



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA DE MECATRÓNICA

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE TOMATES
CHERRY EN BASE AL DIÁMETRO TRANSVERSAL**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Mecatrónica

AUTOR: PEDRO ELI MORENO BUSTAMANTE

TUTOR: FABIO EDUARDO OBANDO HERRERA

QUITO – ECUADOR

2024

I. CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Pedro Eli Moreno Bustamante con documento de identificación N° 1728166552 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 29 de julio del año 2024

Atentamente,



Pedro Eli Moreno Bustamante

1728166552

II. CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Pedro Eli Moreno Bustamante con documento de identificación No. 1728166552, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor de la Propuesta Tecnológica: “Diseño y simulación de una máquina clasificadora de tomates cherry en base al diámetro transversal” , el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 29 de julio del año 2024

Atentamente,



Pedro Eli Moreno Bustamante

1728166552

III. CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Fabio Eduardo Obando Herrera con documento de identificación N° 1707982169, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE TOMATES CHERRY EN BASE AL DIÁMETRO TRANSVERSAL, realizado por Pedro Eli Moreno Bustamante con documento de identificación N° 1728166552, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Propuesta tecnológica que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 29 de julio del año 2024

Atentamente,



Ing. Fabio Eduardo Obando Herrera MSc.

1707982169

IV. DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mi madre Cristina, a mi hermana Pamela y a mi abuelo José por apoyarme toda mi vida y en el transcurso de esta carrera, por ser mi apoyo tanto emocional como económicamente, por ser todo lo que quiero llegar a ser en esta vida, por quererme a pesar de mis errores.

A mi Familia en general por darme apoyo en todo lo que les haya solicitado alguna vez, por hacerme sentir parte de algo especial.

Pedro Eli Moreno Bustamante

V. AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia por su apoyo y guía, en toda mi vida y en la realización de esta carrera.

A los amigos y compañeros que me acompañaron a lo largo de esta carrera y por el apoyo en cada proyecto en el que necesite su ayuda.

A todos los docentes que me impartieron su sabiduría y su conocimiento, que fueron parte importante para la culminación de esta carrera.

Pedro Eli Moreno Bustamante

VI. ÍNDICE DE CONTENIDO

I. CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	2
II. CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	3
III. CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	4
IV. DEDICATORIA.....	5
V. AGRADECIMIENTOS.....	6
VI. ÍNDICE DE CONTENIDO	7
VII. ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
VIII. ÍNDICE DE TABLAS.....	11
IX. RESUMEN	12
X. ABSTRACT.....	13
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
JUSTIFICACIÓN	15
OBJETIVOS	15
1.1 OBJETIVO GENERAL	15
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
CAPÍTULO 1.....	17
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	17
1.1 Tomates Cherry	17
1.2 PROCESAMIENTO Y CLASIFICACIÓN DEL TOMATE CHERRY	18
1.2.1 Cultivo y cosecha.....	18
1.2.2 Pos cosecha	20
1.2.3 Clasificación	20
1.2.4 Empaquetamiento	21
1.3 MAQUINARIA DE CLASIFICACIÓN	21
1.3.1 Zona de alimentación.....	22
1.3.2 Zona de clasificación	23
1.3.3 Salida del producto	24
1.3.4 Control	25
CAPÍTULO 2.....	26
ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	26
2.1 ALTERNATIVA DE ALIMENTACIÓN.....	26

2.1.1	Alternativa 1: Alimentación simple	26
2.1.2	Alternativa 2: tolva	27
2.2	ALTERNATIVA DE CLASIFICACIÓN	27
2.2.1	Alternativa 1: Clasificación por gravedad	27
2.2.2	Alternativa 2: Clasificación por banda	28
2.2.3	Alternativa 3: Clasificación por rodillos	29
2.3	SELECCIÓN DE ALTERNATIVA	29
2.3.1	Selección de alternativa de alimentación	30
2.3.2	Selección de alternativa de clasificación	31
CAPÍTULO 3		32
DISEÑO Y SIMULACIÓN		32
3.1	Análisis de cargas	32
3.1.1	Carga de entrada	32
3.2	Dimensiones Generales	34
3.3	Estructura de apoyo	35
3.4	Bandas clasificadoras	40
3.4.1	Primera categoría	42
3.4.2	Segunda categoría	43
3.4.3	Tercera categoría	44
3.4.4	Cuarta categoría	44
3.4.5	Quinta categoría	45
3.5	Tambores	45
3.6	Diseño de ejes	46
3.7	Motor reductor	50
3.8	Soportes	53
3.9	Zona de alimentación	54
3.10	Salidas	58
3.11	Control	60
3.12	Juntas	63
3.12.1	Soldadura	63
3.12.2	Pernos	73
CAPÍTULO 4		77
RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS		77
4.1	Estudios	77
4.1.1	Simulación de estructura general	77

4.1.2	Simulación de ejes	79
4.1.3	Simulación de entrada.....	81
4.1.4	Simulación de salida.....	83
4.2	Análisis de costos	85
4.2.1	Costos de perfiles metálicos.....	85
4.2.2	Costos de elementos únicos	86
4.2.3	Costos de elementos electromecánicos	87
4.2.4	Juntas.....	88
4.2.5	Costos de manufactura	88
4.2.6	Costo de construcción	89
4.3	Calculo de VAN y TIR	89
4.3.1	Flujo de ingresos	89
4.3.2	Flujo de egresos	90
4.3.3	Flujo de caja.....	90
4.3.4	VAN	91
4.3.5	TIR	92
	CONCLUSIONES	93
	RECOMENDACIONES.....	94
	REFERENCIAS.....	95
5.1	ANEXOS.....	101

VII. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tomates cherry cosechados [11].....	17
Figura 2. Plantación de tomates cherry [15].....	19
Figura 3. Canastilla plástica pequeña [17].....	21
Figura 4. Ejemplo de zona de alimentación [20].....	22
Figura 5. Clasificación por visión artificial [21].....	23
Figura 6. Salida impulsada por bandas [25].	24
Figura 7. Alimentador simple [27]	26
Figura 8. Alimentador de tolva [20].	27
Figura 9. Clasificación por ejes y gravedad [23].....	28
Figura 10. Clasificación por bandas [24].....	28
Figura 11. Clasificación por rodillos [22].....	29
Figura 12. Caja cosechadora o jaba [28].....	32
Figura 13. Dimensiones internas de elipsoide [34].....	33
Figura 14. Bosquejo de clasificadora de tomates cherry.	34
Figura 15. Bosquejo de dimensión interna de clasificadora.	35
Figura 16. Modelo de estructura de apoyo.	36
Figura 17. DCL tubo estructural.	36
Figura 18. Diagrama cortante del tubo.	37
Figura 19. Diagrama de momento máximo del tubo.	37
Figura 20. Distancia entre bandas.....	40
Figura 21. Croquis de separación entre bandas.	41
Figura 22. Categorías de clasificación.	42
Figura 23. Límites de primera categoría.	43
Figura 24. Límite superior de segunda categoría.....	43
Figura 25. Límite de tercera categoría	44
Figura 26. Límite de cuarta categoría y final de las bandas.	44
Figura 27. Croquis del Tambor final.....	45
Figura 28. Tambor final.	46
Figura 29. Tambor inicial.....	46
Figura 30. DCL del eje.....	48
Figura 31. Esfuerzo cortante del eje.	48
Figura 32. Esfuerzo a torsión del eje.	49
Figura 33. Diámetro óptimo del eje.....	49
Figura 34. Soporte de eje SYF 20 TF [36].	54
Figura 35. Volumen de embudo de entrada.	55
Figura 36. Embudo de entrada.....	55
Figura 37. DCL de perfil de soporte de entrada.....	56
Figura 38. Diagrama cortante del soporte.....	56
Figura 39. Diagrama de momento máximo del soporte.....	57
Figura 40. Plataforma de salida general.....	59
Figura 41. Plataforma de salida final.	59
Figura 42. Caja reductora perpendicular [39].....	60
Figura 43. Flujograma de funcionamiento.....	61
Figura 44. Diagrama eléctrico de control.	62

Figura 45. Ejemplo de sensor fotoeléctrico [40].....	62
Figura 46. Perfil de soldadura para tubo cuadrado [42].	63
Figura 47. Perfil de soldadura para tubo angular [42].	69
Figura 48. Diagrama de sujeción de soporte para ejes [36].....	73
Figura 49. Momento máximo de tubo crítico.	75
Figura 50. Estudio de deformaciones de la estructura general.	77
Figura 51. Estudio de factor de seguridad de la estructura general.	78
Figura 52. Estudio de esfuerzo torsional del eje.	79
Figura 53. Estudio de deformaciones del eje.	80
Figura 54. Estudio de factor de seguridad del eje.	80
Figura 55. Estudio de deformaciones del embudo de entrada.	81
Figura 56. Estudio de factor de seguridad del embudo de entrada.	82
Figura 57. Estudio de deformaciones del soporte de entrada.	82
Figura 58. Estudio de factor de seguridad de soporte de entrada.	83
Figura 59. Estudio de deformaciones de salida general.....	84
Figura 60. Estudio de factor de seguridad de salida general.	84

VIII. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I Constitución del tomate cherry [10]	18
Tabla II Valor numérico para criterio de alternativas	30
Tabla III Selección de alimentación	30
Tabla IV Selección de clasificación	31
Tabla V Peso máximo de tomates cherry	33
Tabla VI Categorías y rangos de clasificación según el diámetro	34
Tabla VII Propiedades mecánicas del acero AISI 1045 [29].....	47
Tabla VIII Costos de perfiles metálicos	85
Tabla IX Costos de elementos únicos	86
Tabla X Costos de elementos electromecánicos	87
Tabla XI Costos de juntas	88
Tabla XII Costos de manufactura de la máquina.....	88
Tabla XIII Costo total de la máquina	89
Tabla XIV Flujo de ingresos	90
Tabla XV Flujo de egresos	90
Tabla XVI Flujo de caja neto	91

IX. RESUMEN

En el trabajo de titulación presentado a continuación se desarrolla el diseño y la simulación de una clasificadora de tomates cherry, basándose en el diámetro transversal, con el fin de diseñar una máquina de tipo tamiz, por ello, se diseñaron estructuras pensando en la distribución del producto mediante esta magnitud de los tomates, se diseñó con los parámetros y requerimientos de la planta de procesado de alimentos aleproca, teniendo presente que la mayor problemática de la investigación es el hecho que la normativa para clasificar tomates cherry se limita a las necesidades de cada empresa, por ello se utilizan los parámetros establecidos para las necesidades adecuadas para el empaquetado, se analiza la composición y la forma del promedio de tomates cherry con el fin de analizar la carga que ejercerán sobre el diseño, también se indagaron en las necesidades de cultivo, cosecha y limpieza previos al funcionamiento de la máquina para conocer su entorno de trabajo.

Se hizo uso de distintos softwares de ingeniería para diseñar diferentes elementos y la relación entre ellos, gracias esto fue posible realizar estudios de diseño para determinar con certeza la seguridad, la viabilidad y el retorno de este proyecto, asegurando que si se decidiera implementarlo en la realidad sea una inversión segura, así también, las simulaciones que se realizaron.

Palabras clave: Máquina, Tomate cherry, transmisión de movimiento.

X. ABSTRACT

In the degree work presented below, the design and simulation of a cherry tomato sorting machine is developed, based on the transverse diameter, in order to design a sieve type machine, therefore, structures were designed thinking in the distribution of the product by this magnitude of tomatoes, it was designed with the parameters and requirements of the food processing plant aleproca, bearing in mind that the biggest problem of the research is the fact that the regulations for sorting cherry tomatoes are limited to the needs of each company, therefore the parameters established for the appropriate needs for packaging are used, the composition and shape of the average cherry tomatoes are analyzed in order to analyze the load that will exert on the design, also inquired into the needs of cultivation, harvesting and cleaning prior to the operation of the machine to know their working environment.

Different engineering software was used to design different elements and the relationship between them, thanks to this it was possible to carry out design studies to determine with certainty the safety, feasibility and return of this project, ensuring that if it is decided to implement it in reality it will be a safe investment, as well as the simulations that were performed.

Key words: machine, cherry tomato, motion transmission.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Qué tan importante es la clasificación por tamaño de los tomates cherry en base a su diámetro transversal?

Según Ferratto el aumento anual de las importaciones mundiales de hortalizas entre el 2000 y el 2004 fue de 6.2%, pudiendo decir que se tiene una clara tendencia al aumento de demanda [1].

Si bien no se encuentran estadísticas que recojan el consumo de este producto, debido a que es un mercado creciente, analizando la demanda creciente de hortalizas en esta última década entre las que se encuentra el tomate cherry se puede decir que es seguro invertir en su producción y comercialización, siendo un producto bastante versátil debido a su sabor dulce y presentación compacta, pudiendo encontrarse no solo para ensaladas sino también para repostería, decoración, salsas y como botana saludable [2].

Para tomates pequeños, no hay normas de separación en cuanto al peso y tamaño promedio para fines comerciales, sin embargo, existen dos normativas internacionales, el tamaño mínimo de 15 mm de diámetro transversal para los tomates cherry, con una tolerancia de más menos 5 mm en no más del 10% de la producción [3].

La normativa Unece determina el tamaño por el diámetro transversal máximo, siendo por debajo de 40 mm de diámetro [4].

Debido al aumento de demanda mundial ya expuesto, se puede considerar que en Ecuador es igual, sobre todo en los pequeños y medianos productores, este aumento de producción sumado a que cada brote maduro puede producir una gran cantidad de este fruto, dificulta el proceso desde la cosecha hasta el envasado por peso específico debido a la variedad de tamaños de los tomates cherry, esto debido a sus diferentes variantes, esta dificultad de procesamiento se vería reducida al tener los tomates cherry clasificados en función de su diámetro transversal.

En el mercado existen este tipo de maquinaria, sin embargo, su valor es regularmente alto para los pequeños y medianos productores, los cuales al no tener acceso a esta tecnología deben recurrir a utilizar más personal para realizar esta tarea, lo que aumenta el tiempo y el coste de producción, reflejándose en su precio final, que puede no ser competitivo [5].

JUSTIFICACIÓN

La creación de una máquina clasificadora de tomates cherry según su diámetro transversal con un costo menor a los ofertados en el mercado actual, ayudaría a disminuir los costos de producción, a su vez, mejorando los tiempos y minimizando el contacto con el producto, evitando que el coste producción, se refleje en el precio del producto final [6].

Por eso es indispensable el diseño y simulación de esta máquina antes de su implementación, con el fin de comprobar la eficiencia y precisión a la hora de clasificar el producto, al ser separados por tamaño similar su peso también tendrá un peso más uniforme y así facilitar la tarea de envasado de un peso específico, así también, descartar los que no cumplen con la norma antes expuesta, la cuales limitan los tamaños comerciales a mayor de 15 mm y menor a 40 mm de diámetro transversal [7].

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y simular una máquina clasificadora de tomates cherry en base al diámetro transversal.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los requerimientos de tamaños mediante visitas técnicas para obtener variables de diseño en la planta de procesamiento de hortalizas de ALEPROCA.
- Diseñar los elementos mecatrónicos mediante cálculos para la correcta clasificación del producto.
- Evaluar mediante software de ingeniería la eficiencia y precisión del proceso de clasificación de los tomates cherry para su futura implementación.
- Calcular el tiempo en que el proyecto obtiene rentabilidad general mediante el cálculo del Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Tomates Cherry

El tomate cherry es una variedad del tomate común (*Solanum Lycopersicum*) más específicamente la variedad Cerasiforme, se destaca por ser la variedad más pequeña y con un gusto dulce a pesar de ser una hortaliza, esto se debe a que posee un índice de sacarosa disuelta en el líquido de 4. 5° Brix [8].

Es originaria de Sudamérica, por ello se da en climas cálidos, este se planta en invernaderos en forma de enredadera suspendida en forma vertical, esto último con el fin de evitar las plagas, su uso es generalizado en la gastronomía, su diámetro promedio ronda entre 1 a 3 cm, y su peso ronda entre 10 a 15 gramos, un ejemplo de la apariencia de su conjunto está en la figura 1 [9].



Figura 1. Tomates cherry cosechados [11].

Su composición general es mayormente agua, seguido de carbohidratos en su mayoría azúcares que le otorgan su grado brix, así también posee una variedad de nutrientes y compuestos como los carotenos que otorgan el color rojizo a los tomates y a otras hortalizas, la descripción generalizada de la constitución de una muestra de 100 gramos de tomates cherry se describe en la tabla 1 [10].

Tabla I

Constitución del tomate cherry [10]

Componente	Cantidad
Agua	88.90 g
Materia	11.10 g
Proteínas	1.70 g
Lípidos	0.50 g
Vitamina C	48 mg
Calcio	18 mg
Hierro	0.60 mg
Vitamina B1	0.13 mg

1.2 PROCESAMIENTO Y CLASIFICACIÓN DEL TOMATE CHERRY

1.2.1 Cultivo y cosecha

El tomate constituye el 30% de la producción mundial, con aproximadamente 3 millones de hectáreas sembradas y 72 744000 toneladas de frutos cosechados, las variantes silvestres más prometedoras en aportar características transferibles se encuentran en la variación cerasiforme [13].

Se plantan dentro de invernaderos en filas, cuando la planta llega una altura de 25 a 30 cm se construye una guía para mantenerla como un tallo recto, suspendida mediante hilos de rafia de forma vertical y alambre galvanizado de manera horizontal esto para tener mejor estabilidad en el tallo, este proceso se realiza para evitar enfermedades por estar en contacto con el suelo, en la figura 2 se muestra una plantación de este fruto [12].



Figura 2. Plantación de tomates cherry [15].

A la par se podan las hojas cada 8 días mientras el tallo aún tiene entre 5 a 10 cm, tanto los brotes laterales como los brotes que cubren el fruto, esto se conoce como deshojado, y se realiza para que el fruto tenga más luz solar, tenga mejor ventilación y para evitar enfermedades que empiezan en las hojas [12].

Se dosifica por goteo cuatro litros de agua por una hora cada día, su fertilización consiste en varios compuestos tales como NitraminOrg, PotaminOrg, Biophos*25, AminomaxR, FulvimaxAlga y Biocharger [12].

En todo el proceso se debe prevenir y controlar las plagas y enfermedades como, por ejemplo, la mosca blanca, el pulgón verde, minador de hoja, la mancha negra del tomate, el tizón temprano y tardío [13].

La cosecha de tomate se realiza dos veces por semana y en ella se utiliza una cantidad considerable de trabajadores. Con respecto al costo de mano de obra que se emplea para realizar las aplicaciones para el control sanitario y aplicar el riego [14].

Se recoge un ejemplar de cada planta y se realiza con un refractómetro la prueba para determinar los grados °Brix [14].

1.2.2 Pos cosecha

En el momento posterior a la cosecha se debe garantizar que el producto tenga la calidad necesaria para el empaquetamiento, para ello se debe mantener los niveles óptimos de humedad, pH y calidad general, para ello primero pasa por un proceso de selección por el cual se descartan los ejemplares no maduros o dañados por las plagas, por factores ambientales, cortados o aplastados [16].

Una vez realizado el descarte generalizado se lleva al control de calidad en el cual se comprueba la estandarización de color, forma, consistencia y sabor de cada lote [16].

El producto se lleva a un área de pre enfriamiento con el fin de que este mantenga un bajo nivel de producción de microbios y etileno, lo cual ayuda a que el producto no pierda agua tanto en el almacenamiento como en el transporte posterior al empaquetamiento, por último, se realiza una limpieza generalizada que retira microorganismos, impurezas y químicos plaguicidas [16].

1.2.3 Clasificación

Se separan los productos en características similares como por ejemplo color o tamaño, esto dependerá de los requerimientos de calidad de exportación o venta al público, la clasificación de productos es importante para la cadena de producción pues se calcula que al no realizarla se pierde cerca del 30 % de producto en la comercialización [17].

Para los tomates regulares se tiene una estandarización de tamaños los cuales no se pueden aplicar a su variante cherry, por lo que no se puede contar con un diámetro fijo para su clasificación, esta se debe adaptar a la necesidad de la institución que utilice la máquina, estos diámetros deben dividirse en cuatro categorías grande, medio, pequeño, descarte.

Como ejemplo, La planta Hortana de la compañía ALEPROCA considera un diámetro de clasificación de 30 a 20 mm y descarte por debajo de 20 mm y por arriba de 30, para las

categorías antes mencionadas, bajo este estándar personalizado se puede clasificar manualmente o mediante maquinaria.

1.2.4 Empaquetamiento

El empaquetamiento debe ser dependiendo de las necesidades de venta, para el tomate cherry por lo general se empaqueta en canastillas plásticas pequeñas como las que se muestran en la figura 3, en las que se comercializa para la venta en supermercados, en estas se almacenan con un peso específico, para ello es importante la clasificación, pues vuelve más sencilla la distribución por peso, ya sea en este tipo de empaque o para exportación o transporte a gran escala [17].



Figura 3. Canastilla plástica pequeña [17].

1.3 MAQUINARIA DE CLASIFICACIÓN

La clasificación es muy importante en cualquier tipo de industria como procesos de manufactura, el propósito del sistema principal es clasificar los productos producidos en la industria con el fin de ahorrar tiempo, reducir el costo humano y los esfuerzos en la industria. Una máquina clasificadora automática tiene operación de clasificación de componentes según

una característica en común, la maquinaria es el método más práctico y económico de automatización [19].

La máquina está constituida por 3 subdivisiones las cuales serían la zona de alimentación o la tolva de entrada, la zona de clasificación, la cual funciona de diferente manera dependiendo del tipo de máquina y la zona de almacenamiento que es la salida de la máquina [20].

1.3.1 Zona de alimentación

Esta zona es la entrada del producto hacia la máquina, puede tratarse de una tolva o embudo, es decir una entrada con forma de pirámide invertida con un perfil vaciado, o también de una simple caída metálica, o de un sistema de bandas que salga directamente de su tratamiento en pos cosecha, ya sea hacia la entrada metálica o directamente a la zona de clasificación, un ejemplo de zona de alimentación es el embudo de una clasificadora de naranjas que se muestra en la figura 4, la función de esta es dosificar la entrada para un proceso más eficiente, para los otros tipos de entradas se debe repetir el proceso de o dosificarlo manualmente.

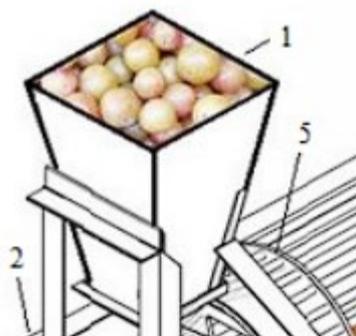


Figura 4. Ejemplo de zona de alimentación [20].

1.3.2 Zona de clasificación

Esta es la zona principal de la máquina, en funcionamiento y la estructura de esta sección será determinada por los requerimientos de calidad y del tiempo mínimo que debe tardar para completar el procesamiento, existen muchos ejemplares, con diferente nivel de complejidad pero con el mismo principio de tamizar los productos con el fin de separar el producto en las características deseadas, para el tomate cherry usualmente se separan en función de su color o de su tamaño, siendo ese último el objetivo de este trabajo.

Se presentarán diferentes ejemplos, empezando por una de los mejores tipos, la máquina que se presenta en la figura 5 pasa desde una entrada que posiciona en fila el producto, y lo lleva por una banda, mediante visión artificial identifica el tamaño de los productos y con un soplo de aire comprimido mueve los tomates de la banda hacia la zona de alimentación [21].



Figura 5. Clasificación por visión artificial [21].

Uno de los tipos de clasificación del producto es mediante rodillos con orificios los cuales se producen específicamente para las necesidades de clasificación, estos rodillos giran en sentido contrario hacia afuera mediante un sistema de transmisión de un motor, dejándolo caer a la zona de almacenamiento si cabe o moviéndolo de lugar de no hacerlo [22].

Otro ejemplo se trata de una estructura simple, es un clasificador tipo tamiz, que aumenta el rango de apertura entre ejes fijos, este mueve el producto por gravedad, este tipo de clasificación es simple, sin embargo, la clasificación entre cada categoría es un tanto ambigua,

es decir, los rangos de tamaño son más amplios entre cada categoría, pero se puede corregir en la zona de almacenamiento [24].

Existe también la que es probablemente la forma más utilizada para máquinas clasificadoras, salvando cierta distancia de métodos basados en el uso de sistemas más complejos, el sistema de clasificación de bandas se trata de una estructura de rectangular tipo mesa con rodillos por las cuales varias bandas pequeñas se colocan juntas y se van separando gradualmente a medida que avanzan por la estructura, las bandas son impulsadas mediante un motor haciendo de este sistema uno bastante rápido [27].

1.3.3 Salida del producto

Esta área se refiere a la salida de la máquina, esta se divide en las categorías necesarias, ya sea con barreras metálicas entre las cajas, con bandas o caídas que mueven el producto fuera de la máquina hacia las cajas en el suelo, se sitúan tantas caídas y separaciones como categorías sean necesarias, así también se puede recubrir el metal de la base con algún tipo de material que absorba el impacto de la caída del producto, aunque por supuesto esto genera que la maquinaria se encarezca, en la figura 6 se establece un ejemplo de una máquina clasificadora de rodillos, con una salida impulsada por bandas para cada salida.



Figura 6. Salida impulsada por bandas [25].

1.3.4 Control

El tipo de control de un sistema dependerá del proceso a realizar, a mayor complejidad mejor deberá ser el manejo de las variables que actúan en el sistema, así también se debe considerar el costo que este puede tener, tanto en implementarse como en recursos y mantenimiento, por ello sobre dimensionar el control puede resultar en gastos innecesarios para el proceso, por ello para el control de esta máquina se ha seleccionado un control on/off, ya que el sistema a controlar se considera simple, a su vez, se considera que el tipo de control escogido es óptimo para reducir tiempo y costes de mantenimiento así como optimizar el funcionamiento de la máquina.

El control on/off se trata de un control digital, regularmente constituido de simplemente un actuador y su respectivo control físico, como su nombre lo dice para encenderlo o apagarlo, este contempla un uso continuo por largos periodos de tiempo, su implantación no necesita de ningún tipo de controlador [26].

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Se plantean diversas alternativas para el diseño mecatrónico general, así como la selección de la mejor opción en cuanto a los materiales a usar.

De lo que prácticamente cualquier clasificadora en el mercado consta es de una parte en la que ingresa el producto y otra en la que se clasifica el producto, por lo que se debe dividir la selección de las alternativas para que sean analizadas de forma individual.

2.1 ALTERNATIVA DE ALIMENTACIÓN

2.1.1 Alternativa 1: Alimentación simple

Esta consta simplemente de una rampa con bordes que por medio de la gravedad y una baja fricción lleva el producto hacia la zona de clasificación, como se ve en la figura 7, como ventajas principales tiene que es de un diseño simple, ya que lo más importante es la selección del material adecuado, sin embargo, debido a que no es completamente cerrada, si no se manipula con cuidado el producto puede llegar a salirse, para solucionarlo se puede usar más material en los bordes, a costa de encarecer y dificultar el proceso.



Figura 7. Alimentador simple [27]

2.1.2 Alternativa 2: tolva

Consta de un embudo por el cual por medio de la caída distribuye el producto en la línea de clasificación, este diseño también soluciona el problema que de la alternativa 1, ya que al estar más cerrado se evita la caída por los bordes, sin embargo, este diseño es propenso a producir el efecto de cuello de botella en la salida a la clasificación, de esta opción se presenta un ejemplo en la figura 8.

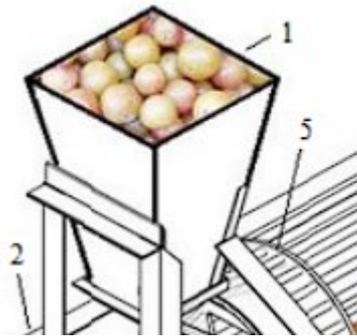


Figura 8. Alimentador de tolva [20].

2.2 ALTERNATIVA DE CLASIFICACIÓN

2.2.1 Alternativa 1: Clasificación por gravedad

Es la alternativa más simple ya que no requiere de ningún actuador externo, se trata de ejes ubicados al frente la salida de la alimentación en forma de bajada, como se denota en la figura 9, dependiendo de cuantas categorías de tamaño se necesiten pueden aumentar su longitud, estas están separadas entre sí con la medida requerida de diámetro del tomate, por esto, esta medida de separación aumenta a medida que se aleja de la entrada del producto, de esta forma los tomates caen a través de estos ejes solo si su tamaño se lo permite, su ventaja es la simplicidad de su diseño lo hace barato de diseñar y de implementar así como el tiempo reducido para completar el proceso de clasificación, su desventaja radica en que su calibración de tamaño no es precisa, ya que los ejes deben estar fijos.

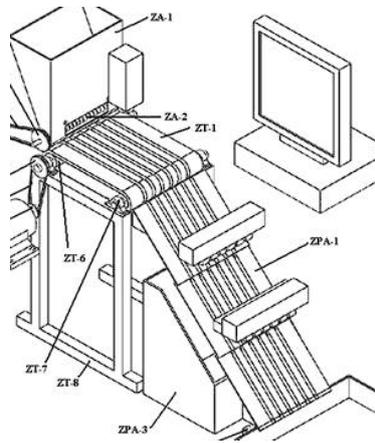


Figura 9. Clasificación por ejes y gravedad [23].

2.2.2 Alternativa 2: Clasificación por banda

Similar a la alternativa 1, la clasificación ya no depende de la gravedad si no que el tomate es movido por bandas en lugar de ejes, esto se muestra más a detalle en la figura 10, su ventaja es tener más facilidad de calibración pues las bandas son móviles, a su vez, el tiempo del proceso es mayor que la alternativa anterior, pero sigue siendo reducido, sin embargo, es necesario de un motor para la movilidad lo cual aumenta su costo, aunque al ser más precisa aumenta su eficiencia.



Figura 10. Clasificación por bandas [24].

