



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
MECÁNICA ELÉCTRICA**

**“Diseño de un sistema de elevación y calibrado para la línea de proceso
de arándano con capacidad de 2 t/h para la empresa Camposol S.A.”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA**

AUTORES:

**Ronald Sáenz Araujo
Carlos Jason Mayser Avendaño**

ASESOR ESPECIALISTA

Mg. Ing. Julca Verástegui Luis

ASESOR METODOLÓGICO

Mg. Ing. Luján López Jorge Eduardo

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

Perú - 2018

DEDICATORIA

A DIOS, Por brindarme salud, sabiduría y ser un amigo incondicional, el que me cuida y me guía día a día y me protege por el buen sendero.

A MIS APRECIADOS PADRES, por estar pendientes de mí y brindarme su apoyo incondicional en todo lo que pudieron porque sé que lo hicieron con el corazón.

A TODAS

Las personas (profesores, amigos, etc.) Que me apoyaron en todo y que aportaron con sus conocimientos para poder realizar mi carrera profesional

RONALD SÁENZ ARAUJO

DEDICATORIA

A DIOS

Por brindarme esta oportunidad, guiarme y darme sabiduría, así como la firmeza necesaria para llegar a concretar este objetivo académico y la fortaleza en los momentos difíciles de mi vida.

A MI MADRE Y FAMILIA

Por el inmenso apoyo emocional e incondicional durante la realización de mi tesis y en todo momento de mi vida en la que siempre conté con ellos.

A LOS DOCENTES

Por brindarme su orientación académica oportuna y a mis amigos que de alguna forma contribuyeron con sus aportes en el plano académico.

Para todos los que contribuyeron con la realización de este objetivo personal va mi más sincero agradecimiento.

CARLOS JASON MAYSER AVENDAÑO

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo **Sáenz Araujo, Ronald** con DNI N° 45306474, A EFECTO DE CUMPLIR CON LAS DISPOSICIONES vigentes consideradas en el reglamento de grados y títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de **Ingeniería**, Escuela de **Ingeniería Mecánica Eléctrica**, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

RONALD SÁENZ ARAUJO
DNI: 45306474

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo **Mayser Avendaño, Carlos Jason** con DNI N° 40262922, A EFECTO DE CUMPLIR CON LAS DISPOSICIONES vigentes consideradas en el reglamento de grados y títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de **Ingeniería**, Escuela de **Ingeniería Mecánica Eléctrica**, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

CARLOS JASON MAYSER AVENDAÑO
DNI: 40262922

PRESENTACIÓN

SEÑORES MIEMBROS DEL JURADO:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada “DISEÑO DE UN SISTEMA DE ELEVACIÓN Y CALIBRADO PARA LA LÍNEA DE PROCESO DE ARÁNDANO CON CAPACIDAD DE 2 T/H PARA LA EMPRESA CAMPOSOL S.A”, la misma que sometemos a vuestra consideración y esperamos que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Mecánico Eléctrico.

RONALD SÁENZ ARAUJO
CARLOS JASON MAYSER AVENDAÑO

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Realidad problemática	1
1.2.	Trabajos previos	3
1.3.	Teorías relacionadas al tema.....	6
2.1.1.	Necesidad de la empresa.....	6
2.1.2.	Estado del arte	6
2.1.3.	El estado de arte de la técnica.....	11
2.1.4.	Lista de exigencias.....	12
2.1.5.	Estructura de funciones	12
2.1.6.	Matriz morfológica.....	12
2.1.7.	Evaluación de la solución	13
2.1.8.	Dimensionamiento básico del sistema.....	13
2.1.9.	Esquema de producción de arándano en fresco.....	13
2.1.10.	Bandas transportadoras.....	16
2.1.11.	Ecuaciones para el cálculo de bandas transportadoras	22
2.1.12.	Software de diseño mecánico SolidWorks	30
1.4.	Formulación del problema.....	31
1.5.	Justificación del estudio.....	31
1.6.	Hipótesis	32
1.7.	Objetivos.....	32
II.	MÉTODO	33
2.2.	Diseño de investigación.....	33
2.3.	Variables, operacionalización.....	33
2.3.1.	Variables independientes	33
2.3.2.	Variables dependientes	33
2.4.	Población y muestra.....	35

2.4.1.	Población	35
2.4.2.	Muestra	35
2.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	35
2.5.1.	Técnicas	35
2.5.2.	Instrumentos	35
2.6.	Métodos de análisis de datos	35
2.7.	Aspectos éticos	35
III.	Resultados.....	36
3.1.	Caracterización de una nueva propuesta de malla para el sistema de elevación y calibración.	36
3.2.	Desarrollo de la metodología de diseño	42
3.2.1.	Lista de exigencias.....	42
3.2.2.	Estructura de funciones	45
3.2.3.	Diseño de la matriz morfológica	46
3.2.4.	Alternativas de solución	47
3.2.5.	Evaluación de alternativas	49
3.2.6.	Criterios de evaluación.	50
3.3.	Desarrollo del diseño de selección del sistema compacto de elevación y calibración. 53	
3.4.	Modelamiento y simulación del sistema compacto de elevación y calibración. ...	68
	- Soporte A con travesaño A	69
	- Soporte B con travesaño A	69
3.5.	Evaluar el costo beneficio de la propuesta.	71
3.5.1.	Costo total de fabricación del sistema compacto de elevación y calibración.....	73
3.5.2.	Cotización de elevador y calibradora	74
IV.	DISCUSIONES	75
V.	CONCLUSIONES.....	77

VI.	RECOMENDACIONES.....	78
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
	Bibliografía.....	79
VIII.	ANEXOS.....	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 valores de las alternativas	13
Tabla 2 operacionalización de variables	34
Tabla 3. Generalidades del poliuretano	36
Tabla 4. Propiedades del poliuretano.....	37
Tabla 5. Lista de exigencias.....	42
Tabla 6. Matriz morfológica	46
Tabla 7. Evaluación de alternativas	52
Tabla 8. Propuesta de mantenimiento preventivo general	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 9. procedimiento de ensamblaje	69
Tabla 10. Costo de materiales, habilitado y soldadura	71
Tabla 11. Costo total del sistema propuesto	73
Tabla 12. Formato de registro de inspección diario	¡Error! Marcador no definido.

RESUMEN

El sector agrícola peruano está creciendo de forma sostenida en especial la producción y exportación de arándanos, pero existe una demanda peruana que va aumentando en la manufactura de maquinarias necesarias para las labores en campo y la producción dentro de las plantas agroindustriales, los grupos empresariales peruanos acostumbrados a la importación de maquinarias necesitan de ideas innovadoras para diseñar y fabricar máquinas en el Perú y poder atender las necesidades del sector agrícola que contribuyan a mejorar la productividad de las empresas y sean una alternativa más económica comparadas a las importadas, siendo esta una necesidad urgente para el sector agrícola.

La tesis elaborada es una contribución académica para el desarrollo de conceptos de diseño mecánico innovadores y la manufactura de maquinaria hecha en Perú para atender a las empresas agroindustriales regionales y nacionales, en la cual se diseñó un sistema mecánico para elevar y calibrar arándanos en base a su tamaño por medio de sistemas de transporte mecánico y de selección por gravedad de forma continua, de ello también se tuvo en cuenta la velocidad de procesamiento, la clasificación adecuada por tamaños o calibres y la preservación de la calidad del arándano. Para el diseño propuesto se usó la metodología basada en la norma de diseño alemana VDI 2225 la cual se basa en aplicar el método morfológico para diseñar sistemas mecánicos.

Finalmente, se llegó a la etapa de elaboración de detalles a partir del proyecto definitivo seleccionado como el mejor en base a la metodología basada en la norma VDI 2225, elaborando la lista de exigencias necesaria para diseñar y seleccionar cada componente del sistema propuesto, por último, en la evaluación del costo-beneficio de la propuesta se determinó el valor de la fabricación del sistema mecánico por un monto de US\$14,690 siendo económicamente más atractivo comparado con el costo de las maquinarias importadas.

Palabras claves: Sistema mecánico para elevar y calibrar arándanos, norma de diseño alemana VDI 2225, evaluación de costos.

ABSTRACT

The Peruvian agricultural sector is growing steadily, especially the production and export of blueberries, but there is a Peruvian demand that is increasing in the manufacture of machinery necessary for field work and production within agroindustrial plants, Peruvian business groups accustomed to the import of machinery need innovative ideas to design and manufacture machines in Peru and to meet the needs of the agricultural sector that contribute to improving the productivity of companies and are a cheaper alternative compared to imported, being a necessity urgent for the agricultural sector.

The thesis is an academic contribution to the development of innovative mechanical design concepts and the manufacture of machinery made in Peru to serve regional and national agroindustrial companies, in which a mechanical system was designed to elevate and calibrate blueberries based on its size by means of mechanical transport and gravity selection systems continuously, it was also taken into account the processing speed, the appropriate classification by size or size and the preservation of the quality of the cranberry. For the proposed design, the methodology based on the German design standard VDI 2225 was used, which is based on applying the morphological method to design mechanical systems.

Finally, the details were elaborated from the final project selected as the best based on the methodology based on the VDI 2225 standard, elaborating the list of requirements necessary to design and select each component of the proposed system, finally, in the cost-benefit evaluation of the proposal, the value of the manufacturing of the mechanical system was determined for an amount of US \$ 14,690 being economically more attractive compared to the cost of the imported machinery.

Keywords: Mechanical system for raising and calibrating blueberries, German design standard VDI 2225, cost evaluation.

I. INTRODUCCIÓN

2.1. Realidad problemática

La empresa agroindustrial CAMPOSOL S.A., ubicada en la localidad de Chao, es el exportador peruano más grande de palta HASS y pronto será el productor peruano con mayor exportación de arándanos en el mundo. CAMPOSOL cultiva, procesa y comercializa productos agrícolas como: paltas, arándanos, uvas, mango, mandarinas y otros productos, que exporta a los mercados de Europa, Norteamérica y Asia.

En cuanto al arándano producido en el Perú, las cifras de cosecha en campo al 2013 muestran 1,8 toneladas por hectárea en promedio; una producción menor a la del promedio por hectárea de los demás países productores; sin embargo, este nivel de producción en campo es generado por las plantas cultivadas inicialmente, y se estima que en los años siguientes se incrementará progresivamente su producción hasta que las plantaciones de arándanos alcancen su madurez entre los 8 a 10 años.

La empresa procesa la variedad de arándano biloxi que tiene un tamaño de entre 5 mm a 22 mm y un peso de entre 0,5 gr a 3.5 gr siendo su promedio 1.92 gr. c/u. Se cuenta con 10 líneas de proceso de arándano, cada línea de proceso está constituida por las siguientes maquinarias: faja transportadora inclinada, calibradora de ligas (máquina separadora por tamaño), faja de selección y clasificación, faja transportadora inclinada, faja transportadora horizontal, sistema de envasador y pesador, faja etiquetadora, faja codificadora de láser y faja de empaque. Dichas máquinas son importadas. El principal objetivo de la línea de proceso es el de transportar el producto por cada una de las máquinas que desarrollan una función específica.

Se toma en cuenta que la empresa proyecta adquirir una nueva máquina seleccionadora para incluirla en la línea de producción en la etapa inicial de abastecimiento debido al escaso espacio de la nave de producción que requiere ser una máquina compacta.

Actualmente la empresa pretende incluir una nueva máquina en la primera etapa de abastecimiento, cuya nave de proceso cuenta con un área total de 525 ² donde trabaja dos líneas de proceso con un área de 254 ². El área ocupada actualmente en la

primera etapa de abastecimiento que corresponde a la faja elevadora y la calibradora de ligas es de 8 m^2 . Y el área que ocuparía la nueva máquina es de 2.25 m^2 . Lo cual presentaría un inconveniente debido a que se tiene que respetar el área de paso del personal que es de $5 \times 15 = 75 \text{ m}^2$ debido a que se trasladan los palets con producto por medio de una carretilla hidráulica o stocka a un área destinada para almacenar las jabas y abastecer de arándanos que alimentarán continuamente a la línea de producción.

Además, se ha detectado que se presentan fallas en la etapa inicial de abastecimiento en la máquina calibradora ocasionando paradas inesperadas en el proceso por las rupturas de ligas debido a la fatiga por el continuo trabajo.

La idea que da inicio a este trabajo de investigación surge luego de observar y analizar el funcionamiento de cada maquinaria, desde la etapa inicial de abastecimiento de la línea de proceso del arándano hasta obtener el producto terminado. Con este trabajo se busca simplificar el número de máquinas utilizadas en el inicio del proceso del arándano, como son: transportador inclinado y calibradora de ligas. Así como mejorar el calibrado de la materia prima, manteniendo la producción por hora y sin sobrecargar a las otras maquinarias del proceso.

Ante los inconvenientes señalados anteriormente presentamos una propuesta de diseño de un sistema de un transportador inclinado y una calibradora de arándano, teniendo en cuenta las condiciones técnicas requeridas y las limitaciones expuestas.

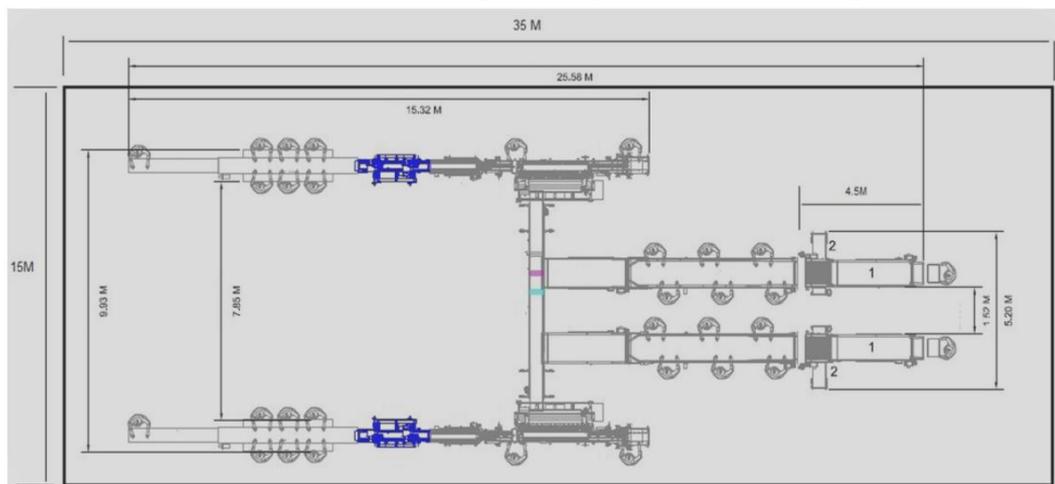


Figura 1. Área total de la nave y área ocupada por la línea de producción
Fuente: Camposol S.A.

2.2. Trabajos previos

La tesis titulada ***“Diseño de una faja para el traslado continuo de esparrago verde con capacidad de 2.1 t/h en área de envasado de la empresa Camposol S.A”***

elaborado por Cosavalente Castañeda José Antonio en el año 2017, en la Universidad César Vallejo – Trujillo, en la que presenta el siguiente objetivo y llega a las siguientes conclusiones:

Señalando como objetivo general: Diseñar una faja que transporte de manera continua 2.1 t/h de esparrago en el área de envasado de la empresa Camposol.

Llegando a las siguientes conclusiones: El análisis de la velocidad y ancho de la faja de 300 mm, la selección del tipo de rodillo superior y de retorno con diámetro de 50 mm y el eje de 20 mm con capacidad de 138 daN, se calculó el diámetro del rodillo motriz y conducido de 200 mm con respecto al tipo de faja de material de poliéster con espesor de la carcasa de 1.5 mm. Se determinó la potencia del motor eléctrico de 5 HP, diámetro de los ejes de los tambores, selección de chumaceras. Se diseñó la estructura de la faja considerando las cargas que actúan en los cuatro apoyos, aplicándose la carga crítica de pandeo y el método de los momentos se seleccionaron los tipos de perfiles calculándose sus cargas máximas.

La tesis titulada ***“Diseño de un sistema mecatrónico para selección de arándanos”*** elaborado por Rudas Ramírez Carlos Alberto en el año 2015, en la Pontificia Universidad Católica del Perú – Lima, en la que presenta el siguiente objetivo y llega a las siguientes conclusiones:

Indicando como objetivo general: Diseñar un sistema mecatrónico capaz de seleccionar arándanos.

Llegando a las siguientes conclusiones: El arándano es una baya que no presenta una geometría compleja ya que es casi esférica, pero si presenta algunos inconvenientes en su procesamiento por su textura delicada recomendando conservar la selección del arándano a unos 7°C de temperatura promedio. Igualmente se seleccionaron los

mototambores del tipo Drum Motor por hacer poco ruido, no sobrecalentarse y requerir de mantenimiento mínimo.

Los arándanos tienen un calibre pequeño requiriéndose de un procesamiento con una velocidad superior al promedio para procesar cantidades considerables de arándanos seleccionados por su calibre, con esta exigencia se escogieron a los actuadores lineales del tipo solenoide que marchan a velocidades superiores, las fuerzas o cargas soportadas en Newton y ciclos de vida superiores a los 500,000 ciclos. Debido a que la etapa de selección es la más crítica integraron sistemas eléctricos y electrónicos determinando la mínima velocidad del obturador que es parte de una cámara semi-industrial e indicando al actuador tipo solenoide como el que se acopla mejor. Determinando un costo del sistema mecatrónico de US\$ 10,574.00 siendo viable y económicamente razonable comparado con los importados.

La tesis titulada ***“Diseño de una cinta transportadora para la extracción continua de 10 Ton/h de torta de cachaza en el área de filtración de jugo de caña en la Empresa Cartavio S.A.A”*** elaborado por Calvo Vásquez Manuel Donny en el año 2014, en la Universidad César Vallejo – Trujillo, en la que presenta el siguiente objetivo y llega a las siguientes conclusiones:

Indicando como objetivo general: Diseñar una cinta para la extracción de 10 Ton/h de torta de cachaza en el área de filtración de jugo de caña en la empresa Cartavio S.A.A.

Llegando a las siguientes conclusiones: La velocidad calculada de la cinta transportadora debe ser de 2 m/s necesaria para garantizar el flujo continuo de 10 Ton/h de torta de cachaza, con una capacidad de transporte volumétrica efectiva calculada, y la selección de la banda con un ancho de 500 mm y espesor de 8 mm, el material sugerido es de poliéster y el número de capas de 3.

Con la velocidad y el ancho de la banda se seleccionó un diámetro de 89 mm tanto para los rodillos de ida como de retorno. Luego se realizaron los cálculos de carga estática y dinámica, obteniendo los rodillos de mayor carga, seleccionando los rodillos de la serie PLF1 de 200 mm de longitud y una capacidad de carga 930 N para los

rodillos de ida. Para los rodillos de retorno se seleccionaron los de la serie de PLF1 de 608 mm de longitud y una capacidad de carga de 930 N, se concluyó que la potencia necesaria de accionamiento de la cinta transportadora es de 1.1 KW o 1.5 HP. La tensión máxima que debe de soportar la cinta es de 296 N. con el ancho de banda conocido, se selecciona el diámetro del tambor, el cual es de 520 mm y su eje de 50 mm, seleccionando el tambor de la serie USC con las características necesarias. Para el contra tambor se seleccionó un diámetro de 400 mm y su eje de 50 mm con acero Fe 37. Con el ángulo de abrazamiento de 220° y el esfuerzo tangencial total se calculó la tensión máxima de la banda de 296 N, el motorreductor que se seleccionó, según catálogo es de 1.5 HP con una salida de 74 rpm. El acoplamiento seleccionado Falk de Rexnord, de la serie 1010G, con un torque máximo de 1140 Nm.

2.3. Teorías relacionadas al tema

2.1.1. Necesidad de la empresa

La empresa Camposol S.A. cuenta con 10 líneas de proceso de arándano, se integrará una nueva máquina en cada una de las líneas de proceso, ubicándola entre la calibradora y la faja de selección y cuyo espacio de trabajo es reducido.

El traslado de un nivel hacia otro, así como la selección por tamaño del arándano es importante en el proceso en el que se tiene que cuidar el estado físico de la materia prima, para dar solución a este problema se planteó como alternativa de solución utilizar un sistema con dos funciones de trabajo (elevar y calibrar). Tanto el transportador inclinado como la calibradora son primordiales para el inicio de la etapa de abastecimiento de la línea, los cuales deben de realizar sus funciones de manera continuidad, evitando paradas inesperadas en el proceso del arándano.

Los parámetros de operación del sistema de elevación y calibración son:

- Flujo continuo
- Selección de tamaños
- Fácil desmontaje
- Área de trabajo

2.1.2. Estado del arte

Se presenta una descripción del arándano, la tecnología de los equipos que cumplen funciones similares y son parte del proceso cumpliendo la función de elevación y calibración del arándano con un flujo de producción continuo.

1.5.1. Estado del arte del producto (arándano)

El arándano es un frutal tipo arbustivo cuyo calibre es pequeño según su variedad, del género *Vaccinium*, familia *Ericaceae*, que crece de manera natural o silvestre en los bosques de Norteamérica.

La variedad del arándano procesado en la empresa Camposol es:

- Arándano Azul - Biloxi (*Vaccinium corymbosum*)



Figura 2. Arándano azul variedad Biloxi
Fuente: MINAGRI-DEEIA

El arándano tiene una cosecha por hectárea ascendente y más durante su madurez alrededor de los 8 a 10 años, a partir de allí tiene una producción estable, que disminuye paulatinamente aproximadamente a los 30 años. (DEEIA, 2016)

Calidad del fruto

La calidad del arándano está en relación con su calidad visible, organoléptica y nutritiva.

La *calidad visible* se muestra en la apariencia del arándano en su madurez, la cual se define como: un fruto azulado, con cera cubriendo toda su superficie que es relacionada a una fruta fresca, sin ningún defecto por daño mecánico o por pudriciones, forma y tamaño del arándano, y dando muestra de una textura firme. La *calidad organoléptica* presenta un contenido de ácidos, azúcares y compuestos volátiles adecuados que son los que le dan el aroma característico del arándano. Los índices de calidad estandarizados por las empresas agroindustriales de fruta fresca son: tamaño, color, forma, no mostrar defectos, sabor y textura firme. (DEEIA, 2016)

Características del arándano:

Variedad: **Biloxi** (*Vaccinium corymbosum*).

Color: azul violáceo hasta negro.

Forma: baya redondeada casi esférica.

Tamaño: de 5 a 22 mm de diámetro ecuatorial.

Peso: de 0,5 a 3.5 gr. en promedio 1.92 gr. c/u.

1.5.2. Estado del arte de la tecnología

Existe una variedad de equipos electromecánicos que clasifican arándanos los cuales cumplen una serie de condiciones o exigencias y poseen sus especificaciones técnicas de funcionamiento particulares diferenciándose unos de otros.

1.5.2.1. Faja transportadora inclinada (faja PVC media luna)

Faja transportadora inclinada, encargada de elevar el producto (arándano) abastecido desde la tolva de alimentación, la banda sanitaria entra en movimiento por acción del motorreductor y eleva el producto a la parte superior de descarga conectada al calibrador. El material de construcción es de acero inoxidable 304.

La estructura cuenta con perfiles de (Z) 20x100x20 mm en 2 mm de espesor, con patas tubulares cuadradas 50x50x2 mm, con altura regulable al piso con 4 soportes, tubos de 50x50x2 mm y 40x40x2 mm, y ruedas omnidireccionales con freno en las cuatro esquinas de la base de los soportes, plataforma de perfiles 10x10x10 mm con 1.5 mm de espesor, distribuidos uniformemente debajo de la cinta de PVC para evitar hundimiento, 2 rodillos de 60 mm de diámetro y largo de 85 cm (motriz y conducido) y 4 polines de retorno, con tensores de 10cm de recorrido dispuestos en el tambor conducido.

1	Faja sanitaria ½ luna PVC
2	Estructura de acero inoxidable AISI 304
3	Chumacera y tensor
4	Tolva de alimentación
5	Motorreductores
6	Panel de mando



Figura 3. Transportador inclinado de PVC media luna
Fuente: A&B Packing Equipment

1.5.2.2. Calibrador de ligas (fajas de Poliuretano)

El sistema consta de una estructura de acero inoxidable con sistema de transmisión directa por un motorreductor de 3 HP, 45 a 50 ligas (fajas de poliuretano) distribuidas a lo ancho de los polines con una separación de 10 mm de liga a liga y 3 tambores (1 conductor, 1 conducido, 1 regulador) el polín regulador es el encargado de tensar las ligas de forma manual.

