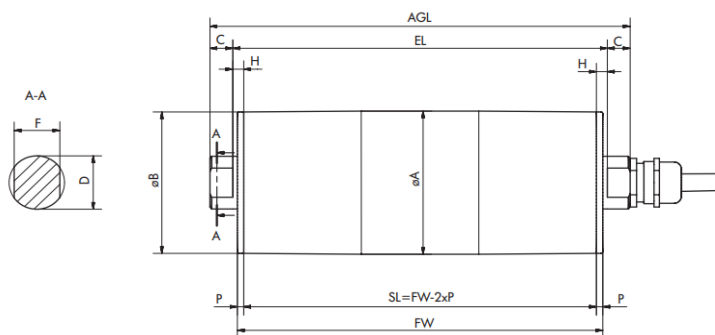
- d: 40mm
- F: 105mm
- D: 133mm
- E: 86mm
- B: 75mm
- I: 15mm
- L: 165mm

6.4 Determinación del tambor motriz y chumaceras

El tambor motriz cumple una función esencial en las bandas transportadoras al generar movimiento en la banda, proporcionar tracción para mover la carga, controlar la velocidad de transporte, mantener la alineación de la banda, soportar eficazmente la carga transportada y transferir la potencia generada por el motor reductor. Su papel central en estos aspectos garantiza un transporte eficiente y seguro de la arena, para su selección se tienen en cuenta los siguientes criterios: El eje donde se monta el acople debe ser de 30 mm, irá soportado por dos chumaceras de pedestal de 30 mm, se le dará un hombro de 15mm para garantizar el soporte del tambor y evitar deslizamientos laterales. Este diseño tiene ventajas específicas, mejor alineación de la banda transportadora, menor tensión en la banda, una reducción del riesgo de derrames de material.

Figura 25.

Tabla de datos tambor motriz

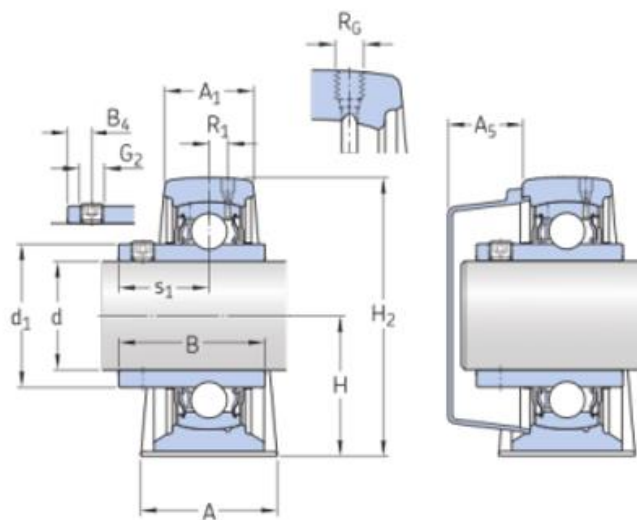


Tipo	A [mm]	B [mm]	C [mm]	D [mm]	F [mm]	H [mm]	P [mm]	SL [mm]	EL [mm]	AGL [mm]
DM 0080 abombado	81,5	80,5	12,5	30	25	6	3,5	FW - 7	FW + 5	FW + 30
	81,5	80,5	12,5	25	20	6	3,5	FW - 7	FW + 5	FW + 30
	81,5	80,5	12,5	17	13,5	6	3,5	FW - 7	FW + 5	FW + 30
DM 0080 cilíndrico	81	81	12,5	30	25	6	3,5	FW - 7	FW + 5	FW + 30
	81	81	12,5	25	20	6	3,5	FW - 7	FW + 5	FW + 30
	81	81	12,5	17	13,5	6	3,5	FW - 7	FW + 5	FW + 30
DM 0080 cilíndrico + chaveta de ajuste	81,7	81,7	12,5	30	25	6	3,5	FW - 7	FW + 5	FW + 30
	81,7	81,7	12,5	25	20	6	3,5	FW - 7	FW + 5	FW + 30
	81,7	81,7	12,5	17	13,5	6	3,5	FW - 7	FW + 5	FW + 30

Las 2 chumaceras seleccionadas son SKF SY 30 TF, se compone de un rodamiento de bolas, tipo pedestal con fijación por tornillos, carcasa en fundición, el ajuste con el eje se realiza mediante tornillo prisionero, incluye sello para evitar el ingreso de contaminantes. Las dimensiones de la chumacera son las siguientes:

Figura 26.

Dimensiones chumacera SKF SY 30 TF



Dimensiones

d	30 mm	Diámetro interno
d_1	39.7 mm	Diámetro del resalte del aro interior
A	40 mm	Ancho de la base
A_1	25 mm	Ancho superior
A_5	22.5 mm	Parte que sobresale de la tapa lateral
B	38.1 mm	Ancho del aro interior
B_1	38.1 mm	Ancho total del rodamiento
B_4	5 mm	Distancia de la cara lateral del dispositivo de fijación al centro de la rosca
H	42.9 mm	Altura del centro del asiento esférico
H_1	17 mm	Altura del pie
H_2	82 mm	Altura total

7. Selección de los elementos del subsistema estructural

El subsistema estructural se compone esencialmente de un bastidor, rodillos de deslizamiento y ruedas tensoras. Los requerimientos para el diseño de este subsistema son los siguientes:

- Capacidad de carga: 150Kg
- Área de emplazamiento: 3m x 7m
- Ángulo inclinación: 40°
- El material transportado es arena húmeda con densidad de 1650 kg/m³

Toda la estructura debe soportar y transportar el material de manera eficiente además de ser operativamente segura para las personas que estén a su alrededor.

7.1 Determinación de las ruedas tensoras y rodillos de deslizamiento

Como se presentó en el diseño conceptual la banda transportadora comprende dos etapas en su recorrido, en primer lugar una etapa de transporte horizontal de 0,5 metros y seguidamente una etapa inclinada a 40° de 5,2 metros. Para hacer posible este cambio en la dirección de la banda se añaden unas ruedas tensoras, estos elementos se apoyan a cada lateral del bastidor y allí mantienen la cinta en su lugar y brindan el cambio de dirección deseado. Para ello las ruedas tensoras se seleccionan con las mismas dimensiones de los rodillos de deslizamiento a excepción de la longitud del catálogo *Blickle*.

Figura 27.

Rueda tensora FPU 30X11/8



Figura 28.

Datos técnicos FPU30X11/8

Bandaje / banda de rodadura:

- poliuretano termoplástico de alta calidad (TPU), dureza 98 Shore A
- muy baja resistencia a la rodadura
- muy resistente a la abrasión
- color marrón, no deja huellas, no decolora al contacto
- banda de rodadura inyectada directamente sobre el cojinete a bolas

Otras propiedades:

- alta resistencia química a muchos medios agresivos
- resistencia a la temperatura: de -20 °C a +70 °C, brevemente hasta +90 °C, capacidad de carga reducida a más de +35 °C
- las capacidades de carga se refieren a aplicaciones sin obstáculos

Para determinar los rodillos a utilizar se usó el catálogo de *Interroll*, un fabricante de productos para sistemas de manejo de unidades de carga y logística. Para entrar a seleccionar un producto en el catálogo se deben conocer los siguientes datos: Carga soportada por el rodillo en Newton, velocidad lineal del transporte, y longitud de montaje.

Para determinar la carga que soporta cada rodillo se toma la longitud total de la banda y se divide entre el tamaño de cada división, de esta manera se halla cuántas divisiones hay en el lado superior de la banda, este cálculo se realiza para cada etapa de la máquina, es decir, para la parte horizontal y para la parte inclinada. Una vez determinado la cantidad de divisiones y sabiendo ya la carga de cada una de las divisiones se multiplican entre sí para hallar la carga total del sistema.

Se decide que para cada división halla también un rodillo por lo que se determina que el espacio entre uno y otro va a ser de 0,1 metros. Con lo anterior presente se calcula que para toda la longitud se pueden colocar 58 rodillos; el total de la carga de la carga del sistema dividido entre el total de rodillos da como resultado que cada rodillo soporta 3Kg.

El siguiente dato necesario es la velocidad lineal del transporte que como ya se mencionó es de 0,42 m/s. Finalmente la longitud de montaje hace referencia al mismo ancho de la banda que se definió en 0,2 metros.

Con los 3 parámetros ya definidos se ingresa al catálogo, como ya se mencionó la carga no es un factor determinante en este diseño por su baja magnitud, por este motivo la selección se realiza basado en la velocidad de transporte y la longitud de montaje. El rodillo seleccionado bajo los requerimientos es el siguiente:

Figura 29.

Rodillo transportadora serie 1200



Figura 30.

Datos técnicos rodillo serie 1200

Datos técnicos

Datos técnicos generales	
Plataforma	1200
Capacidad de carga máx.	1200 N
Velocidad máx. de transporte	0,8 m/s
Versión antiestática ($< 10^6 \Omega$)	Sí
Rango de temperatura	-28 hasta +80 °C
Material	
Tubo	Acero zincado, acero inoxidable, aluminio
Eje	Acero pulido, acero zincado, acero inoxidable
Tapa de cierre	Acero zincado
Tipo de rodamiento	Rodamiento de bolas de acero con pistas de rodadura templadas hasta \varnothing 40 mm lubricados con aceite, a partir de \varnothing 50 mm lubricados por grasa
Revestimientos de tubo	
	Funda de PVC (página 24) Funda de PU (página 25) Revestimiento de goma (página 26)
Ejes	Además de las variantes enumeradas en las tablas de capacidades de carga están disponibles: <ul style="list-style-type: none"> • Con muelle en ambos lados • De longitud variable • Ejecución distinta de ambos extremos del eje
Tubo	Además de las variantes enumeradas en las tablas de capacidades de carga están disponibles: <ul style="list-style-type: none"> • Con aletas de guiado soldadas sobre el tubo
Atenuación del ruido	Para tubo de \varnothing 50 mm

El fabricante expresa que este rodillo puede ser utilizado en aquellas situaciones donde el material a transportar sea a granel, o empacado en cajas o bidones, igualmente puede ser utilizado si el transporte es inclinado. El rango de temperaturas de operación va desde 0°C hasta 80°C aunque de ser necesario puede incluirse una tapa especial para temperaturas fuera del rango mencionado.

Entre sus cualidades resalta una alta confiabilidad y larga vida útil debido a su montaje interno ya que las cargas son completamente absorbidas por los rodamientos y estos están fabricados en acero templado para garantizar la durabilidad. En un rango de trabajo donde 1 es

Figura 32.

Dimensiones rodillo

Medidas

Las medidas del rodillo transportador dependen de la versión de eje. Ya se ha contemplado un eje axial suficiente, por lo cual al efectuar un pedido se requiere únicamente la anchura nominal real entre los perfiles laterales.

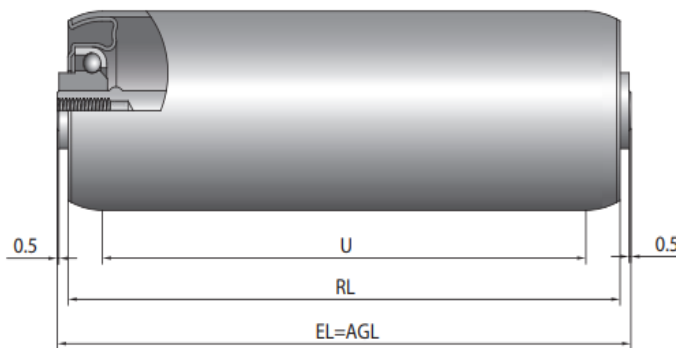
Para las medidas para pedido de revestimientos de tubo, p. ej., fundas de PVC, véase página 24 y para las aletas de guiado, véase página 28.

RL = Longitud de referencia/longitud de pedido

EL = Longitud de montaje, ancho nominal entre los perfiles laterales

AGL = Longitud total del eje

U = Longitud útil de tubo: Longitud sin tapas de cierre y con tubo metálico rebordeado sin longitud del rebordeado

Eje de rosca interior

Ø de tubo [mm]	Ø de eje [mm]	EL [mm]	AGL [mm]	U [mm]
30 x 1,2	8, 10	RL + 6	RL + 6	RL - 8
40 x 1,5	10, 12	RL + 6	RL + 6	RL - 10
50 x 1,5	10, 12	RL + 6	RL + 6	RL - 12
60 x 1,5	10, 12, 14	RL + 6	RL + 6	RL - 21
80 x 2	14	RL + 3	RL + 3	RL - 21

Las dimensiones finales en milímetros del rodillo seleccionado son las siguientes:

- Diámetro rodillo=30
- Espesor=1,2
- Diámetro eje=10

- U=200
- RL=208
- EL=214
- AGL=214

7.2 Determinación del bastidor

El bastidor se define como el conjunto que da soporte a los rodillos de transporte, a las ruedas tensoras, a las chumaceras, a la cinta, y al motorreductor. Su estructura la forman la unión de tubos en perfil rectangular soldados entre sí para adaptarse a los requerimientos de la aplicación.

Los rodillos transportadores se insertan en un orificio realizado a la estructura del mismo diámetro del eje, gracias al mecanismo interno de resorte que posee el rodillo su instalación es sencilla y rápida. La rueda tensora se sujeta a la estructura con una perforación del mismo diámetro que los rodillos, sin embargo, esta es sujeta a través de un tornillo.

La chumacera de tipo pedestal se sujeta con dos tornillos de manera vertical en el área donde va ubicado el tambor motriz. Finalmente, el motorreductor posee una pequeña base a un costado del bastidor principal, allí va atornillado en 4 puntos.

La carga de 150Kg se distribuye a lo largo de la cinta y a su vez se reparte sobre los rodillos, los rodillos transmiten la carga hacia cada lateral de la estructura y esta transmite la carga al suelo a través de los soportes verticales, además cuenta con soportes horizontales para darle rigidez a la estructura.

A continuación, se presenta el estudio de esfuerzos realizado a la estructura, en este análisis se grafican los esfuerzos de Von Mises y la deformación de la estructura, además se dan las conclusiones pertinentes:

Figura 33.