2.2.3 Alternativa 3: Clasificación por rodillos

Consta de cilindros modulares que en sus paredes tienen agujeros del tamaño de las categorías de diámetro necesarias en cada módulo, avanzando de categoría desde la más pequeña hasta el final, estos cilindros están unidos a un eje central rotatorio que mueve a los tomates a lo largo de todo el cilindro general, esto se detalla en la figura 11, su ventaja es que el producto se clasifica de forma específica al tamaño deseado para cada categoría, sin embargo su principal desventaja es la instalación de su estructura, pudiendo ser más costosa que las opciones anteriores, así también el giro debe ser lento en pos de no maltratar el producto en la clasificación, por esto el tiempo del proceso es elevado.



Figura 11. Clasificación por rodillos [22].

2.3 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA

Para determinar la mejor opción para el diseño se asignará un intervalo de valores a las cualidades calificativas de las características esenciales de la máquina, estos se especifican en la tabla 2.

Tabla II

Valor numérico para criterio de alternativas.

Descripción	Valor numérico		
	1-3	4-7	8-10
Costo de producción	costosa	Normal	Económica
Facilidad de fabricación	Difícil	Normal	Fácil
Calibración	Complicada	Normal	Fácil
Velocidad del proceso	Lenta	Regular	Rápida
Seguridad	Regular	Buena	Excelente
Precisión	Mala	Regular	Excelente

2.3.1 Selección de alternativa de alimentación

Al comparar las alternativas de alimentación en la tabla 3 se muestra la superioridad en términos numéricos de la segunda alternativa debido a su nivel de seguridad al introducir el producto.

Tabla III

Selección de alimentación.

Descripción	Alternativas	
	Alternativa 1	Alternativa 2
Costo de producción	7	6
Facilidad de fabricación	7	6
Velocidad del proceso	9	8
Seguridad	5	9
Total (/40)	28	29

2.3.2 Selección de alternativa de clasificación

Comparando las alternativas de clasificación se tiene la tabla 4, en la cual se demuestra como opción más viable la segunda alternativa debido a su balance en la velocidad para completar el proceso, calibración de las categorías a clasificar y su precisión.

Tabla IV
Selección de clasificación.

Descripción	Alternativas		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Costo de producción	5	7	7
Facilidad de fabricación	6	9	8
Calibración	5	10	10
Velocidad del proceso	10	8	3
Seguridad	5	8	10
Precisión	3	8	10
Total (/60)	34	50	48

CAPÍTULO 3

DISEÑO Y SIMULACIÓN

3.1 Análisis de cargas

Para definir las cargas de trabajo de la máquina se tomará en cuenta la forma principal en la que se transporta el producto hacia la máquina o en la forma en la que puede ser retirada de esta, esa es las jabas o cajas cosechadoras, el promedio de la base de estas cajas plásticas es de 52 x 32 cm con una altura de 36 cm, como ejemplo la caja representada en la figura 12.



Figura 12. Caja cosechadora o jaba [28].

3.1.1 Carga de entrada

Considerando que cada tomate pesa como máximo alrededor de 15 gramos y una entrada de tres cajas cosechadoras por ciclo de clasificación, por lo que se define que la máquina en general debe soportar el peso de tres cajas llenas de tomates cherry, a lo que se procede a calcular el peso máximo y mínimo en relación al diámetro transversal máximo y mínimo de los tomates.

La mayoría de los tomates posee forma de elipsoide, una forma que se muestra en la figura 13, por lo que, al calcular el volumen de cada tomate se encuentra la cantidad de tomates en cada caja cosechadora.

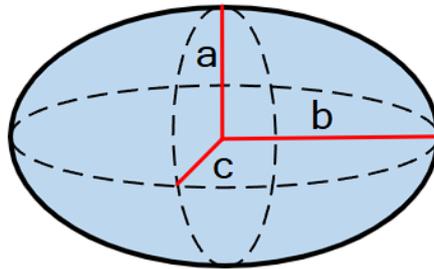


Figura 13. Dimensiones internas de elipsoide [34].

En la tabla 5 se muestra el volumen por unidad de caja cosechadora, así como el volumen por unidad de tomate dependiendo de su diámetro, la cantidad de tomates en una caja y el peso de estas cajas multiplicado por tres, lo que consideramos la carga máxima.

Tabla V

Peso máximo de tomates cherry.

Volumen de la caja: 35880 cm³				
Tomates cherry				
	Diámetro (mm)	Volumen (cm³)	Cantidad por caja	Peso Max (kg)
Max	30	150.8	237.93	10.8
Min	20	50.27	713.74	32.1
Promedio	25	91.63	475.8	21.3

3.2 Dimensiones Generales

Tomando en cuenta el largo de las cajas de 52 cm se estructura el largo de la máquina teniendo 5 categorías de clasificación las cuales se muestran en la tabla 6.

Tabla VI
Categorías y rangos de clasificación según el diámetro.

Diámetro de clasificación					
Categoría	Descarte máximo	Grande	Mediano	Pequeño	Descarte mínimo
Rango (cm)	3 >	3 – 2.66	2.66 – 2.33	2.33 - 2	< 2

Considerando el método de clasificación por bandas en las que la distancia entre bandas aumenta gradualmente hasta el extremo inicial de la máquina, se llega a el siguiente bosquejo que muestra la figura 14 en el que se considera el tamaño que ocupa la salida del producto para cada rango.

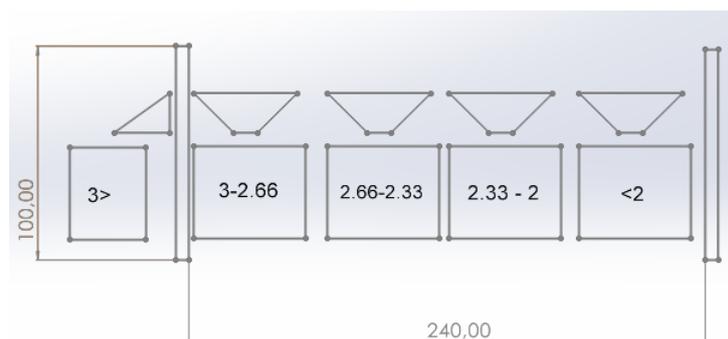


Figura 14. Bosquejo de clasificadora de tomates cherry.

Se considera una distancia de 2.4 metros al considerar cuatro de los cinco rangos internamente y el último rango como salida desde el ancho de la máquina.

Considerando un ancho interno para la máquina de 60 cm por una longitud estimada del eje, esto sin contar el perfil de los tubos de soporte ni la longitud necesaria para los soportes del eje, esta medida está más detallada en la figura 15.

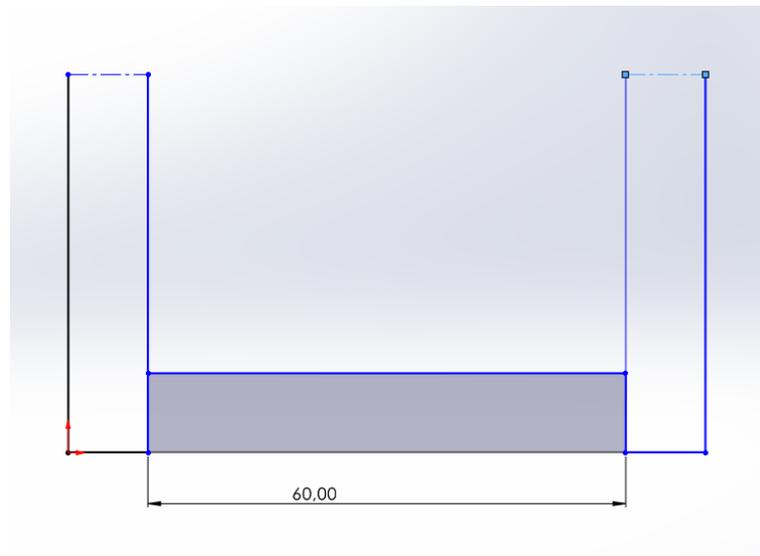


Figura 15. Bosquejo de dimensión interna de clasificadora.

A estas distancias estimadas se les debe sumar las dimensiones del perfil escogido en el siguiente subcapítulo, estas deben estar dadas mediante cálculos de las fuerzas ejercidas.

3.3 Estructura de apoyo

La estructura base se diseña pensando en los ejes y sus soportes en secciones que estarán vacías, ya que también ayudan con el soporte del peso total de la carga, por lo que para el resto de la estructura se debe calcular la sección y forma de los tubos de la sección más crítica, recreando un modelo preliminar de la estructura, como se muestra en la figura 16, se denota el elemento más importante, siendo este el tubo horizontal más elevado el cual compartirá la carga entre cuatro.

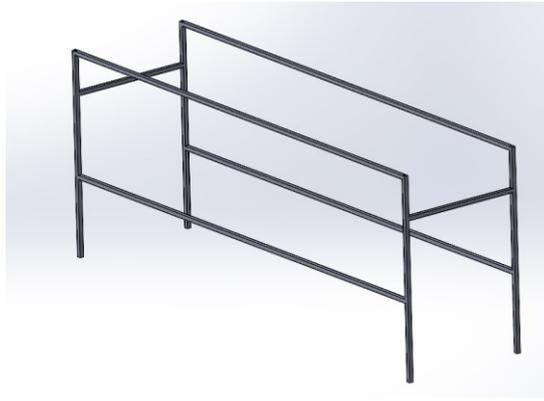


Figura 16. Modelo de estructura de apoyo.

Aislado el elemento más crítico, se tiene el diagrama de la figura 17, en el cual se muestra la fuerza ejercida en la máquina estando en una carga total, calculada en las cargas de entrada, siendo esta ya la fuerza dividida, para cada elemento similar.

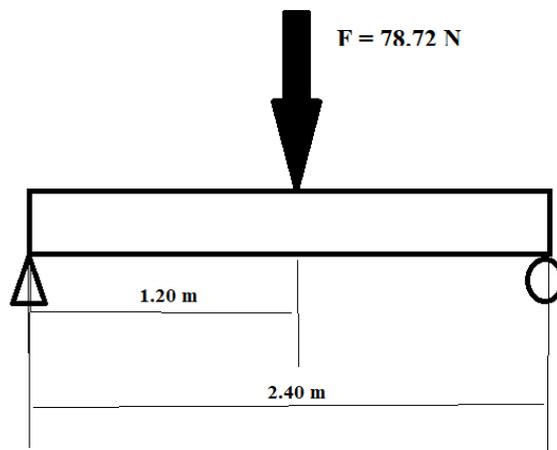


Figura 17. DCL tubo estructural.

Considerando esto se usa el programa MD solids para el cálculo del momento flector máximo, se obtiene los resultados de la figura 18, en la que se denota el diagrama cortante del tubo de la estructura.

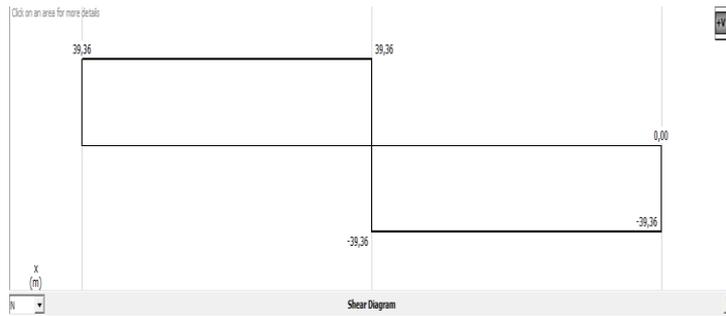


Figura 18. Diagrama cortante del tubo.

En la figura 19 se muestra el diagrama de momento máximo, cuya magnitud se usa para calcular el módulo de sección.

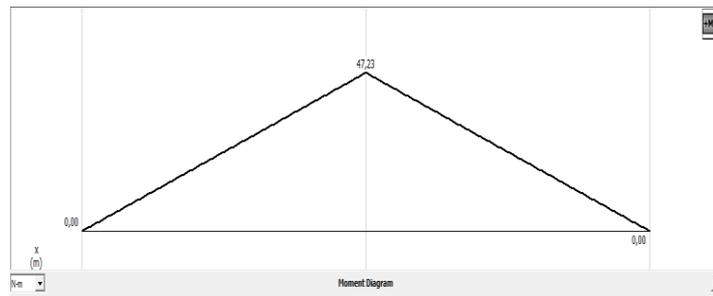


Figura 19. Diagrama de momento máximo del tubo.

Con este dato calcularemos la sección óptima de este elemento mediante la siguiente fórmula 1, en esta fórmula se despeja el módulo de sección, quedando la fórmula 2, cuyas variables son las mismas.

$$\sigma = \frac{M}{S} \tag{1}$$

$$S = \frac{M}{\sigma} \tag{2}$$

Donde:

σ : Esfuerzo permisible

M: momento flector máximo

S: Módulo de sección

Para este cálculo se usa la relación del esfuerzo permisible con el esfuerzo de fluencia, que se obtiene al determinar el material de la estructura, el cual será acero estructural o ASTM A36, este material es el más adecuado para actuar como apoyo, ya que no es imprescindible que sea adecuado para trabajar con alimentos, posee una buena resistencia y es de amplia distribución por lo que sus precios no serán tan elevados.

La relación entre estos dos esfuerzos será del 60%, es decir, el esfuerzo permisible será el 60% del esfuerzo de fluencia, teniendo que para el acero estructural este esfuerzo es de 250 MPa, usando este esfuerzo permisible y el momento máximo calculado anteriormente y reemplazando en la fórmula 2 queda de la siguiente manera

$$S = \frac{47.23 Nm}{0.6 * (250 * 10^6 MPa)}$$

$$S = 3.14 * 10^{-7} m^3 = 0.314 cm^3$$

Este módulo de sección es la magnitud mínima que se requiere para que la estructura sea segura con este metal, para esto se selecciona un perfil del catálogo de DIPAC del anexo 1.

De los cuales escogemos el perfil 20x1.2 con un módulo de sección de 0.53 y un peso de 0.72 kg/m, para verificar la seguridad de la máquina se calcula el factor de seguridad, con la siguiente ecuación.

$$F.S = \frac{\sigma_{material}}{\sigma_{Permisible}} \quad (3)$$

Donde:

F.S: factor de seguridad

σ_{material} : esfuerzo de fluencia del material

$\sigma_{\text{calculado}}$: esfuerzo permisible

Donde se utiliza la fórmula 1 principal, para calcular el esfuerzo permisible con el módulo de sección obtenido del catálogo.

$$\sigma = \frac{M}{S}$$

$$\sigma = \frac{47.23 \text{ Nm}}{5.3 * 10^{-7} \text{ m}^3}$$

$$\sigma = 89.11 \text{ Mpa}$$

Entonces se reemplaza estos valores en la fórmula 3 para obtener el factor de seguridad y se obtiene que:

$$F.S = \frac{250 \text{ MPa}}{89.11 \text{ MPa}}$$

$$F.S = 2.80$$

Por lo que se determina que la estructura de apoyo es segura.

3.4 Bandas clasificadoras

Se busca en catálogos el perfil más conveniente, se considera un perfil trapezoidal, como se muestra en el anexo 2.

Considerando no usar una cantidad de bandas no muy elevada, se escoge el perfil de 17x11, esto da que cada banda y espacio entre estas hay 47 mm, como se muestra más a detalle en la figura 20.

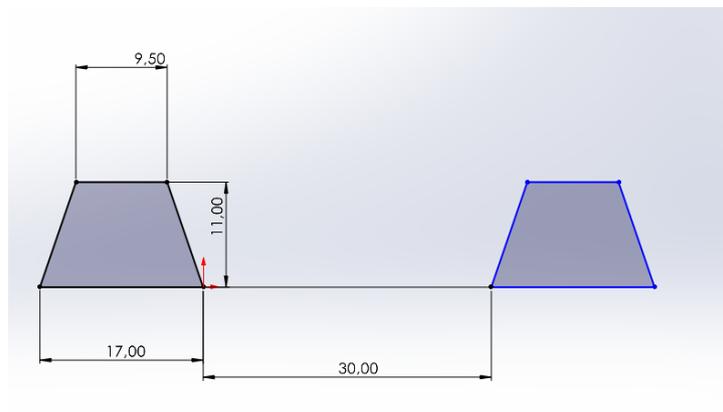


Figura 20. Distancia entre bandas.

Este espacio se divide para la longitud interna de máquina que son 60 cm, sin contar el soporte de chumaceras, con lo que se determina que el número de bandas a usar es de 12.

En base a este diseño se tiene la apertura máxima entre bandas, más para calcular la apertura mínima se determinará mediante el cálculo trigonométrico de estas aperturas, para ello se dibuja un croquis de la apertura entre bandas, como se muestra en la figura 21.

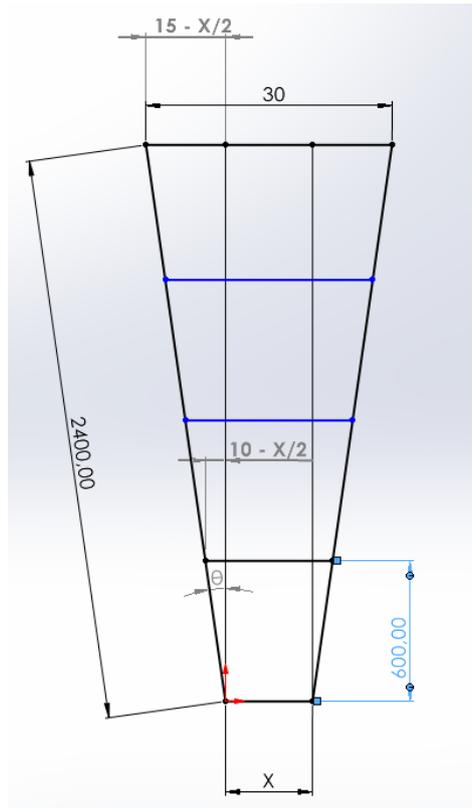


Figura 21. Croquis de separación entre bandas.

En base a este croquis se asume que el seno de theta se puede deducir tanto del primer triangulo rectángulo como del más grande, por lo que se relacionan de la siguiente manera.

$$\theta = \sin^{-1} \frac{15 - \frac{X}{2}}{2400}$$

$$\theta = \sin^{-1} \frac{10 - \frac{X}{2}}{600}$$

Relacionando ambos se puede eliminar los arcos senos y simplificando queda:

$$\frac{30 - X}{4800} = \frac{20 - X}{1200}$$

$$X = 16.67$$

Por lo que la apertura mínima entre bandas será de 16.67 mm, con este cálculo se modela las bandas como un conjunto, obteniendo las medidas del tamiz necesarias en las 4 separaciones para cada categoría, el conjunto de bandas se representa en la figura 22 con la vista desde arriba.

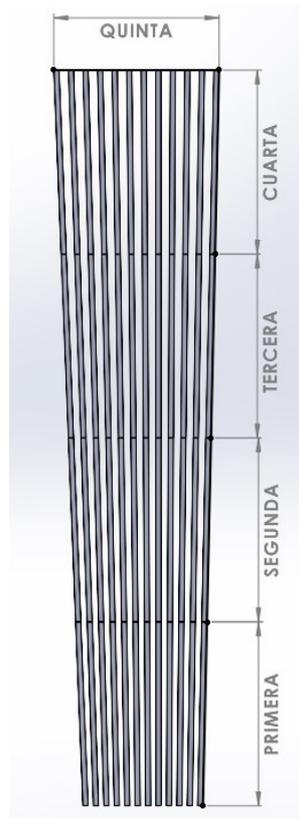


Figura 22. Categorías de clasificación.

3.4.1 Primera categoría

En esta se condensan todos los tomates con un diámetro inferior a 20 mm, en esta categoría lo que importa es su límite máximo, por lo que cualquier medida por debajo será clasificada al principio, como se muestra en la figura 23.

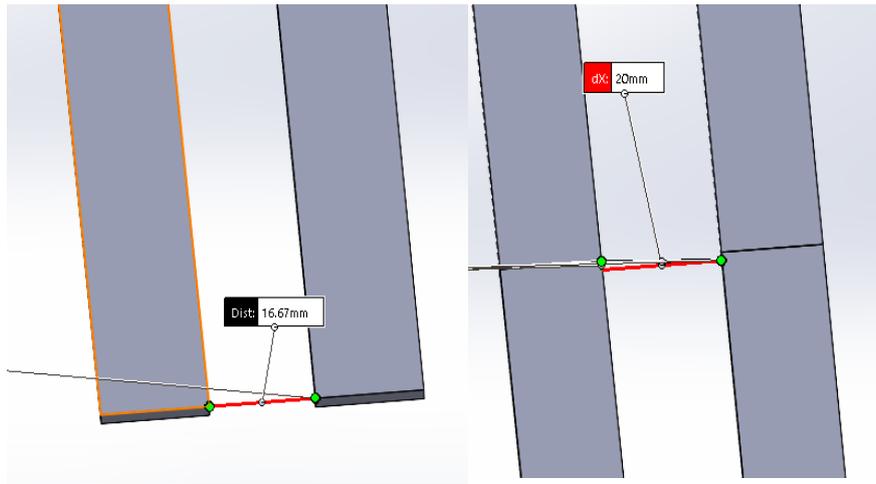


Figura 23. Límites de primera categoría.

3.4.2 Segunda categoría

Para esta categoría el final de la sección las bandas deben estar separadas por un poco más de 20 mm con un límite en 23 mm, con el fin de garantizar que solo siendo mayor a esta última medida pase a la siguiente sección, esto se diferencia en la medida final en la figura 24.

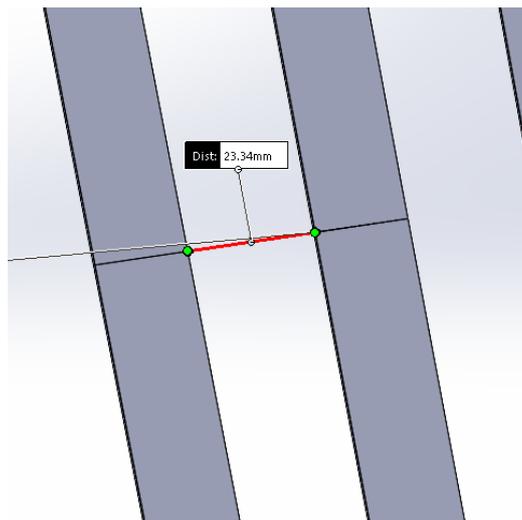


Figura 24. Límite superior de segunda categoría.

3.4.3 Tercera categoría

En esta el límite máximo es de 26.6 mm junto con el límite inferior de 23 mm, esta es una categoría intermedia, límite final de esta sección se representa en la figura 25.

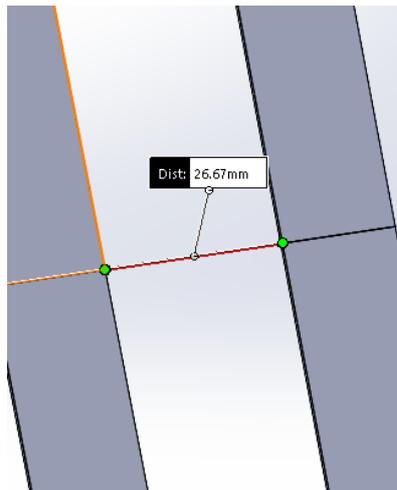


Figura 25. Límite de tercera categoría

3.4.4 Cuarta categoría

Esta sería el límite de lo que se utiliza comúnmente en la planta analizada, pasando de este límite de 30 mm se clasifican en la última sección de clasificación, este límite se denota en la figura 26.

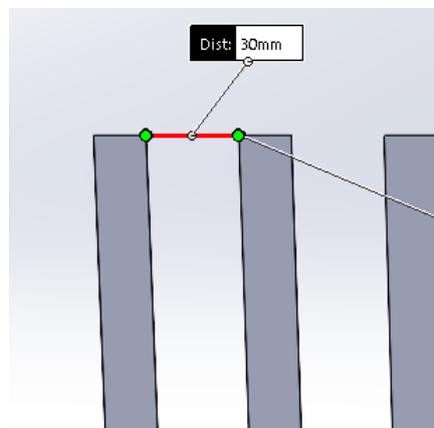


Figura 26. Límite de cuarta categoría y final de las bandas.

3.4.5 Quinta categoría

En la categoría final se depositan todos los tomates con un diámetro mayor a 30 mm, en esta al igual que la primera no tiene un límite definido.

3.5 Tambores

Con este perfil de bandas, se procede a diseñar los tambores que se encargaran de evitar que las bandas se desalineen y se muevan de su zona designada, se considera, las fases del proceso, por ello se tiene dos tipos de tambores, uno de inicio y otro de final, con la separación entre bandas ya designada para que el proceso de clasificación se cumpla, el material a usar será el nylon, un material plástico, usado frecuentemente en los tambores de aplicaciones alimenticias debido a su resistencia a la corrosión, con un recubrimiento exterior de goma de nitrilo de grado alimentario, para aumentar la tracción de los tambores y cumplir con las normas de contacto con alimentos.

El tambor final debe tener un canal con las medidas del perfil seleccionado, con una distancia de 30 mm entre cada canal para que los tomates mayores a esa medida pasen al último nivel, La forma de cada canal se muestran mejor en el croquis la figura 27 y el ejemplo del tambor solido en la figura 28.

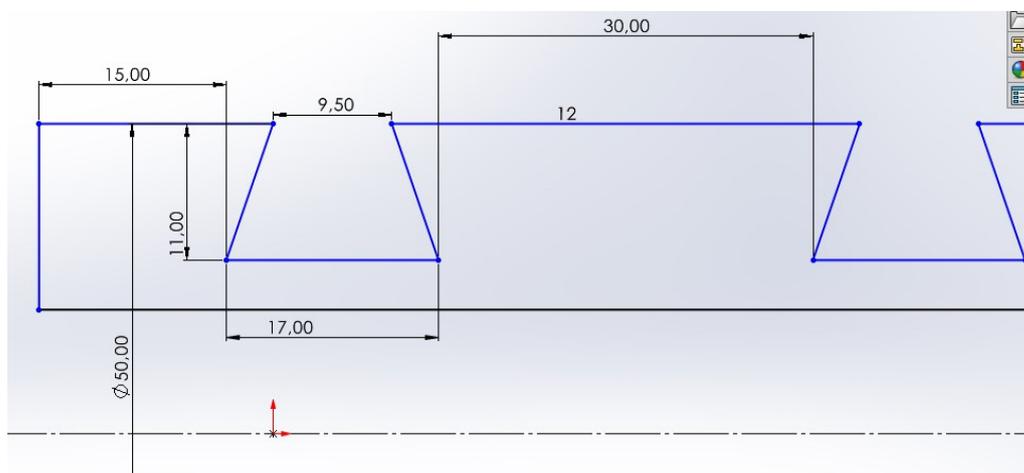


Figura 27. Croquis del Tambor final.

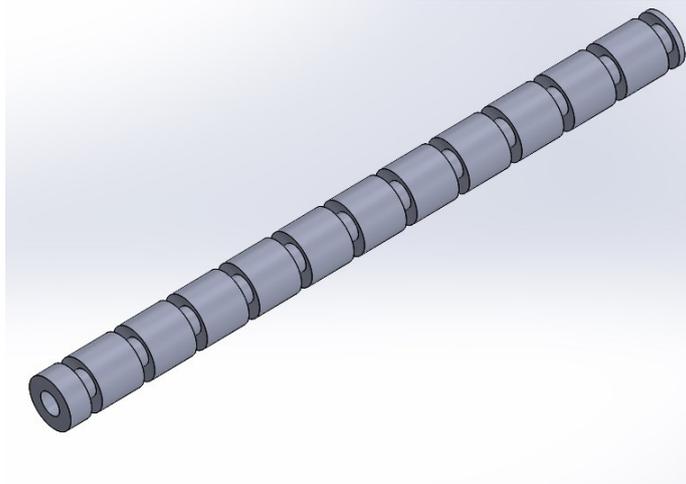


Figura 28. Tambor final.

Para el tambor inicial, lo único que cambia es la distancia entre canales la cual es de 16.70 mm, medida obtenida mediante estudio en el anterior subcapítulo, el modelo de este tambor se muestra en la figura 29.

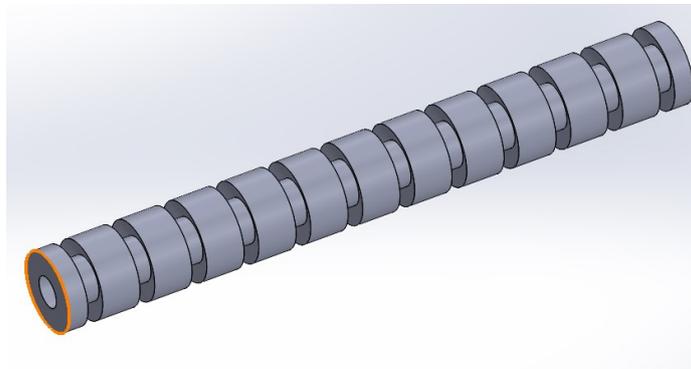


Figura 29. Tambor inicial.

3.6 Diseño de ejes

La máquina constará de 2 ejes en la parte superior, uno unido a la transmisión y el otro como soporte de la banda al final del proceso, así como de dos ejes justo debajo de estos ejes y por debajo de la zona de alimentación que guían el retorno de las bandas, la carga de trabajo la

soportara los ejes superiores, en cuanto a sus dimensiones se determina su longitud revisando las dimensiones generales de la estructura de apoyo, la cual es de 60 cm en su interior y considerando el perfil de la estructura de 2 cm por lado, es decir, que el eje deberá ser entre 62 a 64 cm, a conveniencia también de las chumaceras a instalar, mientras que se debe determinar el diámetro mínimo del eje para ser seguro.

El material escogido para los ejes es el acero AISI 1045, un acero comúnmente usado par ejes, el cual tiene un límite de fluencia es de 530 MPa como se puede ver en la tabla 7, en la cual se muestra las propiedades mecánicas de este acero [29].

Tabla VII

Propiedades mecánicas del acero AISI 1045 [29].

Tipo de proceso y acabado	Resistencia a la tracción		Límite de Fluencia		Alargar en 2" (%)	Reducción de área (%)	Dureza (HB)	Relación de maquinabilidad 1212 EF = 100%
	MPa	PSI	MPa	PSI				
Caliente y maquinado	570	82700	310	45000	16	40	163	55
Estirado en frio	630	91400	530	76900	12	35	179	

Para calcular el diámetro mínimo del eje se analiza el torque necesario para mover la carga cuando está en su máxima capacidad, así como el peso de las bandas, para ello se utiliza el software Inventor para estimar un diámetro ideal para estos ejes.