Dentro de los tres polines se aloja una cinta transportadora con transmisión directa por un motorreductor de ½ HP, y banda sanitaria de PVC la cual transporta el producto de menor calibre hacia jabas.

1	Estructura de acero inoxidable AISI 304
2	Ligas (faja de poliuretano)
3	Tambores
4	Banda sanitaria de PVC
5	Motorreductores
6	Chumaceras de pared ovalada

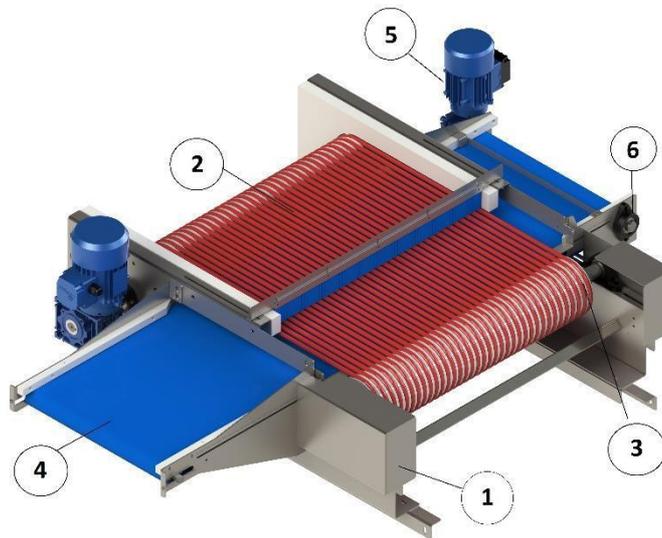


Figura 4. Calibradora de ligas
Fuente: Berrypro

1.5.2.3. Calibradora de banda perforada (Banda de PVC perforada)

El calibrador de banda perforada permite seleccionar el producto por tamaño. Consta de una cinta perforada por la que se eliminan los productos con un diámetro inferior al que tiene la banda. La máquina se fabrica con una banda de un calibre determinado cumpliendo con las especificaciones del cliente.

Los componentes que constituyen este sistema cumplen con las siguientes funciones: el calibrado que se lleva a cabo por medio de una banda sanitaria de PVC perforada (diámetro de la perforación 10 mm), guiados por dos tambores (1 conductor, 1 conducido) el sistema de regulación de tensado es manual. Y 6 motorreductores en todo el sistema de calibrado. La faja de transporte del producto calibrado está alojada perpendicularmente a la cinta perforada de descarga, los calibres menores son guiados por otras dos fajas transportadoras que están ubicadas debajo de la banda perforada calibrada. Cada una de ellas tienen otra faja que es alimentada por el producto de menor calibre.

1	Estructura de acero inoxidable AISI 304
2	Bandas perforadas de PVC
3	Banda sanitaria PVC
4	Tambores
5	Motorreductores
6	Chumaceras de pared ovalada y cuadradas

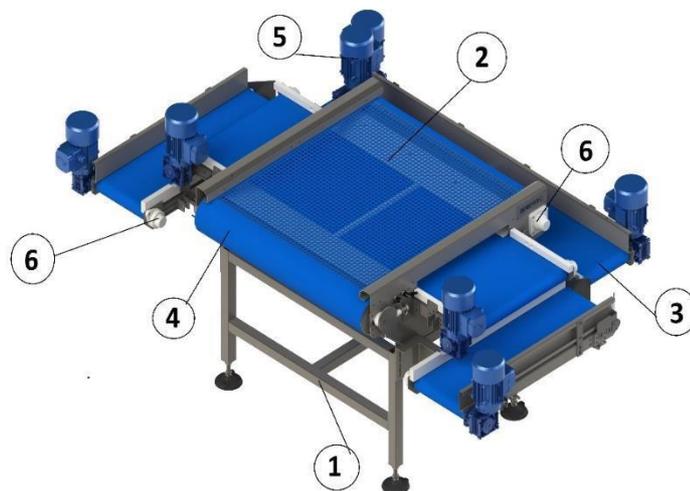


Figura 5. Calibradora de banda de PVC perforada
Fuente: Berrypro

1.5.2.4. Calibradora de malla de poliuretano

Los componentes que constituyen este sistema cumplen con las siguientes funciones: el calibrado se ejecuta por medio de una cinta con malla de polietileno que cuenta con alma de acero perforada (diámetro de cuadrados 10 mm), la estructura es de acero inoxidable, guiados por tres tambores (1 conductor, 1 conducido, 1 regulador) el sistema de regulación de tensado es por medio de un actuador neumático. La faja de transporte está alojada en medio de los tres tambores que conducen el producto de menor calibre.

1	Estructura de acero inoxidable AISI 304
2	Malla de poliuretano
3	Actuador neumático
4	Tambores
5	Motorreductores
6	Chumaceras de pared ovalada y cuadradas



Figura 6. Calibradora de malla de poliuretano
Fuente: Fénix Maquinarias S.A.C.

2.1.3. El estado de arte de la técnica

Existen diversos tipos de metodologías para el diseño siendo algunas de estas el método del árbol, método TRIZ, y método Morfológico.

- Método del árbol

El método deriva del árbol de decisiones como herramienta para modelar el proceso creativo. Dicho proceso se divide en una serie de etapas en las cuales se forman una estructura semejante a la forma de un árbol.

- Método TRIZ

Dicha metodología muestra criterios que vinculan la tecnología con la ciencia, además de establecer un procedimiento metodológico para llegar a la mejor solución de problemas de tipo tecnológicos.

- Método Delphi

Dicho método se considera como uno de los métodos generales más importantes de prospectiva, que persigue lograr el consenso de un grupo de expertos basándose en el análisis y la reflexión de las mejores soluciones para un problema abordado.

- Método Morfológico

Esta metodología abarca varios conjuntos, tomando el criterio de que se puede resolver mejor un problema de diseño si se muestra en otros sistemas más sencillos de idear.

Para el desarrollo de esta tesis usamos “el procedimiento morfológico aplicado al diseño”, mostrando la tecnología usada actualmente, desarrollando luego un listado de exigencias que indica los objetivos del diseño, a continuación mediante una abstracción se determina la estructura de funciones para indicar las funciones que el sistema debe de cumplir en su totalidad para ejecutar su función primordial, para hallar las posibles alternativas de solución empleamos la “Matriz morfológica” y por último realizamos la evaluación de las alternativas de solución obteniendo la mejor solución de todas.

2.1.4. Listado de exigencias

Etapa en la cual se recaba la mayor cantidad de información posible que nos permita lograr la mejor alternativa de diseño. Tomando como referencia la tecnología actual acerca del problema tratado, tomándose en consideración sistemas novedosos, materiales y métodos de fabricación según las exigencias del sistema propuesto.

2.1.5. Estructura de funciones

Se incluyen la totalidad de las funciones que son designadas en el sistema sobre su funcionamiento, desde el punto de entrada y salida del sistema de transporte y calibrado de arándano.

2.1.6. Matriz morfológica

Es una técnica para generar ideas, partiendo desde una idea o problema en los elementos básicos o esenciales de la maquinaria. Al usar la matriz morfológica se presentan posibles alternativas para cada función parcial siguiendo la estructura de funciones o exigencias para la máquina propuesta.

2.1.7. Evaluación de la solución

La calificación de las alternativas se establece en un rango de puntuación asignada por los tesisistas de 0 a 10 en cada una. Debido a la importancia en el proyecto se realiza la evaluación de alternativas considerando un peso ponderado “g” que van desde 0 hasta 10. Las alternativas han sido evaluadas como se muestra en la tabla 1, indicándose los rangos de puntuación asignados por alternativa para obtener la mejor solución. Mostrando como la más viable la que obtenga las mayores calificaciones desde 6 hasta 10 como la considerada muy buena para ser diseñada y posteriormente fabricada.

Tabla 1. *valores de las alternativas*

<u>Rangos</u>	<u>Soluciones</u>
9 - 10	Son excelentes
6 - 8	Son muy buenas
3 - 5	Son buenas soluciones
0 - 2	Son soluciones deficientes

Fuente: elaboración propia

2.1.8. Dimensionamiento básico del sistema

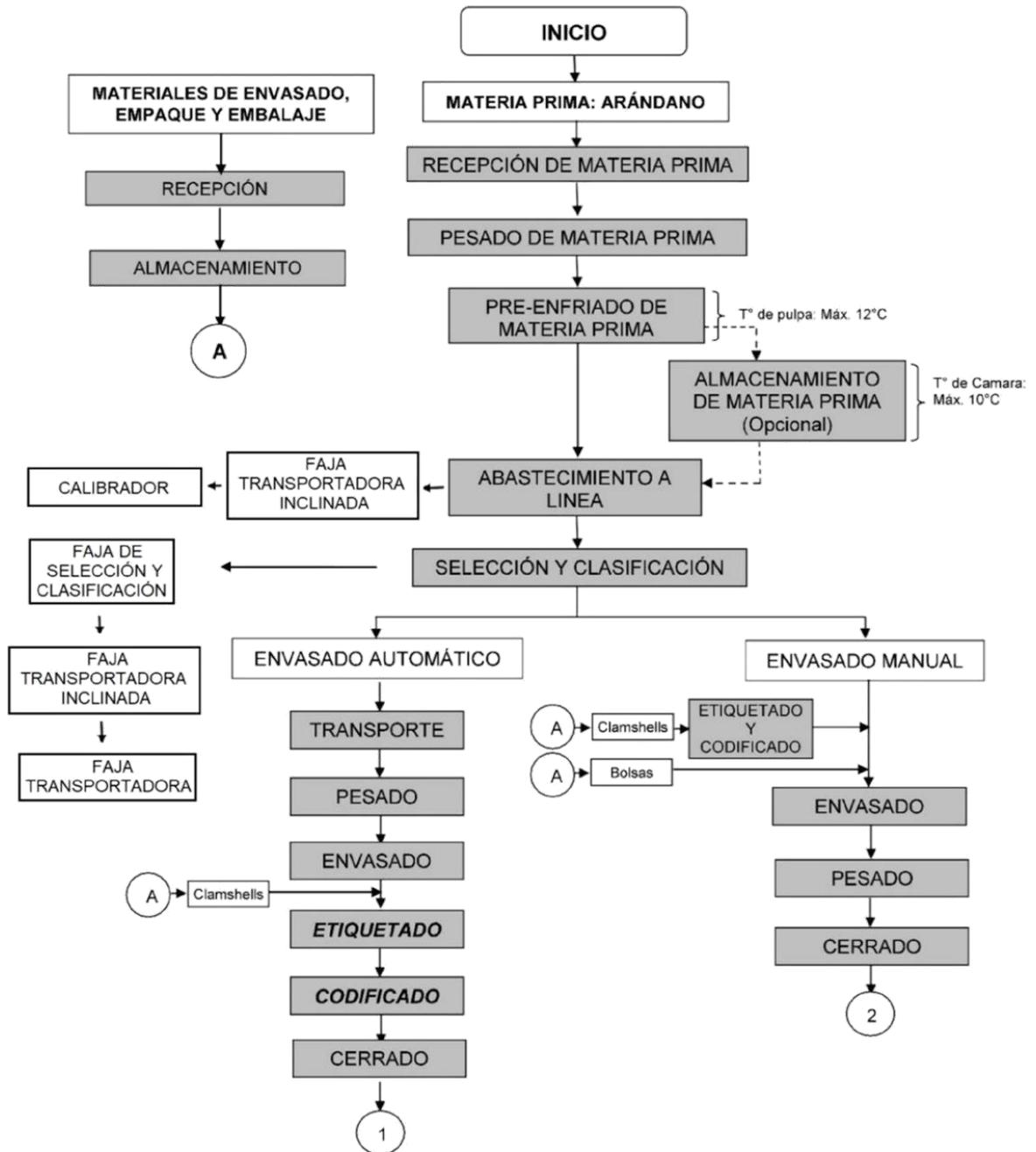
Se persigue desarrollar en el presente estudio de diseño un sistema de elevación y calibración para arándano según las características especificadas previamente.

2.1.9. Esquema de producción de arándano en fresco

La empresa Camposol S.A., se dedica al cultivo, producción y comercialización de arándanos. Esta operación consiste en recibir y descargar los arándanos de los vehículos en el área de la recepción de materia prima.

Los vehículos que llevan la materia prima son inspeccionados aleatoriamente por viaje para validar las buenas condiciones de transporte. Se presentan las siguientes situaciones:

	MANUAL HACCP	Código: CSOL-AC10-MH-004-NP
		Versión: 06 Aprobado por: Gerencia SIG e I&D+i Revisión: 17.05.2016 Aprobación: 18.05.2016 Página 1 de 2
	3.27. ARANDANOS 3.27.2. DIAGRAMA DE FLUJO	



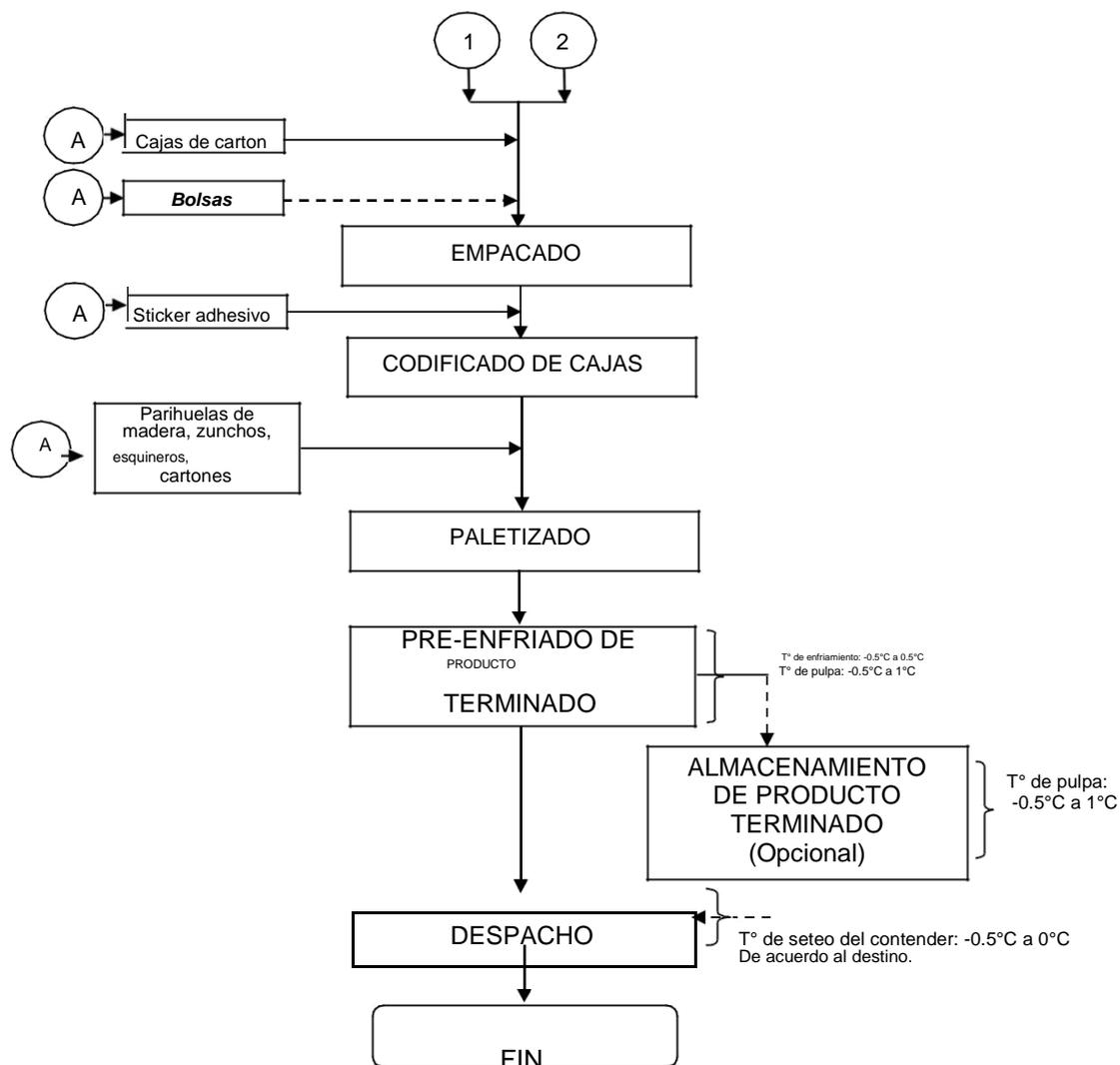


Figura 7. Diagrama de flujo de producción de arándano fresco en clamshells
Fuente: Camposol S.A.

2.1.10. Bandas transportadoras

Es un sistema de transporte continuo de carga, ideal para la evacuación y la unión entre máquinas, conformado por dos tambores y un motorreductor y básicamente por una banda, que transporta materia prima a granel a distancias que abarcan algunos metros o hasta decenas de kilómetros. (RULMECA, 2003)

El principal componente del transportador es la banda de PVC o malla de poliuretano que cumple dos funciones:

- Llevar un producto de un punto a otro.
- Transmitir el movimiento requerido para mover lo que se transporta.



Figura 8. Bandas transportadoras
Fuente: www.amersa.com.pe

1.5.3. Estructura o bastidor

Diseñada de diversas formas, longitudes y anchos para resistir acciones verticales y horizontales. Las condiciones que cumple es que sea rígida, estable y resistente:

- Rígida; que no sufra deformaciones.
- Estable; que nunca se vuelque.
- Resistente; que aplicándose las fuerzas sobre todos los elementos que la conforman puedan soportar el peso al que estarán sometidos sin rompimiento o deformación.

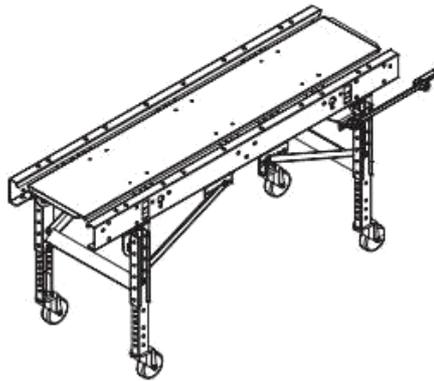


Figura 9. Estructura de banda transportadora
Fuente: elaboración propia.

1.5.4. Ancho de banda

Se emplea en el cálculo de todo lo que puede ser capaz de transportar en su totalidad la cinta y para determinar las cargas de las partes móviles y para poder calcular la tensión efectiva (CONTITECH, 2001).

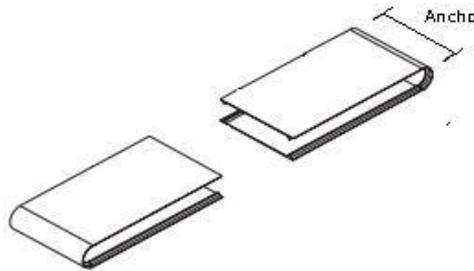


Figura 10. Ancho de banda
Fuente: elaboración propia.

1.5.5. Velocidad de banda

Depende mucho de las características de la materia prima como: temperatura de proceso, peso y tamaño (calibre). La velocidad de la faja en / se usa para calcular la carga soportada y los HP del motor. Lo que puede llegar a transportar una faja completamente está en función a este criterio. (CONTITECH, 2001).

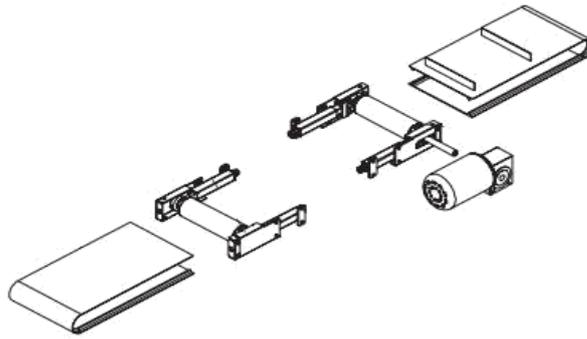


Figura 11. Velocidad de banda
 Fuente: elaboración propia.

1.5.6. Distancia a centro de tambores

Es la distancia en metros para determinar la longitud de la faja, la cual es usada para el cálculo de esfuerzos en la faja, para que la fricción sea superada fácilmente, de lo que puede soportar y de los componentes de la banda. (CONTITECH, 2001)

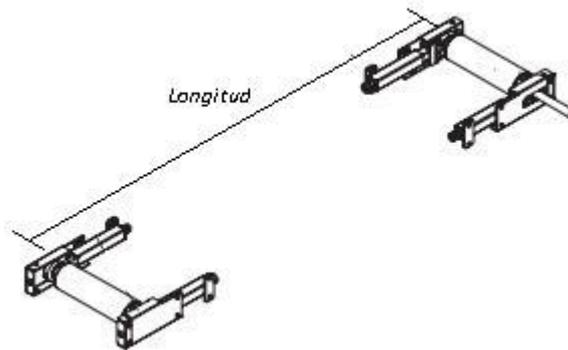


Figura 12. Distancia de centro de tambores
 Fuente: elaboración propia.

Los detalles de su sistema de transmisión son esenciales ya que se debe saber si la transmisión es de solo uno o de dos tambores motrices, si la superficie de los tambores es lisa o son recubiertas, igualmente el arco de contacto del tambor o grados en el tambor. El cálculo de la tensión de los retornos depende de estos datos.

1.5.7. Diámetro de poleas o tambores

Las dimensiones que existen de poleas pueden ocasionar que las selecciones de las cintas de reposición sean limitadas. Está demostrado que si se seleccionan correctamente los diámetros de las poleas entonces prolongamos el tiempo de uso de los empalmes y cinta. (CONTITECH, 2001)

1.5.8. Altura

Es la variación vertical que indicamos desde donde abastecemos de producto a la faja hasta donde descargamos usualmente mostrada en metros. Con la altura podemos calcular la fuerza con que debemos contar para subir o bajar todo lo que queremos mover de un punto a otro. (CONTITECH, 2001)

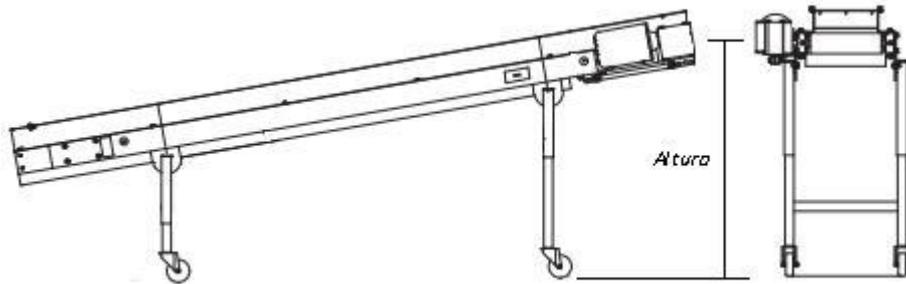


Figura 13. Altura de descarga
Fuente: elaboración propia.

1.5.9. Tensores

Es preciso conocer el tensor si es de gravedad o si es de tornillo para saber cuál será la fuerza que tendrá la faja en su parte de regreso. (CONTITECH, 2001)

- Las calibraciones manuales sobre el tensor tipo tornillo generan que sea fácil de determinar la fuerza que tendrá la faja en su parte de regreso, ya que no existe un control específico, capaz de evitar patinamiento entre tambor y cinta transportadora.
- Tensor de gravedad, la fuerza que tendrá la faja en su parte de regreso puede calcularse sabiendo la carga que va a soportar.

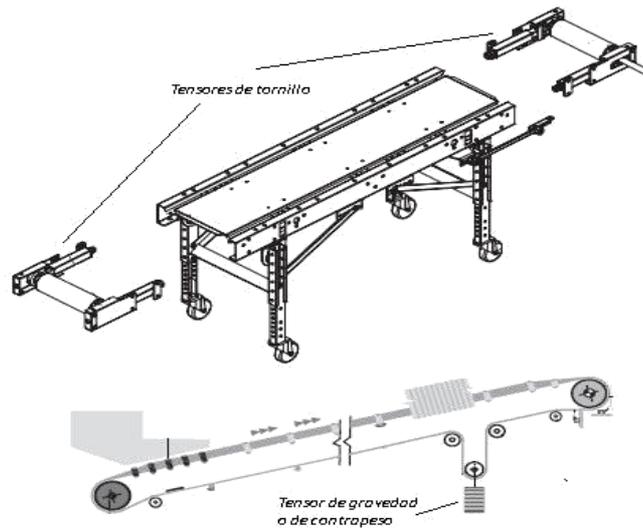


Figura 14. Tensores de tornillo y de gravedad
Fuente: elaboración propia.