Esfuerzos Von Mises bastidor

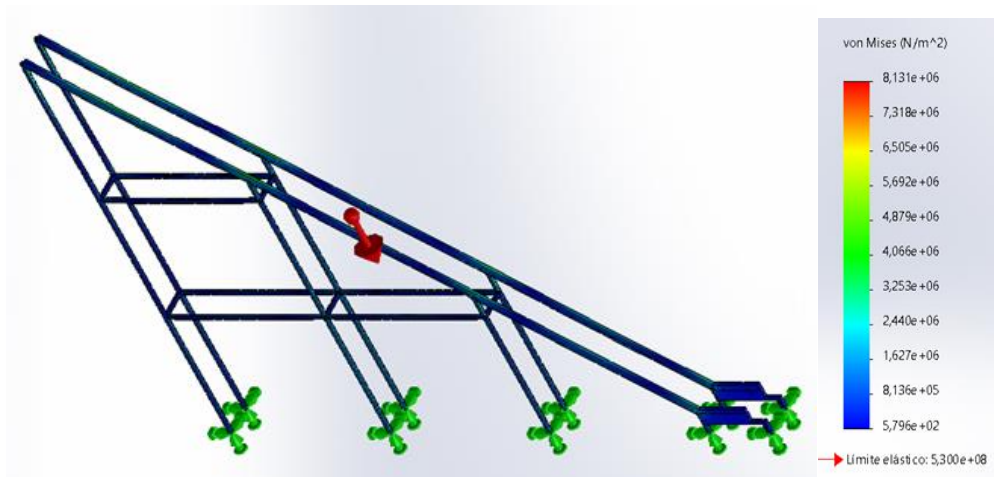
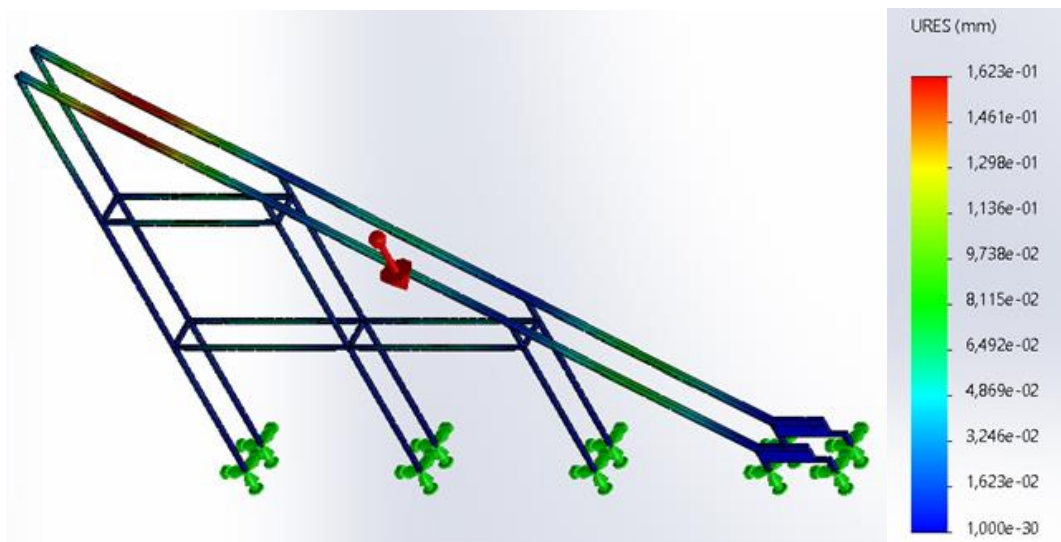


Figura 34.

Deformaciones bastidor



En la primera gráfica se observa la distribución de esfuerzos Von Mises, cabe recordar que este esfuerzo es por excelencia el análisis utilizado para analizar los materiales dúctiles. En este caso la simulación permite visualizar la resistencia o capacidad del material para soportar la carga aplicada donde el valor de referencia es $5,3e^8$.

A la derecha en una escala de colores se presenta en azul oscuro la zona sometida a los menores esfuerzos mientras que en rojo la zona sometida al mayor esfuerzo. La estructura se observa en su mayoría dentro del rango del color azul lo que permite concluir rápidamente que los esfuerzos de Von Mises están lejos de llegar al valor de referencia.

Sin embargo, al revisar la escala se observa que en algún punto del mallado generado por el software se obtiene el valor pico de $8,1e^6$, este valor aún sigue lejos del valor del esfuerzo máximo permisible por lo que se concluye que la estructura no va a fallar por el material seleccionado.

En la gráfica siguiente se hace referencia a las deformaciones de la estructura; estas deformaciones se analizan desde el punto de vista de la configuración de la estructura, la ubicación de los elementos de soporte, entre otros aspectos.

Por deformación se entiende un cambio en la forma inicial del material debido a la aplicación de cargas y se compara respecto a la longitud inicial del elemento. Partiendo del concepto anterior la simulación permite visualizar la deformación de la estructura debido a la carga aplicada, en este caso no existe puntualmente un valor de referencia, sin embargo basado en buenas prácticas las deformaciones admisibles no deben ser perceptibles a simple vista.

A primera vista se observa nuevamente la mayoría de la estructura en tonalidades azules, sin embargo, en este caso si es perceptible la zona más crítica en colores rojos y amarillos. Al

observar la escala se ve que el valor máximo para la deformación es de $1,6e^{-1}$ milímetros, es decir, 0.16 milímetros se alarga la estructura en la zona de color rojo.

Este valor es completamente imperceptible por lo que se puede concluir que la estructura garantiza la estabilidad y rigidez necesarias para las cargas aplicadas, de esta manera se ratifica el diseño propuesto y se procede con el diseño detallado en planos.

8. Determinación tolva almacenamiento arena húmeda

Este proyecto incluye dos ítems extra además de la banda transportadora, estos ítems son una tolva de almacenamiento y un aislante térmico para el horno. En este capítulo se calcula la tolva de almacenamiento; como ya se mencionó anteriormente la cantidad de arena a procesar diariamente es de 7,1 Toneladas sin embargo, por temas logísticos se reciben 2 viajes de arena en volqueta a la semana, de acuerdo con lo anterior se realiza el siguiente cálculo:

$$1602 \frac{kg}{m^3} = \frac{7100 Kg}{v}$$

$$v = 4.432 m^3$$

El volumen necesario para almacenar 7,1 toneladas de arena húmeda es de 4,43 [m3]. El proceso de secado de la arena opera durante 8 horas diarias durante 5 días a la semana así que el volumen total a procesar es de:

$$Mp = 4.432 m^3 * 5$$

$$Mp = 22,15m^3$$

Seguidamente se divide en 2 este resultado ya que es el número de veces que llega un viaje de arena por semana:

$$Mp = 22,15m^3/2$$

$$Mp = 11,08m^3$$

Se obtiene finalmente que la tolva debe almacenar 11,08 [m3] de arena húmeda para suplir la operación sin embargo, se decide aumentar un 10% extra en volumen para garantizar la capacidad y disponibilidad de la materia prima frente a cualquier inconveniente. El volumen final para el diseño de la tolva es de:

$$Mpt = 12.19 m^3$$

Las dimensiones finales de la tolva se presentan en el apéndice C.

8.1 Análisis de esfuerzos

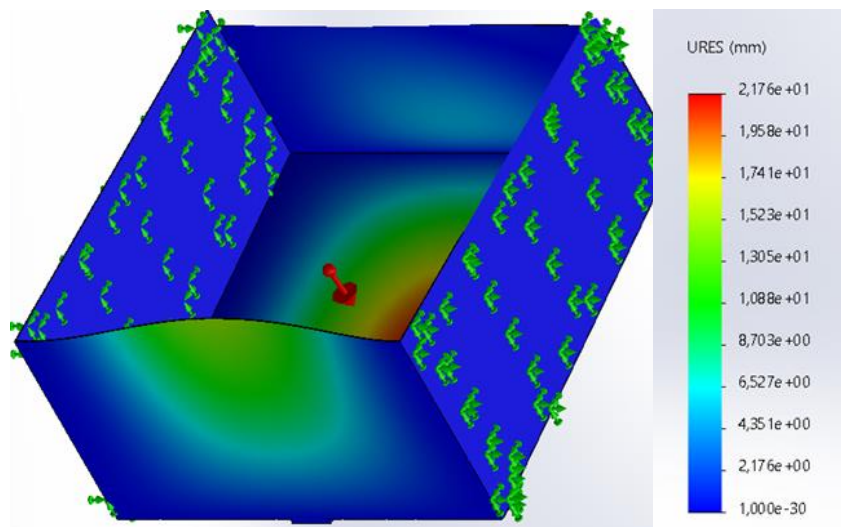
A continuación, se presenta el análisis de esfuerzos para el diseño de la tolva. El material seleccionado es lámina de acero inoxidable AISI 316 en espesor de ¼". Esta selección se realiza principalmente basados en el tipo de material, su característica húmeda y el alto grado de desgaste

que provoca la arena hace que seleccionar al acero inoxidable sea la mejor opción a largo plazo. Otras características incluidas en el análisis son la masa de arena (19512 Kg) distribuida uniformemente sobre la cara inferior de la tolva, y un valor de 9,81 m/s² para la gravedad.

A continuación, se presentan los resultados del estudio realizado:

Figura 35.

Deformaciones tolva almacenamiento

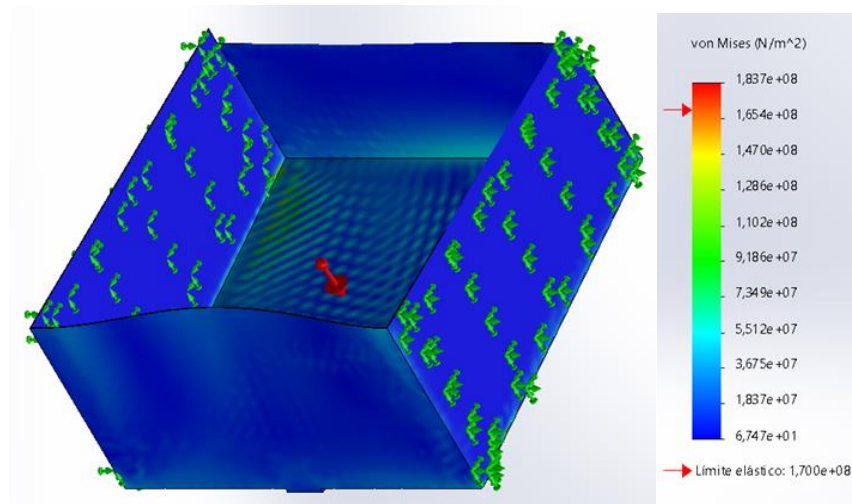


En la imagen anterior se presenta el resultado del análisis de esfuerzos para la tolva de almacenamiento de arena húmeda, más específicamente las deformaciones que se presentan en sus diferentes caras. En esta simulación se observa 2 zonas claramente marcadas en colores verde y naranja debido a la carga aplicada.

El valor de deformación máximo para este análisis se encuentra en la cara inferior de la tolva y corresponde a 2,2 mm. Para entender mejor esta deformación se presenta a continuación el resultado para el análisis de la Tensión Von Mises:

Figura 36.

Tensión Von Mises tolva almacenamiento



En la gráfica anterior se presenta la distribución de tensiones se Von Mises para la tolva de almacenamiento, esta tensión marca el límite entre la zona elástica y la zona plástica del material. En este caso el valor del límite elástico del material corresponde a $1,7e+8$ N/m².

A la derecha se presenta la escala de valores de tensión Von Mises que se presentan en toda la tolva, la flecha indica el valor de 1,7 mencionado anteriormente. El valor máximo de tensión obtenido en la simulación es de $1,84e+8$.

Al relacionar los resultados obtenidos en las deformaciones y los resultados observados en las tensiones de Von Mises se concluye que el diseño de la tolva y la carga aplicada superan el límite elástico del material seleccionado y por ende la deformación de 2,2 mm entra en la zona plástica o deformación permanente de la estructura.

Este resultado es completamente inaceptable por lo que se replantea el diseño de la tolva. La nueva opción contempla 2 refuerzos cruzados en diagonal sobre la cara inferior de la tolva, con esta adición se plantea dar mayor resistencia a esta zona ya que es donde se presentó la

deformación máxima en la simulación. A continuación, se presentan los resultados del nuevo análisis con los refuerzos:

Figura 37.

Tensión Von Mises con refuerzos

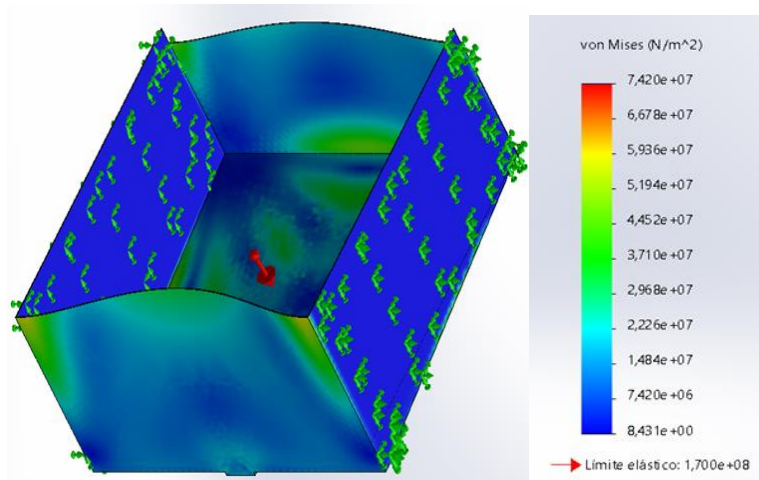
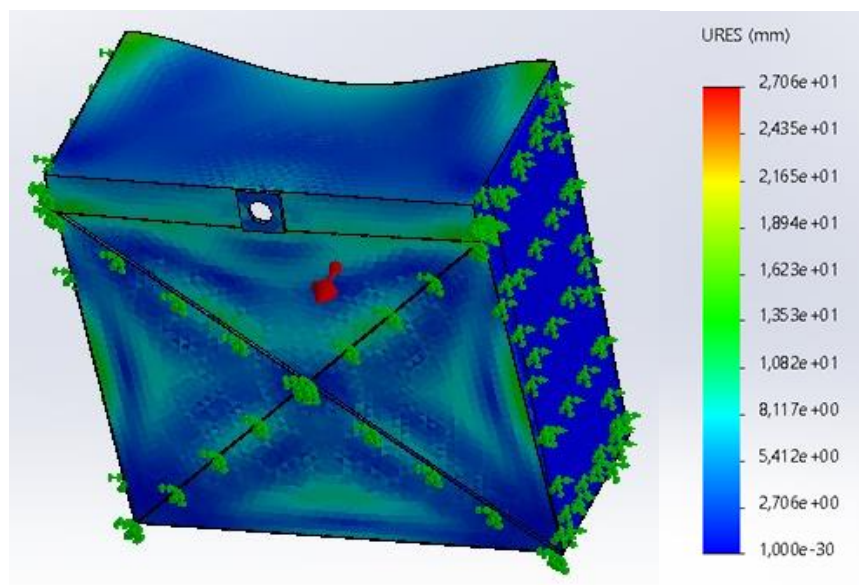


Figura 38.