Primero se estiman las fuerzas que actúan en el eje, considerando la carga máxima de 314 N se divide para el número de bandas individuales que se van a usar para mover los tomates a través de la máquina, para ello se considera el último requerimiento de tamaño, 30 mm, con esto en cuenta, para este número de bandas se divide por la carga máxima de trabajo, de 314 N, esto

resulta en una fuerza en cada banda de 26.17 N como se muestra en la figura 30, teniendo en cuenta que esta fuerza es ejercida en el tambor, este deberá ser de 11 mm de alto, con esto se calcula el torque de cada banda, este será de 0.2878 Nm, estos torques son introducidos en el Inventor para que este entregue gráficos de cómo actúan y del diámetro óptimo, para esto se considera un diámetro de 10 mm.

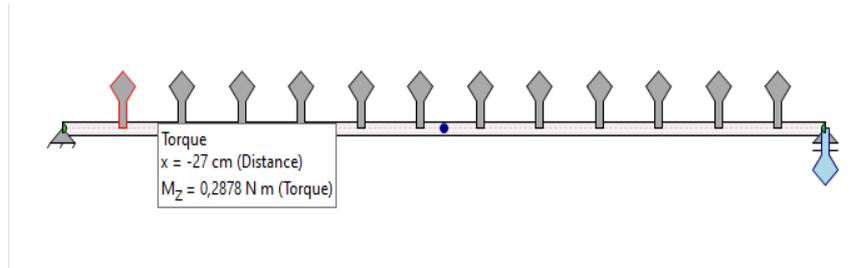


Figura 30. DCL del eje.

A continuación, se detallan los resultados obtenidos en inventor, estos son el esfuerzo cortante máximo que se genera en el eje, el esfuerzo torsional máximo, y el diámetro óptimo del eje, en la figura 31 se representa el esfuerzo cortante que ejerce los torques de las bandas en el eje, este siendo ínfimo para considerarlo un factor de riesgo.

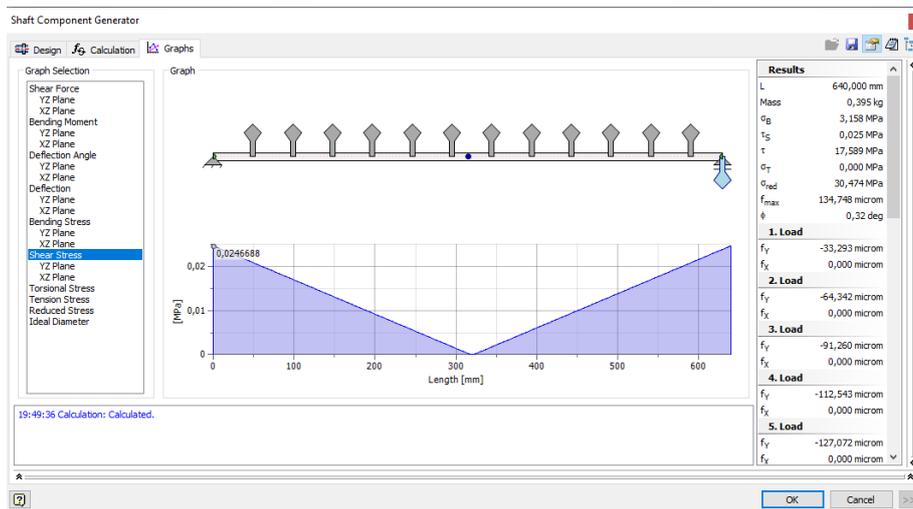


Figura 31. Esfuerzo cortante del eje.

En la figura 32, se detalla el esfuerzo torsional ejercido en el eje, siendo mayor en la fuerza ejercida por el motor, también siendo permisible dentro de las propiedades del material.

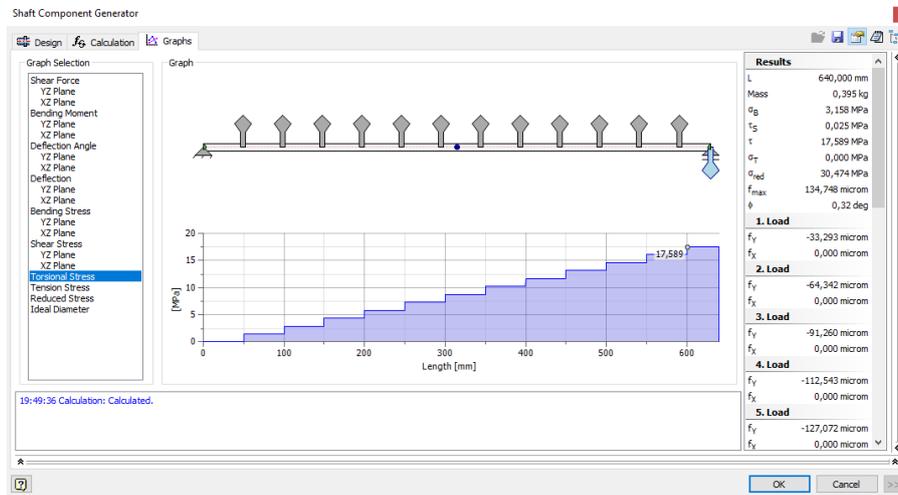


Figura 32. Esfuerzo a torsión del eje.

Por último, el programa calcula el diámetro mínimo para estos ejes, como se muestra en la figura 33.

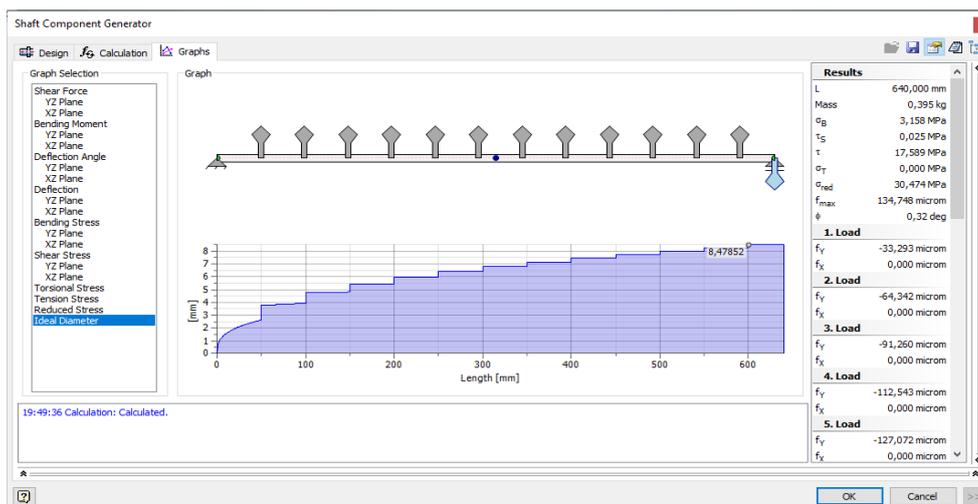


Figura 33. Diámetro óptimo del eje

Como muestra el diagrama, el esfuerzo cortante máximo en el eje es de 0.02 Mpa por lo cual se asume que el diseño del eje es seguro, por esto, para escoger el eje a usar debe tenerse en cuenta un diámetro mínimo de 8.50 mm, esto también corresponderá al soporte adecuado el cual deberá soportar la velocidad de trabajo la cual será calculada en el siguiente subcapítulo.

3.7 Motor reductor

Tomando en cuenta que la carga máxima de 32 kg sea procesada en un lapso de un minuto, se obtiene que la carga actual se procesa un ritmo de 1920 kg por hora, por esto se calculará la velocidad angular con la máxima velocidad de procesamiento, precisando que esta no es la carga que recaerá sobre la máquina si no la velocidad de procesamiento requerida, teniendo en cuenta este dato se procede a calcular la velocidad lineal del eje, con la fórmula 4, a mover en el sistema de transmisión.

$$V = \frac{d}{t} \quad (4)$$

Donde

V: velocidad

d: Distancia

t: tiempo

El tiempo en este caso será el tiempo que le tome a la máquina procesar la carga máxima asumiendo que va al máximo flujo másico, bajo el mismo criterio de la fórmula 4, se aplica a la relación de masa y masa sobre tiempo, por lo que se obtiene la ecuación 5.

$$t = \frac{m}{Fm} \quad (5)$$

Donde:

T: tiempo

m: masa

Fm: flujo másico

Por lo que reemplazando queda de esta manera.

$$t = \frac{32.1 \text{ kg}}{2500 \text{ kg/h}} = \frac{32.1 \text{ kg}}{0.69 \text{ kg/s}} = 46.22 \text{ s}$$

Teniendo en cuenta que la distancia interna de la sección de clasificación será de 2.4 metros, la cual será distancia a recorrer, entonces la velocidad puede ser calculada con la fórmula 4.

$$V = \frac{2.4 \text{ m}}{46.22 \text{ s}}$$

$$V = 0.051 \text{ m/s}$$

Este dato será necesario para poder calcular la velocidad angular del eje, entonces la velocidad angular dada por la siguiente ecuación, la cual transforma el dato de velocidad lineal a revoluciones por minuto.

$$\omega = \frac{V}{r} * 60 \quad (6)$$

donde:

ω : velocidad angular

V: velocidad lineal

r: radio

Donde al remplazar los valores obtenidos y transformándolos a las unidades necesarias se obtiene:

$$\omega = \frac{0.051 \frac{m}{s}}{0.02m} * 60$$

$$\omega = 153 \text{ rpm}$$

Siendo esta la velocidad necesaria para cumplir con el requerimiento de tiempo para el procesamiento.

El dato de velocidad angular permite determinar que se requiere un motor reductor liviano y de bajo consumo. Para saber exactamente que motor reductor usar se necesita saber el torque a mover, este torque es el que se produce por la carga total en el tambor del eje, este es el total de todos los torques de las bandas, osea 0.2878 Nm multiplicado por doce bandas, un total de 3.45 Nm.

$$HP = \frac{T * RPM}{716} \quad (7)$$

donde:

HP: Potencia

T: torque

RPM: revoluciones por minuto

Remplazando queda

$$HP = \frac{3.45 \text{ Nm} * 153 \text{ rpm}}{716}$$

$$HP = 0.73 \text{ hp}$$

Por lo que del catálogo del anexo 3 se escoge el motor monofásico de 4 polos, con 1 hp de potencia, un torque nominal de 4.06 Nm y 1765 rpm de velocidad, con su respectiva caja reductora para controlar esta velocidad, siendo que está muy por encima de la velocidad mínima para el proceso.

3.8 Soportes

Para escoger el eje se tiene en cuenta el diámetro mínimo y la velocidad de trabajo transmitida por el sistema de poleas, por lo que del catálogo de SKF se obtiene el siguiente soporte de la figura 34, el cual cumple ambos requerimientos.



Figura 34. Soporte de eje SYF 20 TF [36].

Con este elemento seleccionado se determina el perfil de los 4 ejes a usar. Este será un perfil de 20 mm de diámetro, con 66 cm de longitud, esto debido a la longitud interna de los soportes, esto con excepción del eje principal, el cual aumenta su longitud para encajar en la polea conducida.

3.9 Zona de alimentación.

Para determinar las dimensiones del embudo se considera que debe soportar por lo menos la mitad de la carga total, es decir, $53\,820\text{ cm}^3$, esto se lo extrapola a las dimensiones necesarias con el cálculo de el volumen de una pirámide, tomando en cuenta la longitud del eje, planteando un embudo con una base de $60 \times 60\text{ mm}$ y una altura de 40 mm , utilizando Solid Works, se construye un sólido tipo trapezoidal, donde se observa el volumen que este ocupa como se muestra en la figura 35.

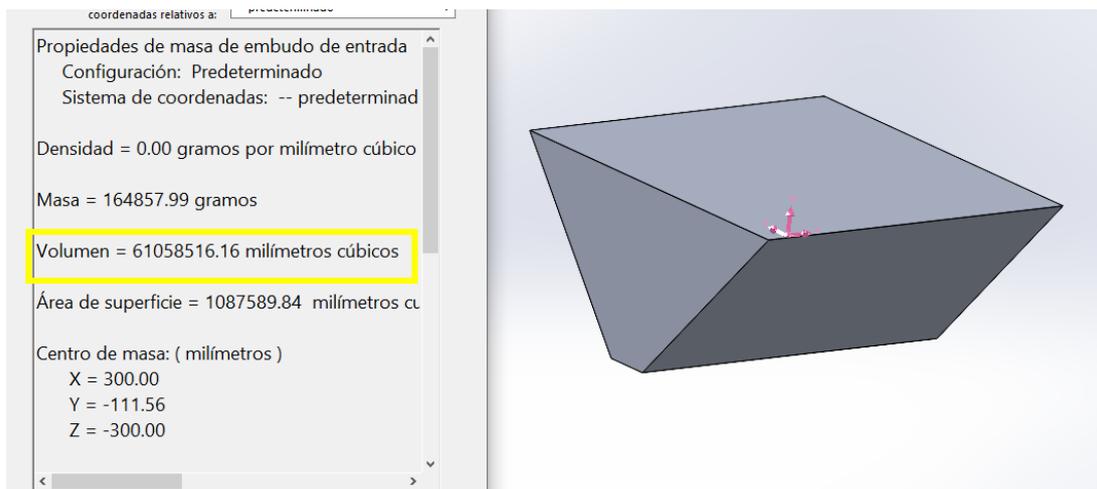


Figura 35. Volumen de embudo de entrada.

Teniendo en cuenta que el tambor de inicio tiene una longitud de 38.5 cm, el embudo se debe adaptar a esta longitud para aprovechar al máximo la caída del producto, por ello se añade una boquilla extra que reduce la salida sin reducir el volumen del embudo, aparte, para su instalación se añade una pestaña en la entrada para ajustarlo en el soporte adicional, el embudo completo junto con estos complementos se muestra en la siguiente figura 36.

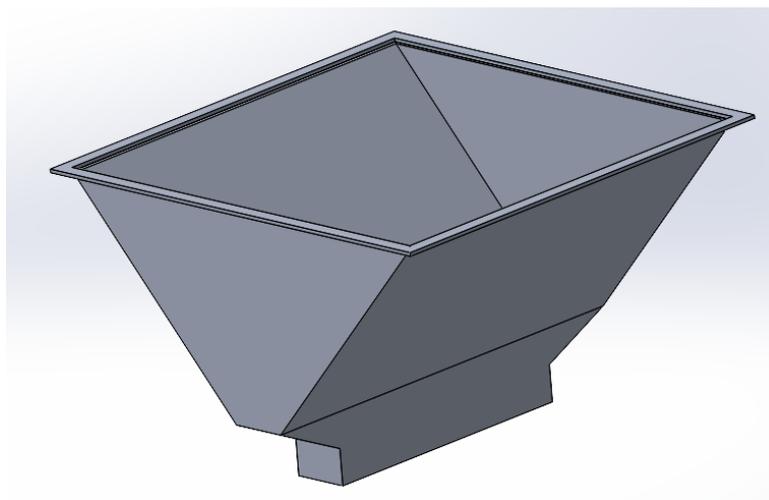


Figura 36. Embudo de entrada.

Con el fin de garantizar la seguridad y calidad alimentaria, el material de esta canasta es el aluminio 6061 utilizado ampliamente en maquinaria de esta clase, tanto para alimentos como para bebidas.

Ahora se debe determinar el soporte para este embudo, para ello se utiliza la masa del mismo, 11.20 kg, más la carga completa, 32.1 kg, con esto se determina la fuerza máxima aplicada en el soporte, y para determinar la sección necesaria para que sea seguro, se inicia con el diagrama de cuerpo libre de una de las barras laterales del soporte como se muestra en la figura 37.

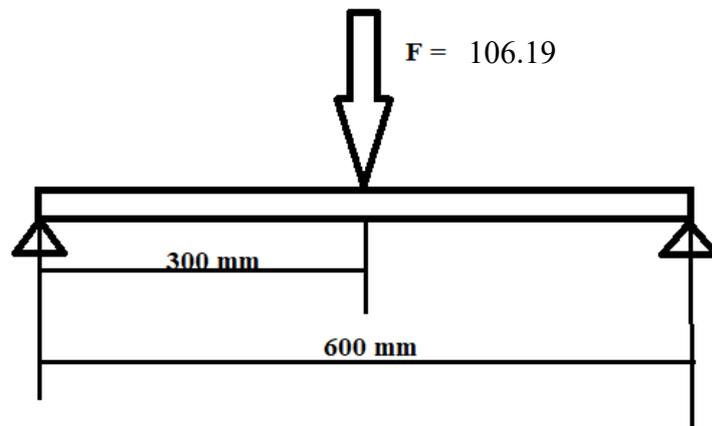


Figura 37. DCL de perfil de soporte de entrada.

En la figura 38 se muestra el diagrama cortante de las fuerzas aplicadas al soporte.

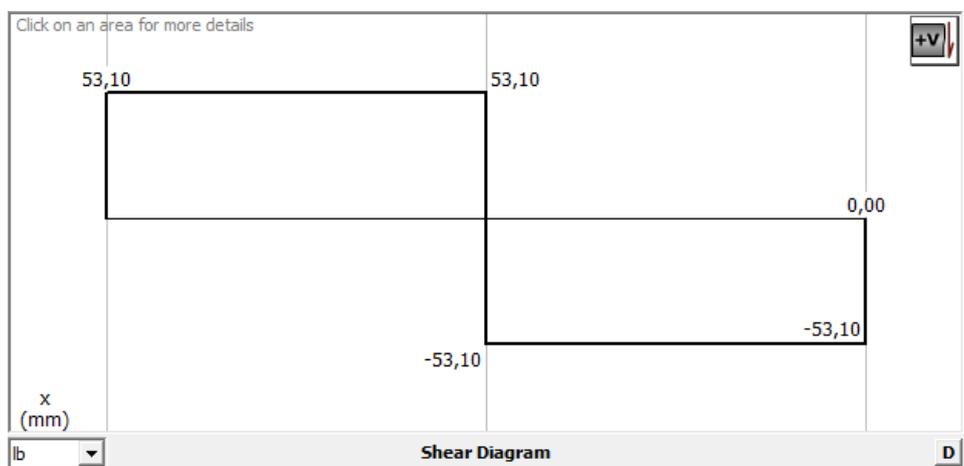


Figura 38. Diagrama cortante del soporte.

En la figura 39 se muestra el diagrama de momento flector máximo, y así como se calculó el módulo de sección para el soporte general, usaremos la magnitud de este diagrama para realizar el mismo procedimiento.

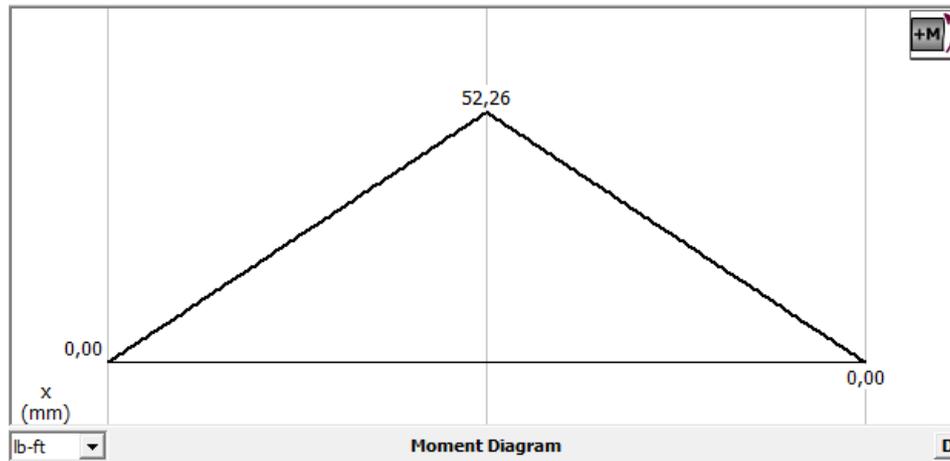


Figura 39. Diagrama de momento máximo del soporte.

Para ello se usa la ecuación 2, utilizada para determinar la estructura de apoyo general, además sabiendo que esta estructura de apoyo es del mismo material.

$$S = \frac{52.26 \text{ Nm}}{0.6 * (250 * 10^6 \text{ MPa})}$$

$$S = 3.484 * 10^{-7} \text{ m}^3 = 0.348 \text{ cm}^3$$

Con este resultado, se escoge, con el fin de facilitar la instalación, un el perfil en L del catálogo de Dipac del anexo 4.

Con este dato se calcula el momento del perfil seleccionado para posteriormente calcular el factor de seguridad.

$$\sigma = \frac{M}{S}$$

$$\sigma = \frac{52.26 \text{ Nm}}{7.6 * 10^{-7} \text{ m}^3}$$

$$\sigma = 68.76 \text{ Mpa}$$

Entonces se reemplaza estos valores en la fórmula 3 para obtener el factor de seguridad y se obtiene que:

$$F.S = \frac{250 \text{ MPa}}{68.76 \text{ MPa}}$$

$$F.S = 3.6$$

3.10 Salidas

Para la salida de producto se diseña una rampa con acero estructural, recubierta en su cobertura por PVC espumado para proteger a los tomates de la caída desde el tamiz, la rampa está unida desde los extremos mediante varias barras con perfiles similares a las usadas en la estructura de soporte.

Para garantizar la correcta clasificación se deben instalar guías en la cubierta de la rampa, se calcula la longitud de la rampa con la longitud interna de la máquina junto al perfil seleccionado, y la altura entre los ejes inferiores y superiores, este da el resultado de la figura 40.

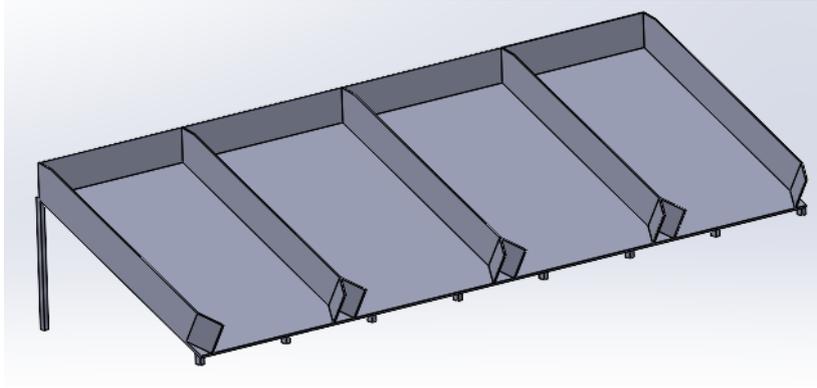


Figura 40. Plataforma de salida general.

A su vez se diseña una plataforma a parte para la salida de los tomates que se excedan la medida máxima, esta se realiza con un ángulo más pronunciado debido a que esta salida está junto al final de las bandas clasificadoras, esta se muestra en la figura 41.

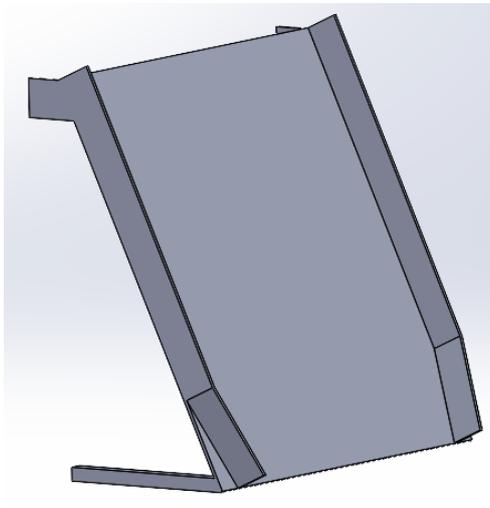


Figura 41. Plataforma de salida final.

3.11 Control

Revisando el motor seleccionado en capítulos anteriores, se nota que la velocidad de giro que este posee es muy alta en relación a la velocidad necesaria para el proceso, para ello se utiliza una caja reductora, con el cual se reduce la velocidad de salida, a su vez dará un mejor acople para el motor con el eje de la máquina, para ello se revisa el catálogo de weg de cajas reductoras de velocidad perpendiculares como el que se muestra en la figura 42, en este se encuentra un ejemplar que ayude a reducir la velocidad en relación de 10:1, por ello, como se selecciona un motor de 1765 RPM, la salida será de 176,5 RPM, por lo cual se alcanzaría el mínimo de velocidad.



Figura 42. Caja reductora perpendicular [39].

Entonces el control principal de esta máquina será el control del motor monofásico, para ello se considera las funciones que esta máquina realiza o debe realizar.

Para esto se realiza un diagrama de flujo de la figura 43, en el que se comprueba la secuencia necesaria para utilizar la máquina, esta es realmente simple, se consideran dos modos, un manual, que podrá ser utilizado en ciclos cortos o en comprobaciones del funcionamiento, y un modo automático, en el cual una vez iniciado el motor permanecerá encendido hasta que el operario lo desactive, esto para el ciclo continuo de clasificación una vez llegue la carga de tomates ya desinfectados.

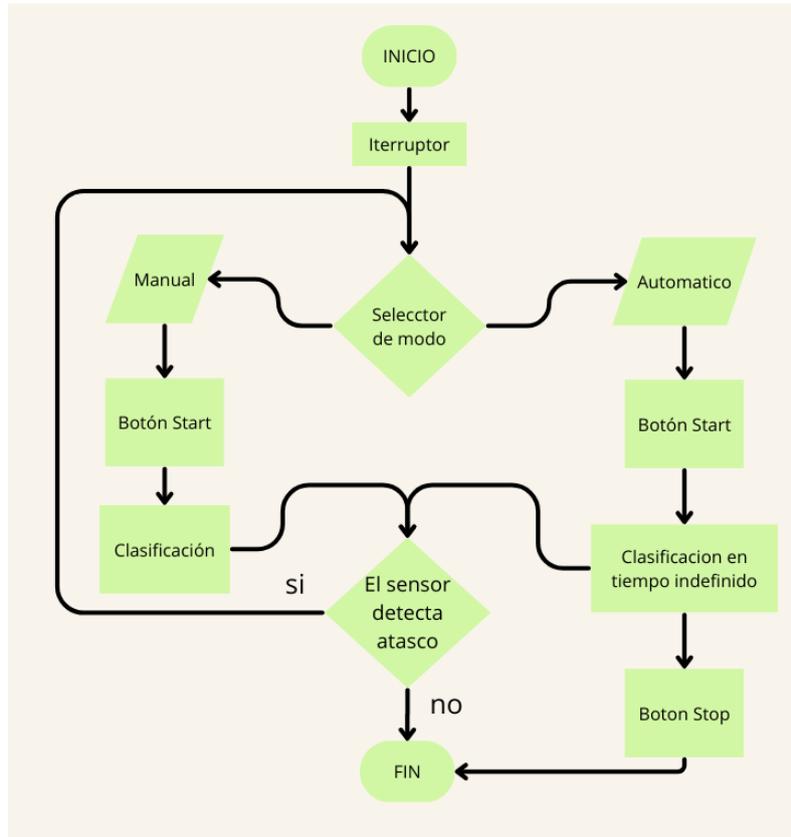


Figura 43. Flujograma de funcionamiento.

En base a este funcionamiento se realiza el diagrama de la figura 44 en el software Cadesimu para simulación electromecánica, en el cual se implementa una parte de potencia para encender el motor y una parte de control.

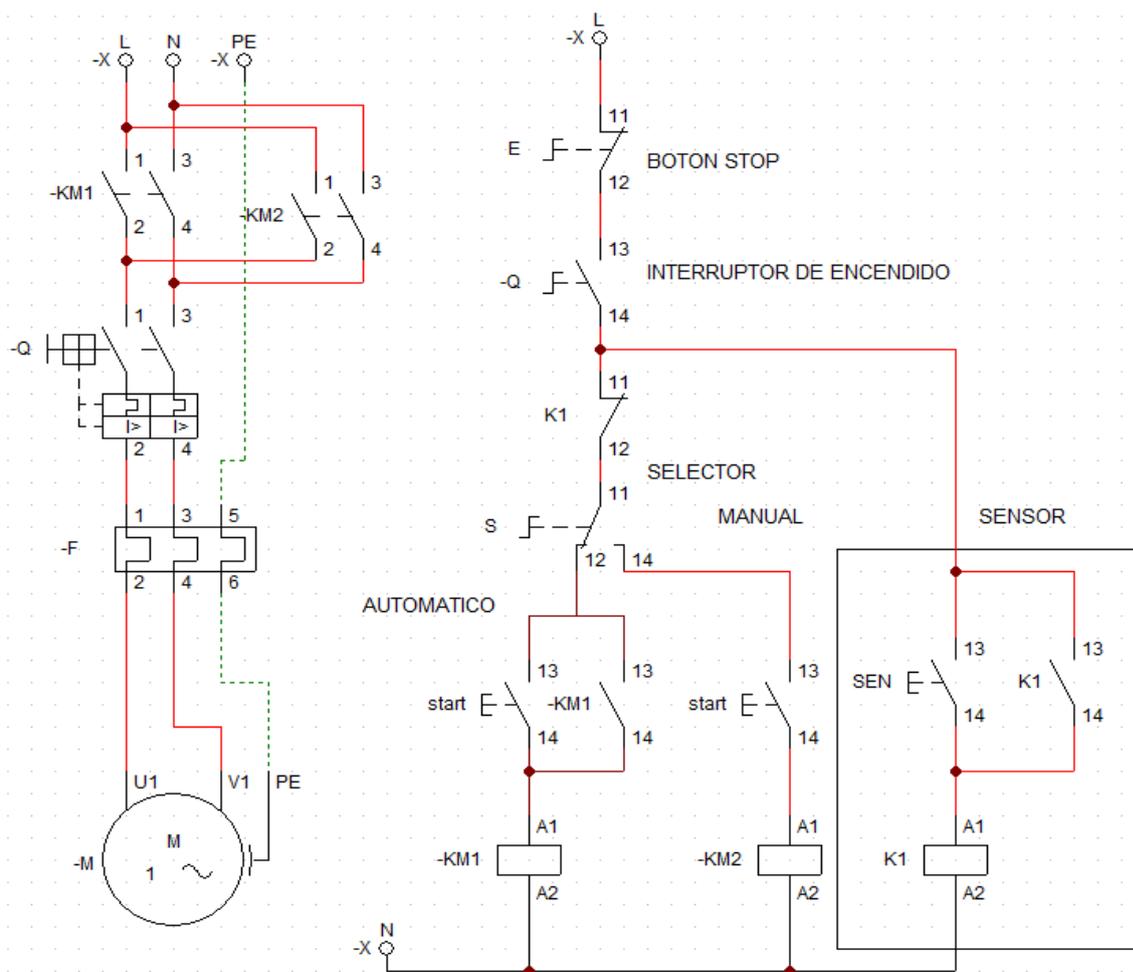


Figura 44. Diagrama eléctrico de control.