1.5.10. Material transportado

La calidad de la banda se determina por todas las características físicas y químicas del producto a granel llevado en la faja, el espesor de las cubiertas y el tipo de faja adecuado para soportar las cargas de impacto. (CONTITECH, 2001)



Figura 15. Arándanos en bandeja de polietileno de alta densidad
Fuente: Camposol S.A.

1.5.11. Empalmes

Los diversos tipos de empalme, por ejemplo: vulcanizado en caliente, el de engrapado y en frío influyen en la tensión máxima permisible de la faja transportadora. (CONTITECH, 2001)



Figura 16. Empalme vulcanizado y de grapas
Fuente: Vulcabelts S.A.C.

1.5.12. Motor de transmisión

La placa del motor nos muestra: cuantas HP tiene, las revoluciones por minuto y el sistema de encendido (voltaje), podemos compararla con la cantidad de HP calculada y saber el límite donde podemos esforzar mucho a la faja y si es necesario emplear la potencia total del motor. (CONTITECH, 2001)

Las HP nominales del motor nos permite calcular las cargas que puede mover la faja usando el método corto y las revoluciones por minuto nos facilitan el cálculo de la velocidad de la cinta transportadora. (CONTITECH, 2001)

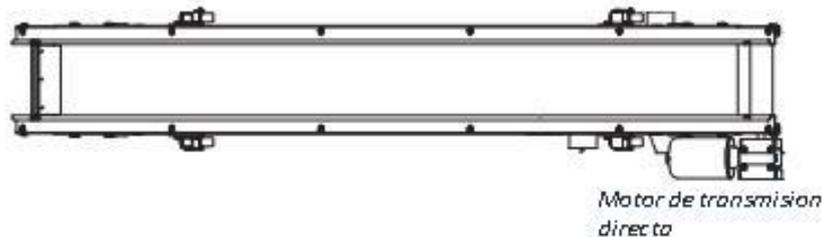


Figura 17. Motor de transmisión
Fuente: elaboración propia.

1.5.13. Tolvas de carga

Las tolvas de carga están dimensionadas para poder recibir el abastecimiento del material procesado, sin detener la faja, considerando los volúmenes transportados. Las tolvas toman en cuenta la altura de caída del material, según la velocidad calculada de la faja, al peso específico, al tamaño y a las características del material transportado.

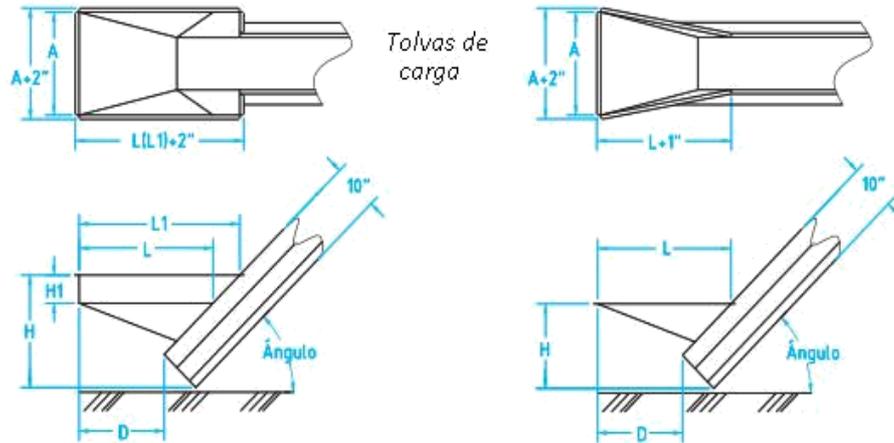


Figura 18. Tolvas de carga
Fuente: elaboración propia.

2.1.11. Ecuaciones para el cálculo de bandas transportadoras

Las siguientes fórmulas de ingeniería han sido tomadas del “Manual de rodillos y componentes para el transporte por faja de materiales a granel de Rulli Rulmecca”.

Capacidad de transporte volumétrico efectivo ()

$$= \frac{C \cdot \rho \cdot V}{3600} \quad (3/h) \dots \text{Ec. (1.1)}$$

Donde:

= Capacidad de transporte (/h)
= Densidad del arándano (/³)

Peso de materia prima por metro lineal sobre la banda ()

$$= \frac{C \cdot \rho \cdot V}{3600} \quad (/) \dots \text{Ec. (1.2)}$$

Donde:

= Flujo de material transportado (/h)
= Velocidad de la banda (/)

Se utiliza para determinar los esfuerzos tangenciales .

Cálculo de la cantidad de transporte volumétrico de la faja corregido en función a su inclinación ()

$$= \frac{Q}{3/h} \dots \text{Ec. (1.3)}$$

Donde:

$1 =$ Coeficiente relacionado con la corrección
 $=$ Coeficiente relacionado con la inclinación ($= 0.90$)

Hay que considerar como es el abastecimiento que recibe la faja, saber su constancia y regularidad, por medio de un factor de corrección K1 siguientes:

$1 = 0.90 \div 0.80$ si es muy continua su alimentación.
 $1 = 0.95$ si es poco continua su alimentación.
 $1 = 1$ si es continua su alimentación.

Carga estática para los rodillos de ida ()

$$= \frac{W}{L} * (\frac{L}{h}) * 0.981 () \dots \text{Ec. (1.5)}$$

Donde:

$=$ Pisos de estaciones de ida ()
 $=$ Pesos de la faja por metro lineal (/)
 $=$ Flujo de material transportado (/h)

$=$ Velocidad de la banda (/) * $= 10$
Cálculo de la tensión dinámica que incide en los rodillos de ida ()
 $1 = \frac{W}{L} * \frac{L}{h} * \frac{L}{h} * \frac{L}{h} () \dots \text{Ec. (1.6)}$

Donde:

$=$ Tensión estática que afecta a los rodillos de ida ()
 $=$ Coeficiente relacionado con el criterio de choque ($= 1.03$)
 $=$ Coeficiente relacionado con el criterio ambiental ($= 1$)

= Coeficiente relacionado con el criterio de servicio ($\gamma = 1.2$)

Cálculo de la tensión que incide en el rodillo central de la estación de ida ()

$$= \frac{1}{\gamma} * T_1 () \dots \text{Ec. (1.7)}$$

Donde:

T_1 = Tensión dinámica que incide en los rodillos de ida ()

γ = Coeficiente relacionado con el criterio de servicio ($\gamma = 1.2$)

Carga estática para los polines de retorno ()

$$= \frac{1}{\gamma} * W * L * 0.981 () \dots \text{Ec. (1.8)}$$

Donde:

L = Distancia entre estaciones de retorno ()

W = Peso por metro lineal de la faja (/)

Carga dinámica para los polines de retorno ()

$$= \frac{1}{\gamma} * W * L * \gamma_v () \dots \text{Ec. (1.9)}$$

Donde:

W = Carga estática para los polines de retorno ()

γ = Coeficiente relacionado con el criterio de servicio ($\gamma = 1.2$)

γ_v = Coeficiente relacionado con el criterio ambiental ($\gamma_v = 1$)

γ = Coeficiente relacionado con el criterio de velocidad ($\gamma = 0.97$)

Diámetros de los tambores motrices

La resistencia mecánica de la faja transportadora determina el dimensionamiento del diámetro de los tambores motrices, considerando la carga de rotura de la faja y expresada en mm.

Tensión tangencial total

Se pueden calcular las HP necesarias para mover la faja, así como las medidas de la misma calculando primer el esfuerzo sobre la parte de la faja que debe soportar la mayor tensión los cuales son distintos en cada sección.

$$T = \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{W_i}{2} + W_{i+1} \right) \pm C \right] \cdot 0.981 \quad (1.10)$$

Se utiliza en la fórmula el signo (-) para cintas transportadoras descendentes.

Donde:

L = Distancia entre ejes de la banda transportadora (m) = Coeficiente de las resistencias fijas
= Coeficiente de las resistencias pasivas debidas a la temperatura

f = Factor de friccionamiento interior del material y de las secciones rotativas = Peso por metro lineal de la faja (kg/m)

W = Peso por metro lineal de la carga movilizada sobre la faja (kg/m) = Peso de las secciones rotativas de abajo (kg)

W' = Peso de las secciones rotativas de arriba (kg) = Altura de la faja (m)

Podemos hacer que la tensión tangencial total se subdivida en las tensiones tangenciales de ida (F_a) y las tensiones tangenciales de retorno (F_r), imprescindibles para mover cada tramo de perfil constante de la faja transportadora.

$$T = (W_1 + W_2 + W_3 + \dots) + (W_1 + W_2 + W_3 + \dots) \quad (1.11)$$

Donde:

T = Tensión tangencial sobre los tramos de ida de la faja que influyen en su movimiento = Tensión tangencial sobre los tramos de ida de la faja que influyen en su movimiento
 W = [$\sum_{i=1}^n \left(\frac{W_i}{2} + W_{i+1} \right) \pm C \right] \cdot 0.981$ (kg)

Si usamos el signo (+) estamos indicando que se trata de una faja que sube y si usamos el signo (-) estamos indicando que se trata de una faja que baja.

Tensión de banda

Se consideran las siguientes tensiones de la banda o malla en movimiento:

Tensiones de y, el que es la tensión tangencial total que afecta al rodillo que genera el movimiento de la faja y se obtiene de la restar el esfuerzo que incide sobre la parte más tensa de la faja T_1 y el esfuerzo que incide sobre la parte más floja de la faja T_2 .

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{\mu \alpha} \quad \dots \text{ Ec. (1.11)}$$

Donde:

μ = Factor que incide en el fraccionamiento de la faja con el rodillo.
 e = Logaritmo neperiano ($e = 2.718$)

La condición límite de adherencia se define por el signo (=). Si $T_1 / T_2 >$ entonces la banda o malla no se mueve porque no ejerce movimiento el rodillo principal.

Tenemos la siguiente ecuación de esfuerzos:

$$T_1 = F_u + T_2 \dots \text{ Ec. (1.12)}$$

$$T_2 = F_u * C_w \dots \text{ Ec. (1.13)}$$

Donde:

T_1 = Esfuerzo que incide sobre la parte más tensa de la faja ()
 T_2 = Esfuerzo que incide sobre la parte más floja de la faja ()
 F_u = Tensión tangencial total ()
 w = Coeficiente de abrazamiento sobre el rodillo y la faja

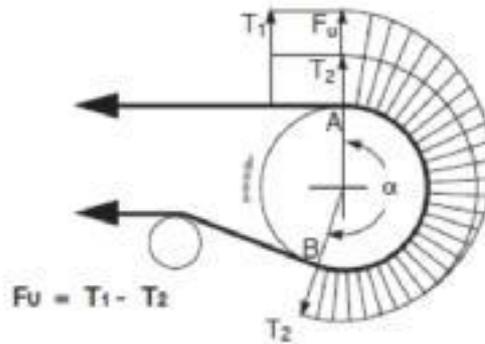


Figura 19. Tensión de la banda
 Fuente: Catálogo de fajas RULMECA

Factor de abrazamiento

El factor de abrazamiento α_w , está en relación con el ángulo de abrazamiento que incide en la malla sobre el rodillo principal causante del movimiento de la faja y de α es el factor que incide en el fricciónamiento de la faja con el rodillo.

Tensión, sabiendo que $T_1 = T_2 + \Delta T$ y $T_2 = \alpha_w \cdot W$, el esfuerzo T_3 generada al acelerarse el contra rodillo, se calcula sumándose el valor de T_2 más que son las tensiones tangenciales que afectan a cada sección de regreso de la malla. De este modo, la tensión T_3 es la siguiente:

$$T_3 = T_2 + \left(\frac{W}{L} \right) \cdot \left(\frac{L}{2} + \frac{L}{2} \right) \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right) \cdot 0.981 \cdot \left(\frac{L}{2} + \frac{L}{2} \right) \dots \text{Ec. (1.15)}$$

Donde:

T_2 = Esfuerzo que incide sobre la parte más floja de la faja = Tensión tangencial en cada sección de regreso de la faja
 L = Distancia entre eje de la banda transportadora (m)
= Coeficiente de las resistencias fijas
= Factor de las resistencias pasivas relacionadas con la temperatura

α = Factor de fricciónamiento interno de la sección rotativa = Peso de la faja por metro lineal (kg/m)
 α_w = Peso de las secciones rotativas de abajo (kg/m) = Altura de la faja (m)

Esfuerzo máximo sobre la faja, es el esfuerzo máximo sobre la parte más crítica de la faja que soporta toda la carga en todo el recorrido de la banda o malla transportadora y coincide con la tensión y está expresada en N.

Cargas de trabajo y rotura de la banda

$$C = \frac{W}{L} \cdot \left(\frac{L}{2} + \frac{L}{2} \right) \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right) \cdot 0.981 \cdot \left(\frac{L}{2} + \frac{L}{2} \right) \dots \text{Ec. (1.16)}$$

Donde:

= Esfuerzo máximo sobre la faja ()
= Ancho de la banda ()

Potencia motriz

Una vez calculada la tensión tangencial total, sabiendo cuál es la velocidad de la faja y cuánto es lo que rinde porcentualmente “ ” el motor, las HP necesarias del motor se calculará aplicando la siguiente formula:

$$= \frac{v}{100} \dots \text{Ec. (1.17)}$$

Donde:

= Potencia del motor que genera el movimiento de la faja ()
= Tensión tangencial total ()

= Velocidad con que se mueve la faja (/) = Rendimiento porcentual del motor
Dimensionado del eje del rodillo principal causante del movimiento ()
$$= \sqrt{(1 + 2)^2 + \dots} \dots \text{Ec. (1.18)}$$

Donde:

= Esfuerzo sobre eje del rodillo principal causante del movimiento ()
1 = Esfuerzo que incide sobre la parte más tensa de la faja ()
2 = Esfuerzo que incide sobre la parte más floja de la faja ()
3 = Peso calculado al rodillo ()

Torque de flexión ()

$$= \dots * (\dots) \dots \text{Ec. (1.19)}$$

Donde:

= Esfuerzo sobre eje del rodillo principal causante del movimiento ()

= Holgura del soporte a la brida del rodillo ()

Torque de torsión () = * 954.9 ()... Ec. (1.20)

Donde:

= Potencia del motor que genera el movimiento de la faja ()

= Giros por minuto del rodillo motriz ()

Torque ideal de flexión () = $\sqrt{\frac{T^2}{2} + 0.75 * T^2}$ ()... Ec. (1.21)

Donde:

= Torque de flexión ()

= Torque de torsión ()

Módulo de resistencia ()

= $\frac{W * 10^3}{\sigma}$ ()... Ec. (1.22)

Donde:

= Torque ideal flexión ()

= Esfuerzo admisible (/)

Diámetro del eje / árbol ()

= $\sqrt[3]{\frac{32 * T}{\sigma}}$ ()... Ec. (1.23)

Donde:

= Diámetro del eje / árbol ()

= Módulo de resistencia ()

2.1.12. Software de diseño mecánico SolidWorks

Es un software de automatización de diseño mecánico que permite generar modelos 3D a partir de bosquejos en 2D. Este software ofrece soluciones de simulación para análisis estáticos lineales y no lineales, de frecuencia, de pandeo, térmicos, de fatiga, de recipiente a presión, de caída, dinámicos lineales y no lineales, y de optimización. SolidWorks emplea el método matemático conocido como de elementos finitos (FEM) utilizado en la simulación y para diseñar modelos tridimensionales en el campo de la ingeniería, siendo considerado el método de análisis estándar. (VERA, 2014)

2.4. Formulación del problema

¿Cómo mejorar el sistema de elevación y calibrado con capacidad de 2 t/h para disminuir el área ocupada en la primera etapa de abastecimiento de la línea de proceso de arándano para la empresa Camposol S.A.?

2.5. Justificación del trabajo de investigación

1.5.1. Relevancia tecnológica

El sistema de elevación y calibrado unifica dos funciones distintas en un solo diseño siendo una idea innovadora que genera una reducción del espacio para su ubicación dentro de las dimensiones de la nave de proceso. Así mismo por su fácil mantenimiento y por su simplicidad para su desmontaje y limpieza.

1.5.2. Relevancia económica

Al implementar este diseño en la empresa Camposol S.A., específicamente en la línea de arándano, se reducirá el costo en la mano de obra y en las compras de maquinarias importadas. Del mismo modo se impulsará al sector metalmecánico nacional en la manufactura de estas máquinas generándose más puestos de trabajo.

1.5.3. Relevancia científica

Este estudio aporta un conocimiento innovador basado en el mejoramiento y diseño de maquinarias para el proceso de arándano, por lo que esta investigación servirá como referencia para proyectos posteriores en cuanto a los cálculos de ingeniería llevados a cabo para diseñar la máquina propuesta, sus características técnicas y sus funciones.

1.5.4. Relevancia social

A través de este proyecto se pretende proponer el diseño de una máquina que beneficiará al sector metalmecánico nacional para su posterior manufactura y generar más puestos de trabajo desde su fabricación logrando abastecer al creciente sector agroindustrial regional y nacional con maquinarias para procesar arándanos.

2.6. Hipótesis

Es viable diseñar un sistema de elevación y calibrado con capacidad de 2 t/h para disminuir el área ocupada en la primera etapa de abastecimiento de la línea de proceso de arándano en la empresa Camposol S.A.

2.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General

Diseñar un sistema de elevación y calibrado con capacidad de 2 t/h para disminuir el área ocupada en la primera etapa de abastecimiento de la línea de proceso de arándano en la empresa Camposol S.A.

1.7.2. Objetivos específicos

- Caracterizar una nueva propuesta de malla para el sistema de elevación y calibración.
- Seleccionar la mejor alternativa de diseño.
- Diseñar y seleccionar los componentes del sistema de elevación y calibración de arándano.
- Modelar y simular el sistema de elevación y calibración a través del programa SolidWorks Simulation versión educacional.
- Evaluar el costo-beneficio de esta propuesta.

II. MÉTODO

Se empleó el método deductivo debido a que se particularizó esta investigación en relación con un proceso específico, utilizándose conocimientos universales de ingeniería sobre sistemas de elevación y calibrado.

2.2. Diseño de investigación

Es no experimental ya que no se manipularon ni las variables dependientes ni las independientes y pertenece al tipo transversal ya que esta investigación se ha realizado en un momento específico de tiempo.

- **Tipo de investigación**

Es del tipo aplicada porque se hizo mediante métodos y técnicas propios del campo de la ingeniería que permitieron idear soluciones frente a una problemática de diseño, como es la de idear un sistema electromecánico que realice procesos de selección o clasificación de alimentos por su tamaño o calibre.

- **Nivel de investigación**

Por el alcance de este trabajo de investigación es de tipo descriptiva porque se buscó caracterizar o identificar aspectos técnicos de diseño de un sistema de elevación y calibración en un proceso de selección de alimentos.

2.3. Variables, operacionalización

2.3.1. Variables independientes

- Consideraciones para la entrada del arándano:
 - Capacidad o flujo másico.
 - Tamaño del arándano.
- Parámetros de operación y ubicación de la faja de inspección.

2.3.2. Variables dependientes

- Condiciones de diseño del sistema compacto de elevación y calibración:
 - Especificaciones técnicas.
 - Área ocupada en la línea de producción.
 - Parámetros de evaluación económica.

Tabla 2 operacionalización de variables

Variables	Sub variables	Definición conceptual	Definición operativa	Indicador	Escala
<p>V.I.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Consideraciones de entrada del arándano • Parámetros de operación y ubicación de la faja de inspección 	Tamaño del arándano	Volúmen que ocupa con respecto a un espacio.	Diámetro del arándano.	Tamaño del arándano	D e razón
	Capacidad	Es la cantidad de producto obtenida de un proceso por unidad de tiempo.	Flujo másico de arándano que se debe transportar.	Capacidad de carga	
	Longitud de recorrido	Magnitud física que fija la distancia entre dos puntos.	Distancia que recorre el arándano en el sistema.	Longitud de transporte	
	Altura de descarga	Distancia vertical de un cuerpo respecto a la tierra o a otra superficie tomada como referencia.	Establece el alcance máximo de elevación del material.	Altura de descarga	
<p>V.D.</p> <p>Condiciones de diseño del sistema compacto de elevación y calibración</p>	Esfuerzos	Es la resistencia que ofrece un área unitaria bajo una carga determinada.	Es la carga distribuida en área de un material.	Resistencia a la fluencia	razón
	Resistencia	Capacidad de un material de soportar cargas sin fallas.	Es la capacidad de un material de soportar cargas externas sin deformarse.	Resistencia a la fluencia	
	Perfiles	Son chapas metálicas plegadas de distintas formas que adoptan los elementos longitudinales de una estructura.	Son elementos de diferentes secciones que se usan para fabricar estructuras.	Módulo de resistencia	

Fuente: elaboración propia.

2.4. Población y muestra

2.4.1. Población

Diez líneas de proceso de arándano de la empresa Camposol S.A.

2.4.2. Muestra

Línea 1 de proceso de arándanos con capacidad de 2 t/h para la empresa Camposol S.A.

2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Para el desarrollo de esta tesis se consideró utilizar técnicas e instrumentos, según se detallan:

2.5.1. Técnicas

Análisis documental.

2.5.2.

os

Instrument

Fichas de registro.

2.6. Métodos de análisis de datos

El método de análisis de datos se realizó mediante las teorías y cálculos del diseño de elementos de máquinas y simulación en el software Solidworks.

2.7. Aspectos éticos

Durante el desarrollo de la presente investigación se consideró en forma estricta el cumplimiento de los principios éticos que permitan asegurar la originalidad de la investigación. Así mismo, se respetó los derechos de propiedad intelectual de los libros de texto y de las fuentes electrónicas consultadas, necesarias para estructurar el marco teórico.

Por otro lado, considerando que gran parte de los datos utilizados son de carácter público, y pueden ser conocidos y empleados por diversos analistas sin mayores restricciones, se incluyó su contenido sin modificaciones, salvo aquellas necesarias por la aplicación de la metodología para el análisis requerido en esta investigación.

2.8 Presupuesto de elaboración de tesis

Recursos Humanos: Investigador y Asesor

Recursos Humanos: Investigador y Asesor

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO
ASIGNACIONES				
Movilidad	Días	15	10.00	150
SERVICIO DE INTERNET				
Internet	Mes	3	100	300
Fotocopias	Unidad	190	0.1	119.00
MATERIALES VARIOS				
Laptop	Unidad	1	2400.00	2400.00
Lapiceros	Unidad	1	0.5	0.5
Resaltador	Unidad	2	2.00	4.00
Lápiz	Unidad	1	1.00	1.00
Hojas	Unidad	500	0.029	14.5
CD	Unidad	1	1.00	1.00
Calculadora	Unidad	1	60.00	60.00
Anillado	Unidad	1	5.00	5.00
Folder Manila	Unidad	10	0.5	5.00
TOTAL, DE PRESUPUESTO S/.			3.060	

Fuente: elaboración propia.

III. Resultados

4.1. Caracterización de una nueva propuesta de malla para el sistema de elevación y calibrado

De observaciones realizadas en la línea n° 1 de proceso de arándano y datos obtenidos relacionados con la operación de la máquina calibradora marca A & B Packing Equipment se recopiló información indicando el número de fallas frecuentes presentadas ocasionadas por la rotura de las ligas de poliuretano lo cual conllevó a la fabricación de una malla compacta de poliuretano con alma de acero en talleres empíricos los cuáles no proporcionan una ficha con las especificaciones técnicas de la malla.

Los materiales usados en la fabricación de esta malla son:

Tabla 3. *Generalidades del poliuretano*

 Poliuretano	Generalidades
	<p data-bbox="427 1061 576 1093">Poliuretano</p> <p data-bbox="427 1126 611 1158">Generalidades</p> <p data-bbox="427 1191 1082 1279">El Poliuretano es un Elastómero que posee muy buena resistencia mecánica, a la abrasión, y a los impactos por deformaciones.</p> <p data-bbox="427 1346 1082 1491">Además, posee una excelente resistencia a los agentes corrosivos, a la cristalización a bajas temperaturas y su gran tolerancia a elevadas presiones de carga, son los factores que determinan la utilización en variados usos en mantenimiento industrial.</p>

"Sistema de Gestión de Calidad certificado bajo norma ISO 9001"

© 2016 - Industrias JQ S.A.

Teflón™ es una marca comercial de la empresa Chemours FC, LLC utilizada bajo licencia.

Tabla 4. Propiedades del poliuretano

 Poliuretano	PROPIEDADES
<p>PROPIEDADES DEL POLIURETANO</p> <p>Características</p> <p>Rango de temperatura de trabajo -40°C +90°C. Alta resistencia mecánica. Alto poder amortiguador. Buena resistencia a los hidrocarburos Se puede fabricar en distintas durezas y colores</p> <p>Aplicaciones</p> <p>Tacos de motor Bujes Arandelas Ruedas Repuestos para motores Repuestos para bombas hidráulicas Manchones de acople</p>	

"Sistema de Gestión de Calidad certificado bajo norma ISO 9001" © 2016 - Industrias JQ S.A.
Teflón™ es una marca comercial de la empresa Chemours FC, LLC utilizada bajo licencia.