Deformaciones con esfuerzos



En las dos imágenes anteriores se presentan los resultados de la nueva simulación para la tolva con refuerzos inferiores. En primer lugar, se presenta el análisis de tensión Von Mises donde el valor de referencia para el material es de $1,7e+8$. A la derecha se presenta la escala de tensiones presente en la tolva donde el valor máximo para el estudio es de $7,42e+7$.

Con este nuevo resultado se observa claramente la acción de los refuerzos ya que la estructura se alejó considerablemente del punto de deformación permanente lo que garantiza un comportamiento óptimo de la tolva frente a la carga a la cual se va a ver sometida.

Por otra parte la deformación máxima obtenida es de 2,7 mm, en este caso la deformación es mayor que en análisis anterior sin embargo, en esta ocasión la deformación está sobre la única cara que no va empotrada en paredes laterales, aunque no se sobrepasa el límite elástico en ningún momento la deformación presentada es considerable. El diseño presentado satisface las necesidades del proyecto, para corregir la deformación presentada se añade un refuerzo a esa cara; las dimensiones finales de la tolva se presentan en el apéndice D.

9. Análisis térmico

A continuación, se presenta el análisis térmico para el horno, el cual está inclinado a 14.5° , tiene una longitud de 4 metros, diámetro exterior de 55.08 cm con un espesor de 1", la cara inferior está sometida a una llama provocada por un derivado del petróleo, el cual genera una temperatura en esta cara de 200°C El material del cual está fabricado es 1023 chapa de acero al carbono en espesor de 1", con las siguientes propiedades:

Figura 39.

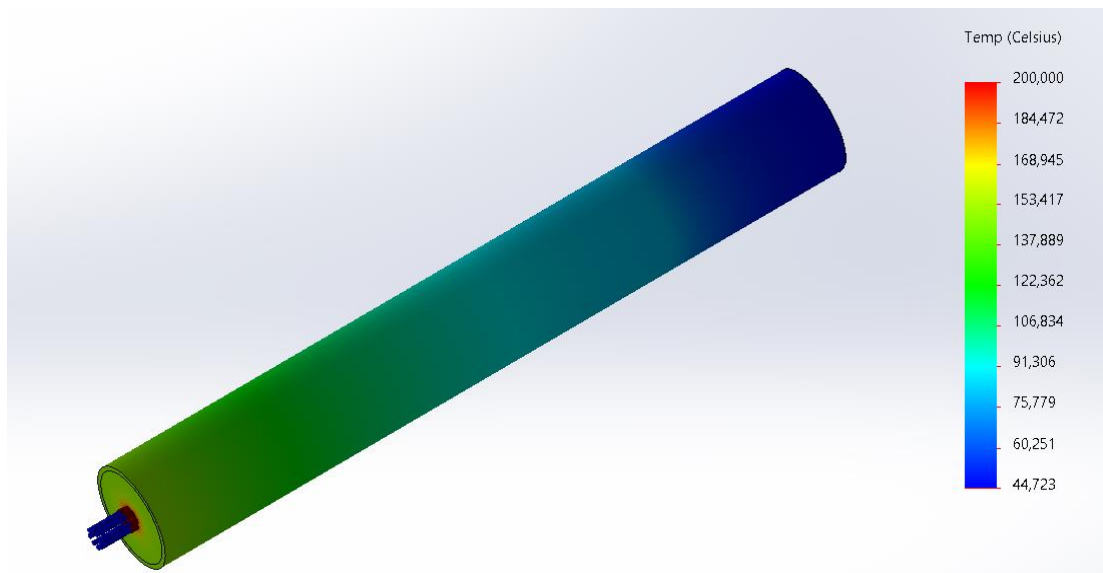
Propiedad material del horno

Propiedad	Valor	Unidades
Coeficiente de Poisson	0.29	N/D
Módulo cortante	8e+10	N/m ²
Densidad de masa	7870	kg/m ³
Límite de tracción	420000000	N/m ²
Límite de compresión		N/m ²
Límite elástico	350000000	N/m ²
Coeficiente de expansión térmica	1.17e-05	/K
Conductividad térmica	51.9	W/(m·K)
Calor específico	486	J/(kg·K)

A continuación, se presenta la simulación térmica del modelo actual:

Figura 40.

Análisis térmico horno secador



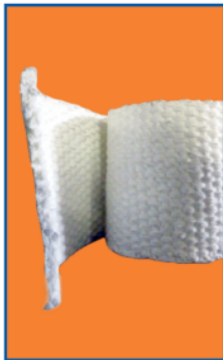
En este análisis térmico el horno alcanza una temperatura en la capa superficial distribuida que varía entre 106°C y 44°C. En la búsqueda constante por priorizar la seguridad y el bienestar de los operarios, se implementa una medida de protección. Consiste en la aplicación de un aislante térmico sobre la superficie del horno con el objetivo de reducir las temperaturas en su capa superficial, para esto nos dirigimos al catálogo y entramos con los valores de temperatura arrojados en la simulación.

Figura 41.

Dimensiones fibra de vidrio FG100C

REF: FG100C CINTA DE FIBRA DE VIDRIO

REF: FG100C FIBERGLASS TAPE



DESCRIPCIÓN: Se fabrica a partir de hilos de fibra de vidrio, los cuales se tejen para conformar una cinta flexible y aislante térmica de muy buenas propiedades térmicas.

APLICACIONES: Su presentación en cinta le permite aislar tuberías, partes de hornos, chimeneas y emplearse como junta de dilatación, es ideal para todos los procesos donde el asbesto no puede emplearse.

DESCRIPTION: It is manufactured from fiber glass yarns, which are woven to form a flexible tape with very good thermal insulation properties.

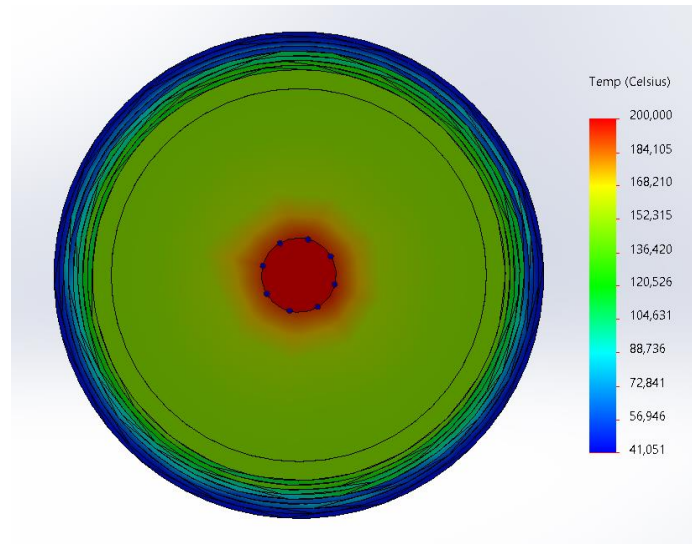
APPLICATIONS: Furnaces, fireplaces, manufacture of expansion joints, gasketing for non standard flanges, ideal for all processes where asbestos can not be used.

Size and Weight							Thickness (inches)
Width (in.)	1.0"	2.0"	3.0"	4.0"	5.0"	6.0"	1/8" +/- 1/32"
Meters/Roll	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	Temperature ° C
Weight Kg/Roll +/- 5%:	1.4	2.8	4.0	5.0	6.8	8.5	540°C

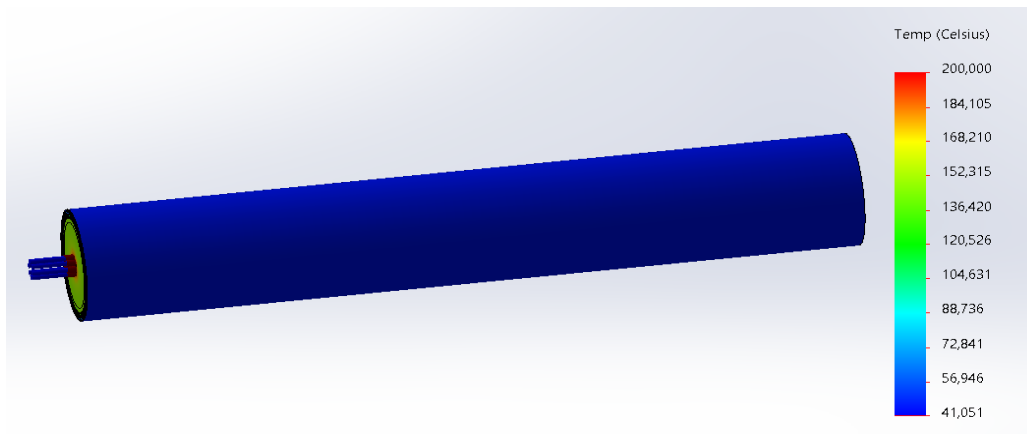
A continuación, se presenta el análisis térmico una vez instalada la fibra de vidrio por toda la cara superficial del horno con un espesor de 2”:

Figura 42.

Análisis térmico con fibra de vidrio

**Figura 43.**

Análisis térmico capa superficial



En el contexto de esta investigación, se ha identificado que para lograr un control efectivo de la temperatura superficial de la fibra de vidrio y mantenerla por debajo de los 50°C , es necesario aplicar un recubrimiento con un espesor de 2 pulgadas. No obstante, para garantizar la integridad

y durabilidad de la fibra, así como para prevenir posibles daños mecánicos, se recomienda encarecidamente la utilización de un revestimiento de goma o poliéster. Esta estrategia no solo prolonga la vida útil de la fibra de vidrio, sino que también refuerza la seguridad de los operarios al mitigar los riesgos potenciales asociados con su exposición, consolidando así la importancia de un enfoque integral en la protección y el rendimiento de la fibra de vidrio.

10. Pruebas prototipo

Se fabricó un prototipo a escala 1:5 manteniendo la inclinación a 40° . La única variación importante respecto al diseño original está en la transmisión ya que se tuvo que adaptar con el motor que se consiguió para realizar las pruebas. La máquina fue fabricada por un tercero siguiendo los planos proporcionados por los autores del proyecto.

Figura 44.

Vista lateral prototipo



Figura 45.

Vista completa



El prototipo fue trasladado a las instalaciones de la Universidad Industrial de Santander, más específicamente las pruebas fueron realizadas en el laboratorio de diseño del edificio nuevo de Ingeniería Mecánica bajo la supervisión del director del proyecto.

Figura 46.

Conjunto tolva-banda



Al iniciar las pruebas se presenta la primera falla. El sistema de transmisión de potencia lo compone un motor eléctrico y una transmisión por correa, el motor es de un horno microondas por lo que transcurridos 5 minutos de ensayos se recalienta y dispara la protección eléctrica lo que detiene todas las pruebas y hace imposible arrancarlo de nuevo hasta que se enfríe.

Por este motivo se consigue un motorreductor con un sistema de engranajes plásticos que al momento de dar arranque deforma esta transmisión causando que se trabe. Finalmente se consigue un motorreductor con transmisión metálica, este se acopla a la transmisión por correa existente y se da arranque al sistema dando como resultado la ejecución exitosa de las pruebas.

Este fallo presentado es asociado únicamente a dificultades con el prototipo ya que para el diseño final se tiene un motorreductor 1Hp que según los cálculos cumple ampliamente con la potencia necesaria para mover el sistema. El motorreductor final utilizado en el prototipo es el siguiente:

Figura 47.

Motorreductor del prototipo

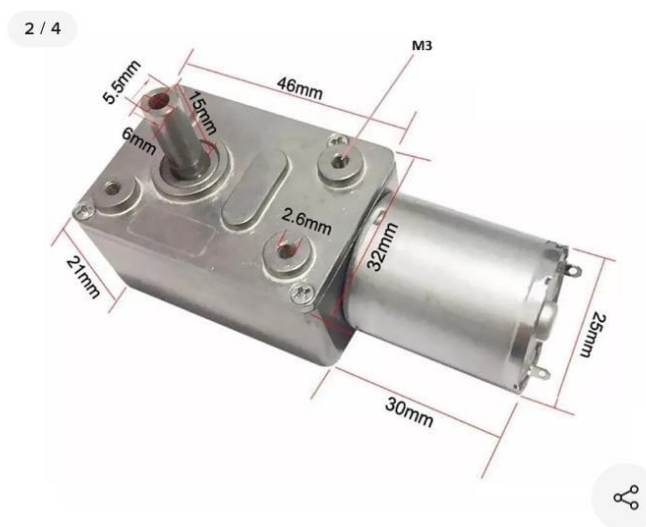


Figura 48.

Ficha técnica motorreductor prototipo

Descripción

Voltaje de Operación: 12VDC

Revoluciones por minuto: 30RPM

Corriente Sin Carga: <0.6A

Corriente con Carga: 2A

Diámetro del Eje: 6mm

Torque: 25Kg.cm

Figura 49.