Por último el sensor a utilizar será un sensor foto eléctrico de tipo barrera, un ejemplo de estos es el de la figura 45, el cual se posiciona justo debajo de la bandeja, de salida final, se considera entonces que de haber un atasco, este sería el lugar donde se va a detectar [40].

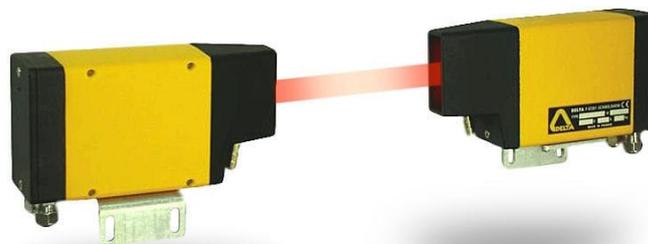


Figura 45. Ejemplo de sensor fotoeléctrico [40].

3.12 Juntas

En este subcapítulo se calculará las especificaciones de juntas para las diferentes secciones vitales de la máquina.

3.12.1 Soldadura

Para la soldadura en los perfiles de tubo cuadrado se considera que las soldaduras en filete sujetas a torsión, por ello utilizamos las siguientes ecuaciones [42].

Siguiendo la tabla de propiedades de soldadura en filetes del libro de Shigley, se tiene que para perfiles cuadrados se usa el perfil de la figura 46 para calcular el área de la garganta, el esfuerzo cortante primario y secundario.

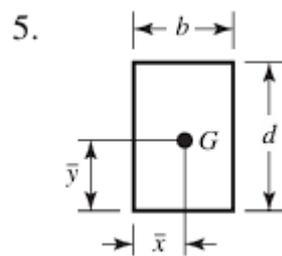


Figura 46. Perfil de soldadura para tubo cuadrado [42].

Se usan las siguientes ecuaciones también, como la ecuación 8.

$$A = 1.414 h(b + d) \quad (8)$$

Donde

A: área de la garganta

b: ancho del tubo

d: alto del tubo

h: espesor del tubo

Donde al reemplazar para el tubo del soporte general de perfil 20x20 mm de espesor 1.2 mm, se obtiene la siguiente área.

$$A = 1.414 (0.0012)(0.02 + 0.02)$$

$$A = 6.78 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

Este dato se usará para el cálculo del primer esfuerzo cortante, a su vez, se necesita la fuerza máxima a aplicar en estas soldaduras, por lo que se considera la sección de tubo lateral que soporta la bandeja de salida general, así como la carga máxima, por ello tenemos una fuerza dada por la siguiente suma.

$$F = (68.25 \text{ kg} + 32.1 \text{ kg}) \times (9.81)$$

$$F = 984.48 \text{ N}$$

Con estos datos se calcula el esfuerzo primario de la soldadura, el cual está dada por la ecuación 9.

$$\tau' = \frac{F}{A} \quad (9)$$

Donde

τ' : esfuerzo cortante primario

F: fuerza aplicada en la soldadura

A: área de la garganta

Reemplazando queda

$$\tau' = \frac{984.48 \text{ N}}{6.78 \times 10^{-5} \text{ m}^2}$$

$$\tau' = 14.52 \text{ GPa}$$

Para el cálculo del esfuerzo cortante secundario, se necesitan la ecuación 10.

$$\tau'' = \frac{M * c}{I} \quad (10)$$

Donde

τ'' : esfuerzo cortante secundario

M: momento

c: centroide del perfil

I: segundo momento polar de inercia

Primero se calcula el centroide respecto al eje x y eje y, para ello se tiene las ecuaciones 11 y 12.

$$\bar{x} = \frac{b}{2} \quad (11)$$

$$\bar{y} = \frac{d}{2} \quad (12)$$

Donde:

\bar{x} : centroide respecto a X

\bar{y} : centroide respecto a Y

b: ancho del tubo

d: alto del tubo

Dando resultado

$$\bar{x} = \frac{0.02}{2}$$

$$\bar{x} = 0.01 \text{ m}$$

$$\bar{y} = \frac{0.02}{2}$$

$$\bar{y} = 0.01 \text{ m}$$

Este dato será necesario para los siguientes cálculos y cualquiera se puede interpretar como el centroide c debido a que es un perfil cuadrado, el cálculo del momento está dado por la ecuación 13.

$$M = F \times L \tag{13}$$

Donde

F = fuerza

L = longitud

Reemplazando los valores, con la distancia media del perfil lateral del tubo.

$$M = 1654.11 \text{ N} \times (1.2 \text{ m} + 0.01\text{m})$$

$$M = 2001.47 \text{ Nm}$$

Ahora se calcula el segundo momento polar de inercia, con la ecuación 14.

$$I = 0.707 h J_u \quad (14)$$

Donde

h: espesor del tubo

J_u: segundo momento polar unitario

Para calcular este último se tiene la ecuación 15.

$$J_u = \frac{(b + d)^3}{6} \quad (15)$$

Donde

b: ancho del tubo

d: alto del tubo

reemplazando la 15 en 14 tenemos

$$I = 0.707 \times (0.0012) \times \left(\frac{(0.02 + 0.02)^3}{6} \right)$$

$$I = 9.04 \times 10^{-5}$$

Con estos datos se calcula el esfuerzo cortante secundario

$$\tau'' = \frac{2001.47 \text{ Nm} * 0.01 \text{ m}}{9.04 \times 10^{-5}}$$

$$\tau'' = 221.40 \text{ MPa}$$

Con estos dos datos se calcula el esfuerzo cortante máximo con la fórmula.

$$\tau = \sqrt{\tau' + \tau''} \quad (16)$$

$$\tau = \sqrt{14.52 \times 10^9 \text{ Pa} + 221.40 \times 10^6 \text{ Pa}}$$

$$\tau = 121,41 \text{ Mpa}$$

Para un electrodo E80xx la resistencia a la fluencia es de 462 Mpa, con este dato y el esfuerzo máximo se procede a calcular el factor de seguridad de las soldaduras en un perfil cuadrado.

$$FS = \frac{0.6 \text{ sy}}{\tau} \quad (17)$$

Donde

Sy: Esfuerzo de fluencia del electrodo

τ : Esfuerzo cortante máximo

Reemplazando se obtiene

$$FS = \frac{0.6 \times 462}{121.41}$$

$$FS = 2.28$$

Con valor mayor a dos, se determina que las uniones son seguras en su punto más crítico.

Se calcula también el esfuerzo cortante máximo y su factor de seguridad para el perfil de en L del soporte de entrada, de 20 mm de lado y 2 mm de espesor, a su vez, se utiliza otro diagrama y variaciones de las fórmulas anteriores, el perfil necesario se muestra en la figura 47.

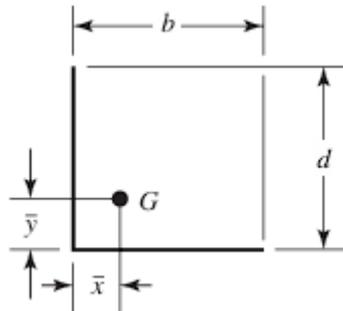


Figura 47. Perfil de soldadura para tubo angular [42].

Se utiliza la ecuación 18.

$$A = 0.707 h(b + d) \quad (18)$$

Donde

A: área de la garganta

b: ancho del tubo

d: alto del tubo

h: espesor del tubo

Reemplazando

$$A = 0.707 (0.002)(0.02 + 0.02)$$

$$A = 5.65 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

Se considera la fuerza de la carga máxima junto con el peso del embudo, lo que da la siguiente suma

$$F = (7.9 \text{ kg} + 32.1 \text{ kg}) \times (9.81)$$

$$F = 393.08 \text{ N}$$

Entonces, se utiliza la ecuación 9 para el esfuerzo cortante primario.

$$\tau' = \frac{393.08}{5.65 \times 10^{-5}}$$

$$\tau' = 6.9 \text{ GPa}$$

Para el esfuerzo cortante secundario se utiliza la ecuación 10 usada en el cálculo de la soldadura anterior, sin embargo, ciertas variables necesitaran diferentes fórmulas que cambiaran por el cambio de perfil, variables como las del centroide de la fórmula 19 y 20.

$$\bar{x} = \frac{b^2}{2(b + d)} \quad (19)$$

$$\bar{y} = \frac{d^2}{2(b + d)} \quad (20)$$

Donde:

\bar{x} : centroide respecto a X

\bar{y} : centroide respecto a Y

b: ancho del tubo

d: alto del tubo

reemplazando se tiene

$$\bar{x} = \frac{0.02^2}{2(0.02 + 0.02)}$$

$$\bar{y} = \frac{0.02^2}{2(0.02 + 0.02)}$$

$$\bar{x} = 0.005$$

$$\bar{y} = 0.005$$

Se utiliza la ecuación 14 para el segundo momento polar de inercia, más una variación en la fórmula del segundo momento polar unitario.

$$J_u = \frac{(b + d)^4 - 6b^2d^2}{12(b + d)} \quad (21)$$

Donde

b: ancho del tubo

d: alto del tubo

Reemplazando 21 en la 14 se obtiene

$$I = 0.707 h * \frac{(b + d)^4 - 6b^2d^2}{12(b + d)} \quad (22)$$

Al reemplazar el segundo momento polar de inercia queda

$$I = 4.71 \times 10^{-5}$$

Por último, el cálculo del momento requiere la fórmula 13.

$$M = 393.08 * (0.3 + 0.005)$$

$$M = 119.88 Nm$$

Reemplazando en la fórmula 10, nos queda

$$\tau'' = \frac{119.88 * 0.005 m}{4.71 * 10^{-5}}$$

$$\tau'' = 12.72 Mpa$$

Con esto se calcula el esfuerzo cortante máximo

$$\tau = \sqrt{6.9 * 10^9 Pa + 12.72 * 10^6 Pa}$$

$$\tau = 83.14 Mpa$$

Se calcula el factor de seguridad en base al esfuerzo de fluencia de un electrodo E60xx, el cual es de 345 Mpa.

$$FS = \frac{0.6 * 345}{83.14}$$

$$FS = 2.48$$

Se considera seguro debido a que supera a dos.

3.12.2 Pernos

La mayor cantidad de pernos a usar se encuentran en las bases de los soportes para los ejes, esta rosca viene dada por el fabricante del soporte y tal como indica en el catálogo SKF y el diagrama de sujeción de la figura 48, la longitud G es igual a 14 mm, eso sumado a los 20 mm de extensión de los perfiles, junto con la recomendación para G , se necesita un perno M8 x 34 [36].

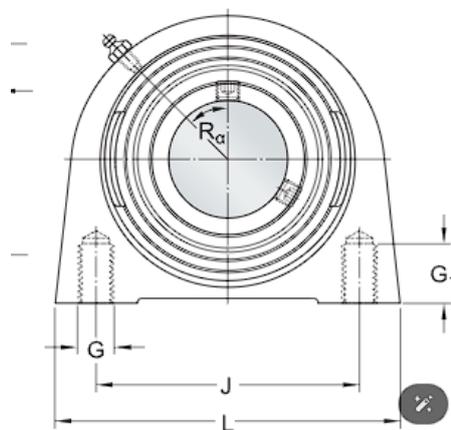


Figura 48. Diagrama de sujeción de soporte para ejes [36].

Se necesita calcular el área de la rosca a instalar en uno de los laterales para mantener el embudo de entrada fijo, para diseñar roscas a cortante se considera la fórmula 23, y se iguala a la fórmula 24, con el fin de asegurar la seguridad de estas juntas, se asume un factor de seguridad de 2.5, con este dato se calcula el área mínima de la rosca.

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (23)$$

Donde

τ : esfuerzo cortante

F: fuerza en la unión

A: área de la rosca

$$FS = \frac{0.6sy}{\tau} \quad (24)$$

Donde

FS: factor de seguridad

Sy: esfuerzo de fluencia del perno

El esfuerzo de fluencia del perno se encuentra en tablas, mostradas en el anexo 9, para su diseño según su clase, se escoge una rosca de clase 5.8 con un esfuerzo de fluencia de 420 Mpa, y despejando el esfuerzo cortante en la fórmula 24 queda [42].

$$\tau = \frac{0.6 \times (420)}{2.5}$$

$$\tau = 100.8 \text{ Mpa}$$

despejando este valor en la fórmula 23 y considerando una fuerza ejercida por la carga en el embudo y el peso del embudo da como resultado.

$$A = \frac{393.08 \text{ N}}{100.8 \text{ Mpa}}$$

$$A = 3.89 \times 10^{-6} \text{ m}^2 = 3.89 \text{ mm}^2$$

Al convertir esta área a un diámetro se obtiene que el diámetro mínimo de la rosca es.

$$d = 2.22 \text{ mm}$$

Por lo que se puede escoger el diámetro mínimo de rosca dada por la tabla, es decir, M5x10.

3.13 Factor de seguridad general

Para calcular un factor de seguridad general se determina el elemento más crítico en la estructura, el cual se asume, en base a la consideración de las consecuencias de su fallo, es la barra lateral que actúa como soporte para las bandejas de salida generales, estas cuentan con un peso propio de 136, 51 kg, sin contar la carga máxima.

En base a su material, se tiene que el esfuerzo de fluencia del material es de 250 Mpa, para calcular el esfuerzo de permisible utilizamos la fórmula 1, para obtener el momento máximo se calcula mediante el uso del software MD solids.

Se obtiene un momento máximo de 49.6 Nm como se muestra en la figura 49.

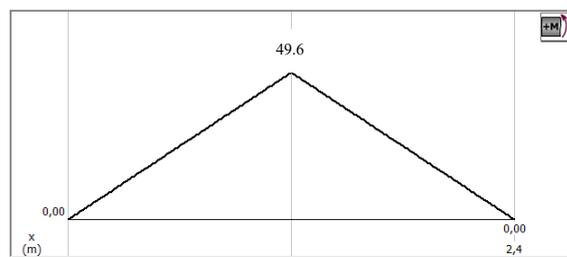


Figura 49. Momento máximo de tubo crítico.

Con este dato, se calcula el esfuerzo permisible.

$$\sigma = \frac{49.6 \text{ Nm}}{5.3 * 10^{-7} \text{ m}^3}$$

$$\sigma = 93.58 \text{ Mpa}$$

y con este dato se calcula el factor de seguridad de este elemento mas crítico con la fórmula 3.

$$F. S = \frac{250 \text{ MPa}}{93.58 \text{ MPa}}$$

$$F. S = 2.53$$

Por lo que se considera que la maquina en general posee seguridad aceptable.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Estudios

Para determinar con certeza que las diferentes partes de la máquina son seguras, se realiza estudios en las simulaciones hechas en Solid Works.

4.1.1 Simulación de estructura general

Empezando con en el orden de cálculo, se empieza con el estudio de deformaciones de la estructura de apoyo general, con la fuerza de la carga completa ejercida de manera simultánea en los apoyos principales, primero es el resultado de la figura 50, el cual muestra las deformaciones en el apoyo.

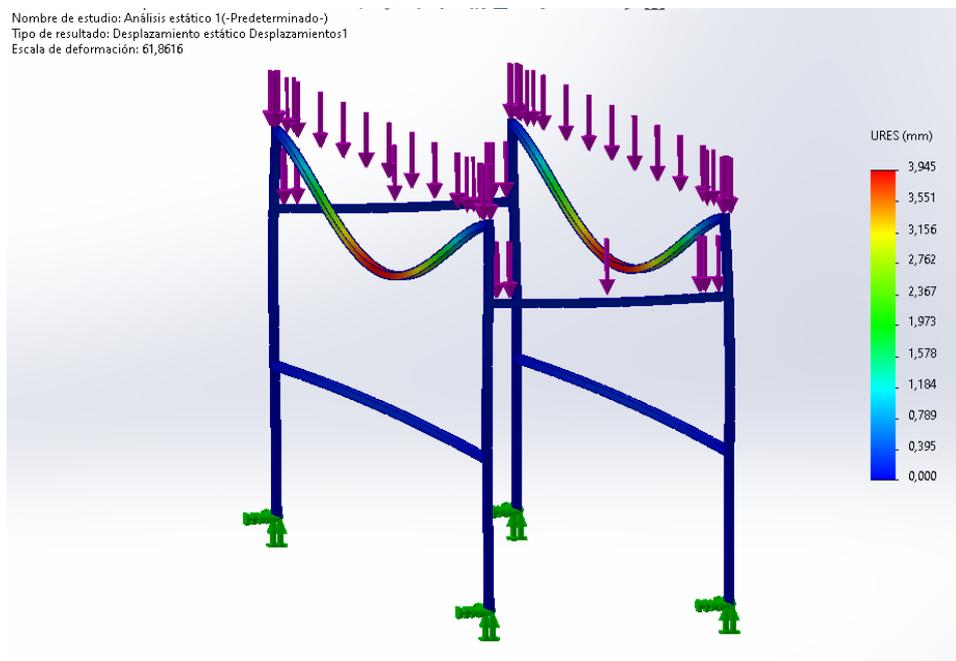


Figura 50. Estudio de deformaciones de la estructura general.

En este se observa que la deformación más crítica se condensa en el centro de la viga lateral, siendo un desplazamiento máximo de 4 mm, considerando que no existe ningún elemento en este rango con el que pueda colisionar, se considera un desplazamiento permisible.

El siguiente será el estudio de factor de seguridad hecho con las mismas cargas y parámetros del estudio de deformación, este se muestra en la figura 51.

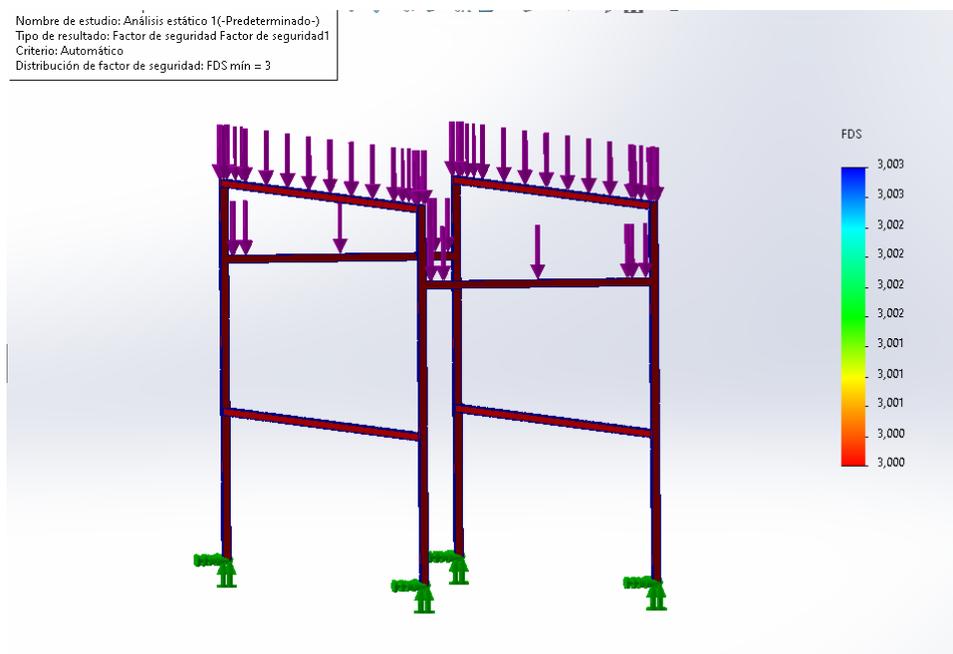


Figura 51. Estudio de factor de seguridad de la estructura general.

El software indica que el factor mínimo de la estructura es de 3, por lo que se asume que la estructura es segura.

4.1.2 Simulación de ejes

En la figura 52 se muestra el estudio de esfuerzo torsional que ejerce los torques de cada banda sobre los ejes, los torques aplicados son los mismos que en el diseño en inventor.

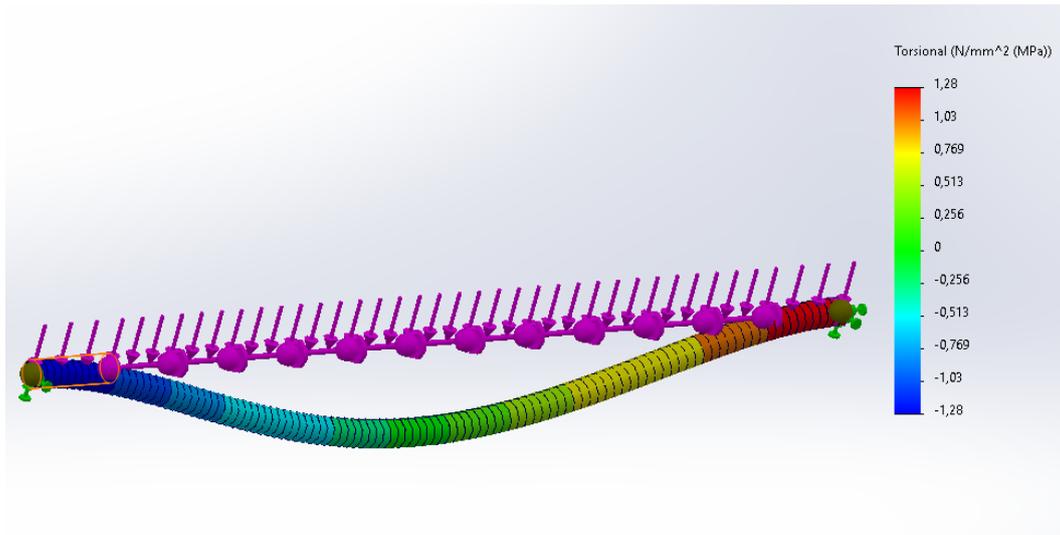


Figura 52. Estudio de esfuerzo torsional del eje.

El esfuerzo máximo que se ejerce en el eje es de 1.29 Mpa, se determina dentro del límite ya que el del metal escogido como se denota en el anexo.

La figura 53 muestra el desplazamiento del eje, con las fuerzas de la carga completa dividida a la mitad por los dos ejes superiores, 157.44 N, esto distribuido en los centros de las bandas.

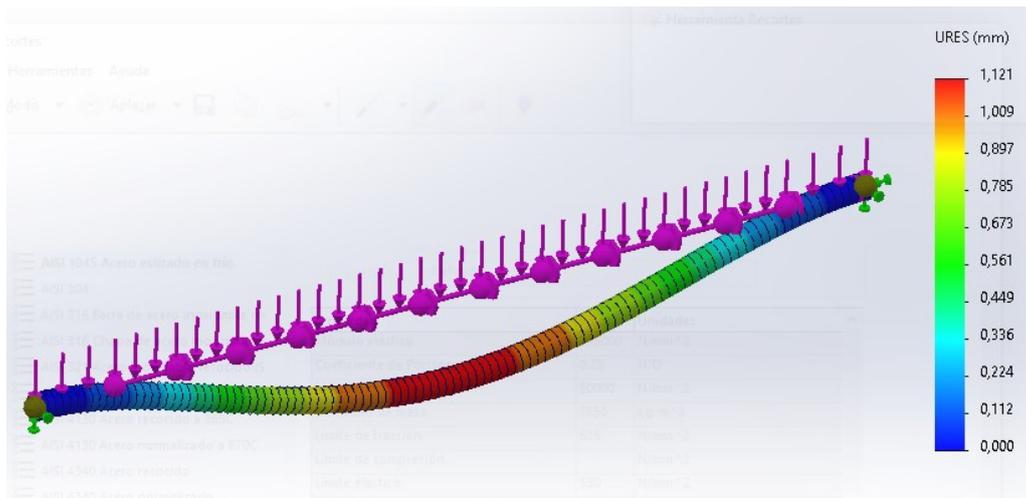


Figura 53. Estudio de deformaciones del eje.

Con este estudio se obtiene que la deformación del eje es de 1.12 mm en su zona central, siendo tan ínfima que se descarta como un factor de riesgo.

En la figura 54, se muestra el factor de seguridad del eje analizado, este deberá superar por mucho los valores mínimos para este cálculo, pues el diámetro es el doble del diámetro mínimo.

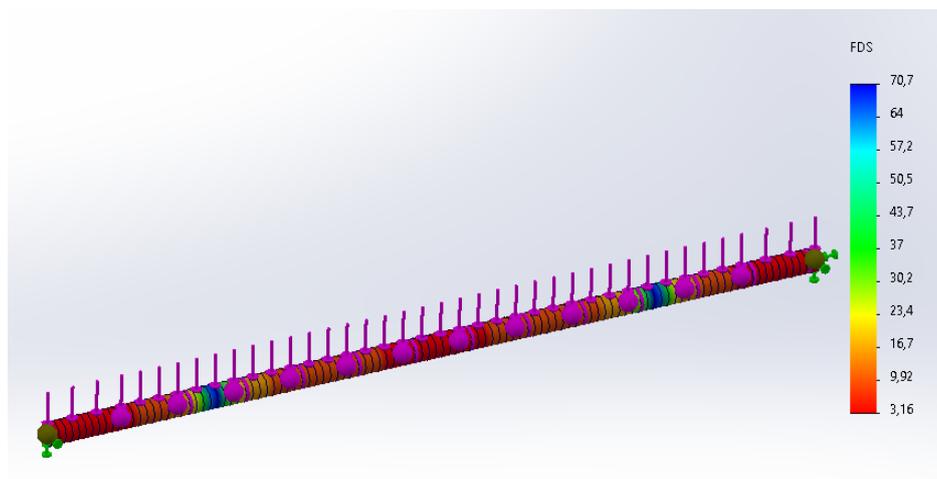


Figura 54. Estudio de factor de seguridad del eje.

En la simulación se detalla un factor de seguridad mínimo de 3.16 por lo que se asume como seguro el perfil de los ejes.

4.1.3 Simulación de entrada.

El primer estudio será el de la canasta, con la fuerza de la carga completa distribuida en las caras interiores del embudo, esto generará como en los otros estudios, deformaciones en la estructura, esta se muestra en la figura 55.

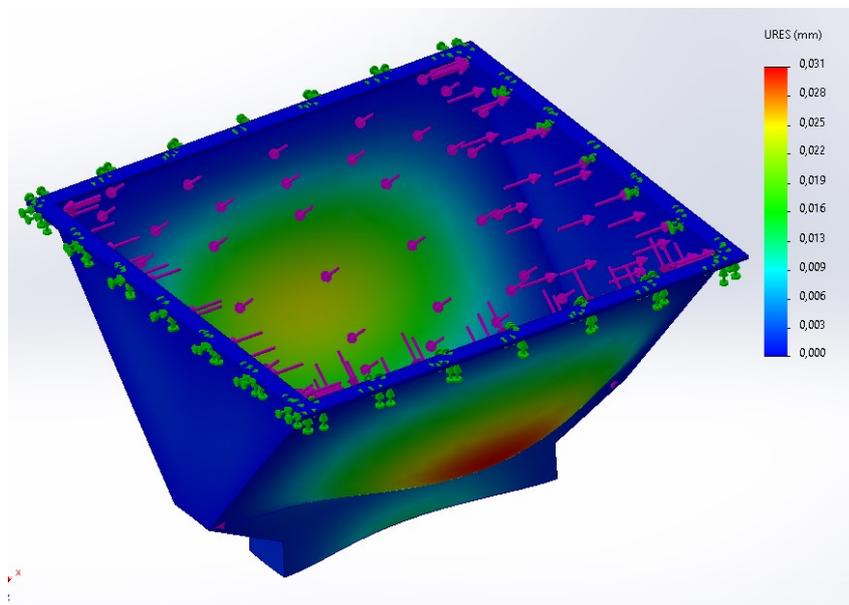


Figura 55. Estudio de deformaciones del embudo de entrada.

La deformación máxima en esta estructura es de menos de un milímetro, por lo que se considera ínfima para ser un factor de riesgo.

A su vez, en la figura 56 se realiza el estudio de factor de seguridad con el fin de saber si la estructura es segura.

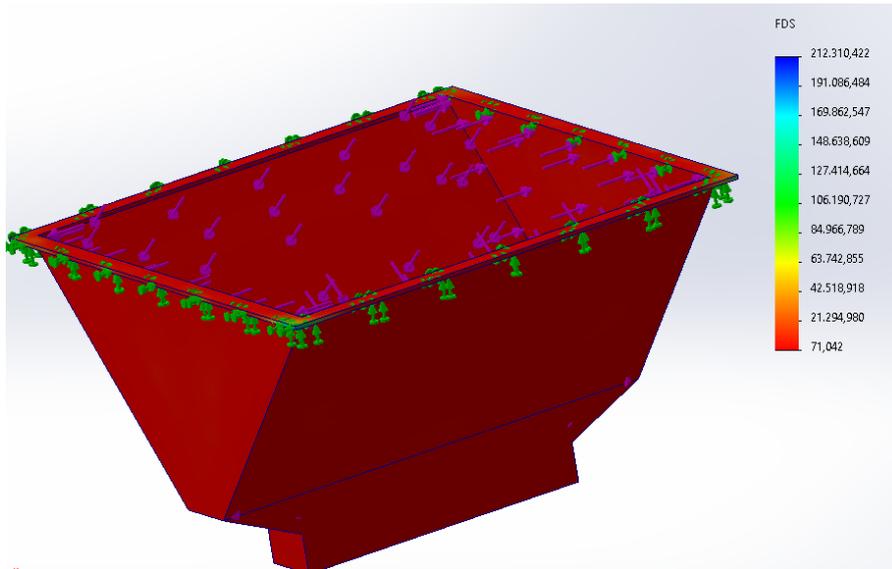


Figura 56. Estudio de factor de seguridad del embudo de entrada.