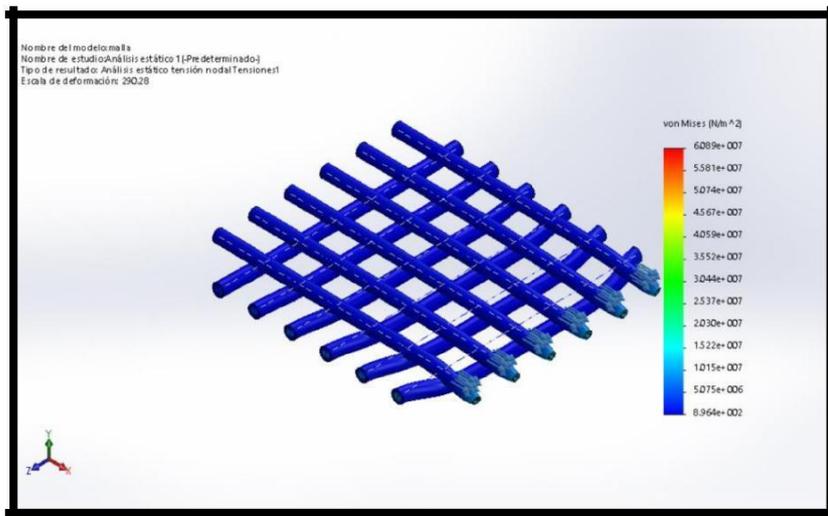
Fuente: industrias JQ

En este trabajo de investigación se procedió al modelamiento CAD y ensayos en laboratorio de la malla con dimensiones de 10 mm que es la más usada en la calibración comercial del arándano.

Para obtener la propiedad mecánica necesaria para evaluar la capacidad admisible de la malla en estudio se procedió a un análisis y simulación usando el programa de diseño SolidWorks Simulation versión educacional obteniéndose los siguientes resultados:

Captura de pantalla

Análisis estático de tensión de Von Mises

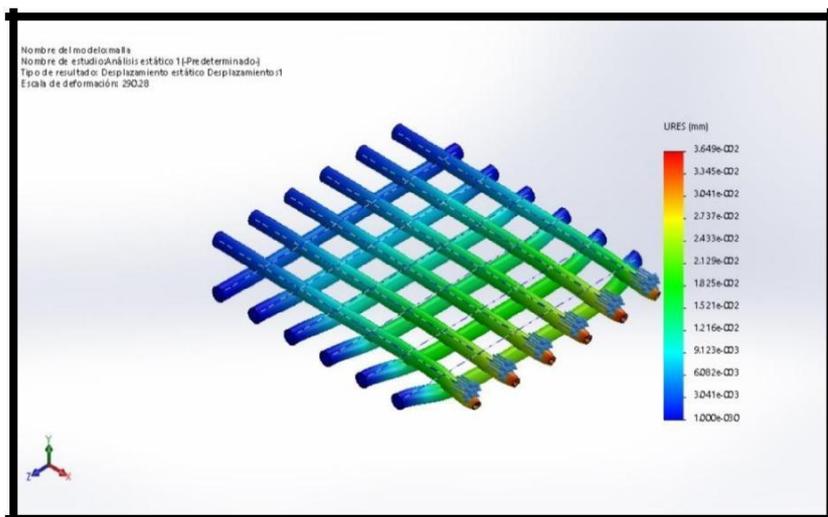


Fuente: elaboración propia.

Fuente: elaboración propia

De la figura 1.1 presentada se puede observar que el máximo esfuerzo de Von Mises es de 6.089×10^7 Pa y el mínimo esfuerzo es de 8.96×10^2 Pa obtenidas como resultados de la simulación llevada a cabo.

Desplazamiento estático máximo de la malla



Fuente: elaboración propia.

De la figura 1.2 presentada se puede observar que el máximo desplazamiento alcanzado es de 3.649×10^{-2} mm de acuerdo con la simulación realizada.

Deformaciones unitarias de la malla

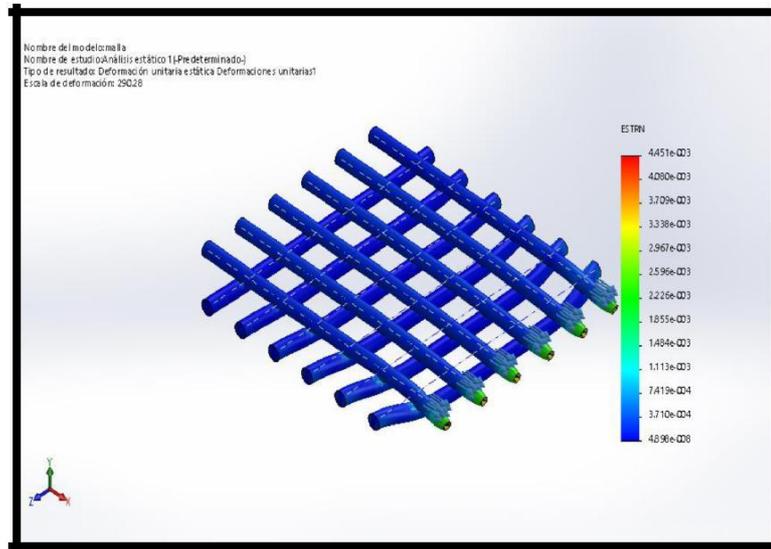


Figura 22. Deformación unitaria equivalente en la malla
Fuente: elaboración propia.

De la figura 1.2 presentada se puede observar que la máxima deformación alcanzada es de 4.451×10^{-3} y la mínima deformación es de 4.898×10^{-8} de acuerdo con la simulación realizada.

Factor de seguridad del alma de acero

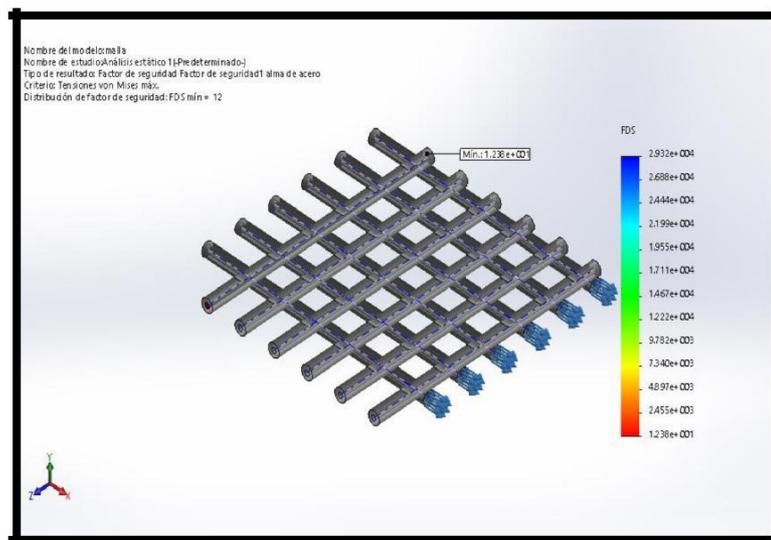


Figura 23. Factor de seguridad en el alma de acero
Fuente: elaboración propia.

De la figura 1.3 presentada se puede observar que el factor de seguridad mínimo es de 12.38 o expresado como FDS mín. = 12 según la simulación realizada. Factor de seguridad del forro de poliuretano

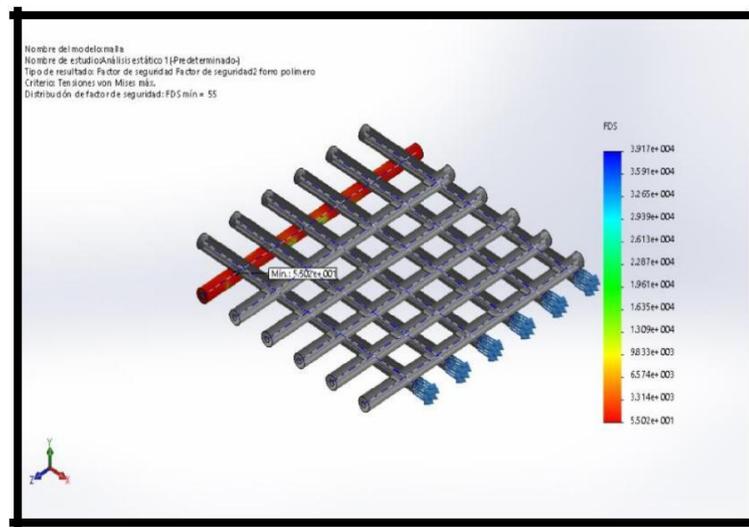


Figura 24. Factor de seguridad en el forro de poliuretano
 Fuente: elaboración propia.

De la figura 1.4 presentada se puede observar que el factor de seguridad mínimo del forro de poliuretano es de 55.02 o expresado como FDS mín. = 55 según la simulación realizada.

Factor de seguridad de la malla

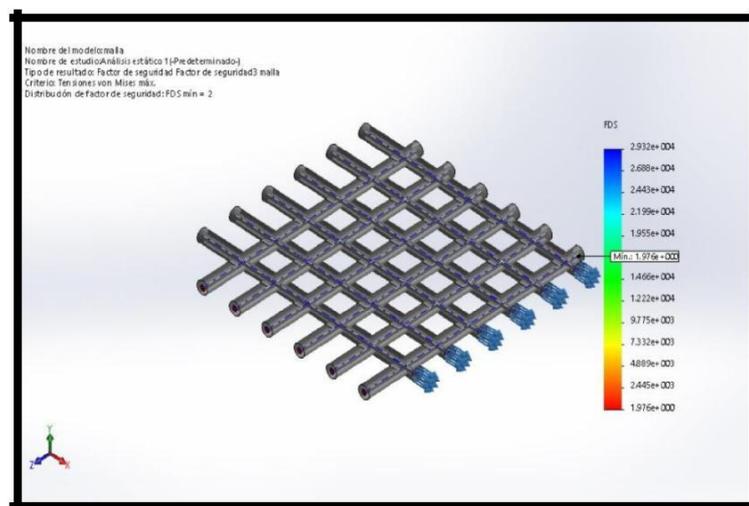


Figura 25. Factor de seguridad en malla
 Fuente: elaboración propia.

De la figura 25, se puede observar que el factor de seguridad mínimo de la malla es de 1.97

$$= \frac{F * T}{10^6} \text{ (MPa)}$$

Donde:

F = Factor de seguridad de la malla

T = Tensión máxima de Von mises

$$= \frac{1.97 * 6.089 \times 10^7}{10^6} = 119.97 \text{ MPa}$$

Según ensayos en laboratorio, el análisis se realizó bajo una carga de 1 kN lo cual permitió obtener el esfuerzo de tensión admisible de la malla 110 Mpa

El esfuerzo de falla realizado en laboratorio es 900 N



Figura 26. Ensayo en laboratorio UNT
Fuente: elaboración propia.

4.2. Desarrollo de la metodología de diseño

3.2.1. Lista de exigencias

Tabla 5. *Lista de exigencias*

LISTA DE EXIGENCIAS		
Proyecto de investigación	“Diseño de un sistema de elevación y calibrado para la línea de proceso de arándano con capacidad de 2 t/h para la empresa CAMPOSOL S.A”	Revisado:
Deseo / Exigencias	Descripción	Responsables
	FUNCIÓN PRINCIPAL	
E	* Calibrar correctamente el arándano cuyo tamaño sea mayor a 10 mm de diámetro en una producción <small>continua a una capacidad de 2 /h.</small>	Tesistas
	GEOMETRÍA	
D	* Las medidas disponibles para el sistema serán: <ul style="list-style-type: none"> • Altura: inicial 0.95 m, final 1.35 m • Largo: 3.5 m • Ancho: 1.5m 	Tesistas
	CINEMÁTICA	
E	* El rango de la velocidad de desplazamiento de la faja estará en función al flujo másico requerido en la línea <small>de producción de 2 /h de arándano.</small>	Tesistas
	RESISTENCIA ESTRUCTURAL O MECÁNICA	
E	* La estructura deberá estar hecha de material resistente para evitar deformación de las partes de soporte y las partes de transmisión de movimiento.	Tesistas
	FUERZA DE TRACCIÓN	
E	* El sistema compacto de elevación y calibración de arándano debe evitar deformaciones de sus partes para realizar una buena calibración.	Tesistas

	ENERGÍA	
E	<ul style="list-style-type: none"> * La energía de entrada a la máquina será la misma que alimenta a la línea de arándano (220VAC monofásica). * El movimiento de la máquina se obtendrá de un motor eléctrico. * La energía de salida será energía mecánica que proporcionará el movimiento a la malla y otros elementos mecánicos considerandos en la estructura de la máquina. 	Tesistas
	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE ARÁNDANO A GRANEL	
E	<ul style="list-style-type: none"> * El ingreso del arándano será a granel vertidas de bandejas apilables de entre 5 kg – 7 kg de capacidad. 	Tesistas
E	<ul style="list-style-type: none"> * Características físicas del arándano variedad Biloxi (<i>Vaccinium corymbosum</i>) son: <ul style="list-style-type: none"> •Color del fruto azul violáceo. •Forma de baya redondeada casi esférica. •Tamaño de 5 – 22 mm de diámetro ecuatorial. •Peso promedio de 1.92 gr c/u. 	Tesistas
	SISTEMA DE DESCARGA DE ARÁNDANO CALIBRADO	
E	<ul style="list-style-type: none"> * Que la salida de materia prima calibrada será directamente a la faja de inspección que se mueve a una velocidad de 3 m/min. 	Tesistas
	SEGURIDAD	
E	<ul style="list-style-type: none"> * Para reducir los riesgos en el lugar de trabajo se empleará la norma OHSAS 18001. 	Tesistas
E	<ul style="list-style-type: none"> * El equipo en su totalidad presentará una estructura ligera y con resguardo de emergencia ante cualquier contingencia. 	Tesistas
E	<ul style="list-style-type: none"> * Los botones de encendido/apagado estarán situados en la parte posterior protegida por una tapa para evitar posibles accionamientos accidentales con objetos externos del área de trabajo. * El botón de emergencia será colocado en zonas visibles para los operadores. 	Tesistas

	ERGONOMÍA	
D	* La máquina se diseñará bajo los estándares de la Norma Básica de Ergonomía y Procedimiento de Evaluación del Riesgo Disergonómico aprobada por el Ministerio de Trabajo.	Tesistas
E	* La altura de inicio de abastecimiento debe ser de 0.95m.	Tesistas
	MANUFACTURA	
E	* La manufactura de la máquina se desarrollará con planchas de acero inoxidable AISI grado 304. * Se empleará el criterio de unificación de piezas.	Tesistas
	MONTAJE	
D	* El equipo tendrá partes desmontables para un mejor transporte y sencillo ensamblaje. * El acceso a los componentes internos que tienen una función crítica deberían ser de acceso fácil para desmontar sin necesidad de desmontar toda la máquina.	Tesistas
	MANTENIMIENTO	
E	* De acuerdo a las normas internas de la empresa por salud e higiene laboral el mantenimiento de limpieza será tres veces al día y se ejecutará de dos formas: método estético y profundo.	Tesistas
E	* Las piezas del equipo serán accesibles y de fácil desmontaje para facilitar el cambio de las mismas.	Tesistas
	COSTO	
E	* Los costos totales del diseño y operación de la máquina deben ser menores a US\$ 24,810.00 * El diseño compacto propuesto deberá tener una buena relación beneficio-costos.	Tesistas

Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Estructura de funciones

La función total del sistema de elevación y calibrado de arándanos puede representarse en forma de una caja negra. Considerando magnitudes de entrada y de salida.

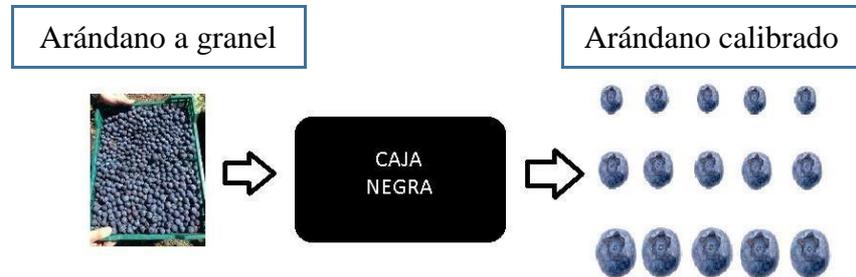


Figura 27. Representación de la máquina como caja negra
Fuente: elaboración propia.

Tomando la consideración anterior, se desarrolla una estructura global del sistema.

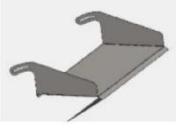
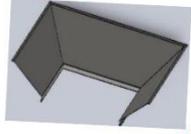
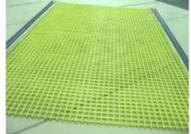
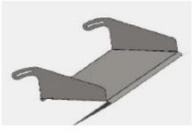
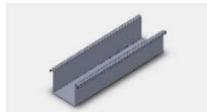
- **Proceso manual**
 - ✓ Ingreso del arándano a granel.
 - ✓ Recojo del arándano defectuoso.
- **Proceso mecánico**
 - ✓ Elevación de arándanos.
 - ✓ Calibrado del arándano.
 - ✓ Expulsar arándano calibrado.



Figura 28. Estructura de funciones
Fuente: elaboración propia.

3.2.3. Diseño de la matriz morfológica

Tabla 6. Matriz morfológica

Funciones parciales	Portador de funciones		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alimentar	Manual   	Faja transportadora 	Bandeja  
Recepcionar	Tolva cuadrada  	Canal rectangular  	Tolva en U  
Elevación	Faja transportadora   	Tornillo sin fin 	Manual  
Calibrado	Banda perforada  	Ligas poliuretano  	Mallas poliuretano  
Recepción de menor calibre	Faja de transporte   	Bandeja 	Canal rectangular recto  
Expulsar arándano calibrado	Tolva U    	Tolva cuadrada 	Canal rectangular recto 

Fuente: elaboración propia.

3.2.4. Alternativas de solución

Se representó en bosquejos la solución cualitativa derivada de la matriz morfológica para cada una de las soluciones obtenidas. Estas alternativas de soluciones son aproximaciones para obtener una solución óptima.

a) Solución 1 (Rojo ●)

El arándano es abastecido de forma manual (1) y es vertido en una tolva en forma de U (2) el cual distribuye por efecto de la gravedad el arándano hacia la ligas de poliuretano (4) encargadas del calibrado del arándano, los de mayor calibre (10 mm a >) son elevados por la faja transportadora (3) hasta el punto de salida direccionados por un tolva en U (6) (bypass) conectado con la faja de inspección, los arándanos de menor calibre caerán por gravedad hacia un canal rectangular recto (5) para su posterior reproceso o descarte.

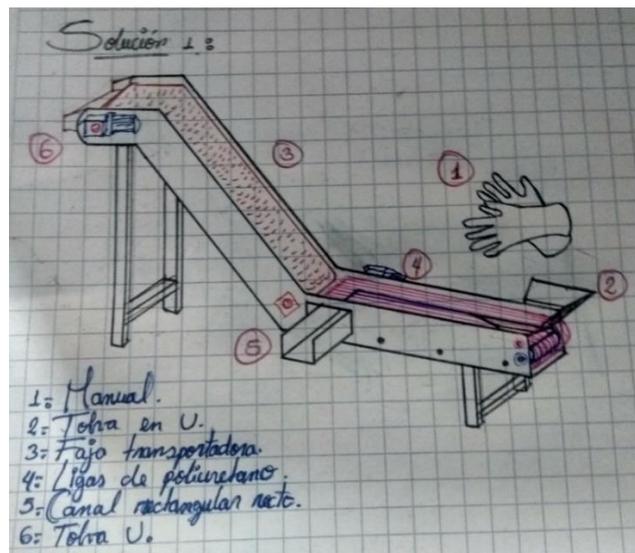


Figura 29. Solución 1 (Rojo ●)
Fuente: elaboración propia

b) Solución 2 (Azul ●)

La línea de arándanos es abastecida en bandejas (1) recibidas por un canal de perfil rectangular (2) el cual distribuye al sistema continuo por efecto de la gravedad. Los arándanos son transportados a otro nivel y a la vez son calibrados por la malla de poliuretano (3-4), separando el arándano de mayor diámetro (10 mm a >) el cual sigue su trayectoria hasta llegar a la tolva U (6) que es el punto de salida o entrega hacia la faja de inspección que estará sincronizada con la línea de proceso de arándano.

Los arándanos de menor calibre pasan por la malla de poliuretano por acción de la gravedad y son guiados por tolvas a la faja transportadora (5) la cual guía al exterior de la máquina para su posterior reproceso o descarte.

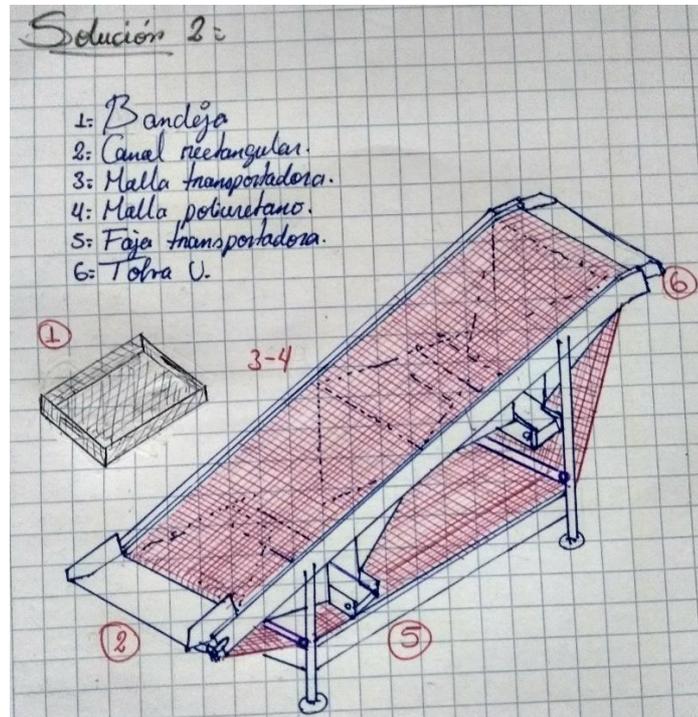


Figura 30. Solución 2 (Azul ●)
Fuente: elaboración propia

c) Solución 3 (Verde ●)

El arándano es lanzado manualmente (1) hacia la tolva cuadrada (2) encargada de guiarlos y distribuirlos hacia la malla de poliuretano (3-4), los arándanos de mayor calibre son elevados por la malla hasta el punto de salida donde son expulsados por una tolva U (6) mientras que los arándanos de menor calibre caen por la malla y son dirigidos a la faja transportadora (5) para su posterior almacenamiento o descarte.

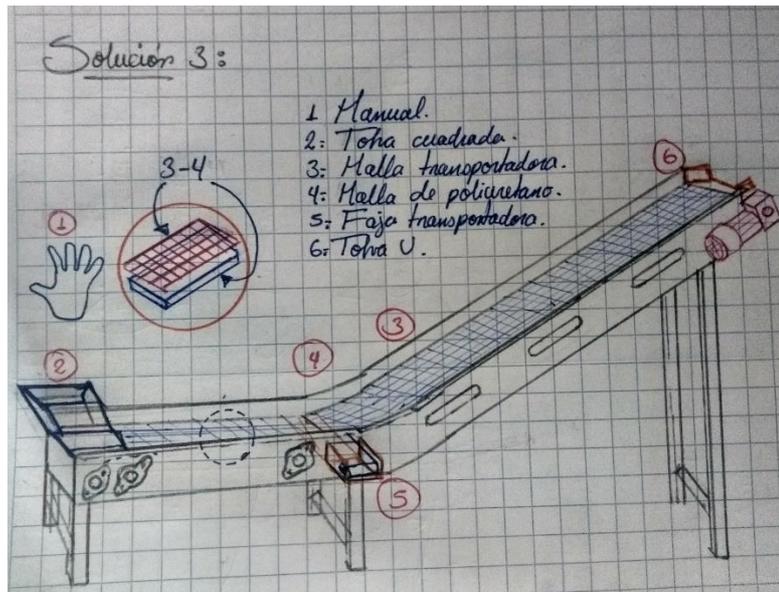


Figura 31. Solución 3 (Verde ●)
Fuente: elaboración propia

3.2.5. Evaluación de alternativas

Siguiendo con la metodología establecida para el diseño, se procedió a hacer un análisis técnico-económico de las propuestas, llegándose así a determinar la más apropiada para la aplicación. En esta etapa del diseño se evalúan cuantitativamente las alternativas.