Montaje sistema transmisión de potencia



Teóricamente se calcula las RPM que está entregando el sistema de transmisión de la siguiente manera:

- Distancia entre divisiones: 13cm
- Tiempo de referencia: 4 Segundos
- Velocidad lineal: $3,25 \text{ cm/s} = 0,0325 \text{ m/s}$
- Radio: 0,02 m
- Velocidad angular: 1,625 rad/s

Con estos datos la velocidad teórica es de 15,52 RPM. Para verificar la velocidad real que está entregando el sistema de transmisión de potencia se hace uso del tacómetro óptico disponible en el laboratorio; los resultados son los siguientes:

Figura 50.

Toma 1 RPM prototipo



Figura 51.

Toma 2 RPM prototipo



La diferencia observable entre el resultado teórico y el resultado con el tacómetro radica en la fricción presente en el sistema, la acumulación de arena entre los rodillos y los tensores poco a poco provocan que el sistema se frene causando pérdidas de eficiencia por la velocidad de avance.

En cuanto a consumo de corriente la ficha técnica especifica que el consumo es máximo de 0,6A en vacío y máximo 2A con carga. Para las pruebas se utilizó el multímetro disponible en el laboratorio; en promedio el consumo estuvo alrededor de 0,7A con picos de 1 a 1,2A cuando trataba de frenarse la cinta por acumulaciones de arena.

Figura 52.

División cargada detalle



En la fabricación del prototipo no se consiguió una banda con las medidas exactas de la escala, de igual manera la banda utilizada no contaba con divisiones por lo que se ajustaron unos elementos para hacer esta labor, sin embargo, estas divisiones no alcanzan el ancho total de la banda por lo que se tapó el espacio sobrante para garantizar que el prototipo sea lo más fiel al diseño final y los resultados de las pruebas sean más cercanos a la realidad.

Figura 53.

División cargada vista completa



Durante 2 horas aproximadamente se realizaron diferentes pruebas de carga ya sea funcionamiento continuo o capacidad de carga por división. Para los autores el parámetro más importante y el que se debe ajustar al momento de hacer la instalación de la máquina final es la carga de cada división de modo que se cumpla con la dosificación adecuada de arena para garantizar la producción y eficiencia del proceso.

En las pruebas realizadas se obtuvieron diversos valores de capacidad de transporte sin embargo los datos más relevantes y cercanos al objetivo se obtuvieron al final de la práctica al realizar ajuste a la dosificación de la arena, estos son:

Figura 54.

Peso/División 1

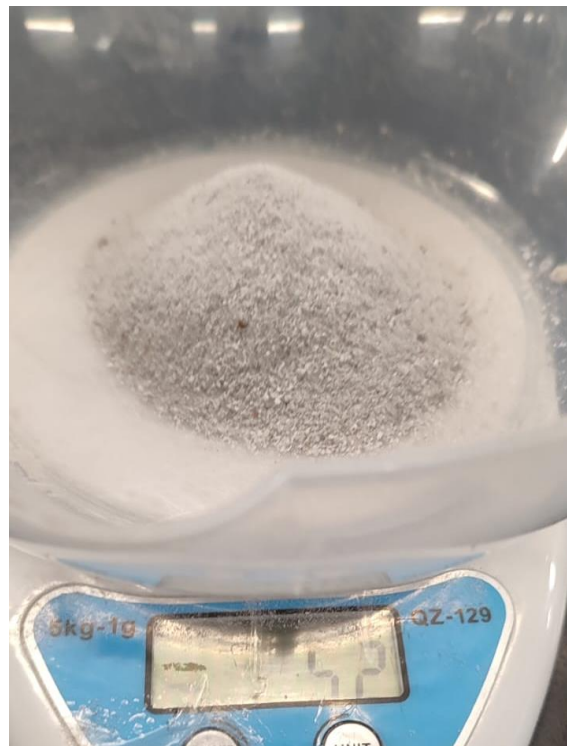


Figura 55.

Peso/ División 2



El diseño final tiene una capacidad volumétrica de 508 [cm³] mientras que el prototipo tiene una capacidad de 31,2 [cm³] esta relación da una escala de 16,28. Esta relación se va a utilizar para comparar la capacidad de transporte por minuto del prototipo respecto a la máquina definitiva. Para ello se calcula en primer lugar la cantidad de divisiones que avanzan respecto a un punto de referencia en 1 minuto.

- Velocidad lineal: 3,25 cm/s
- Avance de la cinta en un minuto: 195cm
- Si cada división está separada por 13 cm significa que en un minuto avanzan $195/13 = 15$

Divisiones

Si cada división carga 52 Gramos, las 15 divisiones en 1 minuto transportan 780 [g].

Ahora con la relación anteriormente hallada se dice lo siguiente: Si el prototipo es capaz de transportar 52 gramos por división, el diseño definitivo será capaz de transportar $52 \times 16,28 = 847$ gramos por división.

- Velocidad lineal: 4,2 cm/s
- Avance de la cinta en un minuto: 252 cm
- Si cada división está separada 10 cm significa que en un minuto avanzan $252/10 = 25$

Divisiones

Si cada división carga 847 gramos, las 25 divisiones en 1 minuto transportan 21,2 Kg.

El diseño final está pensado para transportar 14,7 Kilogramos en un minuto, esto quiere decir que cada una de las 25 divisiones que alcanzan a pasar debe transportar por lo menos 588 gramos. La relación entre 588 a 52 es de 11,31. Con estos resultados se cumple satisfactoriamente la capacidad de transporte requerida para el proceso y además se cuenta con capacidad extra disponible en caso de requerirse aumentar la producción en un futuro.

11. Análisis de costos

11.1 Detalle costos proyecto

Tabla 3. Detalle costo materiales

DESCRIPCION GENERAL DE MATERIALES					
ITEM	MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	LÁMINA ACERO INOXIDABLE 316 6mm 4x8 m	m2	32	\$ 93.000	\$ 2.976.000
2	TUBO RECTANGULAR	Metros	48	\$ 5.900	\$ 283.200
3	PERFIL L 1 X 1/8"	Metros	8	\$ 7.600	\$ 60.800
4	Motorreductor Sew 1Hp	unidad	1	\$ 3.800.000	\$ 3.800.000
5	Chumacera SKF SY 30 TF	unidad	2	\$ 40.700	\$ 81.400
6	Acople ersha DN3	unidad	1	\$ 40.000	\$ 40.000
7	Tambor motriz	unidad	1	\$ 415.000	\$ 415.000
8	Rodillos transportadores	unidad	58	\$ 158.000	\$ 9.164.000
9	Cinta transportadora	Metros	11	\$ 101.800	\$ 1.119.800
10	Fibra vidrio aislante 2" x 1,27 mts	Metros	10	\$ 31.000	\$ 310.000
SUBTOTAL					\$ 18.250.200

Tabla 4.

Detalle costo mano de obra

DESCRIPCIÓN GENERAL MANO DE OBRA					
ITEM	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Construcción tolva	unidad	1	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000
2	Construcción estructura banda	unidad	1	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
3	Ensamblaje rodillos y rodillo motriz	unidad	1	\$ 700.000	\$ 700.000
4	Ensamblaje cinta	unidad	1	\$ 300.000	\$ 300.000
5	Construcción estructura motorreductor	unidad	1	\$ 200.000	\$ 200.000
6	Ensamblaje y acople motorreductor	unidad	1	\$ 400.000	\$ 400.000
7	Instalación fibra de vidrio	unidad	1	\$ 100.000	\$ 100.000
SUBTOTAL					\$ 5.200.000

Tabla 5.

Detalle valor total proyecto

IMPREVISTOS	\$ 1.200.000
UTILIDAD DIRECTOR PROYECTO	\$ 3.500.000
UTILIDAD AUTORES	\$ 5.500.000
IVA	\$ 6.393.538
TOTAL VALOR PROYECTO	\$ 40.043.738

11.2 Tiempo retorno inversión

Para el cálculo del tiempo de retorno de la inversión se tiene en cuenta el siguiente planteamiento. Sin la instalación del proyecto se producen alrededor de 6000 sacos de arena y se obtiene una ganancia aproximada de 1000 pesos por saco. Una vez se instale el proyecto se alcanza una capacidad productiva de 8100 sacos de arena y se espera alcanzar los 1200 pesos de ganancia por saco. Teniendo lo anterior en cuenta se presenta la siguiente tabla:

Tabla 6.

Ingresos antes vs después del proyecto

VALOR PROYECTO	GANANCIAS MENSUALES ANTES DEL PROYECTO	GANANCIAS MENSUALES INSTALADO EL PROYECTO	INGRESOS EXTRA MENSUALES
\$ 40.043.738	\$ 6.000.000	\$ 9.720.000	\$ 3.720.000

Con la tabla anteriormente presentada se realiza una nueva tabla de amortización de la inversión:

Tabla 7.

Amortización de la inversión

	DEUDA	INGRESOS EXTRA
oct-23	-\$ 40.043.738	\$ 3.720.000
nov-23	-\$ 36.323.738	\$ 3.720.000
dic-23	-\$ 32.603.738	\$ 3.720.000
ene-24	-\$ 28.883.738	\$ 3.720.000
feb-24	-\$ 25.163.738	\$ 3.720.000
mar-24	-\$ 21.443.738	\$ 3.720.000
abr-24	-\$ 17.723.738	\$ 3.720.000
may-24	-\$ 14.003.738	\$ 3.720.000
jun-24	-\$ 10.283.738	\$ 3.720.000
jul-24	-\$ 6.563.738	\$ 3.720.000
ago-24	-\$ 2.843.738	\$ 3.720.000
sep-24	\$ 876.262	\$ 3.720.000
oct-24	\$ 4.596.262	\$ 3.720.000
nov-24	\$ 8.316.262	\$ 3.720.000
dic-24	\$ 12.036.262	\$ 3.720.000

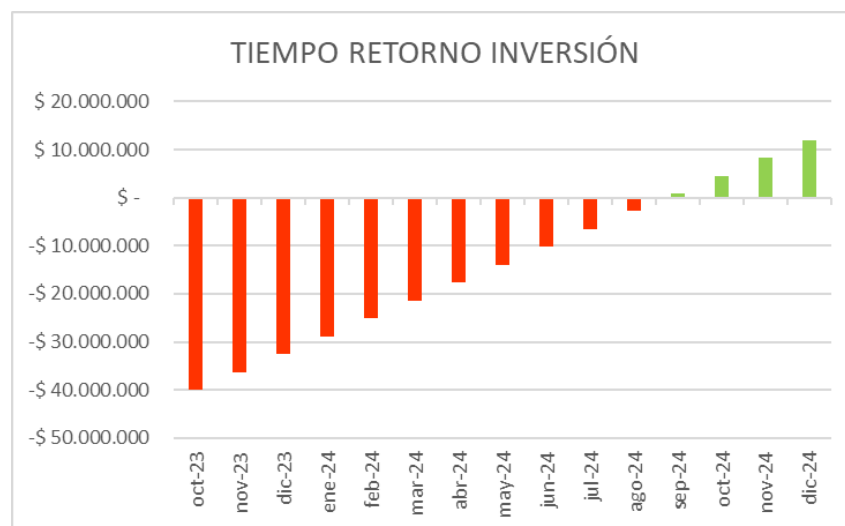
De la tabla anterior se observa que el proyecto se amortiza rápidamente dando ganancias de 876.262 pesos en el mes de septiembre para el año 2024. Esto da un tiempo de retorno de la

inversión menor a un año lo que da una gran viabilidad a la ejecución del proyecto y abre puertas a la tecnificación de otros procesos al garantizar un flujo de caja más fuerte.

Finalmente, la información se presenta en una gráfica que permite ver la reducción de la deuda a lo largo de los meses:

Figura 56.

Tiempo retorno inversión



Con este análisis de costos se garantiza la viabilidad económica del proyecto, la importancia del mismo al interior de este proceso productivo y los beneficios que se aportan a las diferentes personas involucradas.

Una banda transportadora puede parecer un equipo muy sencillo y con un principio de funcionamiento claro, trasladar material de un punto a otro; sin embargo, existen riesgos relacionados a su operación que pueden causar daños graves al personal cercano e incluso llegar a ser mortal si no se respetan las indicaciones de seguridad al momento de manipular el equipo.

Este capítulo brinda al usuario final el conocimiento necesario sobre las posibles fallas y peligros presentes en este tipo de máquinas de modo que su operación sea segura y el personal conozca cómo actuar frente a estos problemas; de este modo se quiere que la prevención y seguridad se convierta en una cultura entre aquellos que estén involucrados con este equipo.

Figura 57.

Señales de seguridad



En primera instancia es importante brindar al personal el conocimiento que necesitan sobre el equipo y su funcionamiento, esto se debe realizar a través de una capacitación inicial que brinda el equipo de trabajo de este proyecto al usuario final de modo que el primer contacto con el equipo brinde el conocimiento necesario para que la puesta en marcha sea exitosa. Seguidamente se debe organizar un cronograma de capacitaciones periódicas según el usuario final lo necesite para fundamentar una cultura de seguridad y prevención en accidentes.

Otro aspecto a tener en cuenta para garantizar un óptimo funcionamiento del equipo debe ser el cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo, este plan se asocia en el capítulo final de este libro y allí se explica con claridad y detalle las actividades a realizar y la frecuencia de las

mismas. Garantizar el cumplimiento del plan de mantenimiento permite asegurar de igual manera que disminuya el número de fallas que puedan aparecer durante la operación, esto permite que el equipo opere de forma óptima y eficiente de modo que el número de intervenciones será menor y consigo reducir la posibilidad de accidentes debido a estas intervenciones.