Para este embudo se obtiene que el factor mínimo es de 71 por lo que se demuestra segura.

Lo siguiente a analizar es el soporte del embudo, en este estudio se toma en cuenta el peso de la carga máxima junto al peso del embudo, con estas cargas se obtuvo la siguiente grafica de deformación de la figura 57.

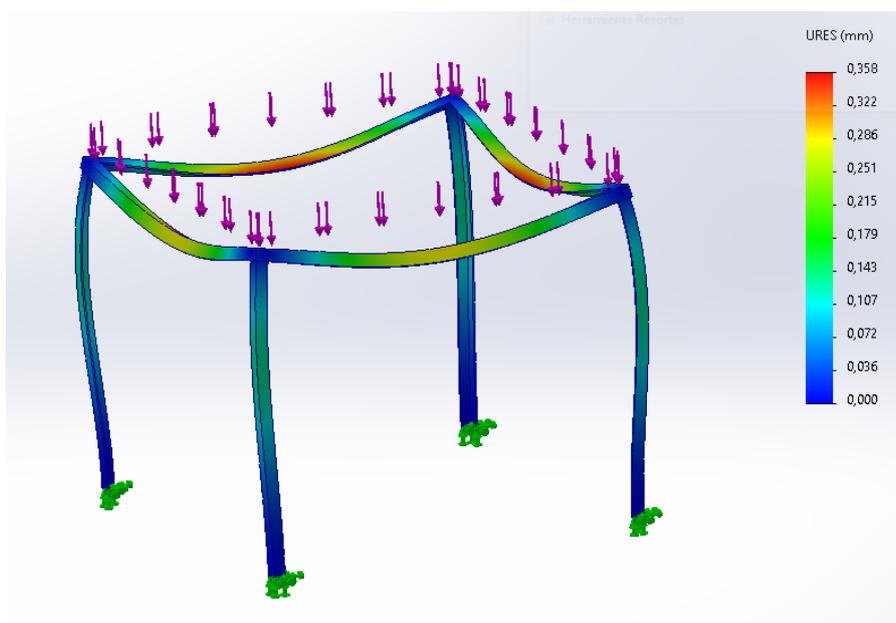


Figura 57. Estudio de deformaciones del soporte de entrada.

La deformación en el soporte es igual que en el embudo, es ínfima, por lo que se considera que el perfil es adecuado, aun así, realizamos el estudio de seguridad de la figura 58.

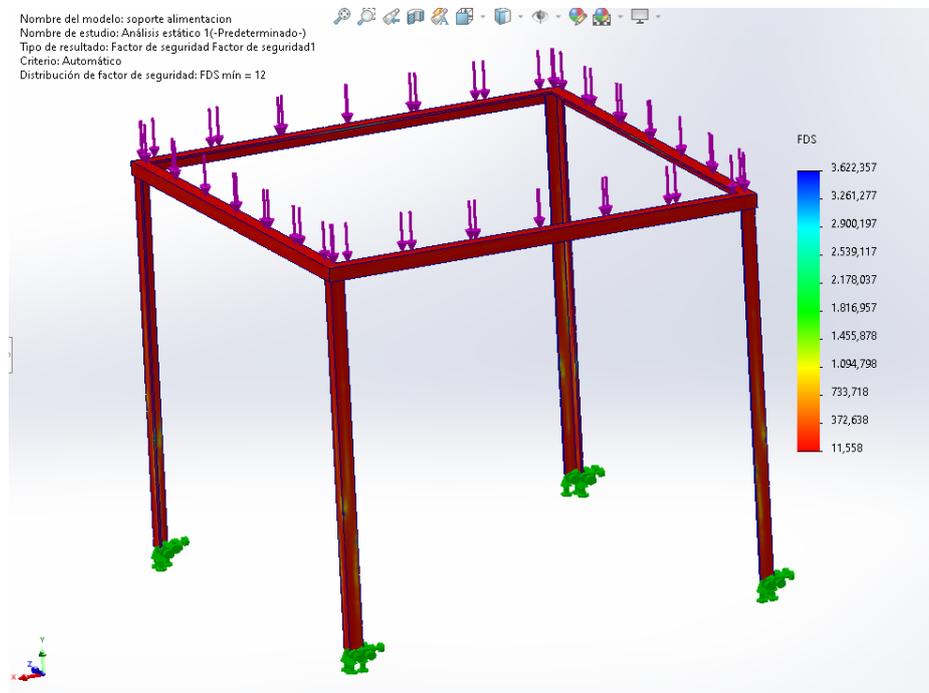


Figura 58. Estudio de factor de seguridad de soporte de entrada.

Se obtiene que el factor de seguridad mínimo del soporte es de 11,55 por lo que se considera segura.

4.1.4 Simulación de salida.

Para las bandejas de salida se considera, el peso de la carga como carga uniforme, debido a que esta será una carga inconsistente en el tiempo, el impacto total es el de la carga completa por minuto, idealmente, esta carga nunca será aplicada, más para motivos de diseño se considerará que sí, esta deformación se muestra en la figura 59.

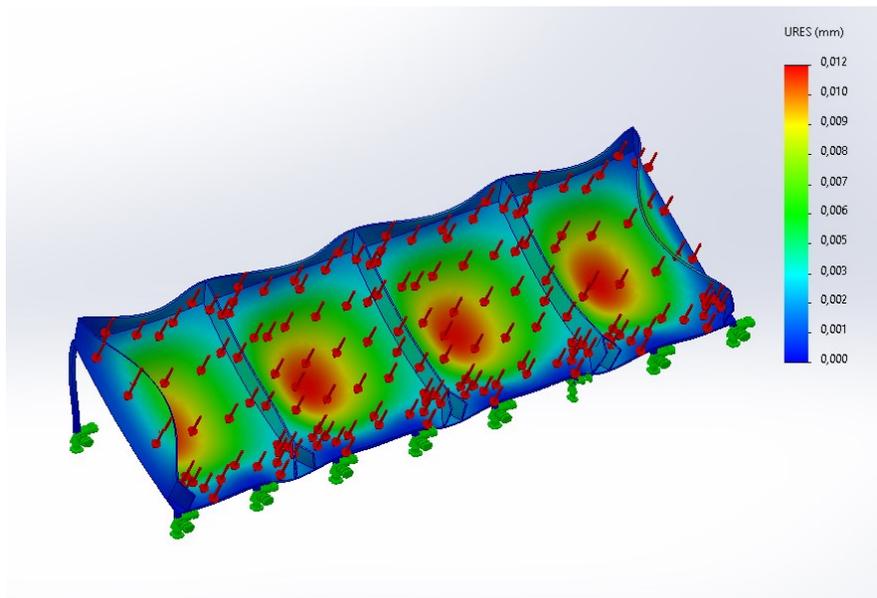


Figura 59. Estudio de deformaciones de salida general.

Debido a esta carga uniforme, las deformaciones más críticas son en el centro, aun así, son ínfimas por lo que se consideran inofensivas, por esto asumimos que el factor de seguridad es el suficiente para asegurar que la estructura es segura, como se muestra en la figura 60.

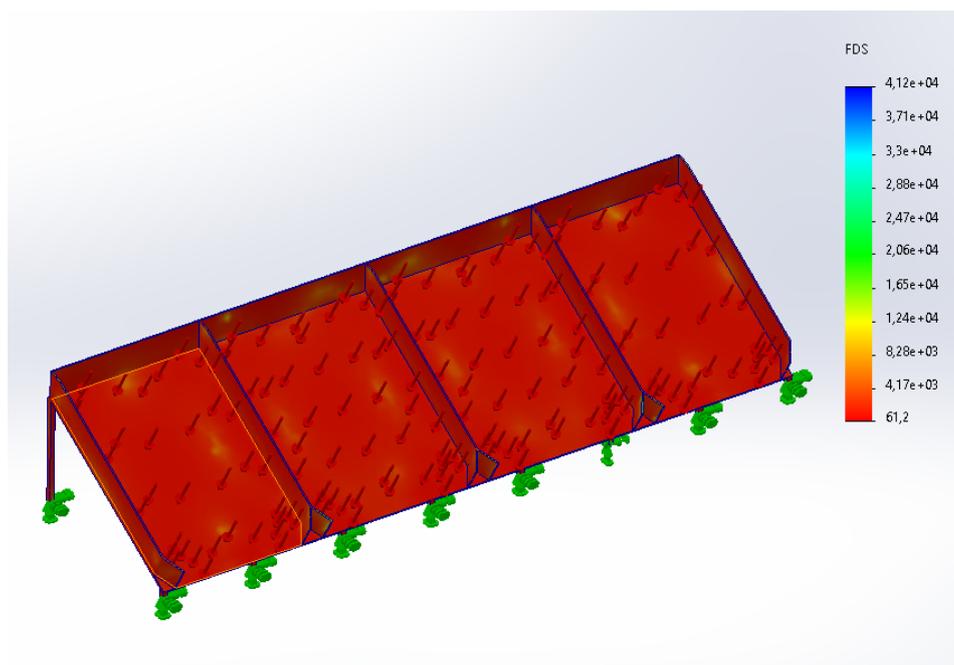


Figura 60. Estudio de factor de seguridad de salida general.

El programa arroja que el factor de seguridad mínimo en la estructura de salida es de 61,2 por lo que se considera segura.

4.2 Análisis de costos

En la siguiente sección se analiza el costo de los diferentes materiales de perfiles seleccionados, elementos únicos y costos de construcción.

4.2.1 Costos de perfiles metálicos

La materia prima principal para la construcción de la máquina se retrata en la tabla 8, con el perfil específico a adquirir.

Tabla VIII

Costos de perfiles metálicos.

Cantidad	Material	Perfil	Precio unitario (USD)	Precio total (USD)
3	Acero A36	Tubo cuadrado galvanizado 20x1.2x6000 mm	17.53	52.59
1	Acero A36	Perfil en L galvanizado 20x2x6000 mm	15.27	15.27
1	Acero A36	Plancha laminada en caliente 1220x2440x8 mm	119.26	119.26
8	Aluminio 6061	Plancha de 6061 T6 457x305x3 mm	20.62	164.96
3	Acero SAE 1045	Barra de 20 x 640 mm	11.30	33.9
1	Acero SAE 1045	Barra de 20 x 680 mm	12.50	12.50
Total				398.48

4.2.2 Costos de elementos únicos

En la tabla 9 se muestran los diferentes elementos los cuales no reúnen características específicas para catalogarlas de alguna manera.

Tabla IX

Costos de elementos únicos.

Cantidad	Elemento	Descripción	Precio unitario (USD)	Precio total (USD)
4	SYF 20 TF	Chumacera o soporte con rodamiento para eje de 20 mm	26.40	105.6
12	Banda transportadora B(17x11)	Banda transportadora de PVC de 17mm de ancho y 11mm de alto	109.8	1317.6
4	Tambores de nylon	Tambores personalizados de nylon	36.50	146
1	Recubrimiento de goma	Recubrimiento de goma de nitrilo para tambores	4.2	4.2
1	Recubrimiento de plástico	Recubrimiento de PVC espumado para salidas	67.85	67.85
Total				1641.25

4.2.3 Costos de elementos electromecánicos

En la tabla 10 se muestran los elementos necesarios para la implementación del sistema de potencia y control de la máquina.

Tabla X

Costos de elementos electromecánicos.

Cantidad	Elemento	Descripción	Precio unitario (USD)	Precio total (USD)
1	Interruptor	Interruptor que enciende la maquina	1.45	1.45
1	Botón de emergencia	Botón tipo seta que apaga el funcimientto total	1.12	1.12
1	Selector	Selector de dos estados para cambiar de modo	4.99	4.99
2	Pulsador	Activa el funcionamiento en ambos modos	4.25	8.5
1	Disyuntor	Activa el paso de energía hacia el motor	9	9
1	Rele térmico	Protección del motor a sobrecargas	14.89	14.89
1	Relevador	Conexión del sistema de potencia y de control	10	10
1	Motor monofásico	Motor monofásico de 1HP	213.79	213.79
1	Motor reductor	Motor reductor de relación 10:1	195	195
1	Sensor foto eléctrico	Sensor tipo barrera para detectar atascos	24.20	24.20
1	Rollo de cable	Conexión apta para el voltaje necesario para el motor	14.49	14.49
1	Tablero		9.08	9.08
Total				506.51

4.2.4 Juntas

En la tabla 11 se especifica la cantidad de juntas que no sean de soldadura que tendrá la máquina, así como los precios de cada una.

Tabla XI
Costos de juntas.

Cantidad	Elemento	Posición	Precio unitario (USD)	Precio total (USD)
16	Tornillo m8 x 34 mm	Ajuste de soportes de ejes	0.50	8
4	Tornillo m5 x 10	Ajuste de embudo de entrada	0.30	1.2
4	Tuercas m5	Ajuste de embudo de entrada	0.25	1
Total				10.2

4.2.5 Costos de manufactura

El proceso y la cantidad de veces que se repite por sección para recrear las piezas simuladas, se describen en la tabla 12, así como el costo del proceso por hora.

Tabla XII
Costos de manufactura de la máquina.

Sección	Operación	Tipo	Cantidad	Precio (USD)
Soporte general	Soldadura	Smaw-Electrodo E8018	12	18.80
	Corte	Plasma- manual	16	32.66
Entrada	Soldadura	Smaw- Electrodo E608L-16	35	11.75
	Corte	Plasma- manual	26	52
Salida	Soldadura	Smaw- Electrodo E608L-16	26	8.73
	Corte	Plasma- manual	48	96
Mano de obra	Montaje	Jornada laboral 2 personas	1	900
	Manufactura	Jornada de 2 das en precio por hora	1	400
Total				1519.94

4.2.6 Costo de construcción

En la tabla 13, se junta los precios ya establecidos para estimar el precio final de la construcción de esta máquina.

Tabla XIII

Costo total de la maquina

Proceso y materiales	Precio (USD)
Perfiles metálicos	398.48
Elementos únicos	1641.25
Elementos electro mecánicos	506.51
Juntas	10.2
Manufactura	1519.94
Total	4076.38

4.3 Cálculo de VAN y TIR

Para calcular el valor actual neto y la tasa interna de retorno, son cálculos estadísticos que permiten saber si la inversión inicial en un proyecto o una máquina es rentable a largo plazo, para calcularlos, primero se debe conocer el flujo de caja que generara la máquina en cierto periodo de tiempo, para ello determinamos el flujo de egresos e ingresos.

4.3.1 Flujo de ingresos

Para este estimado se considera el valor que añade la máquina y el proceso al producto final, el cual será de 0.071 dólares por el uso de la máquina, esto calculado desde el valor de una unidad de 300 gramos de tomates cherry, unos 28 tomates en promedio, siendo este valor de ingreso el precio por cada tomate.

Esto se considera en el transcurso del tiempo, considerando que se realiza la clasificación de aproximadamente, 998.66 empaques al día en un turno de 12 horas, en la tabla 14 se calculan los precios a través del tiempo en el lapso a calcular.

Tabla XIV

Flujo de ingresos

Empaques por día	Tomates por día	Precio unitario (USD)	Precio por día (USD)	Precio por año (USD)
998.66	27962.48	0.071	1985	724647.66

4.3.2 Flujo de egresos

Para determinar el flujo de egresos generado por la máquina, se toma en cuenta el tiempo de trabajo, con el fin de calcular el coste de electricidad que produce, así también la mano de obra de dos operarios, uno controlando la máquina e ingresando el producto y otro llevando el producto clasificado al área de empaque, en la tabla 15 se puede ver estos resultados.

Tabla XV

Flujo de egresos

Descripción	Costo cada día (USD)	Costo cada mes (USD)	Costo cada año (USD)
Electricidad	16.2	421.2	5054.4
Sueldos	30	900	10800
Total			15854.4

4.3.3 Flujo de caja

En la tabla 16, se calcula el flujo de caja neto, el cual compara ingresos y egresos cada año, para obtener este valor se resta los egresos a los ingresos anuales.

Tabla XVI

Flujo de caja neto

Año	Ingresos (USD)	Egresos (USD)	Flujo de caja neto (USD)
0	0	4076.38	-4076.38
1	724647.66	15854.4	708793.26
2	724647.66	15854.4	708793.26
3	724647.66	15854.4	708793.26

4.3.4 VAN

Como se mostró en la tabla 16, el estudio del VAN o Valor Actual Neto se realizará para un lapso de 4 años, con una tasa de interés del 15%, para ello usaremos la formula.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=3}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

Donde:

Io: Inversión inicial

F: flujo de caja

t: tiempo

k: tasa de interés

Asi que reemplazando los valores de la tabla 15 con la inversión inicial la cual es el precio de la máquina.

$$VAN = -4076.38 + \frac{708793.26}{(1+0.15)^1} + \frac{708793.26}{(1+0.15)^2} + \frac{708793.26}{(1+0.15)^3}$$

$$VAN = 1614262.19$$

Al ser mayor a 0 se considera el proyecto rentable.

4.3.5 TIR

Para el cálculo del TIR o Tasa Interna de Retorno, habremos de despejar la variable de la tasa de interés considerando al VAN como 0, significando un equilibrio entre las ganancias y las pérdidas.

$$0 = -4076.38 + \frac{708793.26}{(1 + TIR)^1} + \frac{708793.26}{(1 + TIR)^2} + \frac{708793.26}{(1 + TIR)^3}$$

$$TIR = 17405 \%$$

De acuerdo con los resultados el proyecto es rentable y que se recuperara la inversión en 4 años o incluso antes, debido a que el TIR es mayor a la tasa de interés usada para calcular el VAN.

CONCLUSIONES

- Se calculó el perfil óptimo de diferentes materiales para conseguir una máquina con un nivel de seguridad mayor o igual a 2 en todos los componentes calculados y simulados, que cumpla con las normas de seguridad alimenticia, esto se puede comprobar mediante las gráficas de los estudios realizados.
- En la etapa de diseño se crea un rango de clasificación para diferentes zonas en base a las necesidades de clasificación de la planta de Aleproca, mediante reglas trigonométricas se determinó un límite máximo de separación de 30 mm y un mínimo de 16.67 mm para obtener 5 zonas de clasificación que aumentan en un rango de entre 3 a 4 mm, las cuales se pueden modificar mediante la modificación de los tambores.
- Regresando al capítulo diseño y simulación, revisamos los diferentes cálculos realizados para la selección de perfiles óptimos, gracias a estos cálculos los estudios realizados posteriormente reflejan el nivel de seguridad mayor a 2 en cada elemento individual.
- Mediante el uso de software se mide la separación entre bandas y con el precedente del cálculo de distancia mínima y tal como se muestra en el diseño de bandas, los límites máximos no superan la variación de 0.01 mm por lo que se considera preciso para la separación de categorías.
- Mediante el cálculo del VAN en un lapso de 4 años se obtiene un \$ 1,614,262.19 de retorno en este lapso de tiempo, por lo que se garantiza la rentabilidad del proyecto, así como el TIR de 17405 %, que deja una tasa de interés mucho más alta que la usada en el cálculo del Van.

RECOMENDACIONES

Añadir al diseño un PLC para controlar el tiempo de encendido en el modo automático, mediante un velocímetro que detecte la máquina en funcionamiento, y la apague después de un tiempo.

Monitorear la caída de los tomates hacia la banda, para asegurar que la energía de la caída no obligue a pasar al tomate a través de las bandas incluso si no es de la categoría indicada, para solucionar esto se debe ajustar las bandas.

REFERENCIAS

- [1] I. Ferratto, I. María, and C. Mondino, Available: <http://biblioteca.puntoedu.edu.ar/bitstream/handle/2133/1250/HortalizasAM24-4.pdf>
- [2] P. Rocío, A. Salazar, and T. De, “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ‘ANTONIO NARRO’ DIVISION DE CIENCIAS SOCIOECONOMICAS RENTABILIDAD DEL TOMATE CHERRY (*Lycopersicum pimpinellifolium*) PRODUCIDO EN INVERNADERO.” Available: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5199/T16907%20ARELLANO%20SALAZAR%2C%20%20PERLA%20ROC%20%8DO%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [3] “Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias comisión del codex alimentarius codex alimentarius alimentos producidos orgánicamente segunda edición Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Organización Mundial de la Salud.” Available: <https://www.fao.org/3/a0369s/a0369s.pdf>
- [4] “unece standard ffv-36.” Available: https://unece.org/fileadmin/DAM/trade/agr/meetings/wp.07/2012/RefDocs/36Tomatoes_2012_e.pdf
- [5] L. Perin et al., “Clasificación de frutos de tomates Cereza y Grape bajo diferentes sistemas de cultivo e intensidades de deshojado,” *Idesia*, Jan. 2018, doi: <https://doi.org/10.4067/s0718-34292018005000603>.
- [6] “La Yuca en el Tercer Milenio: Sistemas Modernos de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización,” *Google Books*, 2023. <https://n9.cl/2xcfm5>
- [7] M. de, “Evaluación de técnicas de preservación de hortalizas de IV gama: lechuga (*Lactuca sativa* L.), tomate cherry (*Solanum lycopersicum*) y zanahoria (*Daucus carota*),” *Uta.edu.ec*, 2020, doi: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/30790>.

[8] Bryan Enrique Márquez-Zambrano, Eveligh Prado-Carpio, J. Garzón, and H. Romero, “Sistema de producción sustentable de tomates cherry (*solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*): riego permanente y cultivo alternativo,” *Ciencia latina*, vol. 7, no. 1, pp. 9832–9847, Mar. 2023, doi: https://doi.org/10.37811/cl_rem.v7i1.5093.

[9] P. Rocío, A. Salazar, and T. De, “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ‘ANTONIO NARRO’ DIVISION DE CIENCIAS SOCIOECONOMICAS RENTABILIDAD DEL TOMATE CHERRY (*Lycopersicum pimpinellifolium*) PRODUCIDO EN INVERNADERO.” Available: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5199/T16907%20ARELLANO%20SALAZAR%2C%20%20PERLA%20ROC%20C3%8DO%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[10] M. Urrestarazu, “Tratado de cultivo sin suelo,” *ResearchGate*, 2004. https://www.researchgate.net/publication/259286675_Tratado_de_cultivo_sin_suelo.

[11] A. Ivanova, “Cómo plantar tomates cherry en casa: consejos y productos,” *El Español*, Mar. 03, 2020. https://www.elespanol.com/imprescindibles/20200303/plantar-tomates-cherry-casa-consejos-productos/468704036_0.html

[12] Hernández, A. “Desarrollo de Tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* L. cv. *Camelia*) en Respuesta a la Biofertilización Bajo Condiciones de Casasombra y Análisis de Algunos Parámetros Fisiológicos. Saltillo” 2011. <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/195/1/Armando%20Hernandez%20Perez%2C%20Maestria.pdf>

[13] C. De, A. Trabajo, D. Titulación, and E. Meza Gavilanez, “UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y VETERINARIA.” Accessed: Jan. 13, 2024. [Online]. Available: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13323/E-UTB-FACIAG-AGRON-000031.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[14]“View of Estudio técnico-económico del sistema de producción de tomate bajo invernadero en Guateque, Sutatenza y Tenza (Boyacá),” *Uptc.edu.co*, 2024. https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/1269/1265.

[15] “Semillas de Tomate Cherry CHUMBITO (HTL1804668) de Axia Semillas - (MX) Jitomate - Vademécum de semillas,” *Agrovademecum.com*, 2024. <https://agrovademecum.com/tomate/cherry/chumbito-htl1804668>

[16] C. Guato, P. Gallardo, and G. Paulina, “UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES CARRERA DE INGENIERÍA AGRONOMÍA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Título: Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del título de Ingeniera CAMPUS SALACHE.” Accessed: Jan. 14, 2024. [Online]. Available: <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/10691/1/PC-002798.pdf>

[17] Alfonso Parra Coronado, “Comercialización de frutas y hortalizas,” *Ingeniería e Investigación*, no. 19, pp. 14–19, 2024, doi: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4902745.pdf>.

[18]“Envases de Plástico Desechables para Alimentos para Hostelería- Comprar | García de Pou,” *Garciadepou.com*, 2024. <https://www.garciadepou.com/es/un-solo-uso/envases-de-plastico.html?p=2>

[19] M. Khaing, M. Aye, Win, T. Daw, and Aye, “Automatic Sorting Machine,” *International Journal of Science and Engineering Applications*, vol. 7, pp. 138–142, 2018, Available: <https://ijsea.com/archive/volume7/issue8/IJSEA07081002.pdf>

[20] N. S. M. Elkaoud and R. K. Mahmoud, “Design and implementation of sequential fruit size sorting machine,” *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 26, no. 10, pp. 722–728, Oct. 2022, doi: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n10p722-728>.

[21] Corporacion Industrial Uruapan(Sistemas, “Corporación Industrial Uruapan,” *Ciumx.com*, 2024. <https://www.ciumx.com/>

- [22] “Clasificadora de tomate,” Hnmiracle.net, 2024. <http://www.hnmiracle.net/fruit-vegetable-processing-line/sorting-machine/tomato-sorting-machine.html>
- [23] L. Chagua, M. A. Quispe, and Olger, “Diseño y construcción de prototipo de máquina clasificadora de quinua por color usando sensores IR,” *Revista de investigaciones altoandinas*, vol. 24, no. 1, pp. 45–52, Feb. 2022, doi: <https://doi.org/10.18271/ria.2022.272>.
- [24] “Clasificador de tamaño de frutas Máquina clasificadora de arándanos,” *Made-in-China.com*, 2024. https://es.made-in-china.com/co_machineryking/product_Fruit-Size-Grading-Blueberry-Sorter-Grading-Machine_eheoirhy.html
- [25] “Clasificadora de tamaño de tomate cherry tipo cinta,” *Tomato Paste Machine, Tomato Cutting Machine, Tomato Sorting Machine*, Aug. 12, 2020. <https://www.tomatoprocess.com/es/clasificadora-de-tamano-de-tomate-cherry-tipo-cinta/>
- [26] Y. Li and J. Xia, “An on-off Control Strategy to Reduce Return Water Temperature,” *Energy Procedia*, vol. 116, pp. 452–459, Jun. 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.092>.
- [27] Alta, “Nuevo Alta eficiencia de pequeña capacidad Blueberry lichis los tomates, los arándanos Clasificador de palmeras de la máquina de Clasificación Clasificación en Henan, China,” *Machinio.es*, 2024. <https://www.machinio.es/anuncios/83811006-alta-eficiencia-de-pequena-capacidad-blueberry-lichis-los-tomates-los-arandanos-clasificador-de-palmeras-de-la-maquina-de-clasificacion-clasificacion-en-henan-china>
- [28] “GENPLAST - Línea Industrial,” *Jafe-genplast.com*, 2024. <https://www.jafe-genplast.com/catalogo/industrial.htm>
- [29] ferrocortes, “Acero 1045 - Ferrocortes,” *Ferrocortes*, Oct. 05, 2021. <https://www.ferrocortes.com.co/acero-sae-1045/>
- [30] E. Monofásico, C. Comercial, and M. Latinoamericano, Available: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h35/h2b/WEG-w22-motor-electrico-monofasico-50070884-brochure-spanish-web.pdf>
- [31] “La calculador de Poleas,” *Lopezorozco.com.ar*, 2024. <https://www.lopezorozco.com.ar/poleas.html>

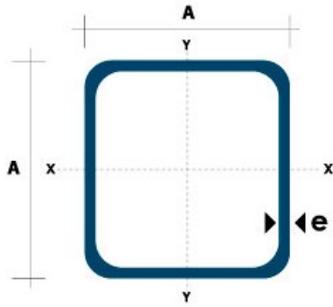
- [32] Dispromedia Agencia Web, “PERFILES, TACOS Y RUNNER PARA BANDAS DE PVC-PU,” *Masanés Servindustria*, 2024. <https://masanes.com/es/pr/bandas-sinteticas-de-malla-metalica-y-de-teflon/tacos-y-runner-para-bandas-de-pvc-pu-BANDA%20TRANSP%20SINT%C3%89TICA%20..%20PERFILES,%20TACOS%20Y%20RUNNER-254>
- [33] Skf.com, 2024. <https://www.skf.com/es/products/mounted-bearings/ball-bearing-units/pillow-block-ball-bearing-units/productid-SY%2015%20FM>
- [34] DJI Enterprise, “Geoide y elipsoide: ¿Cuál es la diferencia y por qué es importante?,” *Dji.com*, 2021. <https://enterprise-insights.dji.com/es/blog/geoide-elipsoide-drones#:~:text=Entonces%20%C2%BFqu%C3%A9%20es%20un%20elipsoide,alteraci%C3%B3n%20similar%20a%20un%20c%C3%ADrculo>. (accessed Jun. 24, 2024).
- [35] “DIPAC,” *DIPAC*, Aug. 03, 2023. <https://dipacmanta.com/producto/tubos/tubo-estructural/tubo-estructural-cuadrado-negro/> (accessed Jun. 10, 2024).
- [36] *Skf.com*, 2024. https://www.skf.com/es/search-results?q=%20sy&searcher=products&site=353&language=es&tridion_target=live&tridion_version=3&language_preset=Espa%C3%B1ol&system=metric&sort=PIM001%7CFloating%20point%7CASCENDING&offset=0&hits=24 (accessed Jun. 12, 2024).
- [37] “RODAVIGO S.A. - Suministros Industriales, Rodamientos, Hidráulica y Neumática,” *Rodavigo.net*, 2024. <https://rodavigo.net/es> (accessed Jun. 14, 2024).
- [38] “Determinacion del tipo de Correa,” *Lopezorozco.com.ar*, 2024. <https://www.lopezorozco.com.ar/poleamira.html> (accessed Jun. 14, 2024).
- [39] “MAS - Motorreductor Ortogonal de Engranaje Cónico Helicoidal | Motorreductor Ortogonal de Engranaje Cónico Helicoidal | Motorreductores | MAS | Reductores e Motorreductores | WEG - Productos,” *WEG*, 2024. https://www.weg.net/catalog/weg/ES/es/Reductores-e-Motorreductores/MAS/Motorreductores/Motorreductor-Ortogonal-de-Engranaje-C%C3%B3nico-Helicoidal/MAS---Motorreductor-Ortogonal-de-Engranaje-C%C3%B3nico-Helicoidal/p/MKT_WATT_GLOBAL_GEAREDMOTOR_MAS_HELICALBEVEL (accessed Jul. 03, 2024).