3.2.6. Criterios de evaluación

Para la selección racional de la mejor alternativa de solución se han tomado en cuenta los siguientes criterios y ponderaciones a juicio de los tesisistas:

a. Eficiencia del calibrado

En este criterio se considera el mayor peso ponderado otorgándosele un valor de 10 siendo la solución 1 la que está propensa a presentar más fallas por rompimiento de las ligas de poliuretano con mayor frecuencia por lo que no calibrará bien motivo por el cual se le asigna el puntaje más bajo de 2, mientras que las otras dos soluciones se asemejan por eso les hemos asignado un puntaje igual de 5 respectivamente.

b. Área ocupada

En este criterio se considera un peso ponderado con un valor de 8 en función del área que ocupa actualmente la faja transportadora inclinada y la calibradora de ligas de poliuretano de 6.75 m^2 por lo cual se les ha dado un puntaje igual de 5 a las soluciones 1 y 3 ya que ocupan casi la misma área de 5.59 m^2 y 5.85 m^2 respectivamente, siendo la solución 2 la que se diferencia significativamente con un área menor de 5.25 m^2 asignándosele el puntaje más alto de 7.

c. Resistencia estructural

En este criterio se considera un peso ponderado con un valor de 7 siendo evaluada de acuerdo a la estabilidad de la estructura siendo la solución 1 la que obtiene el menor puntaje igual a 2 debido a que es una estructura más alta o esbelta la cual podría fallar por pandeo mientras que a la solución 3 se le asigna un peso de 4 ya que es menos esbelta aunque cuenta con 3 apoyos pero solo tiene 3 travesaños sin embargo es la solución 2 la que presenta mayor estabilidad ya que cuenta con 4 travesaños como refuerzos otorgándosele el mayor puntaje de 6.

d. Fácil mantenimiento

En este criterio se considera un peso ponderado con un valor de 4 siendo evaluada en base al análisis de las tareas de mantenimiento preventivo mostradas en la Tabla 6 se ha tomado

en consideración que la solución 1 presenta el mayor número de tareas por tener el mayor número de piezas dándosele el puntaje más bajo de 2 a diferencia de la solución 2 que tiene el menor número de piezas y el menor número de tareas otorgándosele el mayor puntaje de 6 mientras que la solución 3 está en un rango intermedio pero las tareas de mantenimiento son más complejas asignándosele un puntaje de 4.

e. Costo de fabricación

En este criterio se considera un peso ponderado con un valor de 3 siendo evaluada considerando una estimación económica del costo total de la fabricación de cada solución de acuerdo al número de componentes y especificaciones técnicas de las mismas siendo la solución 1 la que tiene el mayor costo dándosele el puntaje más bajo de 2 al igual que la solución 3 asignándosele un puntaje de 3 mientras que la solución 2 por tener una configuración de piezas más simples su costo es relativamente menor otorgándosele el mayor puntaje de 6.

f. Fácil montaje y desmontaje

En este criterio se considera un peso ponderado con un valor de 2 siendo evaluada en función del número de piezas que hay que manipular para lograr el ensamble total por lo cual se le ha dado el puntaje más bajo a la solución 1 que tiene un total de 39 piezas y un puntaje de 6 a la solución 3 con un número de piezas igual a 38 mientras que a la solución 2 se le asigna el puntaje más alto igual a 8 ya que cuenta con la menor cantidad de piezas.

Tabla 7. Evaluación de alternativas

Evaluación de conceptos de solución										
Proyecto: Diseño de un sistema de elevación y calibrado para la línea de proceso de arándano con capacidad de 2 t/h para la empresa Camposol S.A.										
p: puntaje de 0 a 10										
g: peso ponderado que se da en función a la importancia de los criterios de										
evaluación. Criterios de evaluación para diseño en fase de concepción o proyecto.										
Variantes de concepto/Proyecto				S1		S2		S3	Solución Ideal	
										
Nro.	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Eficiencia del calibrado	10	2	20	5	50	5	50	10	100
2	Área ocupada	8	5	40	7	56	5	40	10	80
3	Resistencia estructural	7	2	14	6	42	4	28	10	70
4	Fácil mantenimiento	4	2	8	6	24	4	16	10	40
5	Costo de fabricación	3	2	6	6	18	3	9	10	30
6	Fácil montaje y desmontaje	2	4	8	8	16	4	6	12	20
Puntaje máximo		34	-	96	-	206	-	155	-	340
Valor técnico		-	-	2.82	-	6.06	-	4.56	-	10
Orden		-	-	3	-	1	-	2	-	-

Fuente: elaboración propia

La solución que obtuvo la mayor puntuación es aquella que tiene las características más apropiadas para la aplicación, y es por esto por lo que se eligió, en este caso la solución 2 (S2). Al mismo tiempo se diseñó el sistema de elevación y calibrado de arándano considerando los criterios obtenidos en esta evaluación.

4.3. Desarrollo del diseño de selección del sistema de elevación y calibrado

Datos del arándano:

- Tamaño: 5 – 22 mm siendo, diámetro comercial desde 10 mm a 22 mm
- Peso: 0.5 – 3.5 gr. siendo peso promedio de 1.92 gr. = $1.92 \cdot 10^{-3}$.

- Diámetro promedio del arándano:

$$\phi = 10+22 \cdot \frac{10+22}{2} = 16$$

- Densidad del arándano

$$= \frac{1.92 \cdot 10^{-3}}{2.1446656 \cdot 10^{-6}} = 895.24 \text{ kg/m}^3$$

- Volumen arándano considerando su forma casi esférica

$$= \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \left(\frac{\phi}{2}\right)^3 = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot 8^3 = 2144.66 \text{ cm}^3 = 2.1446656 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

- Flujo másico del arándano en la faja transportadora:

$$\dot{m} = 2 \text{ ton/h} = 2000 \text{ kg/h}$$

Datos de la malla de poliuretano:

- Área de la malla:

$$= \text{base} \cdot \text{altura}$$

$$= 0.90 \text{ m} \cdot 7.5 \text{ m} = 6.75 \text{ m}^2$$

- Peso de la malla:

唛头 MARKS	商品及规格 ARTICLE AND SPECIFICATION	数量 Q'TY	净重 N.W	毛重 G.W	体积 VOLUME
	DESCRIPTION	CNS	KGS	KGS	M3
Polyurethane Mesh	Polyurethane mesh conveyer belt	144.81m ²	418KGS	520KGS	2CBM
	TOTAL	144.81m ²	418KGS	520KGS	2CBM



Figura 32. Peso y por área de la malla de poliuretano
Fuente: anping hebei china

Regla de tres simple

$$\begin{array}{l}
 418 \quad \longrightarrow \quad 144.81 \text{ }^2 \\
 \quad \quad \quad \longrightarrow \quad 6.75 \text{ }^2 \\
 \\
 \quad \quad \quad 418 * 6.75 \text{ }^2 \\
 \quad \quad \quad \hline
 \quad \quad \quad 144.81 \text{ }^2
 \end{array}$$

Capacidad de transporte volumétrico efectivo ()

$$= \text{_____} \text{ (}^3/h) \dots \text{ Ec. (1.1)}$$

Donde:

= Capacidad de transporte (/h)
= Densidad del arándano (/³)

$$= \frac{2000 \text{ kg/h}}{902432} = 2.23 \text{ }^3/h$$

Peso de materia prima por metro lineal sobre la banda ()

$$= \frac{\quad}{\quad} \text{ (/) ... Ec. (1.2)}$$

Donde:

= Capacidad de transporte de la malla (flujo de material) (/h)

= Velocidad de la banda (/)

Se utiliza para determinar los esfuerzos tangenciales .

Velocidad de la malla de poliuretano:

La velocidad de la malla será la misma de la faja de inspección.

* Que la salida de materia prima calibrada irá directamente a la faja de inspección que se mueve a una velocidad de **3 m/min**.

* Con este dato trabajamos la velocidad de la malla:

$$= \frac{2}{3.6 \cdot 0.05} = 3 \text{ m/} = 0.05 \text{ m/}$$

$$= \frac{2}{3.6 \cdot 0.05} = 11.11 \text{ /}$$

Capacidad de transporte volumétrico corregida en relación con la inclinación ()

$$= \dots * * 1 \dots (3/h) \dots \text{Ec. (1.3)}$$

Donde:

\dots = Factor de inclinación ($\dots = 0.94$) \dots = Factor de corrección

Es necesario tener en cuenta el tipo de alimentación, es decir su constancia y regularidad, introduciendo un factor de corrección K1 cuyos valores son:

K1 = 1 para alimentación regular.

K1 = 0.95 para alimentación poco regular.

K1 = 0.90 ÷ 0.80 para alimentación muy irregular.

La inclinación del sistema compacto tomamos del diseño realizado en el software SolidWorks educacional que tiene un ángulo de 12.09°

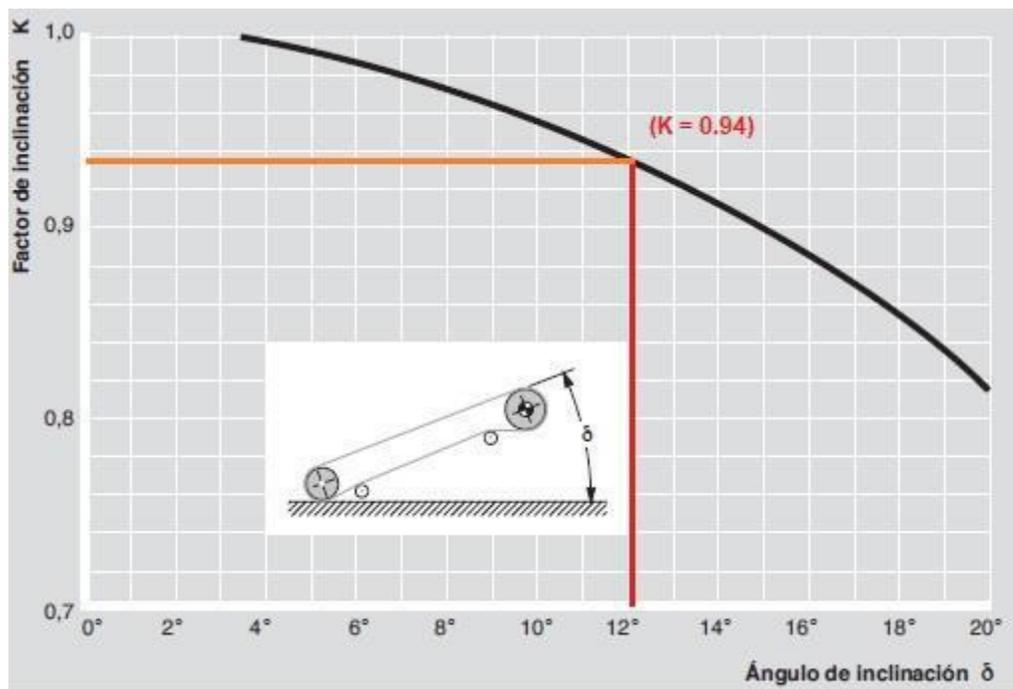


Figura 33. Factor de inclinación K
 Fuente: manual de fajas RULMECA

$$= 2.23$$

$$* * 1$$

$$^3/h * 0.94 * 1 = 2.09 \text{ } ^3/h$$

Se elige $K_1 = 1$ para alimentación regular debido a que el abastecimiento de arándanos en la malla es continua durante toda la etapa de producción.

Para el factor K el ángulo de inclinación de la malla es de 12.09° de acuerdo con la figura N° 31 el factor de inclinación tendrá un valor de $K = 0.93$ obtenido del modelo CAD del diseño propuesto.

La velocidad de la faja se considerará igual a la velocidad de la faja de inspección (componente siguiente a la actual máquina) igual a 3 m/ debido a que se despreciará el efecto de cambio en la cantidad de movimiento del arándano al pasar de la máquina compacta a la máquina de inspección ya que la altura de desnivel entre ambos es muy pequeña (aproximadamente a 5 cm) además de la muy pequeña masa de cada arándano que es de aproximadamente 1.92 gr .
Carga estática para los rodillos de ida ()

$$= * (+ \frac{\quad}{\quad}) * 0.981 () \dots \text{Ec. (1.5)}$$

Donde:

- = Puntos de estaciones de ida ()
- = Pesos de la banda por metro lineal (/)
- = Capacidad de transporte de banda (flujo de material) (/h)

$$= \text{Velocidad de la banda (/)} * = = 10$$

Calculando

$$= 3.44 * (2.74 / + 3.6 * 0.05 \text{ m/}) * 0.981 = 102.74 \text{ } ^2 /h = 1027.4$$

Carga dinámica para los rodillos de ida ()

$$1 = \dots \text{ Ec. (1.6)}$$

Donde:

= Carga estática para los rodillos de ida ()
 = Factor de choque (= 1)
 = Factor de servicio (= 1.1)
 = Factor ambiental (= 1)

Carga estática para los polines de retorno ()

$$= \dots * 0.981 () \dots \text{ Ec. (1.8)}$$

Donde:

= Paso de las estaciones de retorno () 1768mm = 1.768m = Peso de la banda por metro lineal (/) 2.76 / =
 * * 0.981 = 4.79 = **47.87**

Carga dinámica para los polines de retorno ()

$$1 = \dots \text{ Ec. (1.9)}$$

Donde:

= Carga estática para los polines de retorno () 4.79 = Factor de servicio (= 1.2) = Factor ambiental (= 1)
 = Factor de velocidad (= 0.97)

Donde:

= 1.1 (valor que se toma de la **figura N° 34. Factor de servicio o duración** ya que el sistema compacto de la malla elevadora y calibradora estará operativo por un lapso de entre 10 a 16 h/).

= 0.9 (valor que se toma de la **figura N° 35. Factor ambiental** ya que el sistema compacto de la malla elevadora y calibradora cumplirá con la condición de limpieza diaria al tratarse de una línea de producción de arándanos frescos para consumo humano y contará con un plan de mantenimiento preventivo que abarcará actividades de mantenimiento regular).

= 1 (valor que se toma de la **figura N° 36. Factor de choque** ya que el sistema compacto de la malla elevadora y calibradora transportará arándano cuyo tamaño o calibre comercial comprende desde 10 mm a 22 mm).

= 1.12 (valor que se toma de la **figura N° 37. Factor de velocidad** ya que el sistema compacto de la malla elevadora y calibradora tendrá unos rodillos cuyos diámetros serán de 50 mm se procede a realizar un cálculo de su valor por el método de Interpolación).

Método de Interpolación

$$\frac{-2}{-} = \frac{2^{-1}}{-}$$

Despejando y:

$$= 2 + (-2) * (2^{-1}) (2 - 1)$$

$$1 = 102$$

$$1 = 1.03$$

$$2 = 90$$

$$2 = 1.05$$

$$= 50$$

$$= 1.12$$

$$C_{r1} = 4.79 * 1.1 * 0.9 * 1.12 = 5.28 \text{ (daN)}$$

Duración	F _s
Menos de 6 horas al día	0.8
De 6 a 9 horas al día	1.0
De 10 a 16 horas al día	1.1
Más de 16 horas al día	1.2

Figura 34. factor de servicio F_s
Fuente: manual de fajas RULMECA

Condiciones	F _m
Limpio y con mantenimiento regular	0.9
Con presencia de material abrasivo o muy corrosivo	1.0
Con presencia de material muy abrasivo o corrosivo	1.1

Figura 35. factor ambiental F_m
Fuente: manual de fajas RULMECA

Tamaño del material	Velocidad de la banda m/s							
	2	2.5	3	3.5	4	5	6	
0 ÷ 100 mm	1	1	1	1	1	1	1	
100 ÷ 150 mm	1.02	1.03	1.05	1.07	1.09	1.13	1.18	
150 ÷ 300 mm en estrato de material fino	1.04	1.06	1.09	1.12	1.16	1.24	1.33	
150 ÷ 300 mm sine estrato de material	1.06	1.09	1.12	1.16	1.21	1.35	1.5	
300 ÷ 450 mm	1.2	1.32	1.5	1.7	1.9	2.3	2.8	

Figura 36. Factor de choque F_d
Fuente: manual de fajas RULMECA

Velocidad banda m/s	Diámetro de los rodillos mm						
	60	76	89-90	102	108-110	133-140	159
0.5	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
1.0	0.92	0.87	0.85	0.83	0.82	0.80	0.80
1.5	0.99	0.99	0.92	0.89	0.88	0.85	0.82
2.0	1.05	1.00	0.96	0.95	0.94	0.90	0.86
2.5			1.01	0.98	0.97	0.93	0.91
3.0			1.05	1.03	1.01	0.96	0.92
3.5					1.04	1.00	0.96
4.0					1.07	1.03	0.99
4.5					1.14	1.05	1.02
5.0					1.17	1.08	1.0

Figura 37. Factor de velocidad F_v
Fuente: manual de fajas RULMECA

Diámetro del tambor motriz

El dimensionamiento del diámetro del tambor motriz está en función con las características de resistencia de la pieza intercalada de la banda utilizada, tomando en cuenta la carga de rotura de la banda y estará expresada en mm

Esfuerzo tangencial total

Los esfuerzos a los que está sometida una malla transportadora en marcha se modifican a lo largo de su recorrido. Para dimensionar y hallar la potencia absorbida por la malla es necesario establecer la tensión que actúa en el área sometida a mayor esfuerzo.

Para cintas transportadoras descendentes se utiliza en la fórmula el signo (-)

Donde:

= Distancia entre ejes de la banda transportadora () = Coeficiente de las resistencias fijas

= Coeficiente de las resistencias pasivas debidas a la temperatura

= Coeficiente de rozamiento interior del material y de las partes giratorias = Peso de la banda por metro lineal (/)

= Peso del material transportado por metro lineal (/)

= Desnivel de la cinta transportadora ()
 = Peso de partes giratorias inferiores (/) = Peso de partes giratorias superiores (/)

Para:

+ = 0, por qué no se utiliza este tipo templador

Para el Coeficiente de las resistencias fijas () se realiza el método de extrapolación utilizando la figura 31 de coeficiente de las resistencias fijas.

Método de extrapolación para hallar el factor de abrazamiento.

$$\frac{-2}{-} = \frac{2^{-1}}{-}$$

Despejando y:

$$= 2 + (-2) * (2^{-1}) (2 - 1)$$

$$1 = 10 \quad 1 = 4.5$$

$$2 = 20 \quad 2 = 3.2$$

$$= 3.45 \quad = 5.35$$

Distancia entre ejes m	Cq
10	4.5
20	3.2
30	2.6
40	2.2
50	2.1

Figura 38. Coeficiente de las resistencias fijas Cq
 Fuente: manual de fajas RULMECA

$$= [3.45 * 5.35 * 1 * 0.04(2 * 2.74 + 11.11 + 0) + (11.11 * 6.33)] * 0.981 \quad ()$$

$$= 18.91 () = 189.1 \text{ N}$$

El experimento realizado con malla de poliuretano fue para determinar la fuerza tensión admisible del material el cual arrojó un valor promedio 900 N

Cálculo de factor de seguridad de la malla de poliuretano se realizó mediante un software SolidWorks obtenido un valor de 1.97 (figura 25).

El factor de seguridad

Donde:
= cálculo experimental ()
= Esfuerzo tangencial total ()

$$\frac{900}{190} = 4.76$$

Tensión de banda

Se consideran las siguientes tensiones de la banda o malla en movimiento:

Tensiones de y, el esfuerzo tangencial total () en el contorno del tambor motriz corresponde a las distintas tensiones 1 (lado tenso) y 2 (lado lento o flojo). Esto se deriva del par motriz necesario para que se mueva la banda y es transmitido por el motor.

$$\frac{1}{2} \leq \dots \text{ Ec. (1.11)}$$

Donde:
= Coeficiente de rozamiento entre banda y tambor, dado un ángulo de abrazamiento 0.04

= Base de los logaritmos naturales ($e = 2.718$)

El signo ($=$) define la condición límite de adherencia. Si la relación T_1 / T_2 se vuelve $> e^{\mu \alpha}$, la malla patina en el tambor motriz sin que transmita el movimiento.

De las relaciones antedichas se obtiene:

$$T_1 = F_u + T_2 \dots \text{Ec. (1.12)}$$

$$T_2 = F_u + C_w \dots \text{Ec. (1.13)}$$

Donde:

- T_1 = Tensión lado tenso ()
- T_2 = Tensión lado lento o flojo ()
- F_u = Esfuerzo tangencial total ()
- w = Factor de abrazamiento

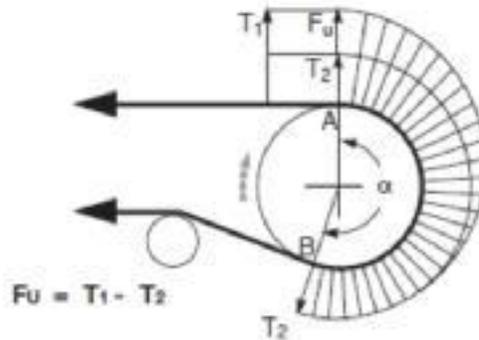


Figura 39. Tensiones de malla en tambor motriz
Fuente: manual de fajas RULMECA

El factor de abrazamiento w obtenemos en función al ángulo, se realizó la extrapolación con los ángulos de la figura 37

Tipo de motorización	Ángulo de abrazamiento α	tensor de contrapeso tambor		tensor de tornillo tambor	
		sin revestimiento	con revestimiento	sin revestimiento	con revestimiento
	180°	0.84	0.50	1.2	0.8
	200°	0.72	0.42	1.00	0.75
	210°	0.66	0.38	0.95	0.70
	220°	0.62	0.35	0.90	0.65
	240°	0.54	0.30	0.80	0.60
	380°	0.23	0.11	-	-
	420°	0.18	0.08	-	-

Figura 40. Coeficiente de las resistencias fijas

Fuente: manual de fajas RULMECA

Método de Interpolación para hallar el factor de abrazamiento.

$$\frac{w_2 - w_1}{\alpha_2 - \alpha_1} = \frac{w - w_1}{\alpha - \alpha_1}$$

Despejando y:

$$w = w_1 + \frac{(\alpha - \alpha_1)(w_2 - w_1)}{\alpha_2 - \alpha_1}$$

$$1 = 180^\circ \quad 1 = 1.2$$

$$2 = 200^\circ \quad 2 = 1$$

$$= 134^\circ \quad = 1.66$$

El valor w , que precisaremos como el factor de abrazamiento, está en función del ángulo de abrazamiento de la malla en el tambor motriz alcanza y del valor 134° siendo el coeficiente de rozamiento 1.66.

$$2 = 189.1 \times 1.66$$

$2 = 313.9$

$$1 = 189.1 + 313.9$$

1 = 503

Tensión , como ya se ha definido $1 = + 2$ y $2 = * w$, la tensión 3 que se genera al acelerarse al contra tambor, está dada por la suma algebraica de la tensión 2 y de los esfuerzos tangenciales convenientes a cada uno de los tramos de retorno de la malla. Por tanto, la tensión 3 viene dada por:

$$3 = 2 + (\dots) \dots \text{Ec. (1.14)}$$

... - (*) * 0.981 () ... Ec. (1.15)

Donde:

- 2 = Tensión lado flojo
- = Esfuerzo tangencial para mover la banda en cada uno de los tramos de retorno $L =$ Distancia entre eje de la banda transportadora ()
- = Coeficiente de las resistencias fijas
- = Coeficiente de las resistencias pasivas debidas a la temperatura

- = Coeficiente de rozamiento interno parte giratoria = Peso de banda por metro lineal (/)
- = Peso de partes giratorias inferiores (/) = Desnivel de la cinta o malla transportadora ()

$$= [3.45 * 5.35 * 1 * 0.04(2.74 + 0) - (2.74 * 0.63)] * 0.981 ()$$

$$= 0.28 ()$$

3 = 313.9 + 0.28
3 = 314.19

Tensión máxima , es la tensión de la banda en el punto sometido a mayor esfuerzo de la banda o malla transportadora. Normalmente coincide con la tensión y está expresada en

•

$$T_{max} = 503$$

Cargas de trabajo y rotura de la banda

La T_{max} se utiliza para calcular la tensión unitaria máxima de la banda

$$T_u = \frac{T_{max}}{b} \quad (/) \dots \text{Ec. (1.16)}$$

Donde:

= Tensión en el punto sometido a mayor esfuerzo tangencial de la banda (N)
 = Ancho de la banda (mm)

$$T_u = \frac{503.01}{0.9} \quad (/)$$

$$= 558.9 \quad (/)$$

Potencia motriz

Conocidos el esfuerzo tangencial total en el perímetro del tambor motriz, la velocidad de malla y el rendimiento “ η ” del motorreductor, la potencia mínima necesaria del motor vendrá dada por:

$$P = \frac{T_u \cdot V}{100 \cdot \eta} \quad (/) \dots \text{Ec. (1.17)}$$

Donde:

= Potencia motriz absorbida ()

= Fuerza máxima ()

= Velocidad de banda o malla (/) = Rendimiento del motor

$$= \frac{507.01 * 0.05}{100 * 0.8} ()$$
$$= 0.31 ()$$

4.4. Modelamiento y simulación del sistema de elevación y calibrado

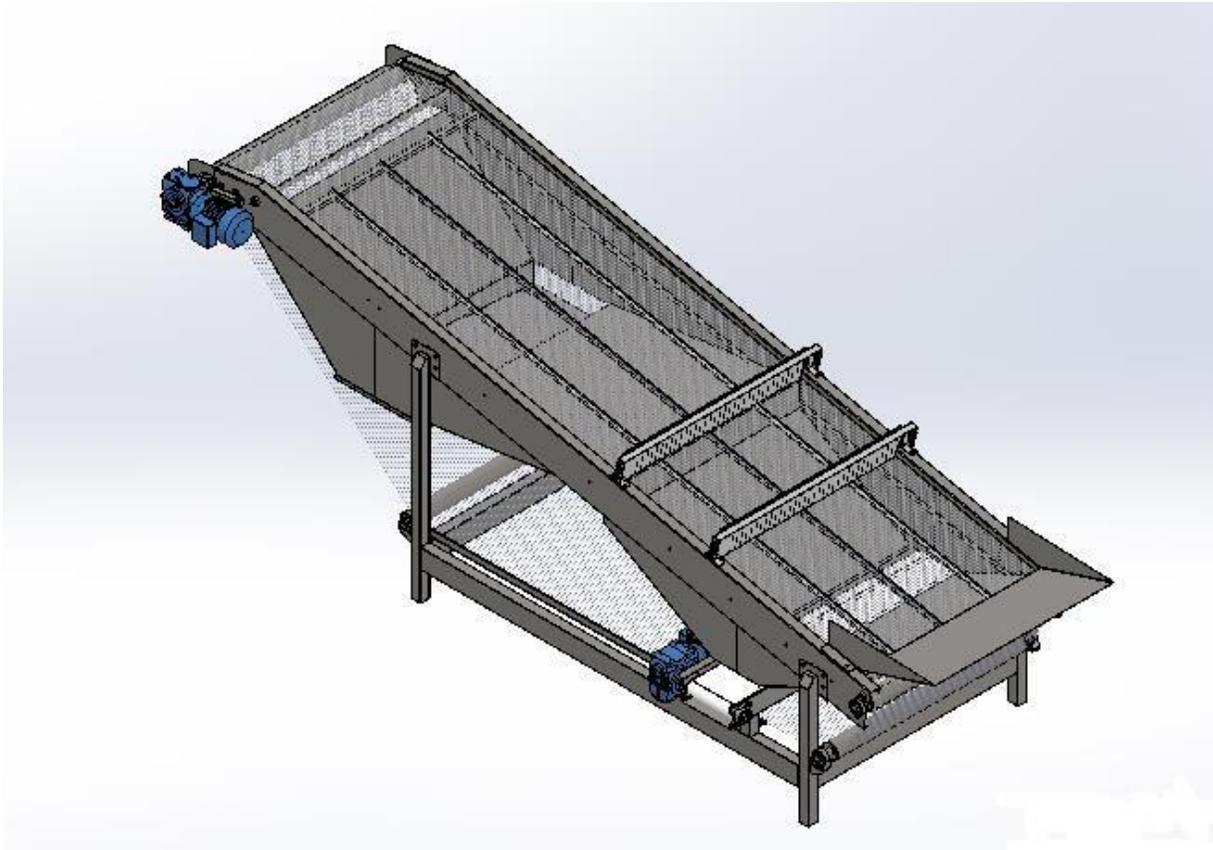


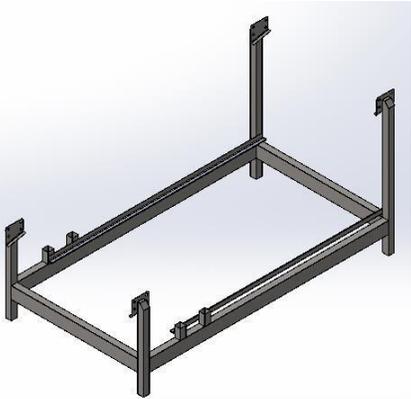
Figura 41. Sistema compacto de elevación y calibración
Fuente: elaboración propia

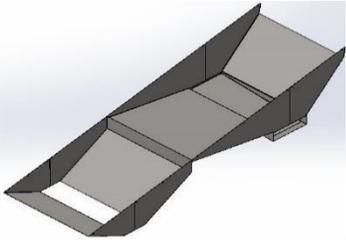
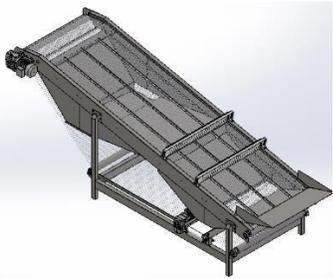
Procedimiento de ensamble

El material utilizado para la manufactura del diseño es acero inoxidable AISI 304. Tanto como chapas y tubos y barras.

La presentación de los elementos de máquina que conformaran el sistema compacto de elevación y calibración se realizaran por medio de apuntalamiento para luego ser soldado por el proceso TIG.

Tabla 8. *procedimiento de ensamblaje*

Nº	Elementos de Maq.	Ensamble	Descripción
1	Soportes (Pata) A 2und	Estructura base: 	<ul style="list-style-type: none"> - Soporte A con travesaño A - Soporte B con travesaño A Se inicia con el apuntalamiento de los soportes con el travesaño, de estar a una altura de 150mm perpendicular al soporte, posteriormente se realiza el apuntalamiento de los travesaños B con los soportes A y B, formado un rectángulo. <ul style="list-style-type: none"> - Tapas superiores e inferiores con soportes A y B. Se apuntala las tapas inferiores y superiores en los extremos de los soportes A y B. <ul style="list-style-type: none"> - Soportes de perfiles con extremo superior de soportes A y B. - Soportes de faja de recepción con travesaños A y B. - Guías de retorno con soporte A y soporte de faja de recepción.
2	Soportes B 2und		
3	Tapas superiores de soporte 4und		
4	Tapas inferiores de soportes 4und		
5	Travesaño A 2und		
6	Travesaño B 2und		
7	Soporte de perfil 4und		
8	Soportes de faja de recepción		
9	Guías de retorno 2und		
10	Perfil A 2und.	Estructura superior: 	<ul style="list-style-type: none"> - Perfil A con perfil B. Apuntalamiento de perfil A y B para su posterior armado con los travesaños. <ul style="list-style-type: none"> - Perfil A y B con Travesaños Apuntalamiento de los travesaños perpendicular entre los perfiles A y B. <ul style="list-style-type: none"> - Guías con travesaños Apuntalamiento de las guías paralelo a los perfiles. <ul style="list-style-type: none"> - Soportes de cortina con platinas de sujeción. - Nylon tipo J con guía superior - Faja de nitrilo sanitario con perfil de cortina. Insertar en el nitrilo con el perfil para luego plegarlo. - cortina terminada con perfil A y B. anclados por medio de pernos
11	Perfil B 2und		
12	Guía superior 3und		
13	Travesaños 3und		
14	Nylon tipo J 3und		
15	Perfil de la cortina 2und.		
16	Soportes de cortina 2und.		
17	Platinas de sujeción 2und		
18	Faja de nitrilo sanitario 2und		

Nº	Elementos de Máquina	Ensamble	Descripción
19	Tolva A 1und.	Tolvas: 	- <i>Tolva A con Tolva B.</i> Apuntalado de las tolvas A y B.
20	Tolva B 1und.		- <i>Tolva C con Tolva D.</i> Apuntalado de las tolvas C y D.
21	Tolva C 1und.		- <i>Tolva C y D con Tolva E.</i> Sujetado por pernos
22	Tolva D 1und.		- <i>templadores</i> Apuntalado de las tapas con el tubo de 30x30 y pletinas paralelas al ancho del tubo.
23	Tolva E 1und.		Apuntalamiento de tuerca con el tubo de 25x25 ubicado dentro del tubo de 30x30, al otro extremo apuntalado la base de la chumacera.
24	Pernos y tuercas		
25	Templadores 2und	Tambores, polines de retorno y rodamientos: 	- <i>tubo circular con bridas y eje</i> Insertar el eje con la brida para luego atravesar por el tubo, el apuntalado del tubo y la brida es de 5mm del borde del tubo para compartir distancia entre el eje y el tubo. Realizar dicha operación con las demás piezas (motriz conducido y retornos). Realizar el soldeo de la brida con el eje y tubo para su posterior maquinado en el torno.
26	Tubos circular 4und.		- <i>polín con rodamientos</i> Insertar el rodamiento en los extremos de los polines para luego sujetarlos con pernos en el perfil.
27	Eje motriz de 1und		
28	Eje conducido y retornos 3und		
29	Polín de retorno superior 1und.		
30	Chumacera tipo puente 6und		
31	Chumacera T. B ovalada 2und		
32	Malla de poliuretano 1und	Malla y motoreductor 	Se presenta la malla para alinear los tambores, polines con respecto a la estructura superior y estructura base
33	Motor		El motor se ensambla con el reductor para luego insertar el polín motriz anclado con la brida de sujeción del motor y la estructura superior.
34	Reductor		
	Sistema compacto de elevación y calibración de arándano		- Luego de tener presentado todos los elementos de máquina del sistema compacto de elevación y calibración se pasa al soldeo de las intersecciones de piezas apuntaladas. - posteriormente se pasa a la limpieza de la maquina terminada. - Se realizará la instalación del sistema de control, que consta de un variador y parada de emergía.

4.5. Evaluar el costo beneficio de la propuesta

Los costos de los materiales pueden fluctuar según el tipo de cambio del dólar en el país, sin embargo, los costos de corte, soldadura, plegado y torneado incluyen mano de obra. EL tiempo estimado de fabricación es de 15 -20 días trabajado en 8 horas al día lunes a sábado.

Tabla 9. Costo de materiales, habilitado y soldadura

Elemento de máquina		Costo Material	Costo corte	Costo Soldadura Pernos	Costo Plegado-Torno	
Partes	Descripción					
MALLA	Poliuretano	25102.0	0.0			
	grapas	313.0	0.0			
PEFILES	Perfil A 2und	376.7	70.3	74.1	18	
	Perfil B 2und	53.4	20.0			
	Travesaños 3und	59.9	6.7			
ESTRUCTURA	Patas A 2und	70.3	8.3	3.9		
	Patas B 2und	42.4	8.3			
	Trav A 2und	190.7	11.7	171.6		
	Trav B 2und	100.7	11.7			
	Soportes 4und	36.2	53.3			
CHUTES	A	198.9	31.0	31.2	26.56	9
	B	301.6	45.7	120.9	4.62	9
	C	447.6	51.7		4.62	6
	D	322.7	45.0	106.6	4.62	6
	E	124.4	30.0		4.62	9
	Entrada	118.1	34.3		4.62	9
	Salida	12.0	26.3		2.46	6
GUIAS	Superior 3und	115.3	109.7		2.46	
	Antidesgate 3und	20.0	0.0	27.3		
	Antidesgate 2und	20.0	0.0			
	Inferior 2und	89.6	57.0			6
CORTINAS	Perfil 2und	17.1	40.0	31.2		6
	Soportes 4und	2.8	3.3			
	Platinas 4und	1.3	6.7	15.6	1.64	
	Cortinas 2und	20.0	0.0		6.16	

TAMBORES	Bridas 8und	9.1	40.0	83.2			
	Tubos 4und	51.1	16.7				
EJES	Motriz 1und	56.0	0.0	13	1.04	800	
	Conduc 1und	50.0	0.0				
	Retorno A 2und	50.8	0.0	13			
	Retorno B 1und	0.0	0.0				
	A □ 2und	2.8	10.0				
TEMPLADOR	B □ 2und	2.9	10.0				
	Base chu 2und	1.3	6.7	52			
	Platinas 4und	0.7	15.0			328	
	Esparrago 2und	15.0	5.0				
CHUMACERAS	T. Puente 6und	352.1	0.0			984	
	T.B Ovalada 2und	163.0	0.0			328	
FAJA	Estructura	99.1	62.7	50.7			
	base de faja	47.8	35.0				
PEQUEÑA	T.B Ovalada 4und	260.8	0.0			768	
TAMBORES	Eje motriz	20.2	0.0	2.6	1.04		
	Eje conducido	14.5	0.0				
	Tubos 2und	12.5	0.0	13			200
	Bridas 4und	3.5	17.0				
MOTOR	1 HP	378.2	0.0				
	0.5 HP	251.0	0.0				
REDUCTOR	Soportes 2und	27.4	30.0	13	1.44	12	
	1:30	244.5					
VARIADOR	1:15	228.2					
	1und	1053.0	0.0			064	
TARJETA	Soporte 1und	6.1	15.0				
	1und	228.2	0.0				
		32806.8	934.0	822.9	90.62	308	

Fuente: elaboración propia.

3.5.1. Costo total de fabricación del sistema de elevación y calibrado

Tabla 10. *Costo total del sistema propuesto*

N°	ESPECIALISTA	COSTO
1	MATERIAL	32897.4
2	HABILITADO DEL MAT.	1842.0
3	MECÁNICO DE ESTR.	1672.9
4	ELECTRICISTA IND.	300.0
5	SUPERVISOR	700.0
6	JEFE PROYECTO	900.0
TOTAL S/.		38312.3
% de ganacia		25%
<i>COSTO TOTAL S/.</i>		<i>47890.4</i>

Fuente: elaboración propia.

El costo total de diseño de elevación y calibrado es de S/. 47,890.4 soles que y en dólares americanos sería \$ 14,690.

3.5.2. Cotización de elevador y calibradora

Pack-Man [®] Packaging Management		A&B LAKEWOOD	
PMM0107		COTIZACION	
		Frigorífico San Nicolás	
		A&B PACKING EQUIPMENT INC.	
		SALES AGREEMENT	
DATE	08-08-2018	A&B PACKING EQT. INC.	
NAME	Frigorífico San Nicolás	732 W. Saint Joseph Street	
ADDRESS	Chillán Chile	Lawrence, MI 48084	
Name	Ronald Saenz		
E-mail	rsauzoro@gmail.com		
PHL			
cell			
FAX	Cotización válida por 15 días		
Plazo de entrega: 90 días a partir de la recepción del Sales Agreement firmado y recepción del 50% de esta compra.			
Cantidad	Descripción	Valor Unit.	Total
1	Cinta de Ingreso de fruta a la línea con tolva de acumulación para que la fruta mantenga un flujo constante hacia la línea de proceso. (Ancho 91 cm, largo 3 mt. Dove Tall feed conveyor CDT 3610 WITH STAINLESS STEEL FEED HOPPER WITH BLUE BELTING with gentle no fruit rubbing design STAINLESS STEEL CONSTRUCTED VARIABLE SPEED HOLLOW BORE DRIVE	USD 9.870	USD 9870
1	Calibrador para frutas de bajo tamaño mediante bandas. Se puede ajustar al calibre deseado. Tiene cinta de descarga de fruta motorizada. (Ancho 91 cm, largo 1.5mt) Sizer - SJ136 Adjustable. VARIABLE SPEED HOLLOW BORE DRIVE 90 volts DC DRIVE gently removes under size berries & trash with 5 ft. kick out conveyor	USD 14.940	USD 14940
TOTAL USD Ex Work Michigan, USA			USD 24810
Payment ter * Prices in US Dollars / Valores son en dólares americanos (USD).			
Cond. Pago * 50% con la aceptación de este Sales Agreement adjunto/with Sales Agreement Signed			
* 50% Exwork			
PMM0107			
* Garantía sobre los equipos por 1 año.			
* Cliente debe disponer personal adecuado para ubicar equipo en lugar, tener conexiones de aire de 120 psi y 12 CFM (pies cúbicos por minuto. Energía eléctrica 220 volts y 80 AMP.			
X _____			
Firma en aprobación de esta cotización.			
Enviar por mail a bmottedo@packman.cl y a mradovic@packman.cl			
LIMITATION: A&B Packing Equipment, Inc. assumes no liability for losses, production downtime, damage or any resulting damage (including without limitation loss of product) due to delays in delivery of equipment, malfunction of any kind, or any other related problems.			

Figura 42. Cotización de elevador y calibrador
Fuente: A&B Packing Equipment Inc.

Como se puede observar de la cotización de A&B para las máquinas elevador y calibradora bajo las mismas exigencias de funcionamiento propone un costo total de US\$ 24,810. Podemos concluir que nuestro sistema compacto de elevación y calibración es factible fabricarla debido a que en la cotización no existen costos logísticos los cuales podrían aumentar su valor en un monto considerable. Así mismo, se reducirán los costos en mantenimiento de la malla cuyo tiempo de vida es mayor al de la faja de ligas de poliuretano actual, se disminuirán las ocurrencias de los sobrecostos por paradas inesperadas.

IV. DISCUSIONES DEL RESULTADO

- De los resultados de la caracterización de la malla híbrida de poliuretano elastómero 95A y cable de acero inoxidable 304, se determinó que en un ensayo de tracción antes de la deformación plástica, ésta soportó una carga promedio de 900 N, lo cual permitió verificar que la tensión admisible en operación de la faja no supera este valor, pues el factor de seguridad alcanzado fue de 4.76, lo cual garantiza un adecuado funcionamiento de la máquina calibradora.
- Para las alternativas analizadas, se aplicó la metodología de diseño llegando a obtener una solución coherente y racional con las funciones y lista de exigencias de la máquina a diseñar, la cual obtuvo un puntaje ponderado de 6.06 superior a las demás que alcanzaron un valor de 4.56 y 2.82, lo cual demuestra que la selección del diseño propuesto es la que respondería las exigencias de la operación de la máquina.
- Del análisis y simulación de la malla usada como faja calibradora, se llegó a determinar un valor máximo admisible de tensión en la malla de 119.97 MPa, que se considera como el esfuerzo de fluencia, el cual es coherente con las propiedades de materiales similares, con un factor de seguridad de la malla de 1.97, ante una carga de 1000N de fuerza traccional.
- De los cálculos realizados se llegó a determinar que una velocidad de la malla de 3 m/min es un valor aceptable debido a que la máquina de inspección también trabajaría a esta velocidad y estaría a una altura de 5 cm, con lo cual no afectaríamos al arándano pues la cantidad de movimiento se conserva sin la presencia de fuerzas de impacto o

impulsos que podrían afectar su integridad, ni tampoco la caída generaría un suficiente incremento de velocidad en la siguiente faja de inspección.

- El análisis de la velocidad y ancho de la malla transportadora de 1 m y la selección del tipo de rodillo superior y retorno con diámetro de 50 mm y el eje de 25 mm nos arrojó una capacidad de 189.1 N, lo cual garantiza un adecuado transporte y calibración del arándano desde 10 a 22 mm de diámetro calibre comercial, llegando a necesitar un motor de 0.5 HP, que es un motor adecuado comercial disponible.

V. CONCLUSIONES

- Se llegó a obtener valores de las propiedades mecánicas de la malla híbrida tanto experimentalmente como por simulación computacional alcanzando una tensión admisible de 119.97 MPa y una fuerza tensora promedio de 900 N.
- La metodología de diseño aplicada permitió obtener una solución racional y coherente pues alcanzó un valor ponderado de 6.06, muy por encima de las otras dos propuestas en base a criterios de la lista de exigencias.
- Se calcularon los parámetros de operación de la malla transportadora calibradora de arándano como velocidad de avance de 3 m/min, una malla de 0.9 m de ancho x 7.5 m de longitud, distancia entre rodillos de 3.45m, accionada por un motor de 0.5 HP de potencia lo cual genera una fuerza de tensión máxima de 503 N en el lado tenso.
- Se logró analizar y simular bajo carga estática y de fatiga la estructura soporte de la máquina mostrando valores óptimos que aseguran la no falla del soporte estructural.
- El costo total de la máquina alcanza un valor monetario de S/.47890.00 soles, lo cual es menor al gasto que se tendría al adquirir dos máquinas que alcanzan un valor de S/.80880.00 soles, lo cual demuestra el ahorro significativo en inversión de los usuarios.

VI. RECOMENDACIONES

- Diseñar un sistema de alimentación mecánico regulable que reemplace el trabajo manual llevado a cabo actualmente.
- Realizar un análisis de la tasa interna de retorno de inversión de la máquina.
- Analizar los efectos de corrosión o erosión de la malla híbrida de manera experimental.
- Establecer una metodología experimental de cálculo y selección de este tipo de mallas híbridas en base al trabajo presentado.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7.1. BIBLIOGRAFIA

7.1.1 TEXTOS

Association, C. C. (2005). Manual: Tensión de la correa, el poder y técnica de propulsión. 5.a ed. Naples, Florida, U.S.A.: CEMA.

BEER, F. J. (2004). En F. J. BEER, *Mecánica de materiales* (3.a ed. ed., pág. 789). México D.F.: Mc. Graw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V. México. Obtenido de arduino.

BUDYNAS, R., & NISBETT, K. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley* (8.a ed. ed.). Mexico. D.F.: Mc. Graw-Hill/Interamericana Editores S.A. de C.V. México.

CALVO VÁSQUEZ, M. D. (2014). *Diseño de una cinta transportadora para la extracción continua de 10 Ton/h de torta de cachaza en el área de filtración de la empresa CARTAVIO S.A.A.* Tesis (Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista). Trujillo: Universidad César Vallejo.

CAMPOSOL. (2017). Especificaciones técnicas del arándano. Chao: [s.n.].

CONTITECH. (2001). Manual de ingeniería bandas transportadoras. Hannover, Alemania: ContiTech Holding Group.

COSVALENTE CASTAÑEDA, J. A. (2017). *Diseño de una faja para traslado continuo de espárrago verde con capacidad de 2.1 Ton/h en área de envasado de la empresa CAMPOSOL S.A.* Tesis (Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista). Trujillo: Universidad César Vallejo.

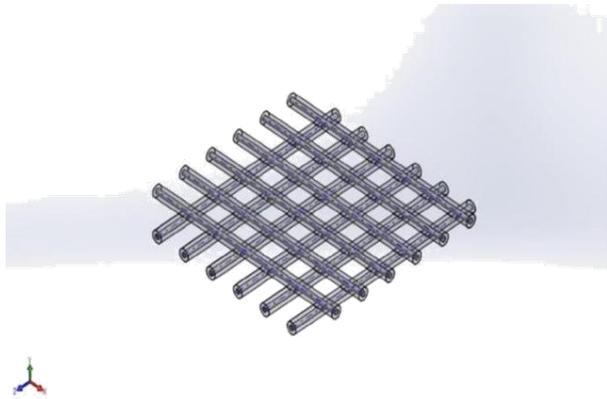
DEEIA, M.-D. (2016). *El arándano en el Perú y el mundo*. Lima-Perú: MINAGRI - DEEIA. Obtenido de http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/f-taxonomia_plantas/f01-cultivo/el_arandano.pdf

FITZGERALD, R. (29 de Marzo de 2007). *Mecánica de materiales* (2.a ed. ed.). México D.F.: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. México. Obtenido de Arándanos Perú exportación 2017.

- HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R., & FERNÁNDEZ, C. y. (2014). *Metodología de la investigación* (6.a ed. ed.). México D.F.: Mc. Graw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V. México.
- HIBBELER, R. (2010). *Mecánica de materiales* (8.a ed. ed.). México D.F.: Pearson Education México, S.A. de C.V. México.
- MOTT, R. (2006). *Diseño de elementos de máquinas* (4.a ed. ed.). México D.F.: Pearson Education de México, S.A. de C.V. México.
- NORTON, R. (2004). *Diseño de maquinaria* (4.a ed. ed.). México D.F.: Mc. Graw-Hill/Interamericana Editores S.A. de C.V. México.
- RUDAS RAMÍREZ, C. A. (2015). *Diseño de un sistema mecatrónico para seleccionar arándano*. Tesis (Magíster en Ingeniería Mecatrónica). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- RULMECA, R. (2003). Manual de rodillos y componentes para el transporte por banda de materiales a granel. 2.a ed. Almé, Bérgamo, Italia: RULLI RULMECA S.p.A.
- VERA, A. (2014). *Simulación con SolidWorks*. Lima: Empresa Editora Macro E.I.R.L.