12.1 Principales riesgos en bandas transportadoras

12.1.1 Atrapamiento mecánico

La cinta tiene un principal elemento móvil que puede generar este tipo de atrapamiento, estos son los rodillos sobre los cuales se soporta y desplaza la cinta. El diseño está pensado para que los rodillos no estén expuestos y al alcance de cualquier persona de modo que no ocurra atrapamiento de manera inesperada, aún así debe colocarse un aviso que especifique este riesgo latente y alerte al personal. Al momento de una intervención ya sea por una falla o por un mantenimiento programado no se debe conceder el exceso de confianza, **verifique que el equipo se encuentra totalmente detenido y desconectado de la alimentación eléctrica antes de intervenir.**

12.1.2 Caída de objetos por diferencia de altura

La banda transportadora está pensada para trasladar arena húmeda, esta puede contener diferentes elementos extraños ya que no se realiza previamente un tamizaje o clasificación de la materia prima. Aunque la banda tiene una buena parte de su recorrido bajo nivel del suelo aun así

existe la posibilidad de caída de material una vez empieza a ascender. **Se debe hacer énfasis en el uso de los elementos de protección personal como lo son: Casco, guantes anticorte, y botas con punta de acero.** El uso correcto de estos elementos garantiza la protección del personal en los alrededores en caso de presentarse caída de objetos.

12.1.3 *Atmósfera del entorno*

La materia prima que se procesa es arena húmeda, aunque es más pesada que la arena seca aún así es volátil y más aún durante la carga y descarga de la banda; en un principio pareciera que la carga de arena en el ambiente no tiene relevancia en la operatividad, sin embargo, tiene un alto impacto en el desarrollo de enfermedades de tipo laboral por la aspiración de la arena. Dentro de la cultura de prevención **se debe asegurar el uso de máscaras con filtro para material particulado**, de este modo se previene el desarrollo de enfermedades respiratorias de origen laboral.

Figura 58.

Elementos de protección personal



Finalmente, como recomendaciones generales se hace énfasis en:

- Ninguna persona debe pararse ni intentar caminar sobre la banda bajo ninguna circunstancia

- Al momento de realizar una intervención el equipo debe estar completamente parado y desconectado de la fuente eléctrica

- Cuando se vaya a colocar en marcha nuevamente el equipo se debe alertar a todo el personal cercano para que tomen una distancia prudente

- Personas con cabello largo y prendas sueltas deben mantenerse alejadas del equipo

Figura 59.

Señal prohibido uso de anillos y relojes



- Debe cumplirse con un cronograma de orden y aseo para asegurar buen funcionamiento del equipo y evitar problemas por atascamiento

13. Manual de mantenimiento y uso

Este capítulo debe ser leído por todos aquellos que estén relacionados con la máquina. Antes de operar la máquina tiene la responsabilidad de conocer las siguientes instrucciones:

- Este equipo ha sido diseñado para transportar únicamente arena húmeda en un espacio y bajo unas condiciones ya existentes.

- No utilice este equipo para el transporte de otro tipo de material o para otro fin al especificado, pondrá en riesgo la seguridad operacional y causará daños a personas y la máquina.

- El procedimiento de montaje e instalación estará a cargo del equipo del proyecto, la banda podrá estar disponible para su uso únicamente cuando se dé el visto bueno del equipo encargado.

- El accionamiento de la máquina se realiza únicamente con un botón del cual se enciende y se apaga, en caso de emergencia accione rápidamente este botón para detener la cinta.

13.1 Actividades de mantenimiento recomendadas

Bajo condiciones de uso correctas el mantenimiento de la banda se reduce esencialmente en dos cuidados especiales, Limpieza y verificación de la tensión de la cinta; los cuales se explican a continuación:

Tensión de la cinta

La tensión de la cinta se ve afectada principalmente por la cantidad de arranques que el equipo tenga, otros aspectos como la temperatura también influye en la elongación de esta.

La cinta está diseñada para una operación diaria de 8 horas durante 5 días a la semana, para este tipo de operación se recomienda realizar la inspección y ajuste de la tensión de la cinta de modo que no se deslice sobre el rodillo conductor, además en la parte central debe tener holgura suficiente como levantarse un poco de los rodillos (Se puede hacer esta inspección con la mano); OJO una tensión excesiva provocará daños irremediables en la cinta. La frecuencia recomendada para esta actividad es de cada 2 semanas calendario. De encontrarse una holgura excesiva al momento de la inspección se recomienda hacer la actividad cada semana.

Limpieza

Es importante garantizar la limpieza del equipo y en específico todas aquellas áreas donde la cinta tiene contacto, de este modo se garantiza un funcionamiento correcto y el mantenimiento de la vida útil de la cinta. **Se recomienda realizar la limpieza dos veces por semana.**

El principal residuo producido es acumulación de la arena húmeda en las siguientes zonas: laterales del bastidor, rodillos de soporte, base motor; garantice la limpieza total de estos residuos para optimizar el rendimiento del equipo.

Se recomienda realizar la limpieza del equipo con aire a presión.

También puede utilizar jabón que no contenga cloro ni alcohol (Esto para evitar dañar la cinta por el tipo de material) y abundante agua.

En caso de utilizar agua caliente no exceda los 60°C. No utilice hidrolavadora, una alta presión dañará la cinta.

Una vez terminado el lavado seque inmediatamente la cinta y demás componentes.

Si considera necesario utilizar un cepillo para retirar los residuos asegúrese de sus cerdas son suaves, esto con el fin de proteger la cinta

Comprobaciones generales

Compruebe el estado de las conexiones eléctricas en las bornas del motor así como el estado general de todo el cableado; así mismo compruebe el estado general del motor haciendo pruebas de funcionamiento y midiendo el consumo en vacío y con carga; finalmente utilizando aire a presión y una brocha o cepillo para hacer la limpieza del motor. Esta actividad debe realizarse cada 3 meses para garantizar un correcto funcionamiento.

A continuación se adjunta una tabla resumen con las actividades de mantenimiento preventivo recomendadas:

Tabla 8.

Lista de seguimiento actividades de mantenimiento

CHECKLIST Y PROGRAMA DE MANTENIMIENTO BANDA TRANSPORTADORA		
CONCEPTO	FRECUENCIA	OBSERVACIÓN
REVISIÓN Y LIMPIEZA GENERAL DE LA MÁQUINA	CADA 2 DÍAS	Enfocarse principalmente en las siguientes zonas: laterales bastidor, rodillos, base motor
VERIFICAR TENSIÓN CINTA	QUINCENAL	La banda no debe patinar al momento de accionarse, no exceda la tensión de la misma, un punto adecuado se evidencia cuando puede separar levemente la cinta de los rodillos en la mitad del recorrido
VERIFICACIÓN DE CONEXIONES MECÁNICAS	MENSUAL	Verifique que todo el conjunto se mantenga unido, no se presentan rodillos sueltos, o soldaduras rotas
VERIFICACIÓN SISTEMA TRANSMISIÓN	MENSUAL	Verifique nivel aceite del reductor, no se presenten fugas, estado del acople directo, estado rodamientos
VERIFICACIÓN CONEXIONES ELÉCTRICAS	TRIMESTRAL	Compruebe el estado de las conexiones a los bornes del motor, estado del cableado, compruebe consumo eléctrico en vacío y con carga, haga limpieza de todos los componentes relacionados

13.2 Lista de posibles fallas y como solucionar

A continuación, se listan una serie de posibles fallas que pueda presentar la banda y la solución recomendada por el equipo de diseño del proyecto:

- **Acumulación excesiva de residuos:** Considere reducir la frecuencia de limpieza del equipo hasta encontrar un equilibrio. Si el problema persiste debe hacerse la instalación de unas cerdas de cepillo a los laterales de la banda para disminuir la acumulación de material aprovechando el movimiento de la cinta.

- **Bastidor torcido:** Producido por un exceso de carga o un exceso en la tensión de la cinta, verifique y ajuste la tensión de la cinta y enderece el bastidor. En caso de estar transportando más carga debe hacerse el rediseño del bastidor

- **Problemas con los rodillos:** Garantice la limpieza de los rodillos, estos rodillos son libres de mantenimiento lo que quiere decir que son sellados y no necesitan lubricación, en caso de continuar la falla debe sustituirse.

- **La carga está descentrada (Se riega):** Debe verificarse la alineación de la cinta con respecto a la boquilla de la tolva de almacenamiento y realizar el ajuste de la posición.

- **Cinta defectuosa:** Si tiene problemas con el funcionamiento del equipo, ya verificó que el bastidor no está torcido, que los rodillos funcionan adecuadamente, verifique el estado de la cinta, es posible que la cinta se haya torcido por cambios en la temperatura o por un uso inadecuado.

Referencias Bibliográficas

- Anellides (2018). *La importancia de la arena*. Disponible en: <https://anellides.com/es/blog/la-importancia-de-la-arena/>
- Ayrful. (2013). *Caso de éxito: Transporte rápido de grandes cantidades de arena*. Disponible en: <https://www.ayrful.com.ar/aplicaciones/caso-de-exito-transporte-rapido-de-grandes-cantidades-de-arena/>
- Bandas Industriales. (s. f.). *Bandas de PVC y PU*. España. Disponible en: <https://www.bandasindustriales.com/PVC.html>
- Carbotecnia. (s. f.). *Arena sílica o de sílice. ¿Qué es?*. México. Disponible en: <https://www.carbotecnia.info/producto/medio-arena-silica-para-filtros-de-agua/#:~:text=La%20arena%20s%C3%ADlica%20es%20un,encuentra%20en%20forma%20de%20cuarzo>
- Consejo Colombiano de Seguridad (s. f. .) *Riesgos por la presencia de energías peligrosas*. Disponible en: <https://ccs.org.co/riesgos-por-presencia-de-energias-peligrosas/>
- Eurotransis. (2018). *¿Qué es una cinta transportadora? Principios de funcionamiento*. Disponible en: <https://eurotransis.com/que-es-una-cinta-transportadora-principios-de-funcionamiento/>
- FAIRES V. M. (s. f.). *Diseño de elementos de máquinas*. (4.a ed.) Barcelona: Montaner y Simon, S.A. 4 edición.
- Fuerza Aérea Colombiana. (2021). *Seguridad Operacional: sistema eficaz para el desarrollo y cumplimiento de la misión institucional*. Disponible en:

<https://www.fac.mil.co/es/noticias/seguridad-operacional-sistema-eficaz-para-el-desarrollo-y-cumplimiento-de-la-mision>

García, J. M. M. (2008). *Apuntes de diseño de máquinas*. (2.a ed.). Alianza Editorial.

Guillén, T. (s. f.). *Hornos rotativos industriales - Horno de secado*. Disponible en: <https://hornosrotativos.com/pages/services/secado/#:~:text=Este%20tipo%20de%20hornos%20es,procedentes%20de%20depuraci%C3%B3n%20de%20aguas>

Guzman, A. (2018). *Parámetros de diseño para un sistema de transporte neumático de arena para el frenado de trenes* [Tesis para optar al título de Ingeniero Civil Mecánico]. Universidad Técnica Federico Santa María.

Icobandas (s. f.). *Bandas para transporte inclinado*. Colombia: Disponible en: <https://www.icobandas.com.co/bandas/transporte-inclinado/ann-e-7-100/>

Insumasagro. (s. f.). *Cintas transportadoras*. Argentina. Disponible en: <https://www.insumasagro.com/productos/cintas-transportadoras/#goma-lisa>

Ministerio de minas y energías. (2017). *Arenas Silíceas Balance 2012 - 2016*. Colombia. Disponible en: https://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Datos/mercado-nal/MNAL_ArenasSiliceas.pdf

Miravete, A., Marco, A. M. de, Larrodé, E. & de Marco, A. M. (1998). *Los transportes en la ingeniería industrial* (teoría). (1.a ed.). Universidad de Zaragoza.

Monroy, C. (2022, 27 julio). *What is a conveyor system? Definition and more*. 6 River Systems. Disponible en: <https://6river.com/what-is-a-conveyor-system/>

MOTT, R. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. México: Pearson Educación.

NORTON, R. (2005). *Diseño de maquinaria: Síntesis y análisis de máquinas y mecanismos*. México: Mc Graw-Hill.

- Puig, R. (2016). *Esquema de las partes de una cinta transportadora*. ResearchGate. Disponible en: https://www.researchgate.net/figure/Esquema-de-las-partes-de-la-cinta-transportadora_fig64_321533608
- Quiminet. (2010). *Cómo se forma la arena volcánica*. Disponible en: <https://www.quiminet.com/articulos/como-se-forma-la-arena-volcanica-41511.htm#:~:text=Tema%3A%20C2%BFC%C3%B3mo%20se%20forma%20la%20arena%20volc%C3%A1nica%3F&text=Las%20rocas%20emanadas%20de%20volcanes,as%C3%AD%20sus%20impurezas%20qu%C3%ADmicas%20org%C3%A1nicas.>
- Rodríguez, H. (s. f.). *Cálculo de Transportadores de tornillo sinfín y cintas transportadoras*. Ingemecanica. Disponible en: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html>
- Rodríguez, J. (2019). *Diseño de un secador rotativo para 30 TON/H de arena para la empresa ECOMINESA S.A* [Tesis para optar al título de Ingeniero Mecánico]. Fundación Universidad de América.
- Salinero, D. (2013), *Diseño de una banda transportadora mediante guide de Matlab* [Tesis para optar al título de Ingeniero Industrial]. Universidad Carlos III de Madrid.
- Sew - Eurodrive. (2023). *Selector de accionamiento*. Disponible en: <https://www.sew-eurodrive.es/os/ds/selecci%C3%B3n-de-accionamiento/entrada-de-datos/cinta-transportadora>
- Sew - Eurodrive. (2023). *Selector de productos*. Disponible en: https://www.sew-eurodrive.com.co/os/catalog/default.aspx?country=CO&language=es_ES

Todobandas. (s. f.). *Perfiles para bandas transportadoras*. Disponible en:

<http://www.todobandas.com/portal/docs/PERFILES%20Y%20EMPUJADORES%20.pdf>

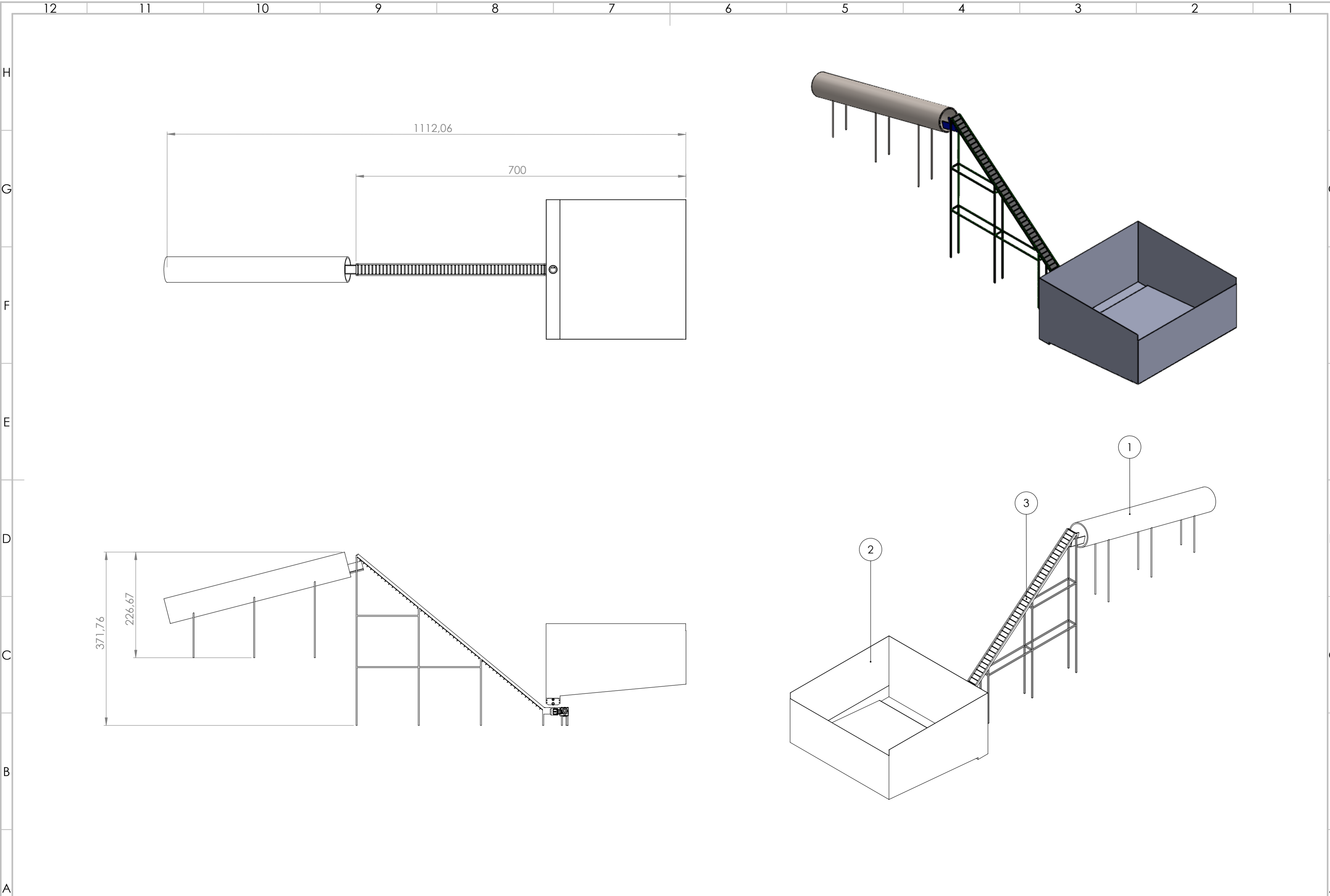
Vergara, J., Pinto, J. (1996). *Utilización arenas calcáreas de origen coralino en mampostería e investigación teórica del comportamiento de pilotes en este tipo de suelos*. [Tesis para optar al título de Ingeniero Civil]. Universidad de Cartagena. Disponible en:

<https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/7541/620191V493.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

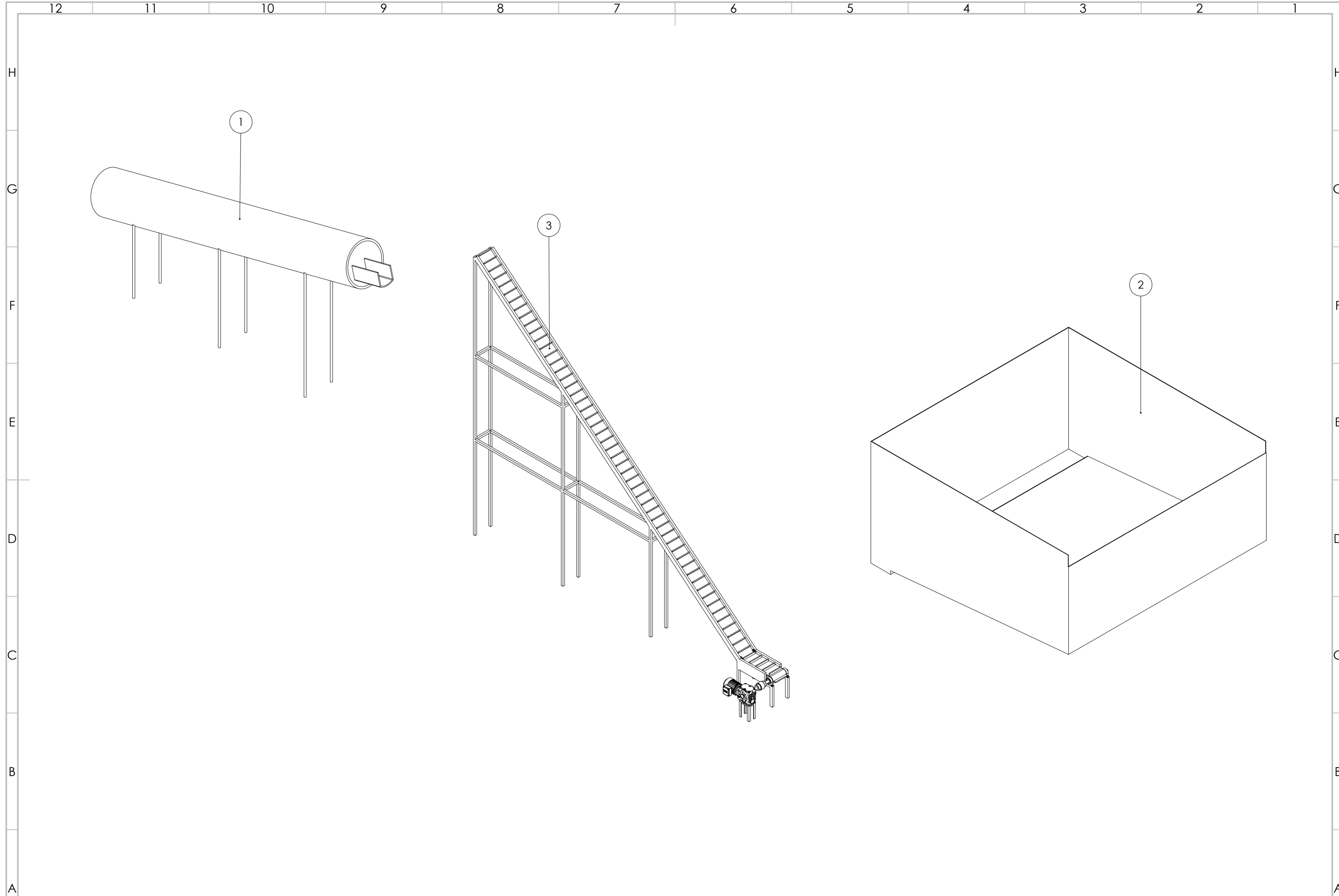
Venmir. (s. f.). *Bandas transportadoras plásticas modulares*. Colombia. Disponible en:

<https://venmir.com/bandas-transportadoras-plasticas-modulares/>

APENDICE

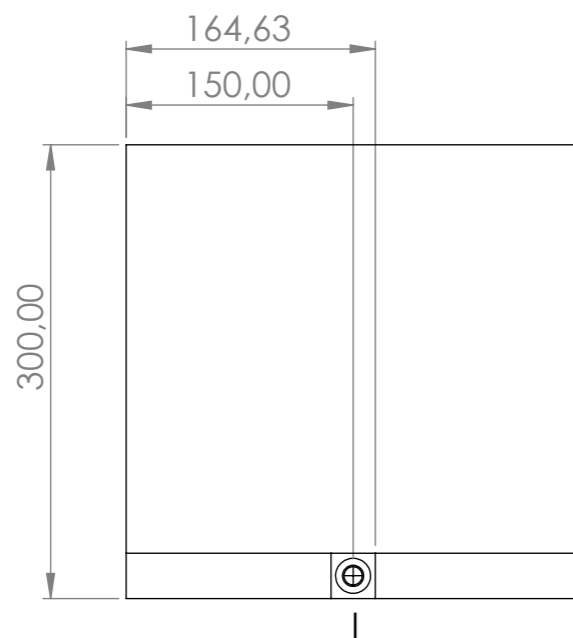
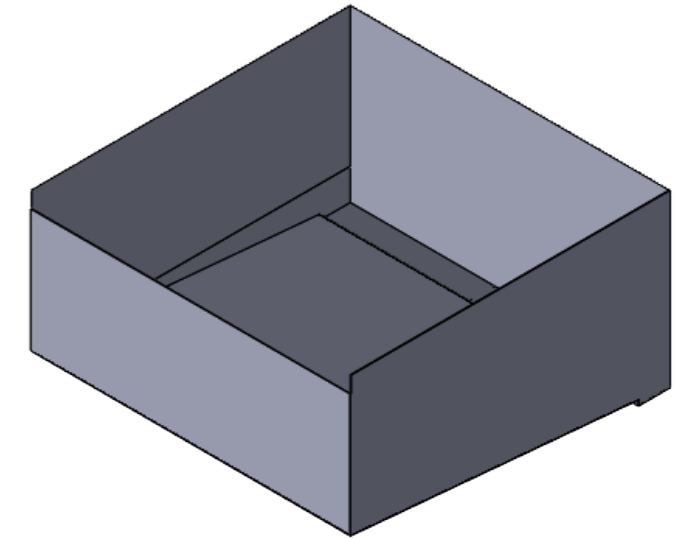
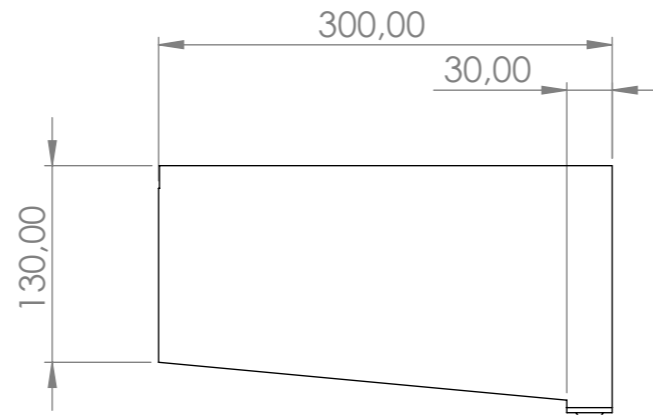
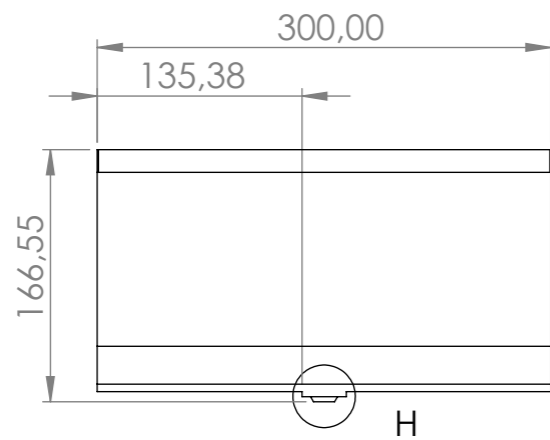


	NOMBRE	FECHA	No	CONJUNTO	CONJUNTO DE PLANOS	N.º DE DIBUJO
DIBUJ.	CACERES MARIA	27/09/2023	1	HORNO	SA-HR-XXX	
VERIF.	BARRERA ANDRES	27/09/2023	2	ALAMCENAMIENTO	SA-AL-XXX	
APROB.	JAIMES RICARDO	27/09/2023	3	ALIMENTACIÓN	SA-AA-XXX	

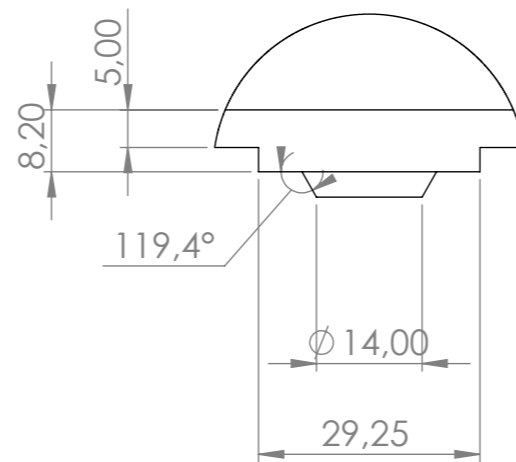


	NOMBRE	FECHA	No	CONJUNTO	CONJUNTO DE PLANOS	N.º DE DIBUJO
DIBUJ.	CACERES MARIA	27/09/2023	1	HORNO	SA-HR-XXX	
VERIF.	BARRERA ANDRES	27/09/2023	2	ALMACENAMIENTO	SA-AL-XXX	
APROB.	JAIMES RICARDO	27/09/2023	3	ALIMENTACIÓN	SA-AA-XXX	

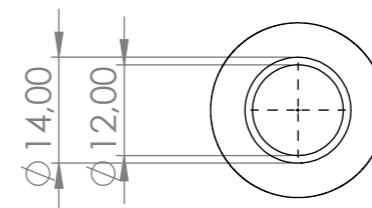
ESCALA: 1:25	SA-02	A2
--------------	-------	----