[40] “sensor fotoeléctrico de tipo barrera DELTA,” *http://twitter.com/DirectIndustry*, 2015.
<https://www.directindustry.es/prod/delta/product-68641-561968.html> (accessed Jul. 03, 2024).

[41] “MAS - Motorreductor Ortogonal de Engranaje Cónico Helicoidal | Motorreductor Ortogonal de Engranaje Cónico Helicoidal | Motorreductores | MAS | Reductores e Motorreductores | WEG - Productos,” *WEG*, 2024.
https://www.weg.net/catalog/weg/ES/es/Reductores-e-Motorreductores/MAS/Motorreductores/Motorreductor-Ortogonal-de-Engranaje-C%C3%B3nico-Helicoidal/MAS---Motorreductor-Ortogonal-de-Engranaje-C%C3%B3nico-Helicoidal/p/MKT_WATT_GLOBAL_GEAREDMOTOR_MAS_HELICALBEVEL (accessed Jul. 03, 2024).

[42] R. G. Budynas y J. Keith Nisbett, “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, 9na Edición”, 2012.

5.1 ANEXOS

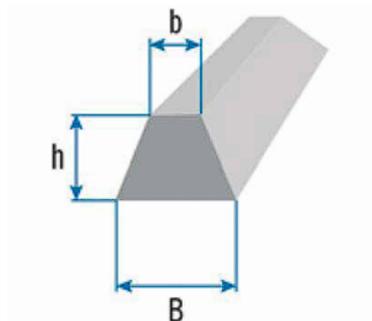


Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	I cm ³
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	4.48	1.91
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39
60	3.0	5.42	6.61	35.06	11.69	2.34

Anexo 1. Catalogo DIPAC de tubo estructural cuadrado [35].

PERFILERÍA PARA BANDAS DE PVC Y PU

FICHA TÉCNICA



- > Diferentes tipos: X, Y, Z, A, B, C.
- > Posibilidad de dentar los perfiles para un obtener un menor radio de curvatura.

CARACTERÍSTICAS

Tipo	B (mm)	h (mm)	b (mm)	Composición	Peso (g/m)	Transversal Ø mín. (mm)	Longitudinal cara inferior Ø mín. (mm)	Longitudinal cara superior Ø mín. (mm)
X (6x4)	6	4	3,5	PVC	23	35	25	30
Y (8x5)	8	5	5	PVC	26	40	30	35
Z (10x6)	10	6	6	PVC	63	55	40	50
A (13x8)	13	8	7,5	PVC	94	65	50	60
B (17x11)	17	11	9,5	PVC	184	95	70	85
C (22x14)	22	14	11	PVC	287	115	85	100

Anexo 2. Catalogo Masanes para bandas de PVC [32].

W22 Monofásico - Con condesador de arranque o arranque y permanente - 60 Hz

Potencia		Carcasa	Par nominal Tn (kgfm)	Corriente con rotor trabado II/In	Par con rotor trabado TI/Tn	Par Máximo Tb/Tn	Momento de Inercia J (kgm²)	Tiempo máximo con rotor trabado (s)	Peso (kg)	Nivel de ruido dB (A)	RPM	% de la potencia nominal						Corriente nominal In (A)	
kW	HP											Rendimiento			Factor de potencia			220 V	440 V
												50	75	100	50	75	100		
II Polos																			
0,12	0,16	63	0,034	5,9	2,0	2,9	0,0002	6	10,0	50	3490	35,8	44,4	49,9	0,52	0,60	0,68	1,61	0,804
0,18	0,25	63	0,050	6,1	2,2	2,8	0,0003	6	10,7	50	3490	42,3	50,8	55,8	0,51	0,61	0,69	2,12	1,06
0,25	0,33	63	0,071	4,6	2,4	2,4	0,0002	6	10,7	50	3440	48,0	55,6	59,0	0,51	0,62	0,72	2,68	1,34
0,37	0,5	71	0,102	7,2	2	3,1	0,0005	7	13,0	60	3520	51,7	59,9	64,2	0,50	0,61	0,72	3,64	1,82
0,55	0,75	80	0,152	7,7	2,1	3	0,0008	10	16,5	65	3525	60,7	69,8	72,8	0,77	0,85	0,91	3,78	1,89
0,75	1	80	0,208	7,0	2,3	2,7	0,0009	9	17,5	65	3520	60,0	68,0	71,0	0,75	0,83	0,88	5,46	2,73
1,1	1,5	90S	0,303	9,1	2,1	2,9	0,0020	9	24,0	69	3535	70,8	77,2	79,8	0,77	0,85	0,89	7,04	3,52
1,5	2	90L	0,415	8,4	2,1	2,7	0,0022	8	25,0	69	3520	68,4	74,9	77,7	0,81	0,87	0,90	9,76	4,88
2,2	3	100L	0,608	8,7	2,3	3	0,0064	9	37,0	72	3525	72,7	79,2	81,8	0,92	0,95	0,98	12,5	6,25
3	4	112M	0,830	8,0	2,6	2,5	0,0081	6	45,0	72	3520	76,4	81,6	82,1	0,91	0,94	0,95	17,5	8,74
3,7	5	112M	1,02	8,0	2,6	2,5	0,0091	6	47,0	72	3525	80,0	82,3	83,4	0,91	0,96	0,97	20,8	10,4
5,5	7,5	132S	1,52	8,5	2,8	2,9	0,0234	5	69,0	72	3515	73,7	79,7	82,4	0,92	0,95	0,96	31,6	15,8
7,5	10	132M	2,07	8,0	2,2	3,1	0,0223	8	70,0	72	3525	79,9	82,4	83,9	0,83	0,90	0,94	43,2	21,6
9,2	12,5	132M	2,55	8,8	1,9	3	0,0285	7	79,0	72	3515	85,0	87,5	88,3	0,94	0,96	0,97	48,8	24,4
11	15	132M/L	3,04	8,5	2,2	3,5	0,0339	6	92,0	72	3530	83,7	87,2	88,5	0,89	0,94	0,95	59,4	29,7
Carcasas opcionales																			
1,5	2	90S	0,415	8,4	2,1	2,7	0,0022	8	25,0	69	3520	68,4	74,9	77,7	0,81	0,87	0,90	9,76	4,88
2,2	3	90L	0,612	7,5	2	2,1	0,0028	7	27,5	69	3500	72,0	77,0	78,5	0,94	0,95	0,96	13,3	6,63
IV Polos																			
0,12	0,16	63	0,068	5,0	2,3	2,0	0,0007	7	9,8	47	1730	32,5	40,0	44,2	0,50	0,58	0,66	1,87	0,935
0,18	0,25	71	0,101	5,0	2,8	2,1	0,0008	15	12,7	55	1730	49,6	55,2	60,4	0,43	0,51	0,61	2,22	1,11
0,25	0,33	71	0,141	5,0	2,6	2,2	0,0009	18	13,2	55	1725	45,1	51,0	56,2	0,46	0,53	0,64	3,16	1,58
0,37	0,5	80	0,207	6,8	2,1	2,5	0,0030	10	17,8	55	1740	51,7	61,0	66,1	0,76	0,83	0,88	2,89	1,45
0,55	0,75	80	0,308	5,8	2,1	2,2	0,0034	9	18,5	55	1740	54,0	63,5	68,0	0,71	0,81	0,87	4,23	2,12
0,75	1	90S	0,414	8,5	2,3	2,4	0,0055	7	24,0	58	1765	55,8	65,1	70,3	0,82	0,87	0,91	5,32	2,66
1,1	1,5	90L	0,607	9,5	2	2,3	0,0069	6	28,0	58	1765	61,0	69,5	74,0	0,88	0,93	0,95	7,12	3,56

Anexo 3. Tabla de catálogo de motores monofásicos weg [30].

Denominación	Dimensiones		Peso		Área
	mm		kg/m	kg/6m	cm2
AL 20X2	20	2	0,60	3,62	0,76
AL 20X3	20	3	0,87	5,27	1,11
AL 25X2	25	2	0,75	4,56	0,96
AL 25X3	25	3	1,11	6,68	1,41
AL 25X4	25	4	1,45	8,75	1,84
AL 30X3	30	3	1,36	8,13	1,71
AL 30X4	30	4	1,77	10,63	2,24
AL 40X3	40	3	1,81	11,00	2,31
AL 40X4	40	4	2,39	14,34	3,04
AL 40X6	40	6	3,49	21,34	4,44
AL 50X3	50	3	2,29	13,85	2,91
AL 50X4	50	4	3,02	18,33	3,84
AL 50X6	50	6	4,43	26,58	5,64
AL 60X6	60	6	5,37	32,54	6,84
AL 60X8	60	8	7,09	42,54	9,03
AL 65X6	65	6	5,84	35,25	7,44
AL 70X6	70	6	6,32	38,28	8,05
AL 75X6	75	6	6,78	40,65	8,64
AL 75X8	75	8	8,92	54,18	11,36
AL 80X8	80	8	9,14	55,84	11,60
AL 100X6	100	6	9,14	55,84	11,64
AL 100X8	100	8	12,06	72,36	15,36
AL 100X10	100	10	15,04	90,24	19,15
AL 100X12	100	12	18,26	109,54	22,56

También en galvanizado e inoxidable



Anexo 4. Catálogo de Dipac para perfil L [35].

Sostenibilidad: Definido

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	205000	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.29	N/D
Módulo cortante	80000	N/mm ²
Densidad de masa	7850	kg/m ³
Límite de tracción	625	N/mm ²
Límite de compresión		N/mm ²
Límite elástico	530	N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica	1.15e-05	/K
Conductividad térmica	49.8	W/(m·K)

Anexo 5. Características de acero 1045 en solid Works.

Sostenibilidad: Definido

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	200000	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.26	N/D
Módulo cortante	79300	N/mm ²
Densidad de masa	7850	kg/m ³
Límite de tracción	400	N/mm ²
Límite de compresión		N/mm ²
Límite elástico	250	N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica		/K
Conductividad térmica		W/(m·K)

Anexo 6. Características de acero A36 en solid Works.

Sostenibilidad: Definido

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	69000.00067	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.33	N/D
Límite de tracción	310.0000021	N/mm ²
Límite elástico	275.0000009	N/mm ²
Módulo tangente		N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica	2.4e-05	/K
Densidad de masa	2700	kg/m ³
Factor de endurecimiento	0.85	N/D

Anexo 7. Características de aluminio 6061 T6 en solid Works.

10. SELECÇÃO DE TABELAS

Legend:

- ie_x = Exact transmission ratio
- n₁ = Input rotation - RPM
- n₂ = Output rotation - RPM
- M₂ = Maximum torque - Nm
- Fr = Radial force at the output shaft - N

F
N
M
F
S

Tamanho	1800 RPM								
	ie _x	n ₂ (rpm)	M ₂ (Nm)	P ₁ (KW)	M _n (Nm)	P _n (kW)	S.F.	Fr (N)	n (%)
WCR28	7,5	240,0	20,7	0,58	9,0	0,25	2,3	1600	87
	10	180,0	18,7	0,40	11,6	0,25	1,6	1600	84
	15	120,0	20,8	0,31	16,5	0,25	1,3	1600	80
	20	90,0	16,5	0,21	14,5	0,18	1,1	1600	73
	25	72,0	24,5	0,25	24,5	0,25	1,0	1850	71
	30	60,0	23,1	0,20	20,5	0,18	1,1	2100	69
	40	45,0	17,6	0,13	15,9	0,12	1,1	2100	60
	50	36,0	18,2	0,12	18,2	0,12	1,0	2100	55
	60	30,0	15,0	0,09	13,8	0,08	1,1	2100	52
WCR41	7,5	240,0	46,0	1,28	19,8	0,55	2,3	1800	87
	10	180,0	41,6	0,90	25,5	0,55	1,6	1800	84
	12	150,0	43,4	0,78	30,6	0,55	1,4	1800	84
	15	120,0	40,7	0,62	36,4	0,55	1,1	2000	80
	20	90,0	48,0	0,57	46,7	0,55	1,0	2500	77
	25	72,0	48,1	0,48	36,7	0,37	1,3	2700	72
	30	60,0	51,6	0,45	42,8	0,37	1,2	3000	70
	40	45,0	53,0	0,37	53,0	0,37	1,0	3100	65
	50	36,0	44,0	0,27	40,6	0,25	1,1	3100	59
	60	30,0	45,5	0,25	45,5	0,25	1,0	3100	55
WCR51	7,5	240,0	84,4	2,27	40,9	1,1	2,1	2500	90
	10	180,0	81,0	1,69	52,7	1,1	1,5	2500	87
	12	150,0	87,7	1,52	63,3	1,1	1,4	2800	87
	15	120,0	84,4	1,22	76,4	1,1	1,1	3200	84
	20	90,0	80,4	0,90	67,0	0,75	1,2	3500	81
	25	72,0	86,6	0,82	79,6	0,75	1,1	3700	77
	30	60,0	85,4	0,70	67,3	0,55	1,3	3900	74
	40	45,0	86,0	0,57	83,6	0,55	1,0	4300	69
	50	36,0	87,1	0,49	66,3	0,37	1,3	4500	65
	60	30,0	76,0	0,38	74,6	0,37	1,0	4800	61
	80	22,5	68,2	0,27	62,8	0,25	1,1	5100	57
100	18,0	63,6	0,23	50,6	0,18	1,3	5100	51	
	7,5	240,0	142,8	3,80	82,7	2,2	1,7	3400	91
	10	180,0	130,8	2,70	106,7	2,2	1,2	3400	88

Anexo 8. Catalogo Weg de motor reductores [41].

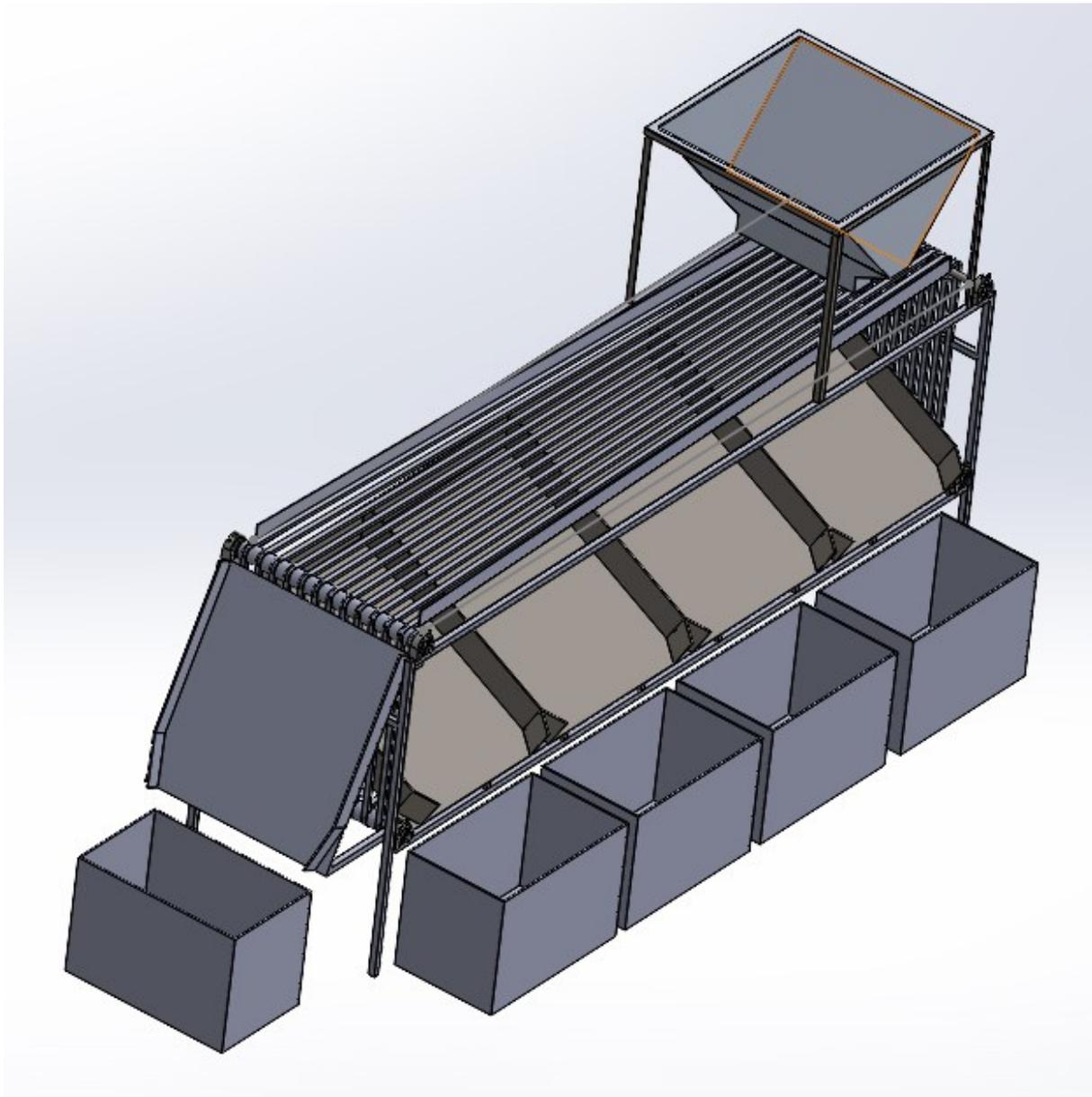
Tabla 8-11

Clases métricas de propiedad mecánica de pernos, tornillos y birlos de acero*

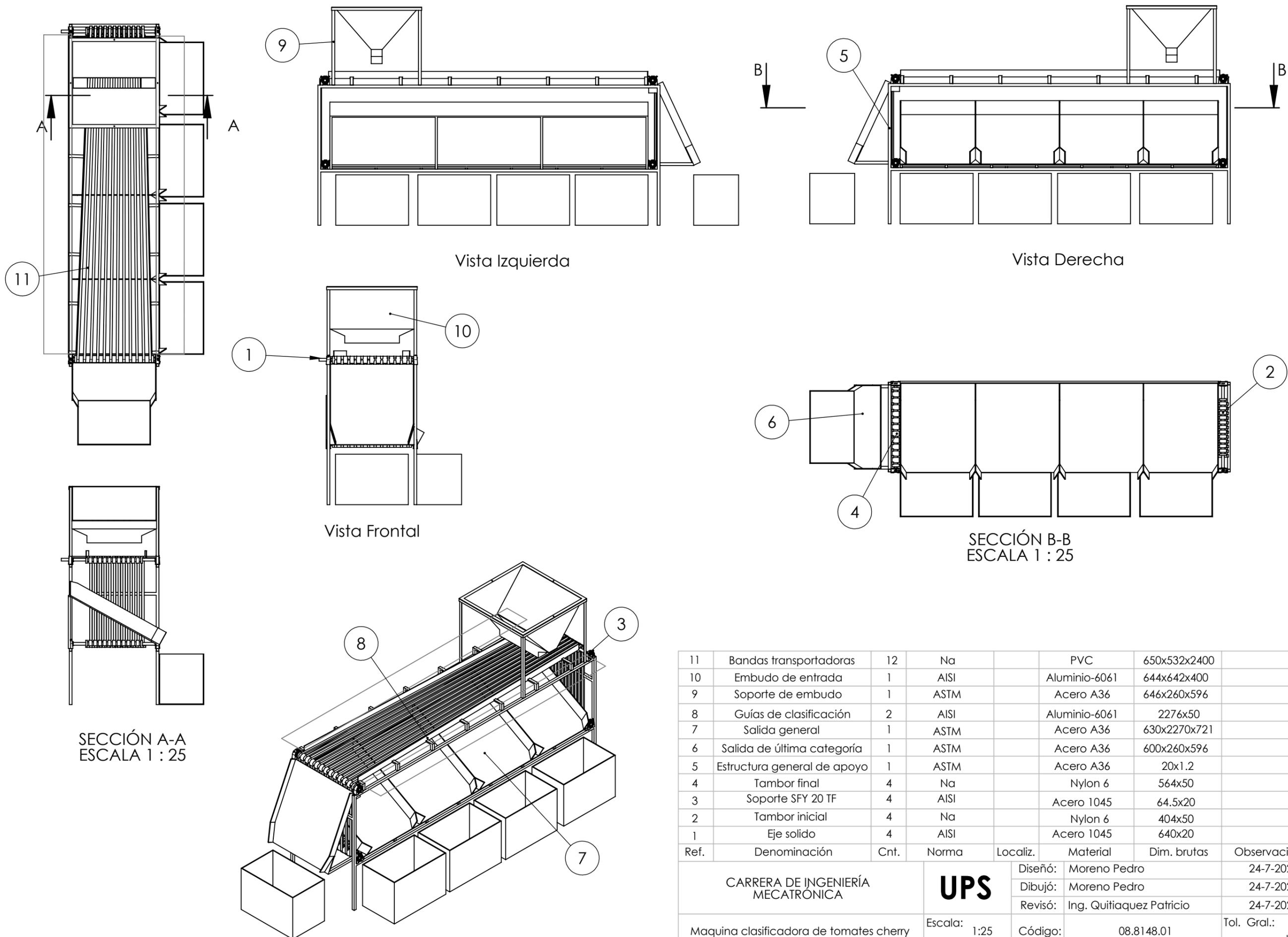
Clase de propiedad	Intervalo de tamaños, inclusive	Resistencia de prueba mínima, [†] MPa	Resistencia mínima a la tensión, [†] MPa	Resistencia mínima a la fluencia, [†] MPa	Material	Marca en la cabeza
4.6	M5-M36	225	400	240	Acero de bajo o medio carbono	
4.8	M1.6-M16	310	420	340	Acero de bajo o medio carbono	
5.8	M5-M24	380	520	420	Acero de bajo o medio carbono	
8.8	M16-M36	600	830	660	Acero de medio carbono, T y R	
9.8	M1.6-M16	650	900	720	Acero de medio carbono, T y R	
10.9	M5-M36	830	1 040	940	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
12.9	M1.6-M36	970	1 220	1 100	Acero aleado, T y R	

* La longitud de la rosca de pernos y tornillos de cabeza es

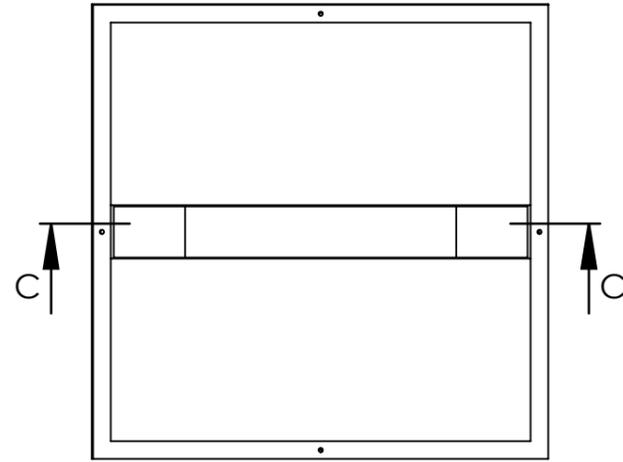
Anexo 9. Tabla de clases métricas de pernos [42].



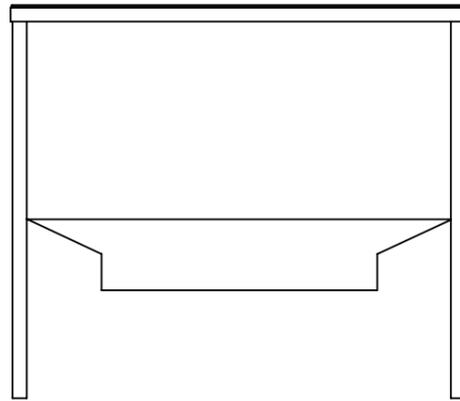
Anexo 10. Vista isométrica de la máquina.



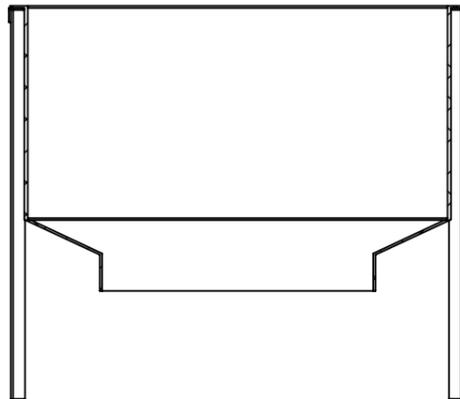
11	Bandas transportadoras	12	Na		PVC	650x532x2400	
10	Embudo de entrada	1	AISI		Aluminio-6061	644x642x400	
9	Soporte de embudo	1	ASTM		Acero A36	646x260x596	
8	Guías de clasificación	2	AISI		Aluminio-6061	227x50	
7	Salida general	1	ASTM		Acero A36	630x2270x721	
6	Salida de última categoría	1	ASTM		Acero A36	600x260x596	
5	Estructura general de apoyo	1	ASTM		Acero A36	20x1.2	
4	Tambor final	4	Na		Nylon 6	564x50	
3	Soporte SFY 20 TF	4	AISI		Acero 1045	64.5x20	
2	Tambor inicial	4	Na		Nylon 6	404x50	
1	Eje solido	4	AISI		Acero 1045	640x20	
Ref.	Denominación	Cnt.	Norma	Localiz.	Material	Dim. brutas	Observaciones
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRONICA				UPS	Diseño:	Moreno Pedro	24-7-2024
					Dibujó:	Moreno Pedro	24-7-2024
					Revisó:	Ing. Quitiaquez Patricio	24-7-2024
Maquina clasificadora de tomates cherry				Escala:	1:25	Código:	08.8148.01
						Tol. Gral.:	±5



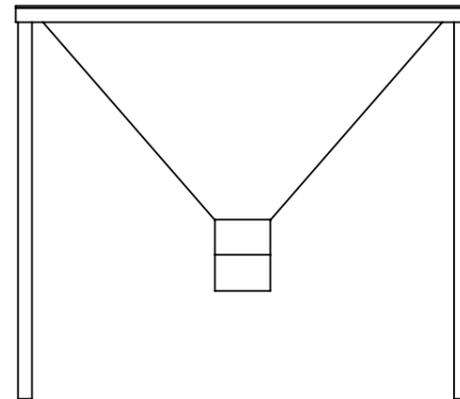
Vista Superior



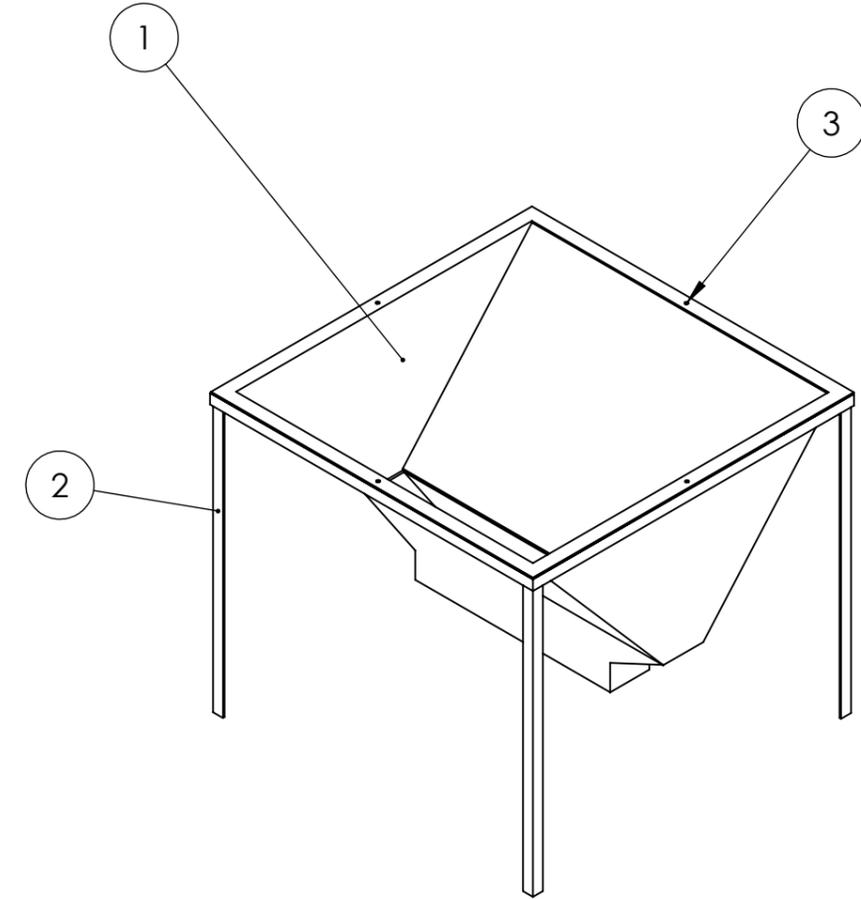
Vista Frontal



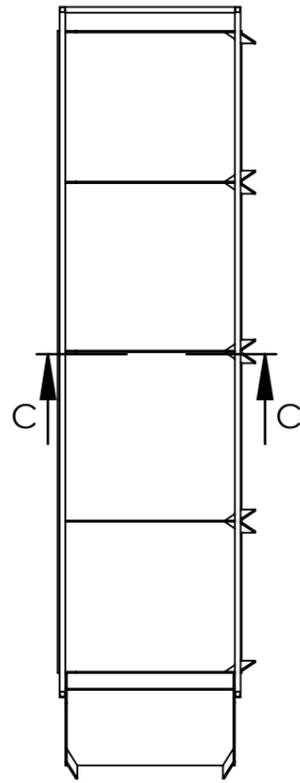
SECCIÓN C-C



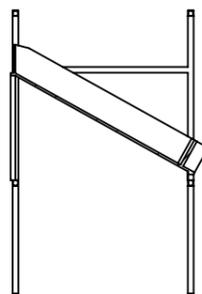
Vista Derecha



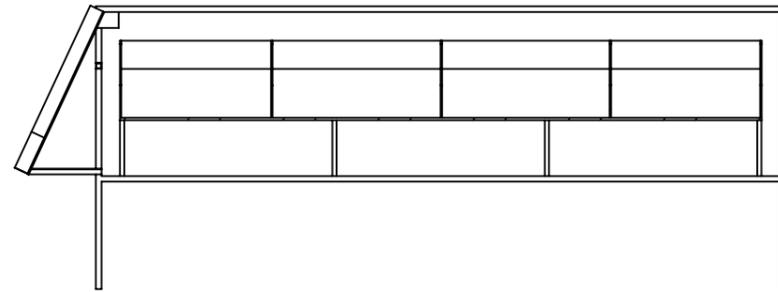
3	Perno clase 5.8	4	Na		A med.carbono	M5 x 10		
2	Soporte de entrada	1	ASTM		Acero A36	646x260x596		
1	Embudo de entrada	1	AISI		Aluminio 6061	644x642x400		
Ref.	Denominación	Cnt.	Norma	Localiz.	Material	Dim. brutas	Observaciones	
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRONICA				UPS	Diseño:	Moreno Pedro	24-7-2024	
					Dibujó:	Moreno Pedro	24-7-2024	
					Revisó:	Ing. Quitiaquez Patricio	24-7-2024	
Sistema de entrada				Escala:	1:10	Código:	08.8148.01.01	
							Tol. Gral.:	±5