7.3. LINKOGRAFÍA

- <http://www.minagri.gob.pe/portal/analisis-economico/analisis-2016?download=10356:estudio-del-arandamo-en-el-peru-y-el-mundo>.
- <http://www.jq.com.ar/imagenes/productos/poliuretano/poliurprop/dtecnicos.htm>
- <https://www.mtc.gob.pe/nosotros/seguridadysalud/documentos/RM%20375-2008%20TR%20-%20Norma%20B%C3%A1sica%20de%20Ergonom%C3%ADa.pdf>
- https://www.cemanet.org/wp-content/uploads/2011/09/BB5thEd_Chapter-61.pdf
- http://www.tecnicables.cl/Fichas/fichas_cables/cable_acero_inoxidable.pdf



Descripción

Análisis y simulación de las tensiones internas de la malla de alma de acero inoxidable y forro de polímero para transporte del arándano

Simulación de malla

Fecha: sábado, 01 de diciembre de 2018

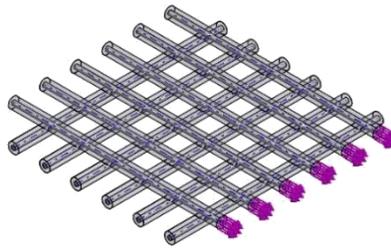
Diseñador: Ronal Saenz & Carlos Mayser

Nombre de estudio: Análisis estático 1

Tipo de análisis: Análisis estático

Tabla de contenidos

Descripción	81
Suposiciones; Error! Marcador no definido.	
Información de modelo; Error! Marcador no definido.	
Propiedades de estudio.....	82
Propiedades de material	83
Cargas y sujeciones; Error! Marcador no definido.	
Definiciones de conector; Error! Marcador no definido.	
Información de contacto	85
Información de malla	85
Resultados del estudio.....	85
Conclusión	89

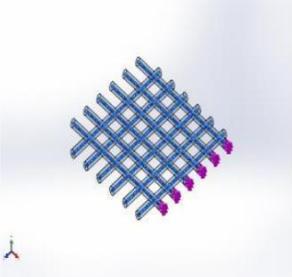
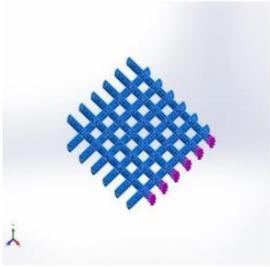


Nombre del modelo: **malla**
 Configuración actual: **Predeterminado**

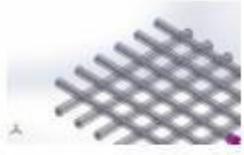
Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (D:\Tesis Ronald)

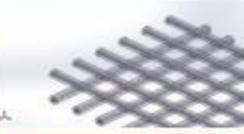
Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: AISI 304 Acero inoxidable</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de Von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 1.7e+008 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4.85e+008 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2e+011 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.265</p> <p>Densidad: 8027 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 8.2e+010 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1.65e-005 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Saliente-Extruir1) (fibra sin canal y acero-1/alambre acero-1),</p> <p>Sólido 1(Saliente-Extruir1) (fibra sin canal y acero-2/alambre acero-1),</p> <p>Sólido 1(Saliente-Extruir1) (fibra sin canal y acero-3/alambre acero-1),</p> <p>Sólido 1(Saliente-Extruir1) (fibra sin canal y acero-4/alambre acero-1),</p> <p>Sólido 1(Saliente-Extruir1) (fibra sin canal y acero-5/alambre acero-1),</p> <p>Sólido 1(Saliente-Extruir1) (fibra sin canal y acero-6/alambre acero-1),</p> <p>Sólido 1(Saliente-Extruir1) (fibra y acero-1/alambre acero-1),</p> <p>Sólido 1(Saliente-Extruir1) (fibra y acero-3/alambre acero-1),</p> <p>Sólido 1(Saliente-Extruir1) (fibra y acero-4/alambre acero-1),</p> <p>Sólido 1(Saliente-Extruir1) (fibra y acero-5/alambre acero-1),</p>
Datos de curva:N/A		
	<p>Nombre: PC Alta viscosidad</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Límite de tracción: 6.27e+007 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2.32e+009 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.3912</p> <p>Densidad: 1190 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 8.291e+008 N/m²</p>	<p>Sólido 1(Saliente-Extruir1) (fibra sin canal y acero-1/tubo polímero sin canal-1),</p> <p>Sólido 1(Saliente-Extruir1) (fibra sin canal y acero-2/tubo polímero sin canal-1),</p> <p>Sólido 1(Saliente-Extruir1) (fibra sin canal y acero-3/tubo polímero sin canal-1),</p> <p>Sólido 1(Saliente-Extruir1) (fibra sin canal y acero-4/tubo polímero sin canal-1),</p> <p>Sólido 1(Saliente-Extruir1) (fibra sin canal y acero-5/tubo polímero sin canal-1),</p> <p>Sólido 1(Saliente-Extruir1) (fibra sin canal y acero-6/tubo polímero sin canal-1),</p> <p>Sólido 1(MatrizL1) (fibra y acero-1/tubo polímero-1),</p> <p>Sólido 1(MatrizL1) (fibra y acero-3/tubo polímero-1),</p>
Datos de curva: N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Sobre caras planas-1		Entidades: 12 cara(s) Tipo: Sobre caras planas Traslación: ---, ---, 0 Unidades: mm		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-916.457	0	0	916.457
Momento de reacción (N.m)	0	0	0	0
Fijo-1		Entidades: 12 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-27.65	-0.005376	0.99672	27.6679
Momento de reacción (N.m)	0	0	0	0
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-55.9117	0.00636354	-0.994044	55.9205
Momento de reacción (N.m)	0	0	0	0

Definición de conector

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 12 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: -1000 N

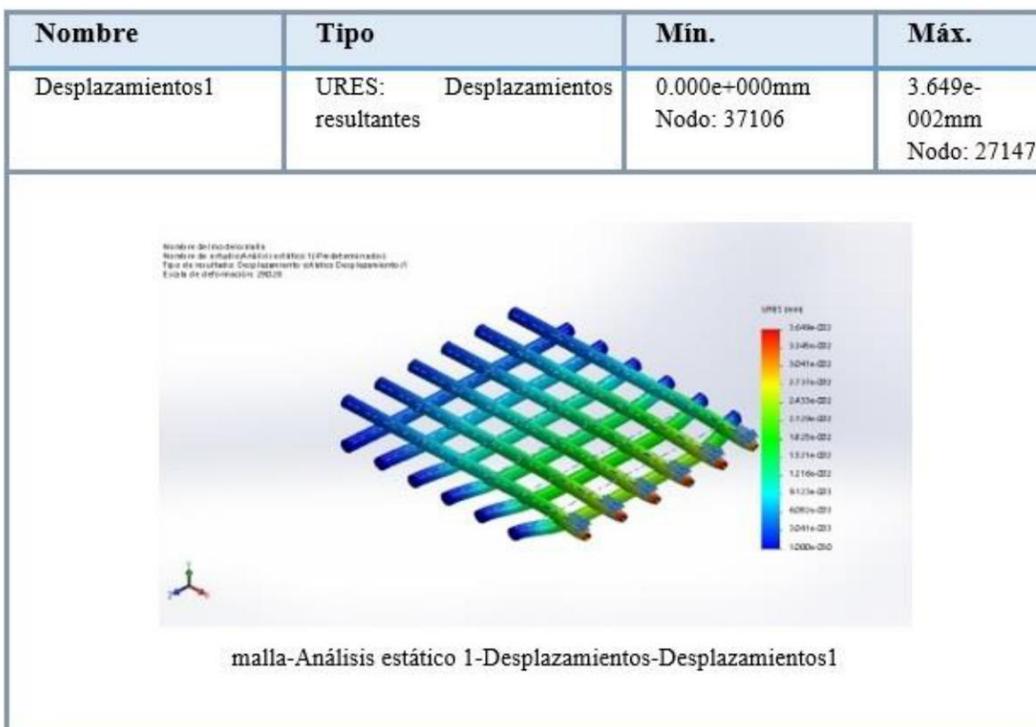
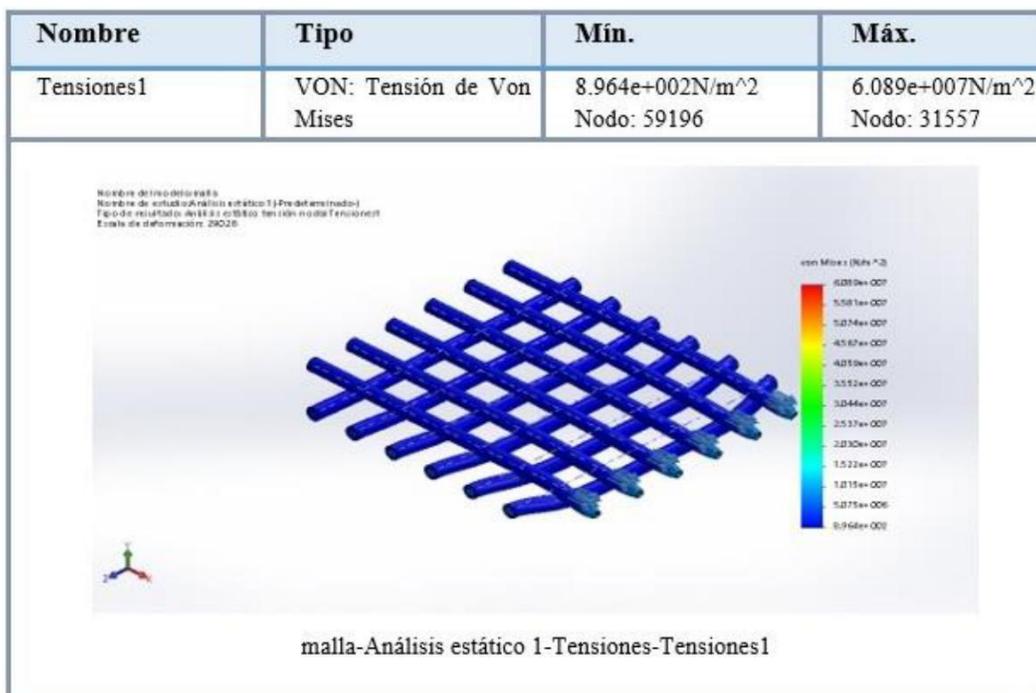
Información de contacto

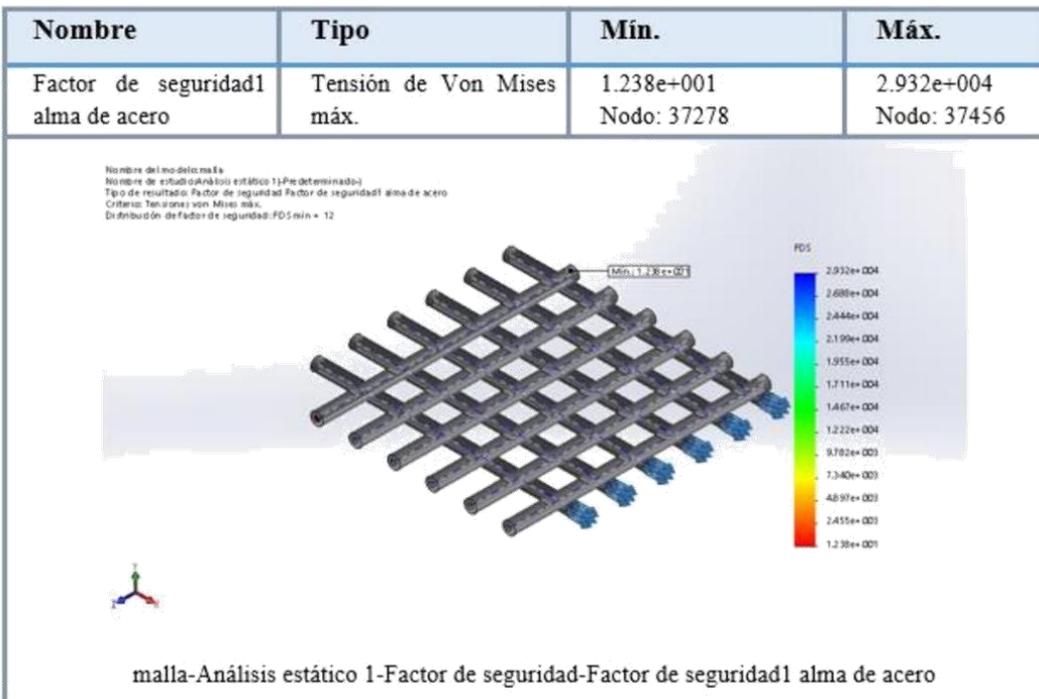
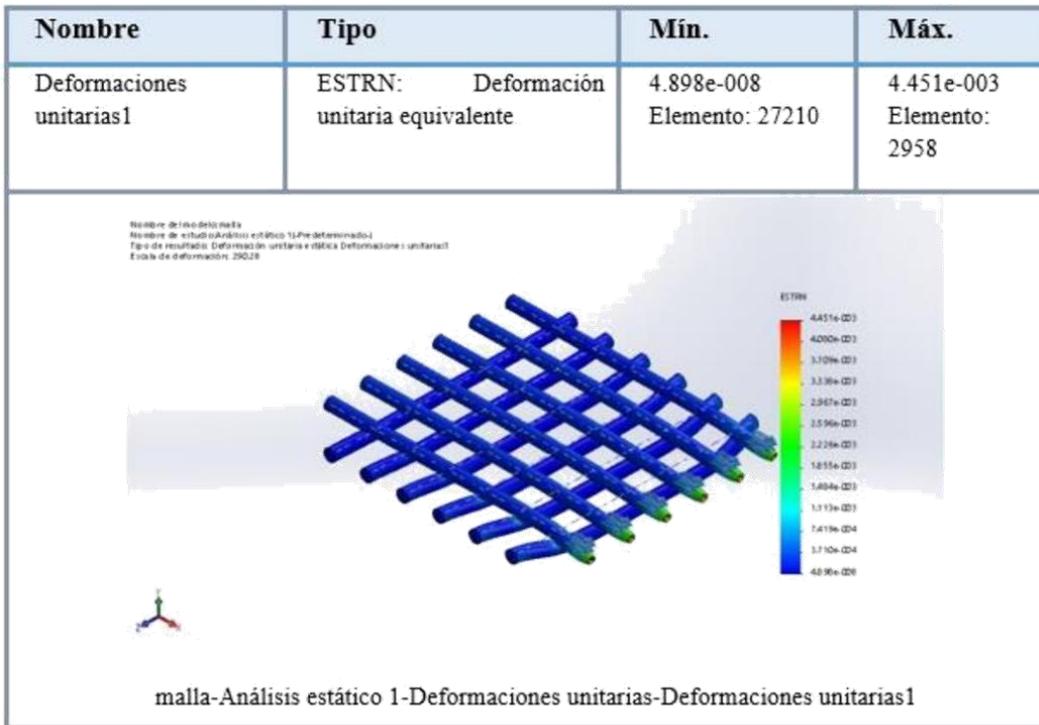
Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto
Contacto global		Tipo: Unión rígida Componentes: componente Opciones: Mallado compatible

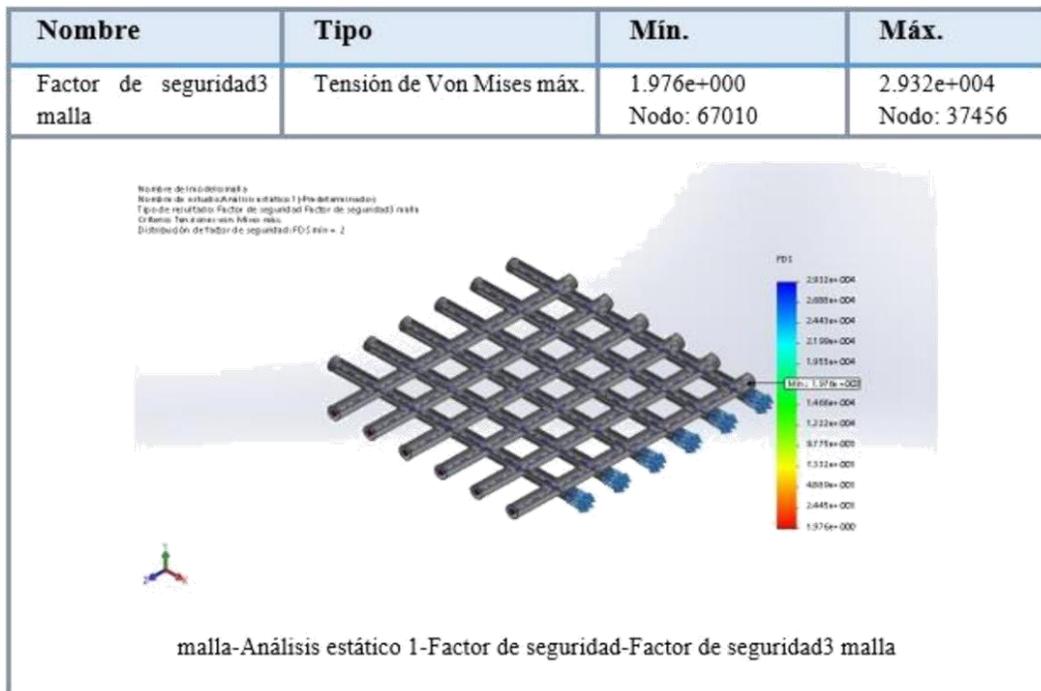
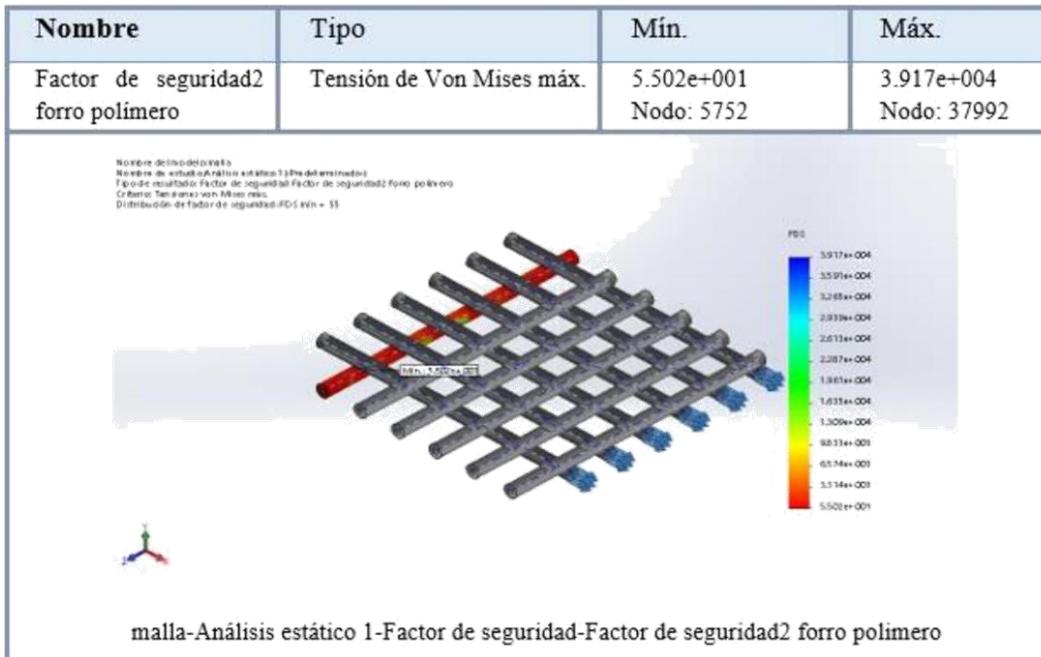
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 puntos
Tamaño de elementos	1.85482 mm
Tolerancia	0.0927408 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Resultados del estudio 1







Conclusión

Comentarios:

Del análisis realizado se puede observar y concluir lo siguiente:

- El alma de acero no fallaría ante una carga de 1 KN debido al factor de seguridad de 12 que alcanza.
- El forro de polímero no fallaría ante la carga de 1 KN debido al factor de seguridad de 55 que alcanza.
- La malla en conjunto no fallaría ante una carga de 1 KN de tensión pues el factor de seguridad alcanza un valor de 1.97, lo cual permite estimar que el esfuerzo de tensión admisible sería de FS x Esfuerzo máximo de Von Mises.

Es el esfuerzo máximo admisible del material igual a 1.97 x tensión máx. de Von Mises obteniendo 119.9 MPA como esfuerzo de fluencia.

ANEXO 1

	SISTEMA DE ELEVACIÓN Y CALIBRADO	TURNO:	
	INSPECCIÓN DIARIA DE EQUIPO	DIA <input style="width: 30px;" type="text"/> NOCHE <input style="width: 30px;" type="text"/>	
INSPECCIÓN DIARIA ANTES DE CADA TRABAJO PROGRAMADO – PM1			
CODIGO:	FECHA: / /		
N° LINEA:	RESPONSABLE:		
INSPECCIÓN PREUSO	OK	MAL	NO APLICA
INFORMACIÓN TÉCNICA DEL EQUIPO			
* Manual de operación			
SISTEMA ELÉCTRICO			
* Estado de la parada de emergencia			
* Estado del motor eléctrico			
* Estado del variador de velocidad			
* Revisar los cables			
SISTEMA DE TRANSMISIÓN			
* Funcionamiento de la caja reductora de velocidad			
* Estado de la malla de poliuretano			
* Funcionamiento de rodamientos			
* Estado de tambores			
* Estado de polines			
ESTRUCTURA			
* Limpieza de perfiles			
* Limpieza de soportes			
* Limpieza de travesaños			
* Limpieza de malla			
* Limpieza de tolvas			
OTROS			
* Sonido defectuoso en motor			
* Ajustes de pernos			
* Ajustes de alineamiento			
OBSERVACIONES:			
Firma del operador	Firma del Supervisor de Línea	Firma del Supervisor de Mantenimiento	

Fuente: elaboración propia

ANEXO 2

Mantenimiento preventivo general aplicado en todas las soluciones propuestas.