DETALLE H
ESCALA 1 : 10



DETALLE I
ESCALA 1 : 10



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

TÍTULO: TOLVA INFERIOR

	NOMBRE	FECHA
DIBUJ.	CACERES MARIA	27/09/2023
VERIF.	BARRERA ANDRES	27/09/2023
APROB.	JAIMES RICARDO	27/09/2023

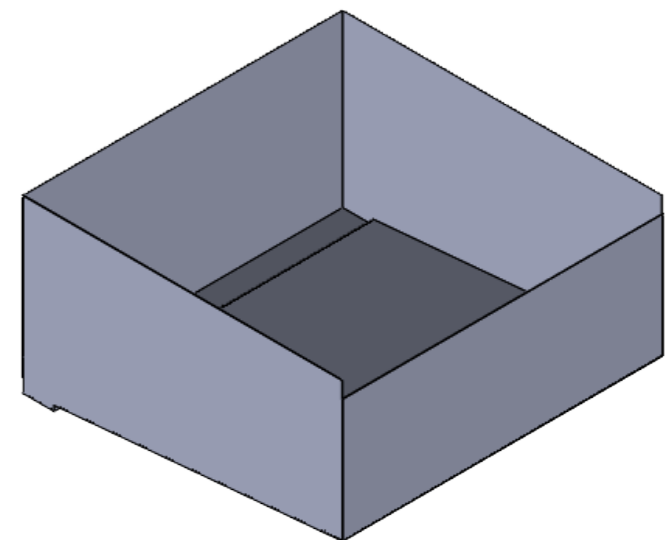
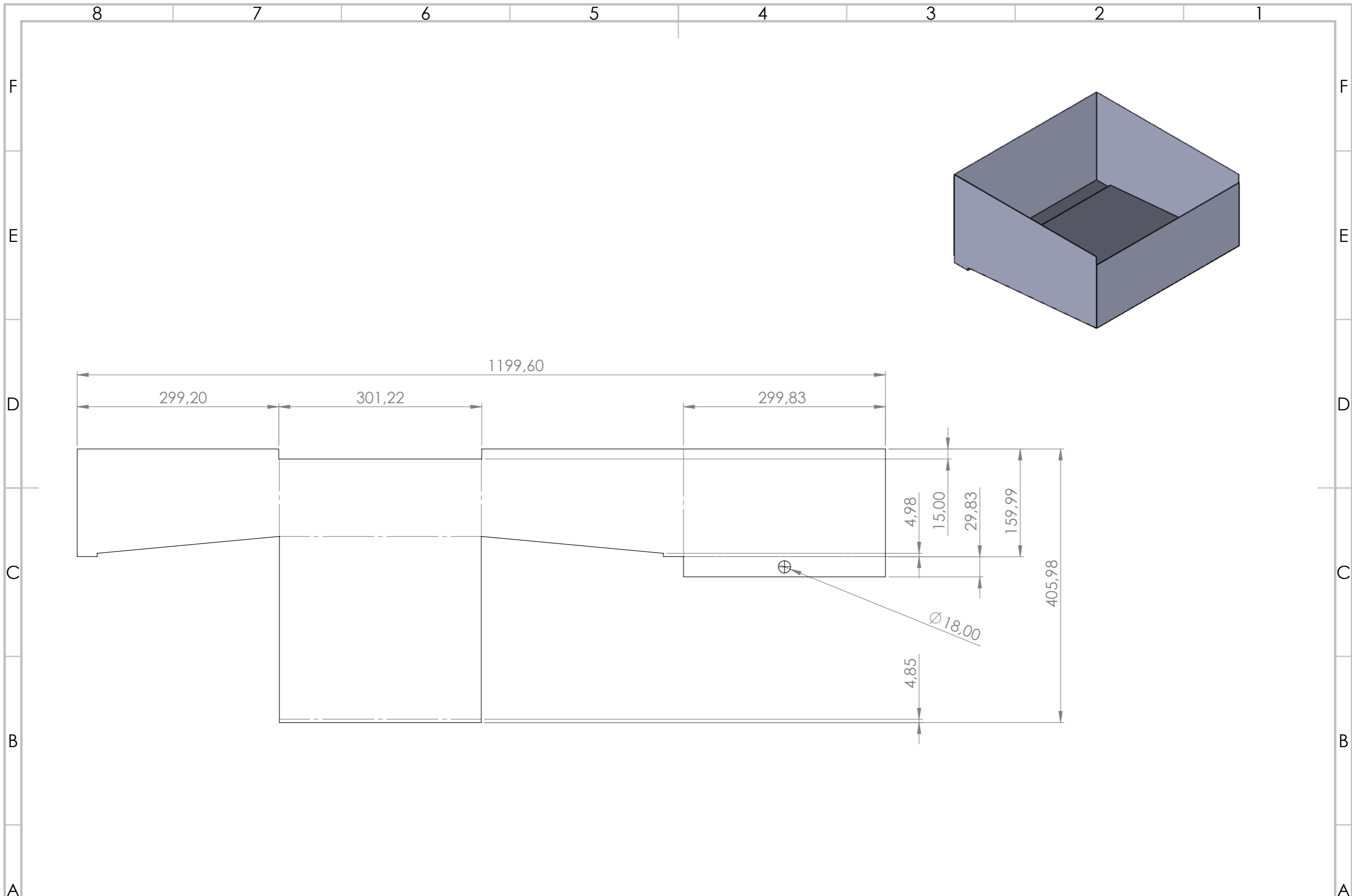
MATERIAL: ACERO INOXIDABLE AISI 316.
ESPESOR 1/4"
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN CM
TOLERANCIAS: ± 5 MM

N.º DE DIBUJO
SA-AL-001

A3

ESCALA: 1:50

HOJA 3 DE 9



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

TÍTULO: TOLVA INFERIOR
 DESARROLLO

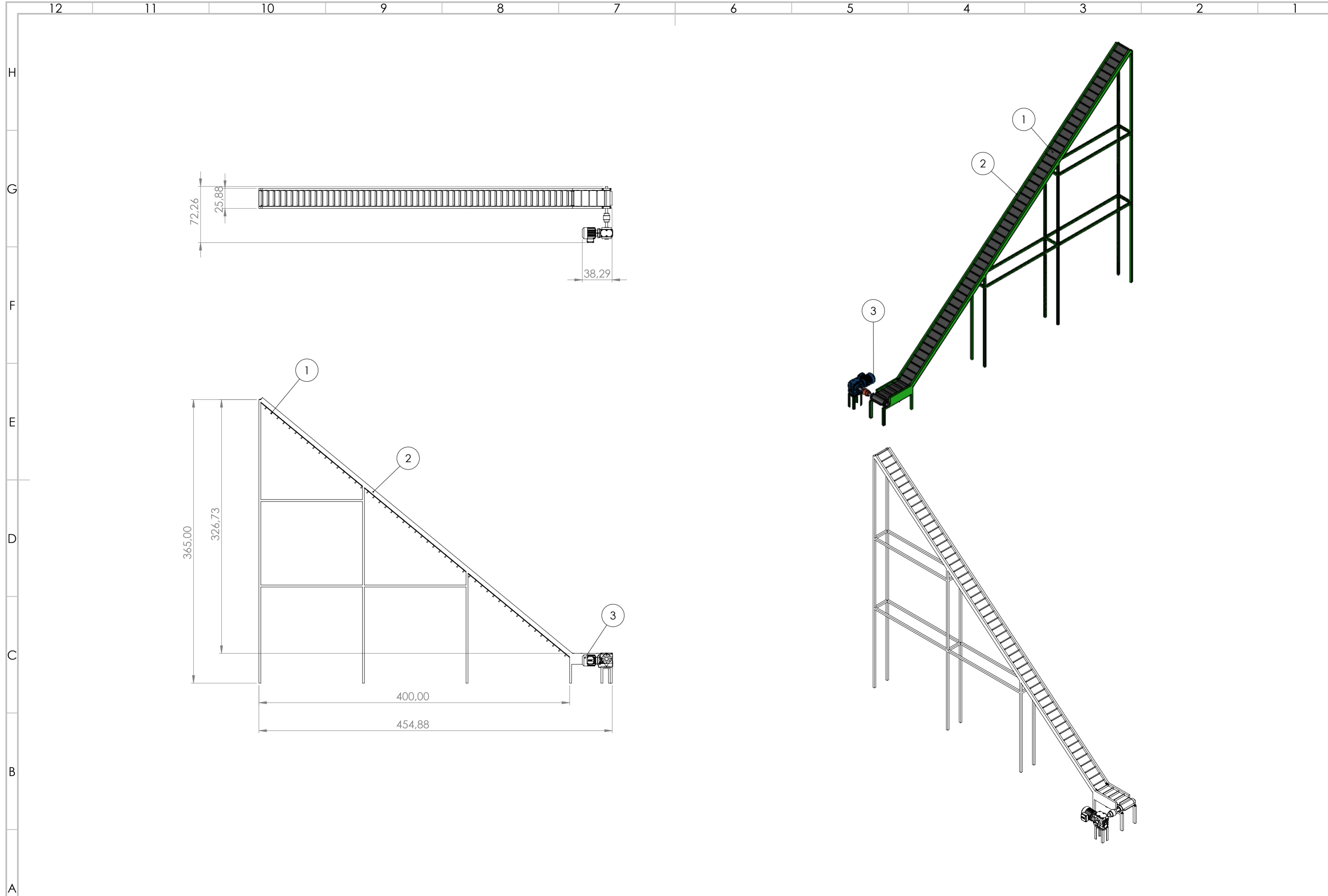
	NOMBRE	FECHA
DIBUJ.	CACERES MARIA	27/09/2023
VERIF.	BARRERA ANDRES	27/09/2023
APROB.	JAIMES RICARDO	27/09/2023

MATERIAL: ACERO INOXIDABLE AISI 316,
 ESPESOR 1/4"
 SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN CM
 TOLERANCIAS: ± 5 MM