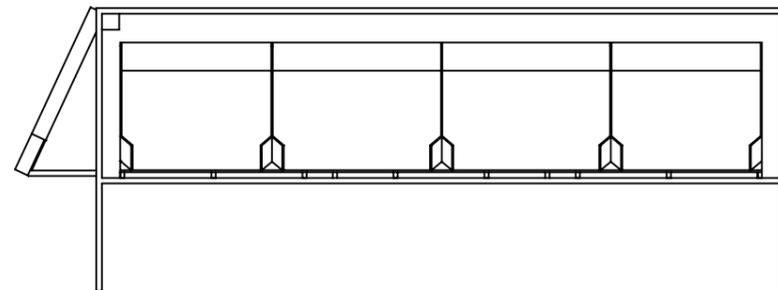
Vista Superior



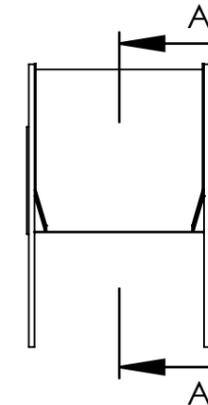
SECCIÓN C-C
ESCALA 1 : 25



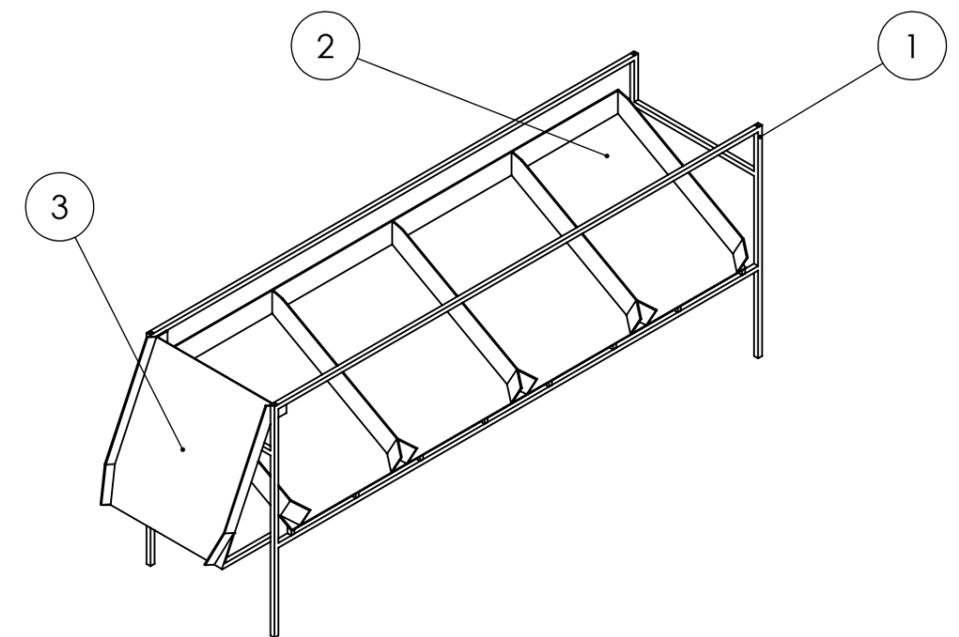
SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 25



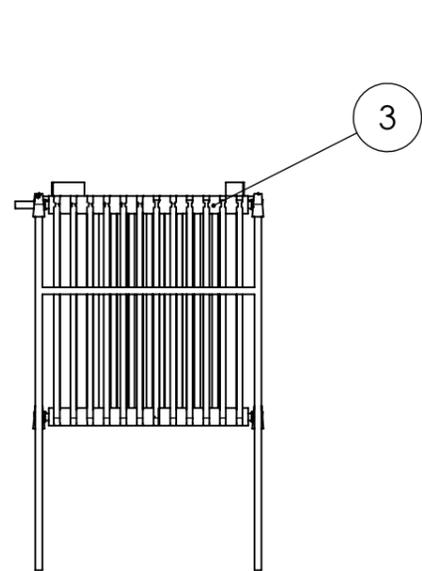
Vista Derecha



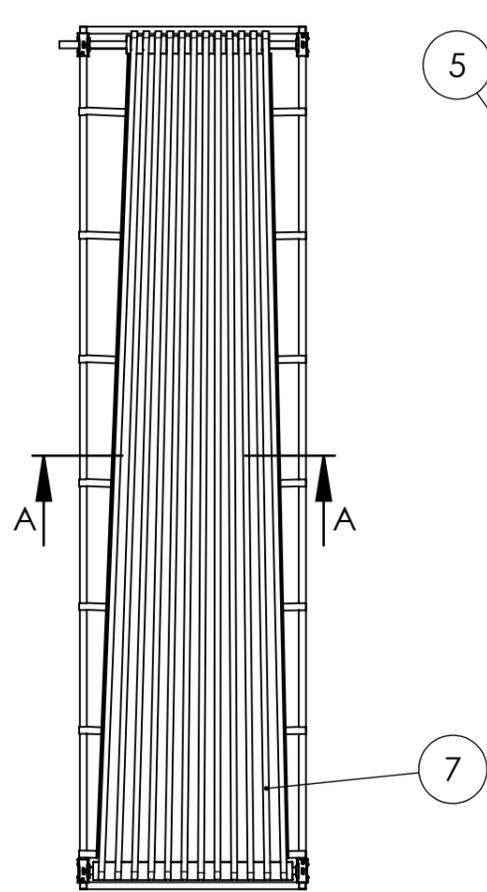
Vista Frontal



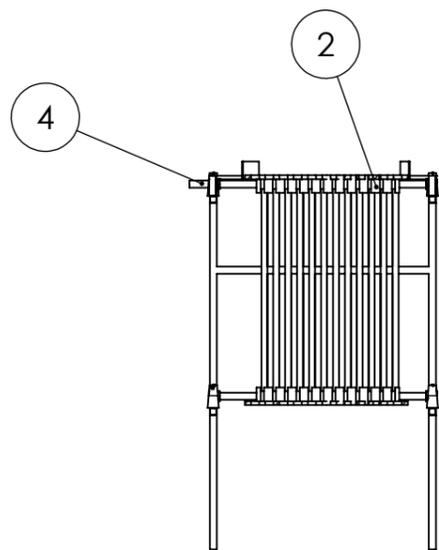
3	Salida de última categoría	1	ASTM		Acero A36	600x260x596	
2	Salida general	1	ASTM		Acero A36	630x2270x721	
1	Estructura general de apoyo	1	ASTM		Acero A36	20x1.2	
Ref.	Denominación	Cent.	Norma	Localiz.	Material	Dim. brutas	Observaciones
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA				UPS	Diseño:	Moreno Pedro	24-7-2024
					Dibujó:	Moreno Pedro	24-7-2024
					Revisó:	Ing. Quitiaquez Patricio	24-7-2024
Sistema de salidas			Escala:	1:25	Código:	08.8148.01.02	Tol. Gral.: ±5



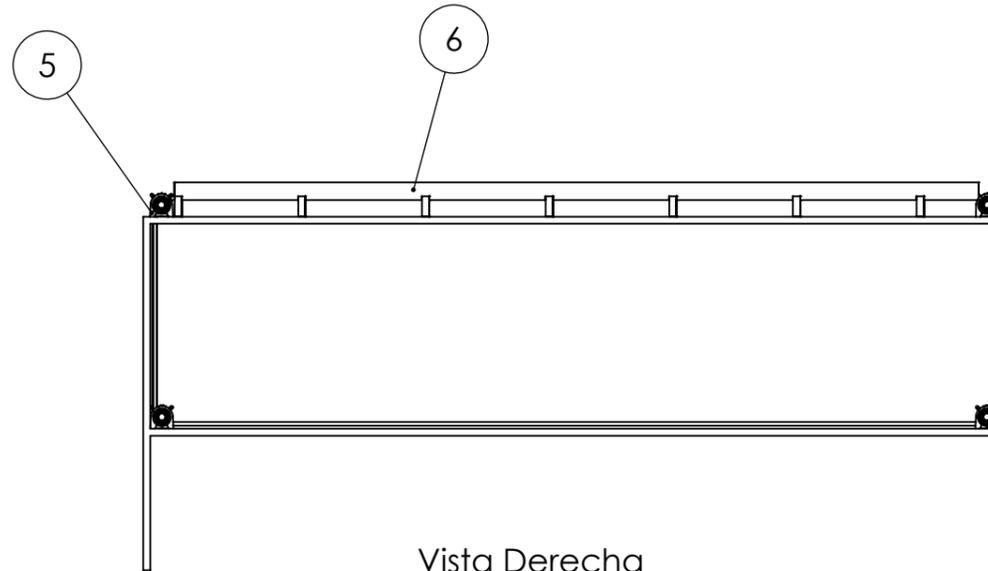
Vista Frontal



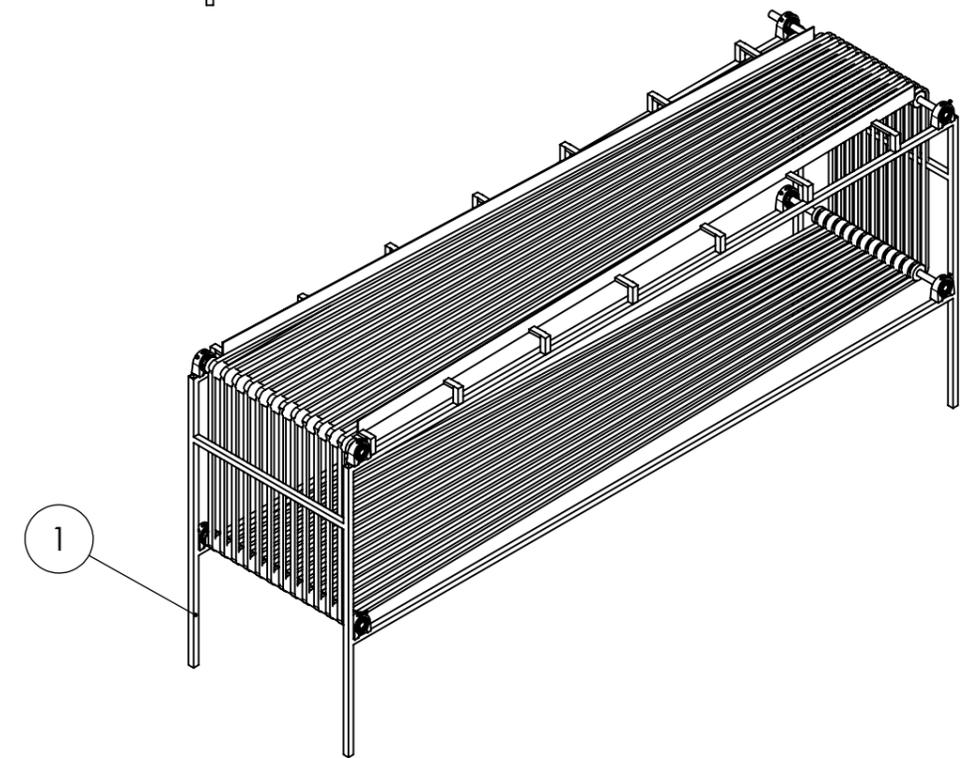
Vista Superior



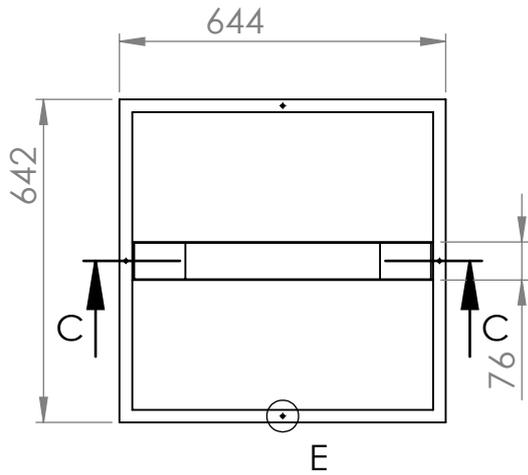
SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 20



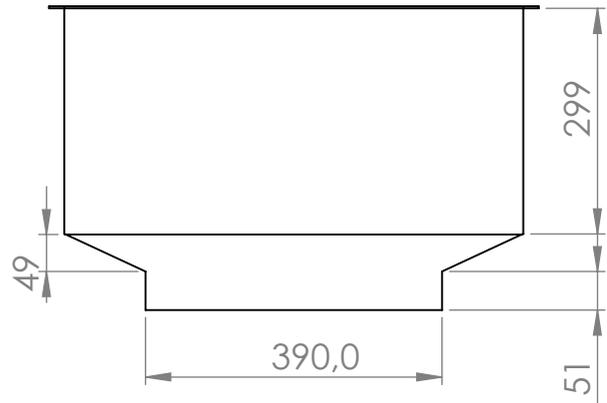
Vista Derecha



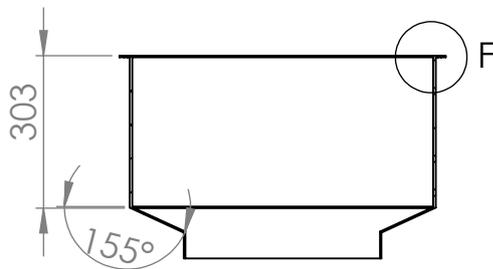
7	Bandas transportadoras	12	Na		PVC	650x532x2400		
6	Guías de clasificación	2	AISI		Aluminio-6061	2276x50		
5	Soporte SFY 20 TF	4	AISI		Acero 1045	64.5x20		
4	Eje solido	4	AISI		Acero 1045	640x20		
3	Tambor final	2	Na		Nylon 6	564x50		
2	Tambor inicial	2	Na		Nylon 6	404x50		
1	Estructura general de apoyo	1	ASTM		Acero A36	20x1.2		
Ref.	Denominación	Cnt.	Norma	Localiz.	Material	Dim. brutas	Observaciones	
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA				UPS	Diseño:	Moreno Pedro	24-7-2024	
Sistema de salidas					Dibujó:	Moreno Pedro	24-7-2024	
					Revisó:	Ing. Quitiaquez Patricio	24-7-2024	
				Escala:	1:20	Código:	08.8148.01.03	
							Tol. Gral.:	±5



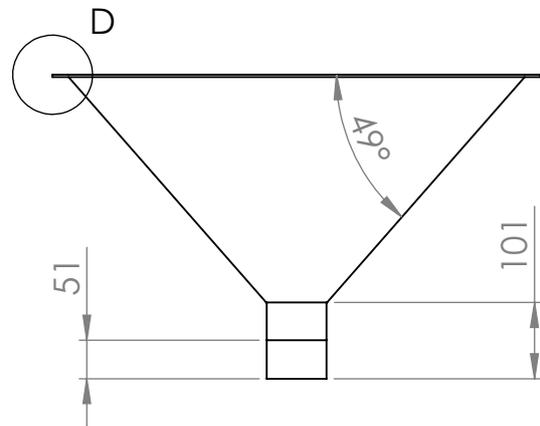
Vista Superior



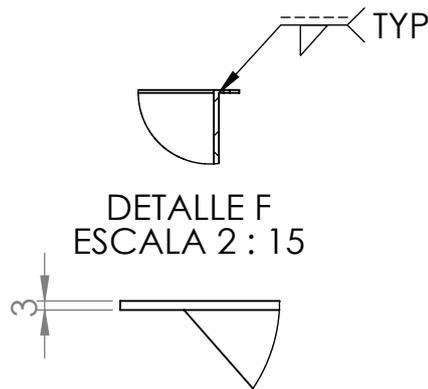
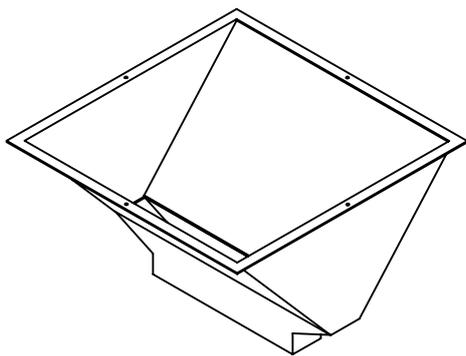
Vista Frontal



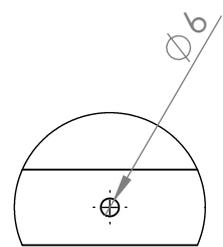
SECCIÓN C-C
ESCALA 1 : 15



Vista Lateral



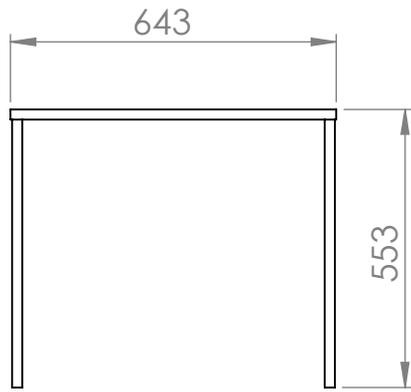
DETALLE F
ESCALA 2 : 15



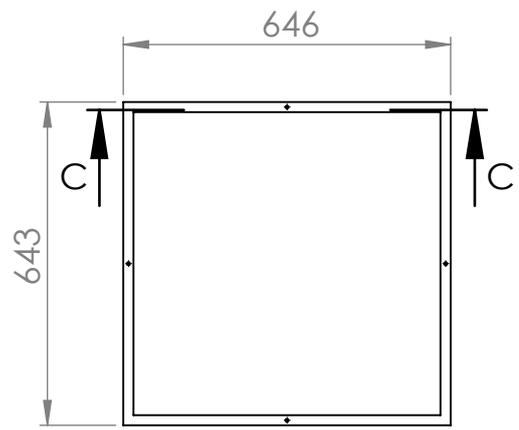
DETALLE E
ESCALA 2 : 5

DETALLE D
ESCALA 2 : 5

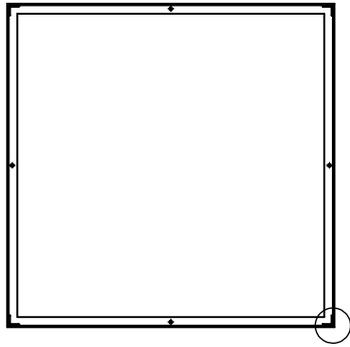
Tratamiento térmico:	Na	Material:	Aluminio AISI 6061	Dim. brutas:	644x642x400
Recubrimiento:	Na				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA	UPS	Diseño:	Moreno Pedro	24-7-2024	
		Dibujó:	Moreno Pedro	24-7-2024	
		Revisó:	Ing. Quitiaquez Patricio	24-7-2024	
Embudo de entrada	Escala: 1:15	Código:	08.8148.01.01.01	Tol. Gral.: ±5	



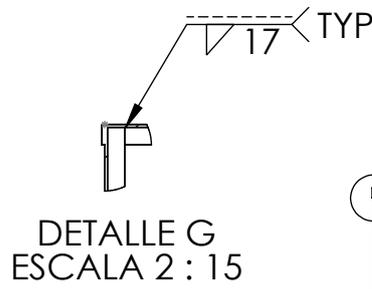
Vista Lateral



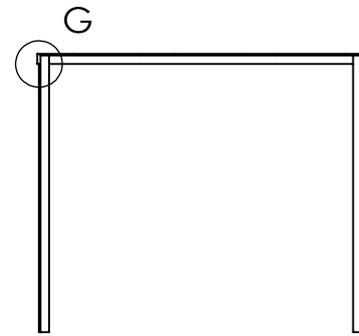
Vista Superior



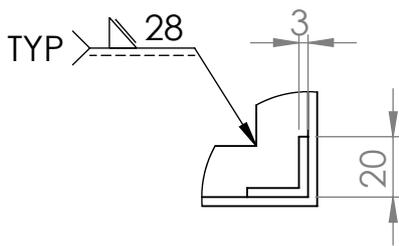
Vista Inferior



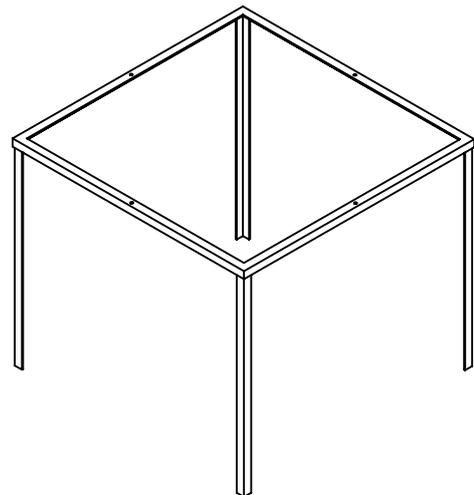
DETALLE G
ESCALA 2 : 15



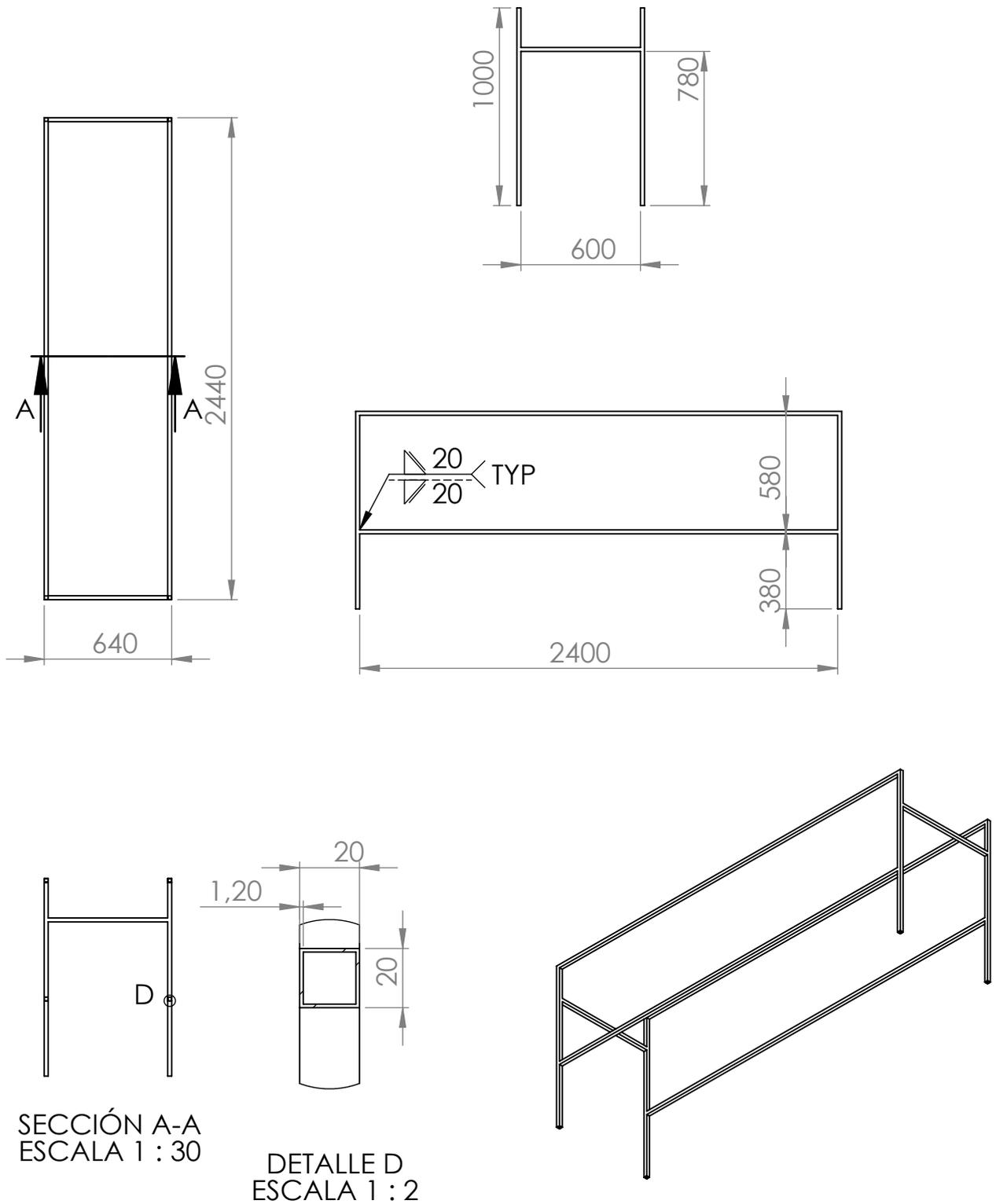
SECCIÓN C-C
ESCALA 1 : 15



DETALLE A
ESCALA 2 : 5



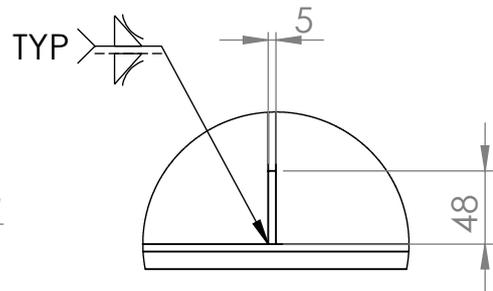
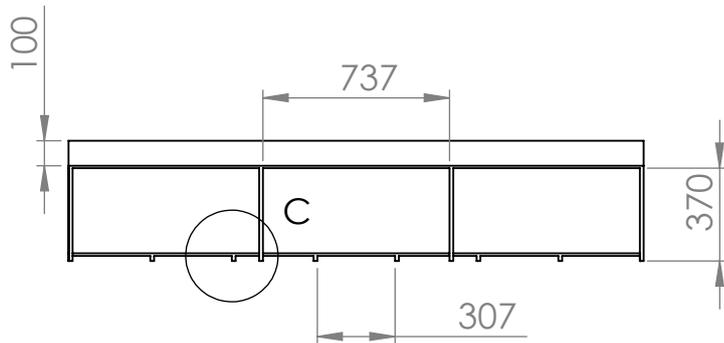
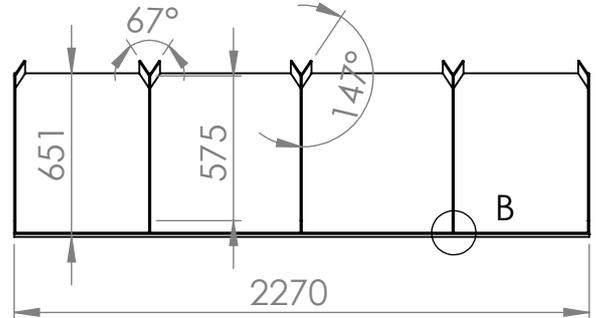
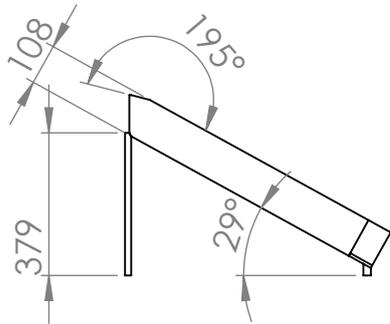
Tratamiento térmico:	Na	Material:	Acero ASTM A36	Dim. brutas:	646x260x596
Recubrimiento:	Na				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA	UPS	Diseño:	Moreno Pedro	24-7-2024	
		Dibujó:	Moreno Pedro	24-7-2024	
		Revisó:	Ing. Quitiaquez Patricio	24-7-2024	
Soporte de embudo de entrada	Escala: 1:15	Código:	08.8148.01.01.02	Tol. Gral.:	±5



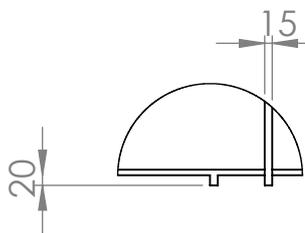
SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 30

DETALLE D
ESCALA 1 : 2

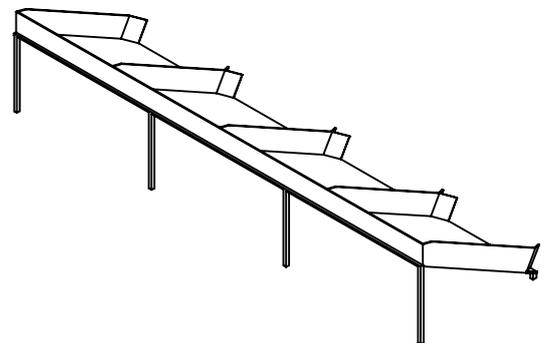
Tratamiento térmico:	Na	Material:	Acero ASTM A36	Dim. brutas:	20x1.2
Recubrimiento:	Na				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA	UPS	Diseño:	Moreno Pedro	24-7-2024	
		Dibujó:	Moreno Pedro	24-7-2024	
		Revisó:	Ing. Quitiaquez Patricio	24-7-2024	
Soporte de estructura general	Escala: 1:30	Código:	08.8148.01.02.01	Tol. Gral.: ±5	