Tareas de mantenimiento Alternativas	FRECUENCIA					RESPONSABLE
	Diario	Semanal	Mensual	Semestral	Anual	
Solución 1	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual • Inspección sonora • Inspección manual • Limpieza faja • Ajustes 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza general • Lubricación 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección de rodillos y rodamientos • Inspección de tambores • Inspección de chumaceras • Inspección de polín de retorno • Inspección de tolvas 	<ul style="list-style-type: none"> • Reemplazar rodillos y rodamientos • Análisis de vibraciones de los motores • Análisis por termografía de los motores • Pruebas eléctricas en motores 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar Overhaul • Reparar o cambiar motores • Reparar o cambiar faja de PVC ½ luna • Reparar o cambiar faja de PVC • Reparar o cambiar ligas de poliuretano 	Técnico mantenimiento
Solución 2	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual • Inspección sonora • Inspección manual • Limpieza faja • Ajustes 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza general • Lubricación 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección de rodillos y rodamientos • Inspección de tambores • Inspección de chumaceras • Inspección de polín de retorno • Inspección de tolvas 	<ul style="list-style-type: none"> • Reemplazar rodillos y rodamientos • Análisis de vibraciones de los motores • Análisis por termografía de los motores • Pruebas eléctricas en motores 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar Overhaul • Reparar o cambiar motores • Reparar o cambiar malla de poliuretano 	Técnico mantenimiento
Solución 3	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual • Inspección sonora • Inspección manual • Limpieza faja • Ajustes 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza general • Lubricación 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección de rodillos y rodamientos • Inspección de tambores • Inspección de chumaceras • Inspección de polín de retorno • Inspección de tolvas 	<ul style="list-style-type: none"> • Reemplazar rodillos y rodamientos • Análisis de vibraciones de los motores • Análisis por termografía de los motores • Pruebas eléctricas en motores 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar Overhaul • Reparar o cambiar motores • Reparar o cambiar faja de PVC 	Técnico mantenimiento

- PM1: Inspección visual, sonora y manual de la máquina junto a limpieza de faja con frecuencia diaria.
- PM2: Limpieza general y lubricación con frecuencia semanal.
- PM3: Revisar rodillos y rodamientos, tambores, chumacera, polín de retorno y tolva con frecuencia mensual.
- PM4: Reemplazar rodillos y rodamientos, análisis vibracional y por termografía a motores eléctricos con frecuencia semestral.
- PM5: Realizar Overhaul, reparar o cambiar motores y fajas o malla junto a tareas de reparación de componentes, cambio de motores eléctricos, que va a depender del tiempo de vida útil de la máquina

ANEXO 3

Características del Poliuretano



POLIURETANO ELASTOMERO 95 A				PUR 95 A
PROPIEDADES MECANICAS A 23°C	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
PESO ESPECIFICO	gr/cm ³	D-792	53479	1.15
RESIST. A LA TRACC. (FLUENCIA / ROTURA)	Kg/cm ²	D-638	53455	130 / --
RES. A LA COMPRESION (1 Y 2 % DEF)	Kg/cm ²	D-695	53454	2.5 / 4.3
RESISTENCIA A LA FLEXION	Kg/cm ²	D-790	53452	--
RES. AL CHOQUE SIN ENTALLA	Kg.cm/cm ²	D-256	53453	NO ROMPE
ALARGAMIENTO A LA ROTURA	%	D-638	53455	90
MODULO DE ELASTICIDAD (TRACCION)	Kg/cm ²	D-638	53457	120
DUREZA	Shore D	D-2240	53505	48 (95 A)
COEF. DE ROCE ESTATICO S/ACERO		D-1894		0.5 A 0.6
COEF. DE ROCE DINAMICO S/ACERO		D-1894		--
RES. AL DESGASTE POR ROCE				BUENA
PROPIEDADES TERMICAS	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
CALOR ESPECIFICO	Kcal/Kg. °C	C-351		0.42
TEMP. DE FLEXION B/CARGA (18.5Kg/cm ²)	°C	D-648	53461	--
TEMP. DE USO CONTINUO EN AIRE	°C			0 A 70
TEMP. DE FUSION	°C			120
COEF. DE DILATAACION LINEAL DE 23 A 100°C	por °C	D-696	52752	0.00015
COEF. DE CONDUCCION TERMICA	Kcal/m.h.°C	C-177	52612	0.3
PROPIEDADES ELECTRICAS	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
CONSTANTE DIELECTRICA A 60 HZ		D-150	53483	5.4
CONSTANTE DIELECTRICA A 1 KHZ		D-150	53483	5.3
CONSTANTE DIELECTRICA A 1 MHZ		D-150	53483	4.5
ABSORCION DE HUMEDAD AL AIRE	%	D-570	53472	--
RESISTENCIA SUPERFICIAL	Ohm	D-257	53482	> 10 A LA 12
RESISTENCIA VOLUMETRICA	Ohms-cm	D-257	53482	> 10 A LA 13
RIGIDEZ DIELECTRICA	Kv/mm	D-149		20

ANEXO 4

Generalidades del Poliuretano

Industrias JQ


Plásticos de Ingeniería

 Poliuretano	Generalidades
<p>Poliuretano</p> <p>Generalidades</p> <p>El Poliuretano es un Elastómero que posee muy buena resistencia mecánica, a la abrasión, y a los impactos por deformaciones.</p> <p>Además, posee una excelente resistencia a los agentes corrosivos, a la cristalización a bajas temperaturas y su gran tolerancia a elevadas presiones de carga, son los factores que determinan la utilización en variados usos en mantenimiento industrial.</p>	

"Sistema de Gestión de Calidad certificado bajo norma ISO 9001"

© 2016 - Industrias JQ S.A.

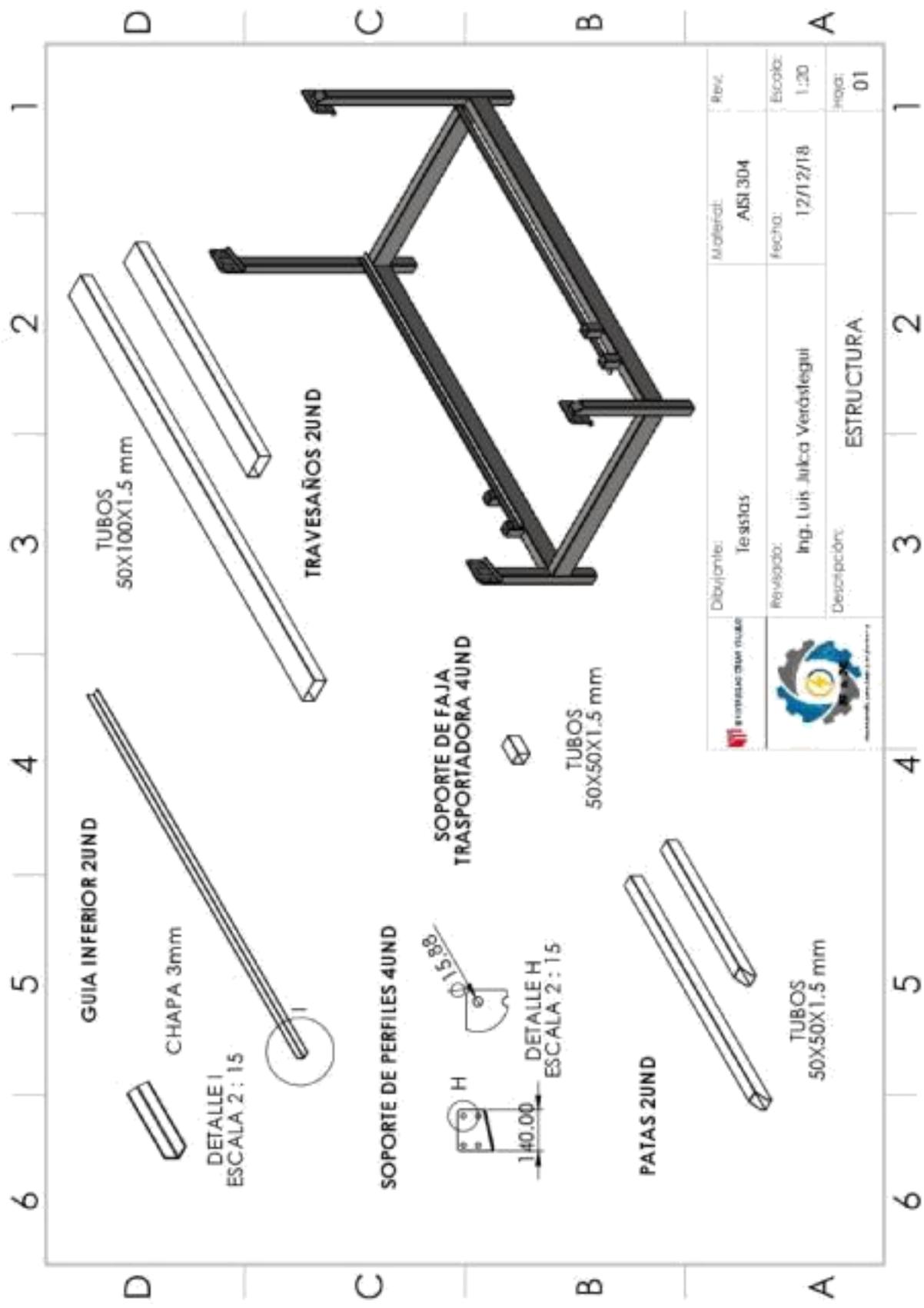
Teflón™ es una marca comercial de la empresa Chemours FC, LLC utilizada bajo licencia.

ANEXO 5
Propiedades del Poliuretano

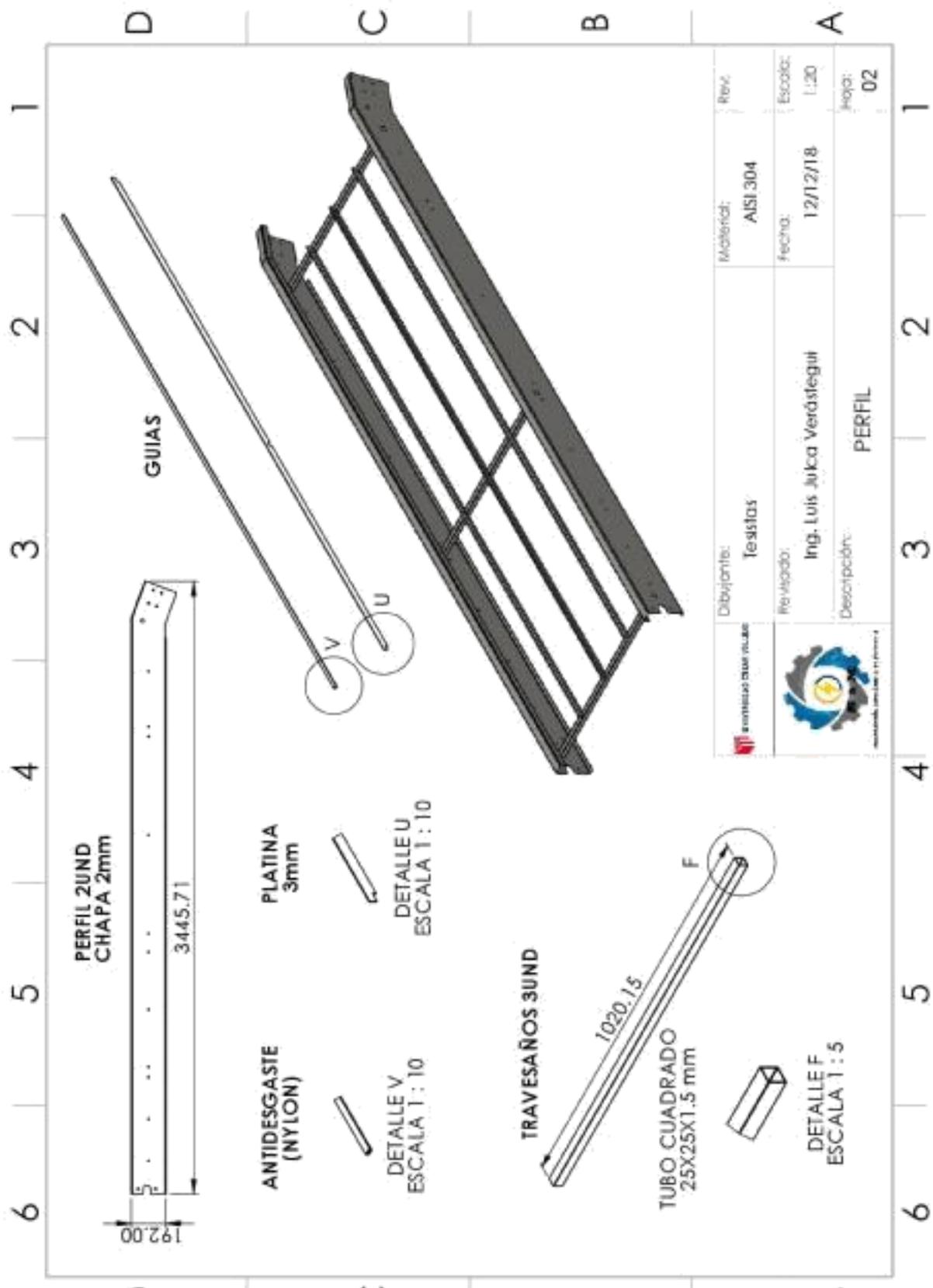


 Poliuretano	PROPIEDADES
<p>PROPIEDADES DEL POLIURETANO</p> <p>Características</p> <p>Rango de temperatura de trabajo -40°C +90°C. Alta resistencia mecánica. Alto poder amortiguador. Buena resistencia a los hidrocarburos Se puede fabricar en distintas durezas y colores</p> <p>Aplicaciones</p> <p>Tacos de motor Bujes Arandelas Ruedas Repuestos para motores Repuestos para bombas hidráulicas Manchones de acople</p>	

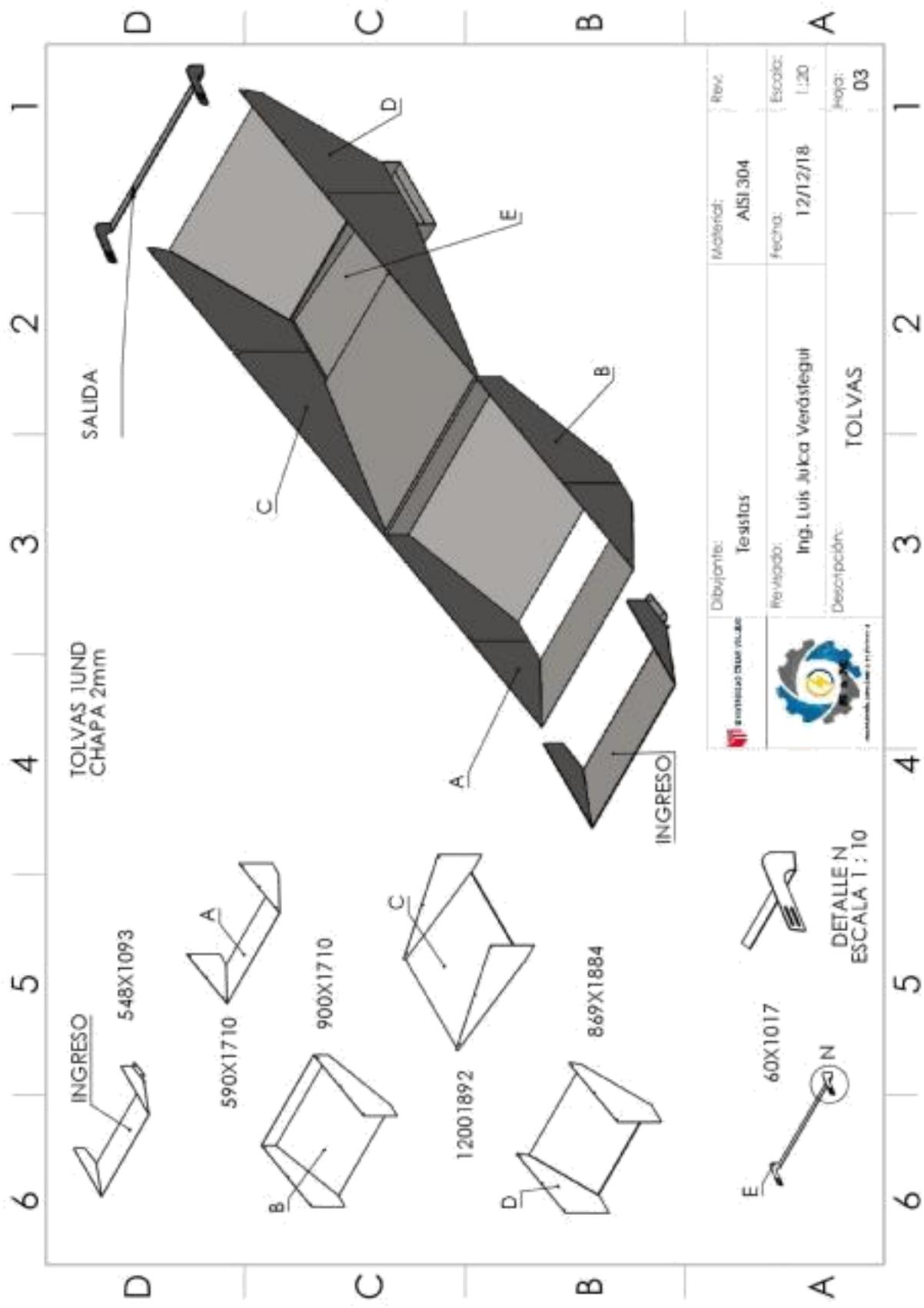
"Sistema de Gestión de Calidad certificado bajo norma ISO 9001" © 2016 - Industrias JQ S.A.
Teflón™ es una marca comercial de la empresa Chemours FC, LLC utilizada bajo licencia.



	Dibujante: Teófilo Soto	Materia: AISI 304	Rev.:
	Revisado: Ing. Luis Julca Verástegui	Fecha: 12/12/18	Escala: 1:20
Descripción: ESTRUCTURA			Hoja: 01



	Dibujante: Tesisitas	Materia: AISI 304	Rev:
	Revisor: Ing. Luis J. Jca Verástegui	Fecha: 12/12/18	Escala: 1:20
	Descripción: PERFIL		Hoja: 02



Dibujante:	Tesisitas	Materia:	AISI 304	Rev:
Revisor:	Ing. Luis Juica Verástegui	Fecha:	12/12/18	Escala:
Descripción:	TOLVAS			Hoja:
				03



DETALLE N
ESCALA 1 : 10

6 5 4 3 2 1

D

D

CHUMACERAS

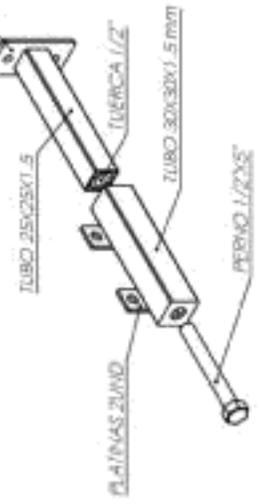


TIPO BRIDA OVALADA

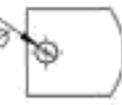
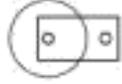
TIPO PUENTE

TEMPLADOR 2UND

BASE DE CHUMACERA



BASE CUMACERA 4UND



DETALLE W
ESCALA 2 : 5

CHAPA 5/16"

C

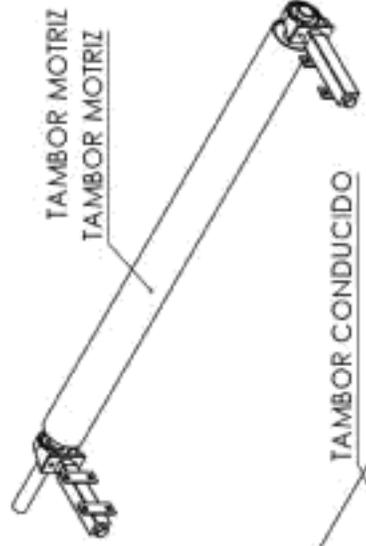
C

TAMBOR CONDUCCIDO

POLIN DE RETORNO

B

B



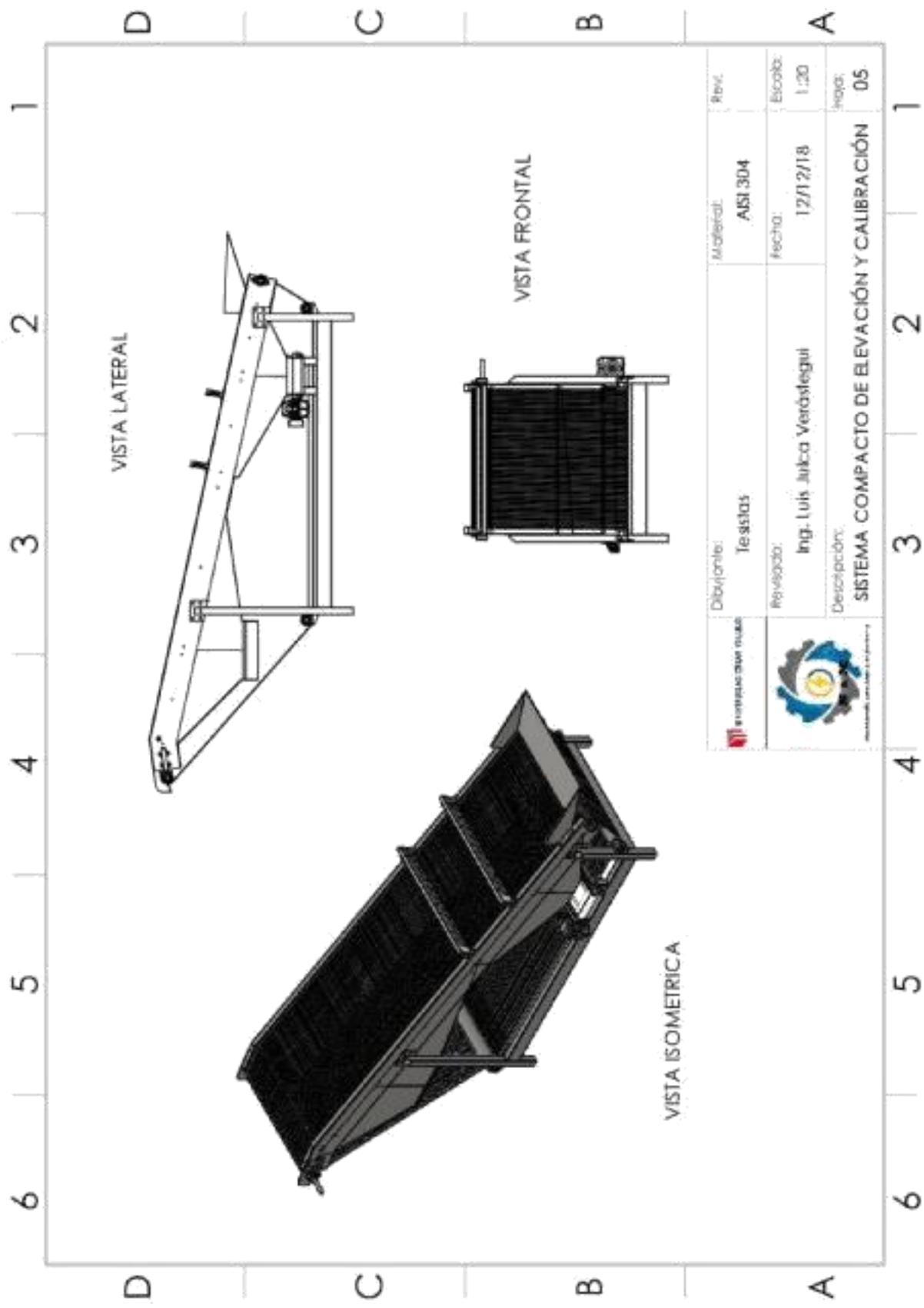
A

A

TAMBORES

	Diseñante: Tecsisitas	Materia: AISI 304	Rev:
	Revisado: Ing. Luis Juica Verástegui	Fecha: 12/12/18	Escala: 1:20
	Descripción: TAMBORES		Hoja: 04

6 5 4 3 2 1



	Dibujante:	Te-sistas	Material:	AISI 304	Rev.:
	Revisado:	Ing. Luis Juica Verástegui	Fecha:	12/12/18	Escala:
	Descripción:	SISTEMA COMPACTO DE ELEVACIÓN Y CALIBRACIÓN		Ing.:	05

ANEXO 6

Matriz de consistencia

ANEXO: MATRIZ DE CONSISTENCIA				
AUTORES: SAENZ ARAUJO, RONLAD; MAYSER AVENDAÑO, CARLOS JASON				
ASESOR: ING. LUIS JULCA VERÁSTEGUI				
TÍTULO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE ELEVACIÓN Y CALIBRADO PARA LA LINEA DE PROCESO DE ARANDANOS CON CAPACIDAD DE 2 T/H PARA LA EMPRESA CAMPOSOL S.A.				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
Formulación del problema	1. Objetivo General	Hipótesis General	1. V. Independientes	1. Tipo de investigación
<p>¿Cómo mejorar el sistema de elevación y calibrado con capacidad de 2 t/h para disminuir el área ocupada en la primera etapa de abastecimiento de la línea de proceso de arándano para la empresa Camposol S.A.?</p>	<p>Diseñar un sistema de elevación y calibrado con capacidad de 2 t/h para disminuir el área ocupada en la primera etapa de abastecimiento de la línea de proceso de arándano en la empresa Camposol S.A.</p>	<p>Es viable diseñar un sistema de elevación y calibrado con capacidad de 2 t/h para disminuir el área ocupada en la primera etapa de abastecimiento de la línea de proceso de arándano en la empresa Camposol S.A.</p>	<p>Consideraciones de entrada del arándano:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad o flujo másico. • Tamaño del arándano. <p>Parámetros de operación y ubicación de la faja de inspección.</p>	<p>Aplicada puesto que se hace uso de técnicas y procedimientos propios de la ingeniería mecánica eléctrica para analizar y plantear soluciones de diseño mecánico para un problema industrial.</p> <p>2. Nivel de investigación Descriptiva porque se busca caracterizar o identificar aspectos técnicos de diseño de elevación y calibración en un proceso de selección de alimentos.</p> <p>3. Método Deductivo porque se particulariza el estudio a un proceso determinado, utilizándose modelos generales de sistemas de elevación y calibración.</p> <p>4. Diseño de la investigación No experimental porque no se manipulará ninguna de las variables; Transversal porque el estudio se ha realizado por única vez en un determinado momento.</p> <p>5. Población Diez líneas de proceso de arándanos de la empresa Camposol S.A.</p> <p>6. Muestra Línea 1 de proceso de arándanos de la empresa Camposol S.A.</p> <p>7. Técnicas Análisis documental.</p> <p>8. Instrumentos Fichas de registro.</p>
	2. Objetivos Específicos		2. V. Dependientes	