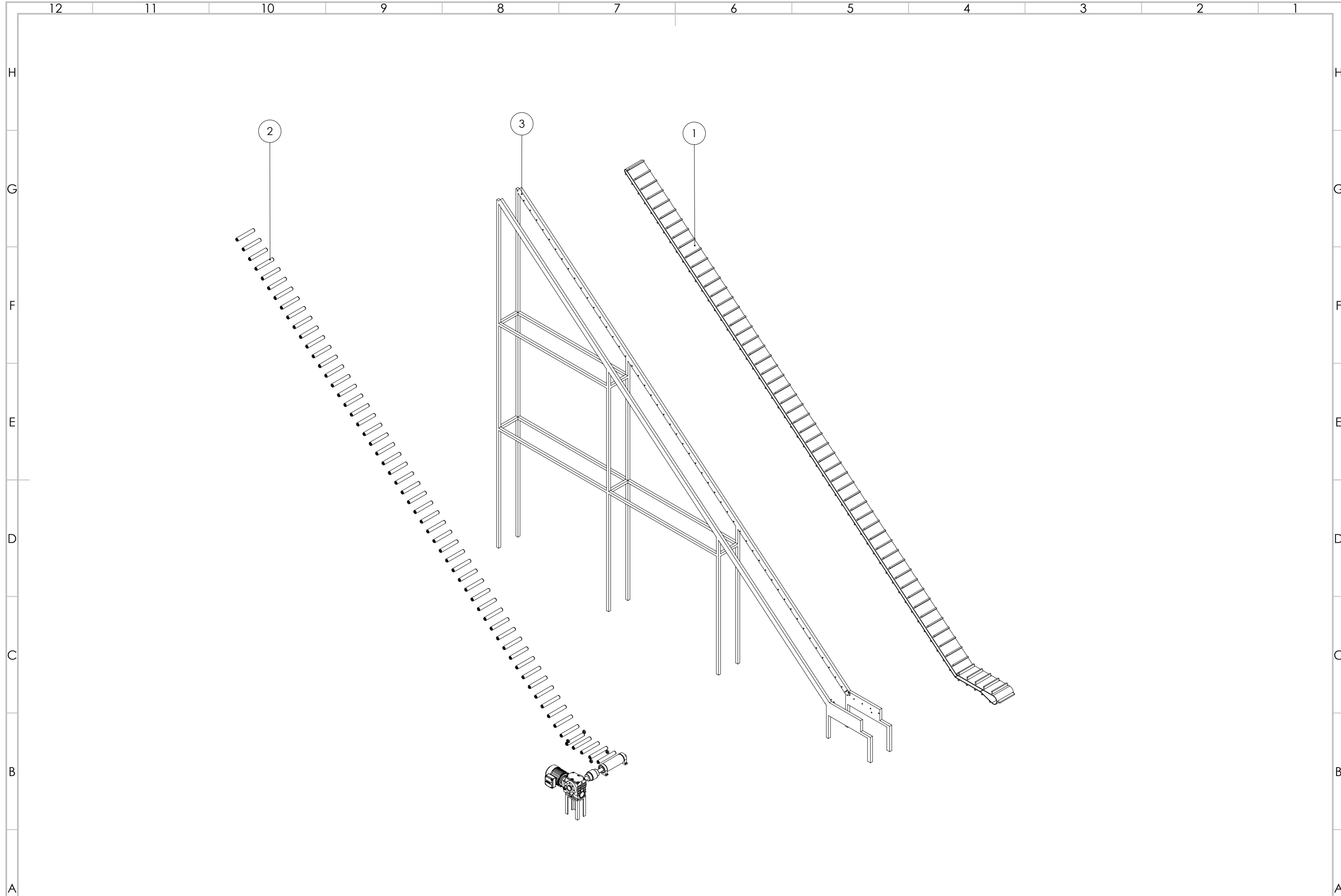
N.º DE DIBUJO
SA-AL-002

A3

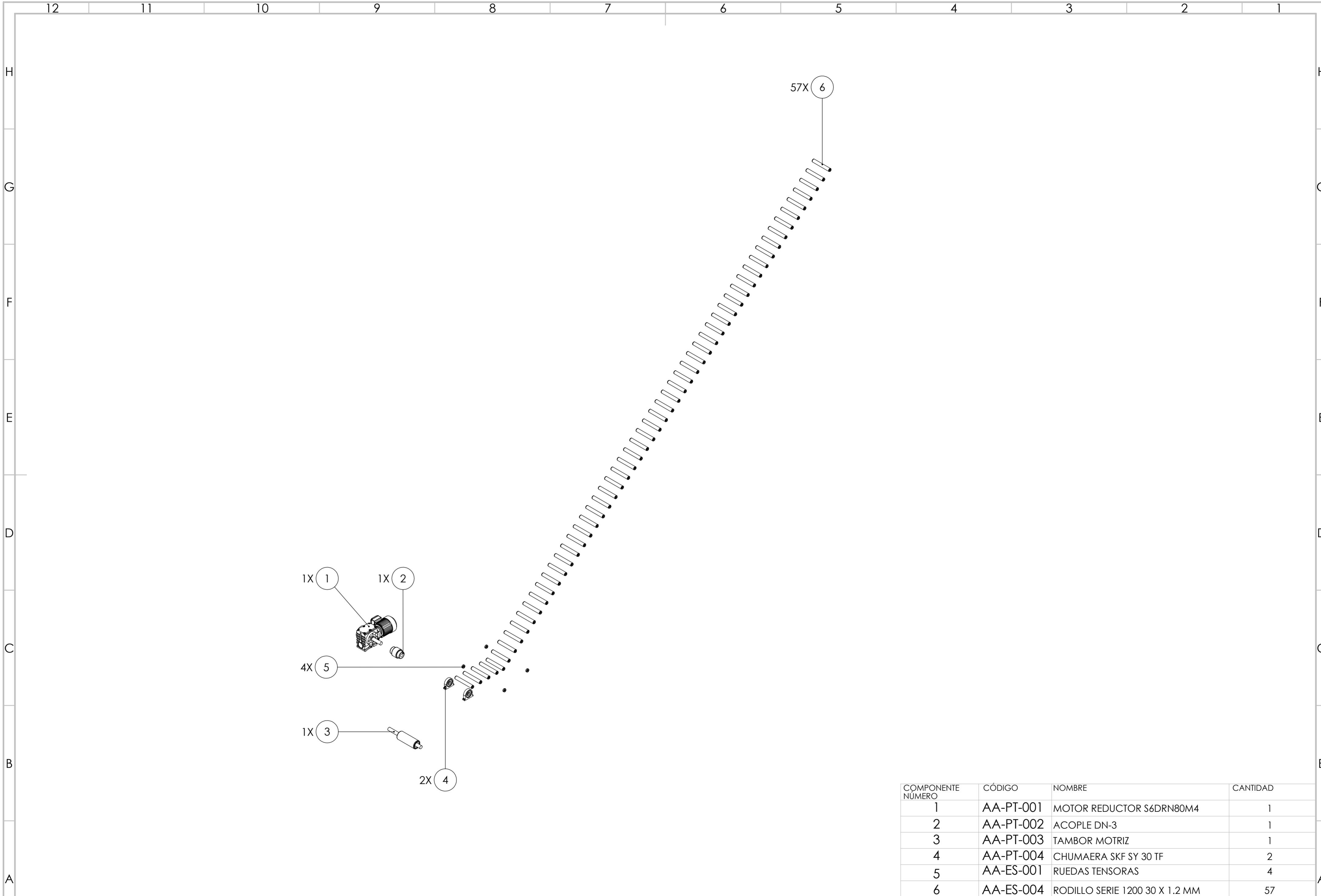
ESCALA: 1:50
 HOJA 4 DE 9



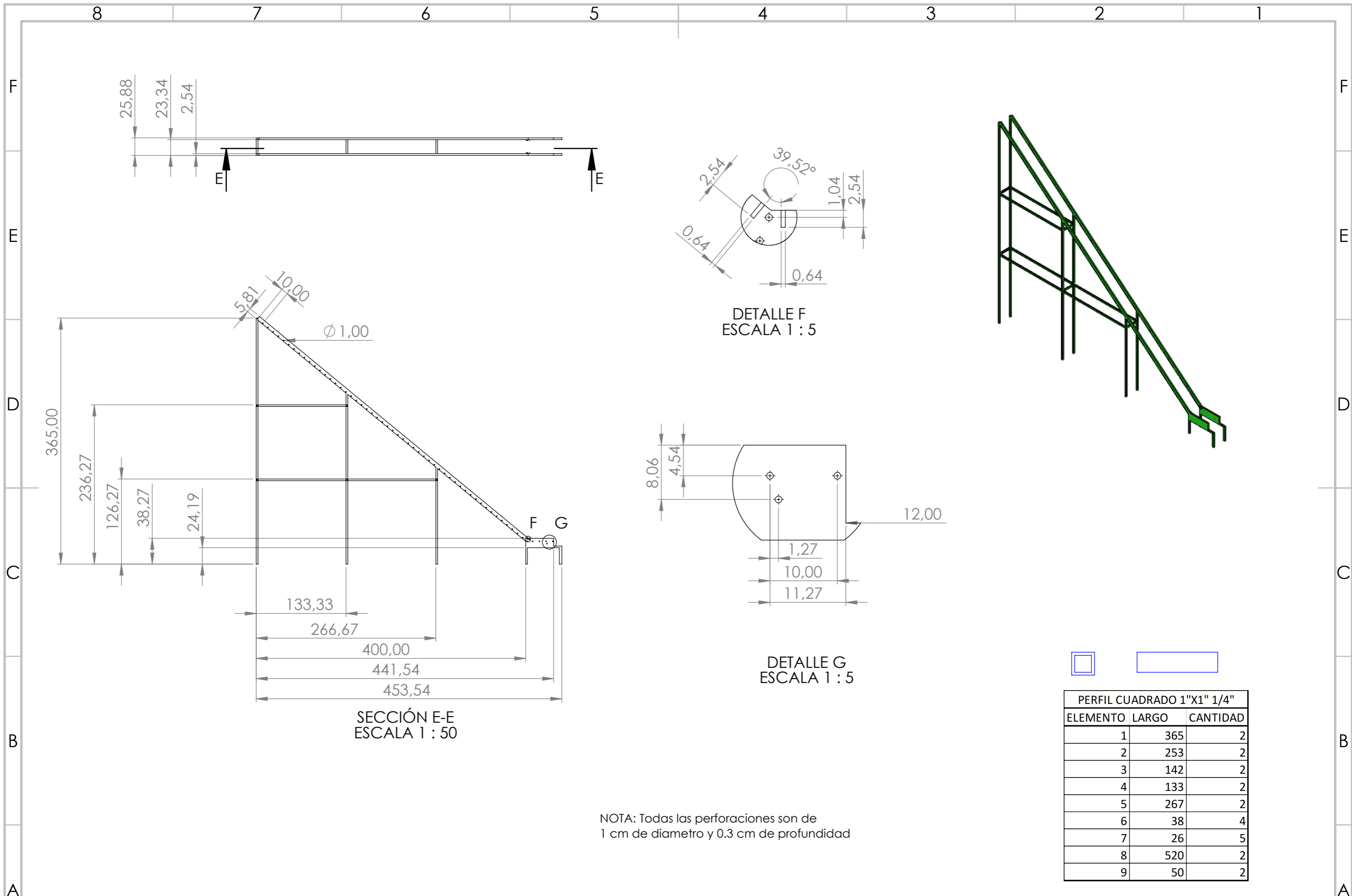
	NOMBRE	FECHA	No	CONJUNTO	CONJUNTO DE PLANOS	N.º DE DIBUJO
DIBUJ.	CACERES MARIA	27/09/2023	1	TRANSPORTE	SA-AA-TR-XXX	SA-AA-001
VERIF.	BARRERA ANDRES	27/09/2023	2	POTENCIA	SA-AA-PT-XXX	
APROB.	JAIMES RICARDO	27/09/2023	3	ESTRUCTURAL	SA-AA-ES-XXX	



	NOMBRE	FECHA	No	CONJUNTO	CONJUNTO DE PLANOS	N.º DE DIBUJO
DIBUJ.	CACERES MARIA	27/09/2023	1	TRANSPORTE	SA-AA-TR-XXX	SA-AA-001
VERIF.	BARRERA ANDRES	27/09/2023	2	POTENCIA	SA-AA-PT-XXX	
APROB.	JAIMES RICARDO	27/09/2023	3	ESTRUCTURAL	SA-AA-ES-XXX	



COMPONENTE NÚMERO	CÓDIGO	NOMBRE	CANTIDAD
1	AA-PT-001	MOTOR REDUCTOR S6DRN80M4	1
2	AA-PT-002	ACOPLE DN-3	1
3	AA-PT-003	TAMBOR MOTRIZ	1
4	AA-PT-004	CHUMAERA SKF SY 30 TF	2
5	AA-ES-001	RUEDAS TENSORAS	4
6	AA-ES-004	RODILLO SERIE 1200 30 X 1.2 MM	57



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

TÍTULO: **BASTIDOR BANDA**

	NOMBRE	FECHA
DIBUJ.	CACERES MARIA	27/09/2023
VERIF.	BARRERA ANDRES	27/09/2023
APROB.	JAIMES RICARDO	27/09/2023

MATERIAL: ACERO AISI 1045, PERFIL CUADRADO DE 1", ESPESOR 1/4" SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN CM TOLERANCIAS: ± 5 MM

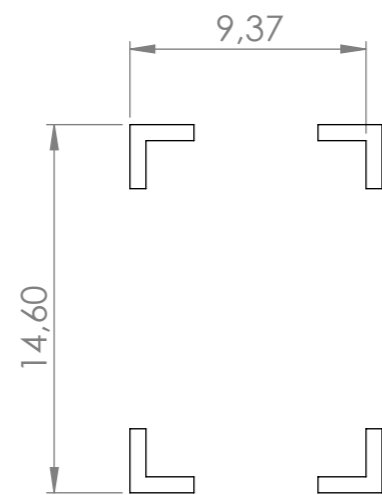
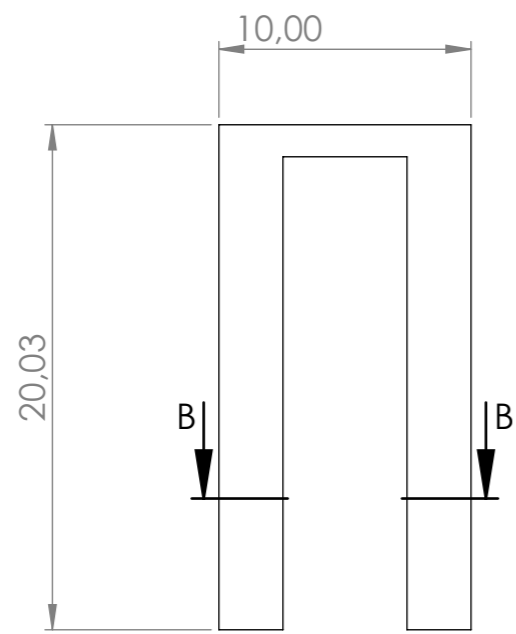
N.º DE DIBUJO

AA-ES-003

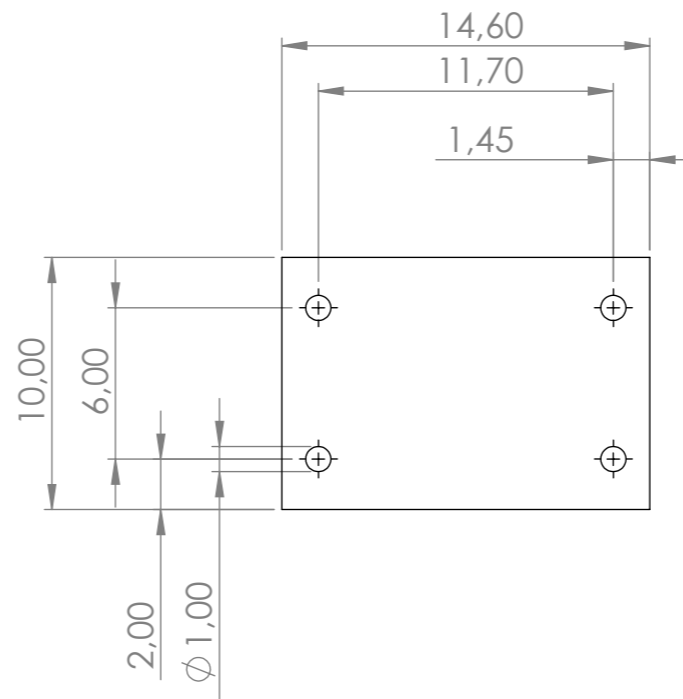
A3

ESCALA: 1:50

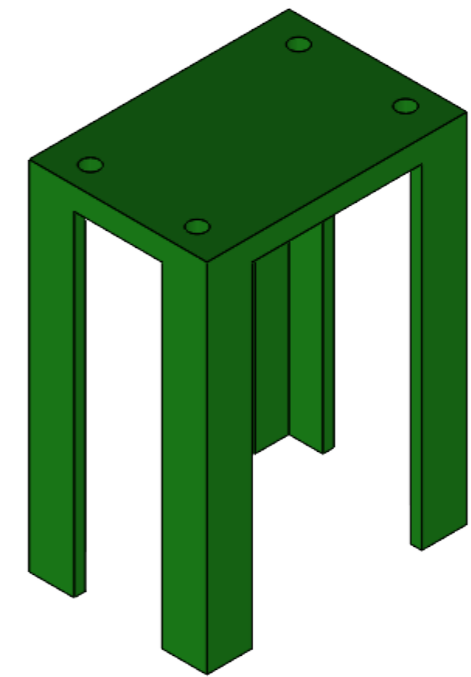
HOJA 8 DE 9



SECCIÓN B-B
ESCALA 1 : 3



NOTA: Todas las perforaciones son de 1 cm de diametro



ELEMENTO	LARGO	CANTIDAD
1	18,76	4



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

TÍTULO: BASTIDOR MOTOR

	NOMBRE	FECHA
DIBUJ.	CACERES MARIA	27/09/2023
VERIF.	BARRERA ANDRES	27/09/2023
APROB.	JAIMES RICARDO	27/09/2023

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN CM
TOLERANCIAS: ± 5 MM

N.º DE DIBUJO
AA-ES-002

A3

ESCALA:1:3

HOJA 9 DE 9