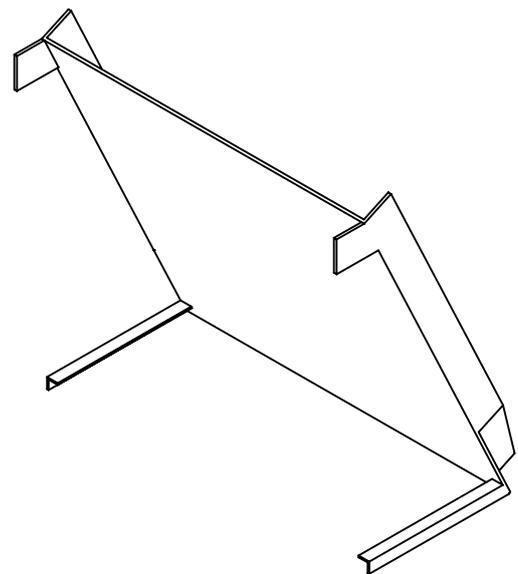
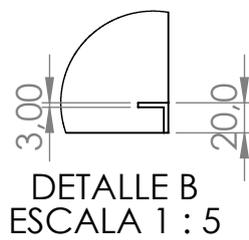
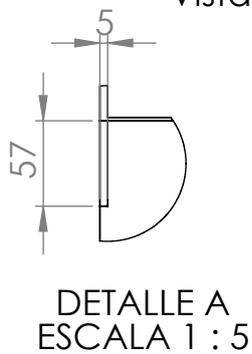
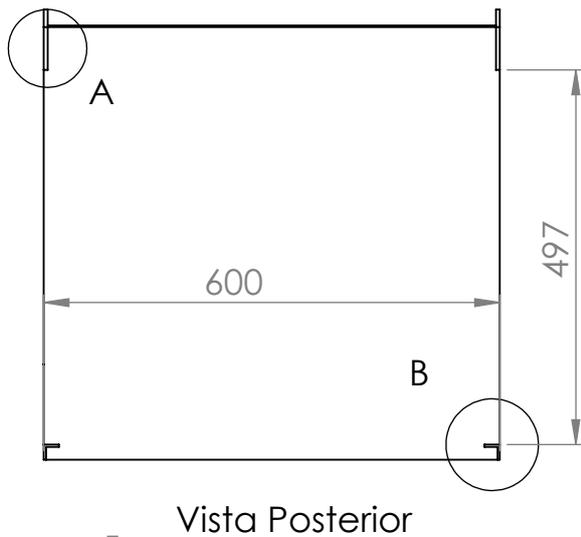
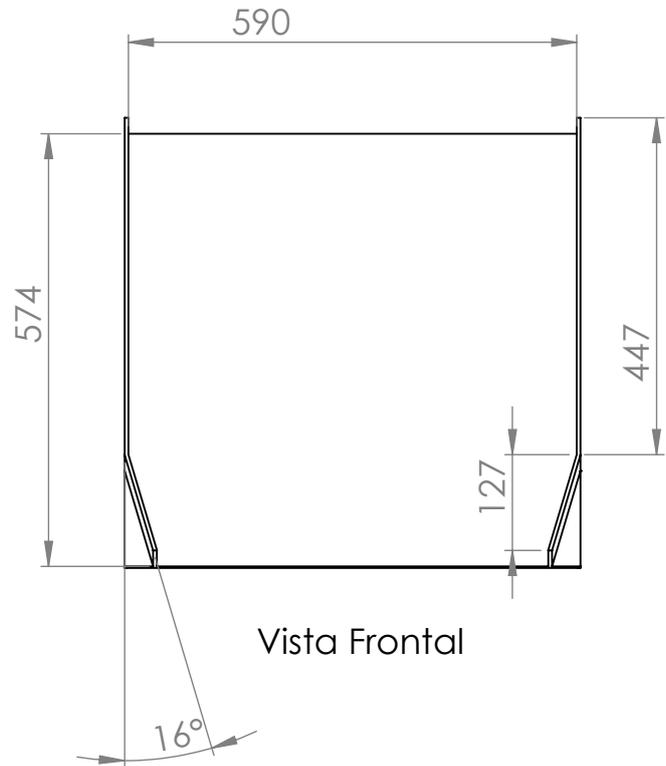
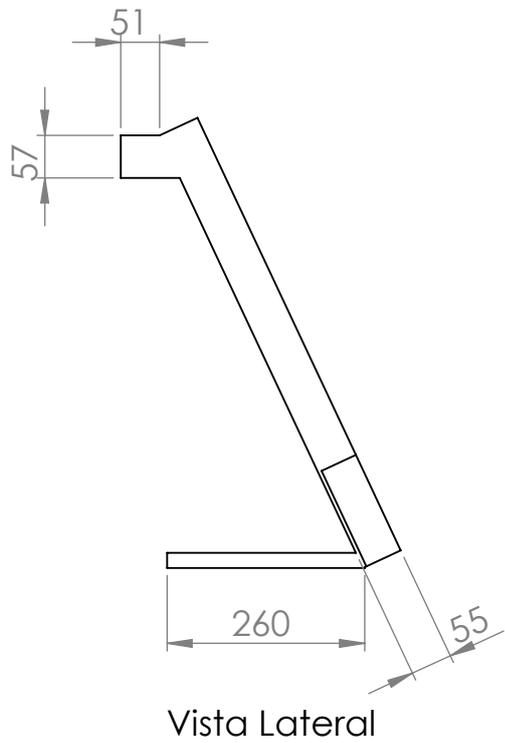
DETALLE B
ESCALA 1 : 5



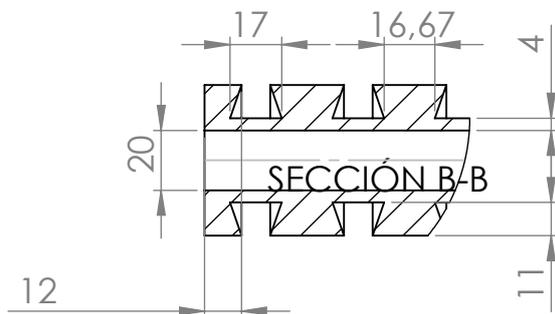
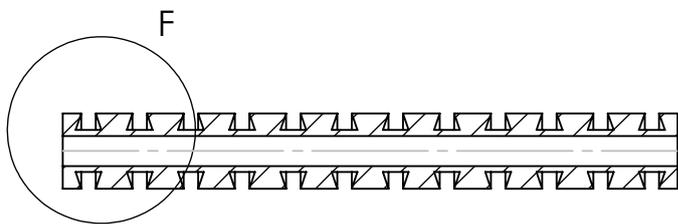
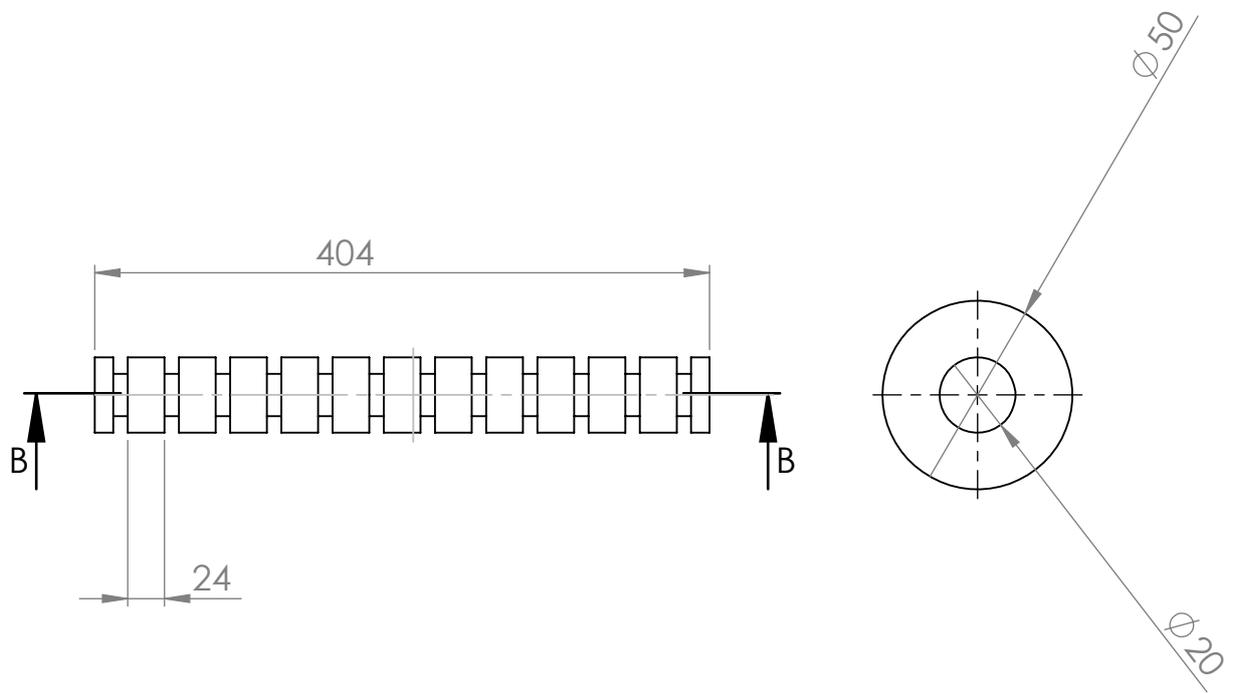
DETALLE C
ESCALA 1 : 15



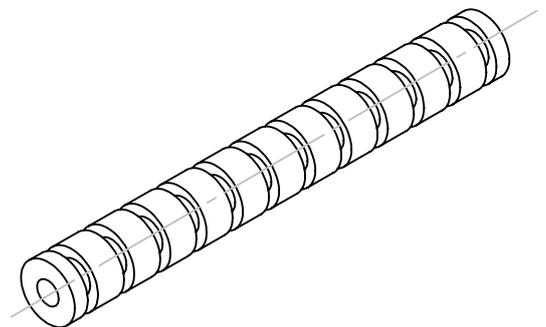
Tratamiento térmico:	Na	Material:	Acero ASTM A36	Dim. brutas:	630x2270x721
Recubrimiento:	PVC espumado				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA	UPS	Diseñó:	Moreno Pedro	24-7-2024	
		Dibujó:	Moreno Pedro	24-7-2024	
		Revisó:	Ing. Quitiaquez Patricio	24-7-2024	
Salida general	Escala: 1:30	Código:	08.8148.01.02.02	Tol. Gral.:	±5



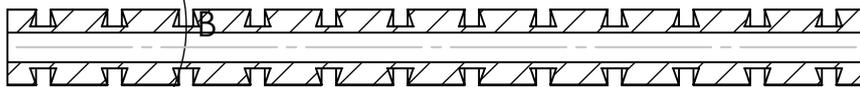
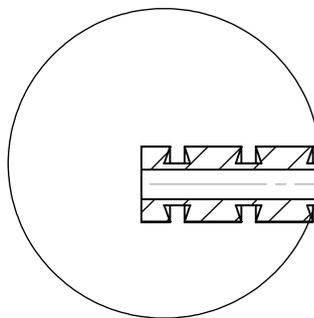
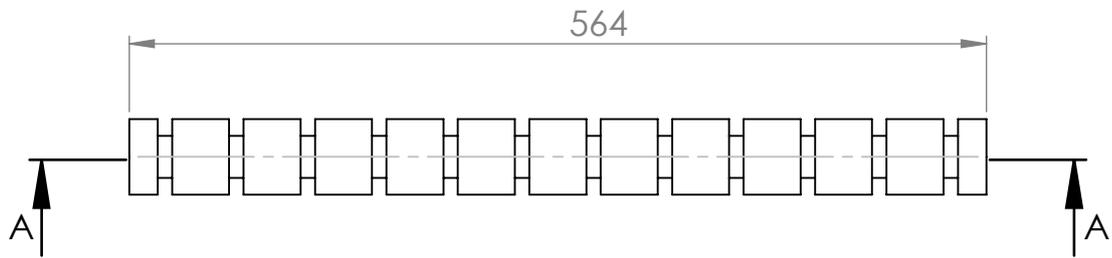
Tratamiento térmico:	Na	Material:	Acero ASTM A36	Dim. brutas:	600x260x596
Recubrimiento:	PVC espumado	Diseño:	Moreno Pedro		24-7-2024
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA	UPS	Dibujó:	Moreno Pedro		24-7-2024
		Revisó:	Ing. Quitiaquez Patricio		24-7-2024
Salida de última categoría	Escala: 1:10	Código:	08.8148.01.02.03	Tol. Gral.:	±5



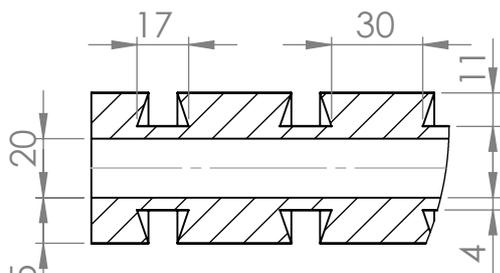
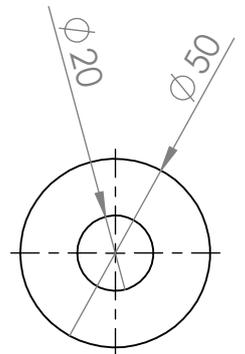
DETALLE F
ESCALA 2 : 5



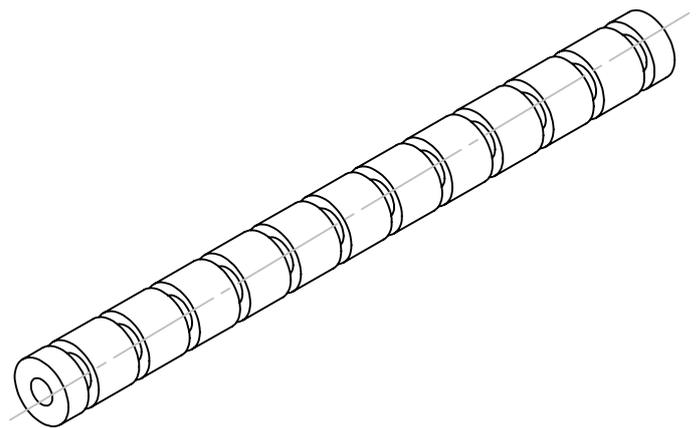
Tratamiento térmico:	Na	Material:	Nylon 6	Dim. brutas:	404x50
Recubrimiento:	Na				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA	UPS	Diseño:	Moreno Pedro	24-7-2024	
		Dibujó:	Moreno Pedro	24-7-2024	
		Revisó:	Ing. Quitiaquez Patricio	24-7-2024	
Tambor inicial	Escala: 1:5	Código:	08.8148.01.03.01	Tol. Gral.:	±5



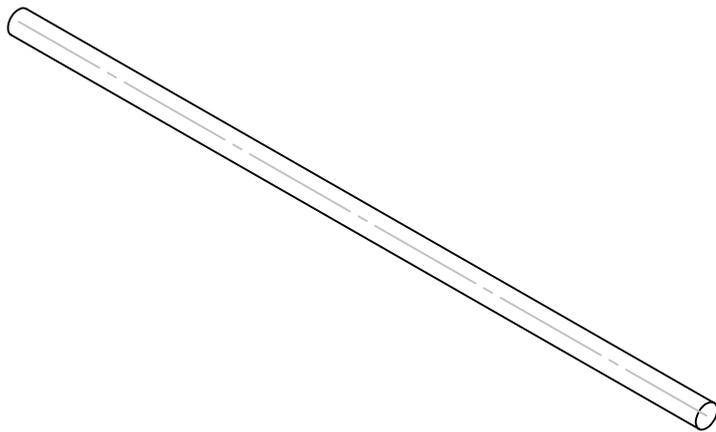
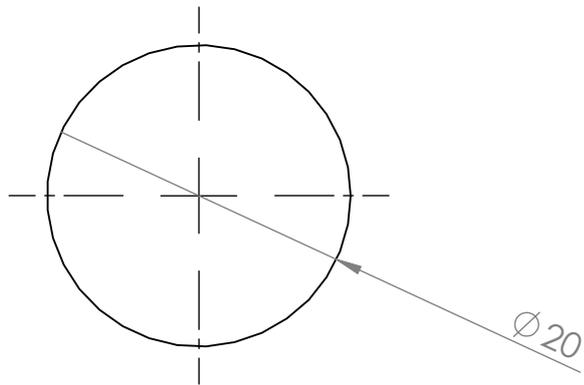
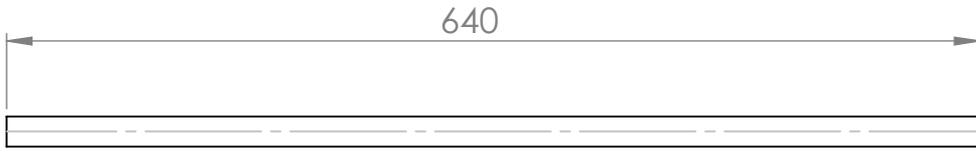
SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 5



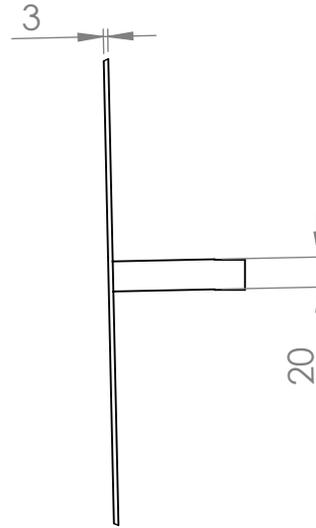
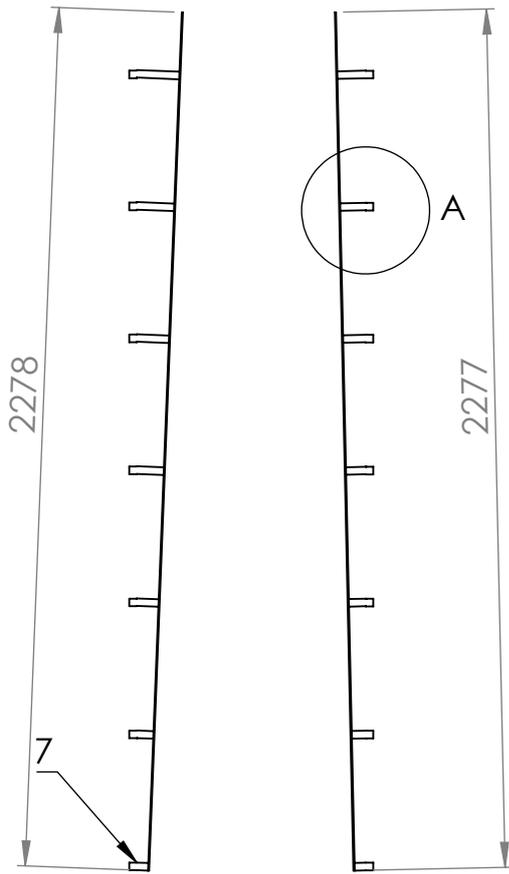
DETALLE B
ESCALA 2 : 5



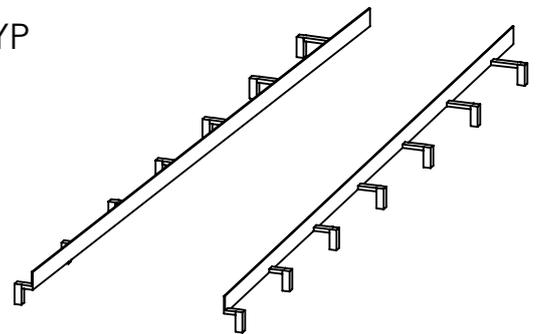
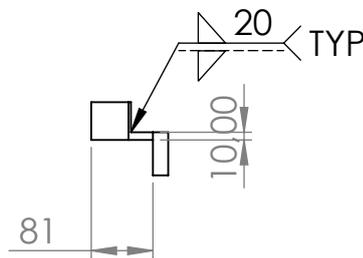
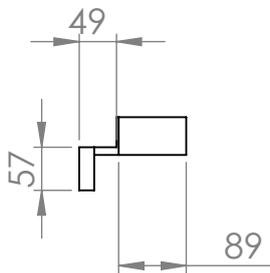
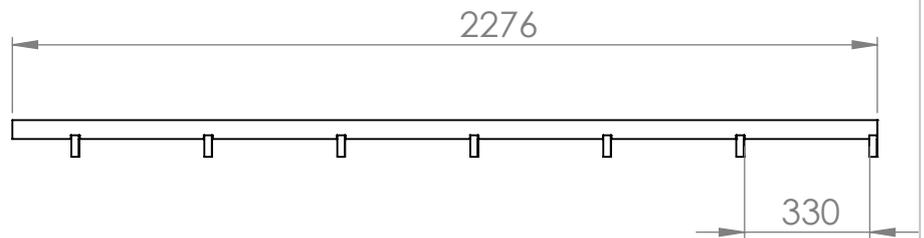
Tratamiento térmico:	Na	Material:	Nylon 6	Dim. brutas:	564x50
Recubrimiento:	Na				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA	UPS	Diseño:	Moreno Pedro	24-7-2024	
		Dibujó:	Moreno Pedro	24-7-2024	
		Revisó:	Ing. Quitiaquez Patricio	24-7-2024	
Tambor final	Escala: 1:30	Código:	08.8148.01.03.02	Tol. Gral.:	±5



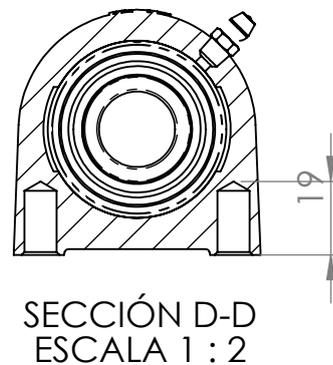
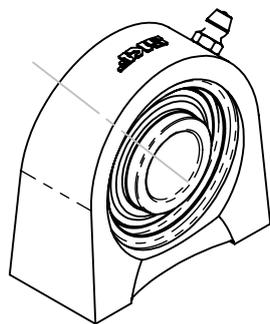
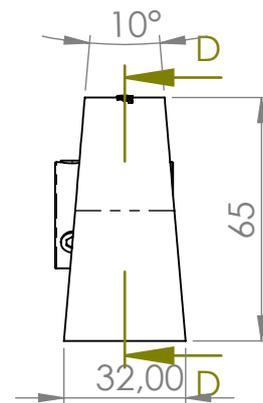
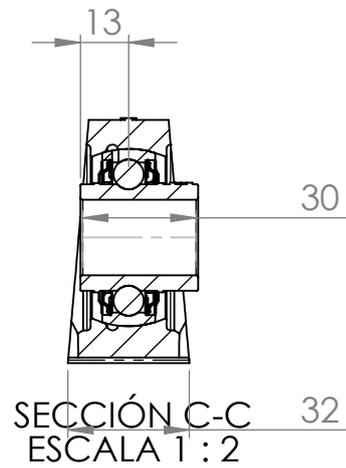
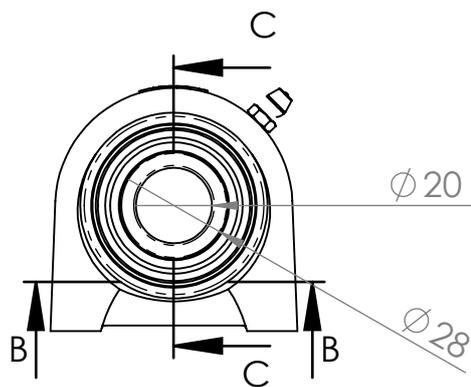
Tratamiento térmico:	Na	Material:	Acero AISI 1045	Dim. brutas:	640x20
Recubrimiento:	Na				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA	UPS	Diseño:	Moreno Pedro	24-7-2024	
		Dibujó:	Moreno Pedro	24-7-2024	
		Revisó:	Ing. Quitiaquez Patricio	24-7-2024	
Eje solido	Escala: 1:2	Código:	08.8148.01.03.03	Tol. Gral.:	±5



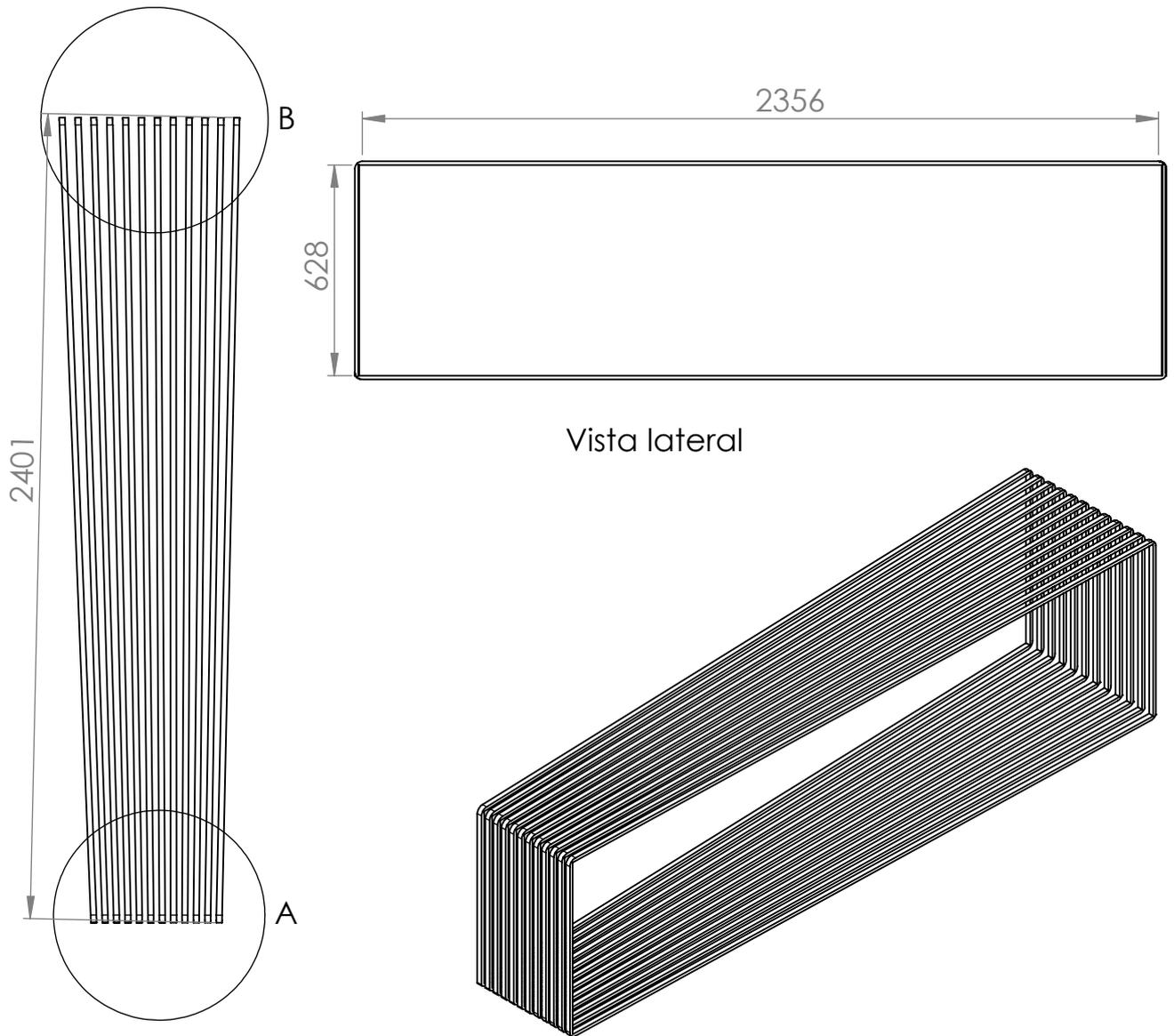
DETALLE A
ESCALA 1 : 5



Tratamiento térmico:	Na	Material:	Aluminio AISI 6061	Dim. brutas:	2276x50
Recubrimiento:	Na				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA	UPS	Diseño:	Moreno Pedro	24-7-2024	
		Dibujó:	Moreno Pedro	24-7-2024	
		Revisó:	Ing. Quitiaquez Patricio	24-7-2024	
Guías de clasificación	Escala: 1:20	Código:	08.8148.01.03.04	Tol. Gral.:	±5

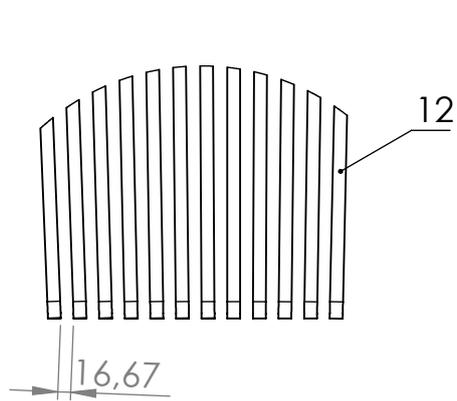


Tratamiento térmico:	Na	Material:	Acero AISI 1045	Dim. brutas:	64.5x20
Recubrimiento:	Na				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA	UPS	Diseño:	Moreno Pedro	24-7-2024	
		Dibujó:	Moreno Pedro	24-7-2024	
		Revisó:	Ing. Quitiaquez Patricio	24-7-2024	
Soporte SFY 20 TF	Escala: 1:30	Código:	08.8148.01.03.05	Tol. Gral.:	± 5

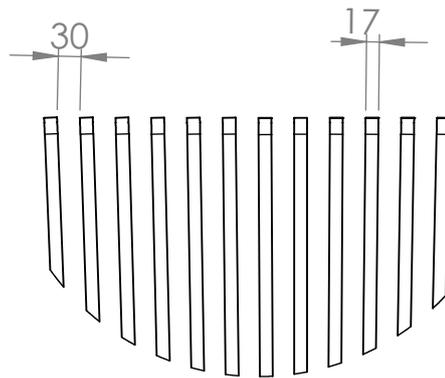


Vista lateral

Vista superior



DETALLE A
ESCALA 1 : 10



DETALLE B
ESCALA 1 : 10

Tratamiento térmico:	Na	Material:	PVC	Dim. brutas:	650x532x2400
Recubrimiento:	Na				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA	UPS	Diseño:	Moreno Pedro	24-7-2024	
		Dibujó:	Moreno Pedro	24-7-2024	
		Revisó:	Ing. Quitiaquez Patricio	24-7-2024	
Bandas transportadoras	Escala: 1:20	Código:	08.8148.01.03.06	Tol. Gral.:	±5