

# DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA LIMPIEZA Y CLASIFICACIÓN DEL TOMATE

CAMILO ALBERTO VILLALOBOS ORTIZ  
JUAN DAVID GARCIA JIMENEZ

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BOGOTÁ D.C  
2.018

# DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA LIMPIEZA Y CLASIFICACIÓN DEL TOMATE

JUAN DAVID GARCIA JIMENEZ  
CAMILO ALBERTO VILLALOBOS ORTIZ

Proyecto integral para optar por el título de  
INGENIERO MECÁNICO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BOGOTÁ D.C  
2018

Aceptación (Dirección de investigaciones):

---

---

---

---

---

---

---

Ing. Oscar Ochoa

---

Ing. Edwin Rivera

---

Ing. Wilmar Martínez

Bogotá D.C. Febrero del 2018

## DIRECTIVAS UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García - Peña

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Secretario General

Dr. Juan Carlos Posada García - Peña

Decano Facultad de Ingenierías

Ing. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director de Investigaciones

Ing. Armando Fernández Cárdenas

Director de Ingeniería Mecánica

Ing. Carlos Mauricio Veloza Villamil

La responsabilidad de los conceptos emitidos en este documento recae directamente sobre sus autores.

A mi madre Sandra Roció Jimenez Diaz, a mi abuela Julia Emma Diaz de Jimenez y a mi tía Marcela Carolina Jimenez Diaz por la confianza depositada en mí, por todos los esfuerzos que realizaron durante toda mi vida, por ser las mujeres que me impulsan siempre a llegar cada vez más lejos, a mis hermanos por el apoyo brindado en todo momento.

A Dios por haberme brindado una familia tan valiosa y haber puesto en mi camino personas maravillosas que hicieron parte de esta etapa de mi vida que esta por culminar

*Juan David García Jiménez*

Este trabajo quiero dedicárselo a mi familia; a mis padres Camilo Villalobos y Elizabeth Ortiz y a mi hermana María Isabel quienes me han apoyado a lo largo de mi camino y gracias a ellos hoy soy Ingeniero Mecánico.

También doy gracias a todas las personas que contribuyeron en mi formación y a mi BFF María Paula Chaquea León.

*Camilo Alberto Villalobos Ortiz*

Los autores expresan su agradecimiento a:

Nuestro orientador Ing. Oscar Ochoa quien nos acompañó a lo largo del proceso y fue parte fundamental para lograr culminar con éxito.

Agradecemos también a todos los profesores que nos compartieron su conocimiento y sabiduría durante toda la carrera y que gracias a ellos pudimos desarrollar nuestro trabajo de grado.

Ing. Edwin Rivera agradecemos especialmente por su paciencia y colaboración.



## CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	17
INTRODUCCIÓN	18
1.GENERALIDADES DEL TOMATE Y DEL DISEÑO	20
1.1 NECESIDADES DE LIMPIEZA Y CLASIFICACIÓN DEL TOMATE	21
1.2 REQUERIMIENTOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO	25
2. ALTERNATIVAS Y DISEÑO CONCEPTUAL	27
2.1 ALTERNATIVAS DE SISTEMA DE LIMPIEZA	27
2.1.1 Aspersión	27
2.1.2 Inmersión	28
2.1.3 Rodillos	29
2.2 ALTERNATIVAS DE CLASIFICACIÓN POR TAMAÑO	29
2.2.1 Lámina con agujeros	29
2.2.2 Canales	30
2.2.3 Bandejas	30
2.3 ALTERNATIVAS DE CLASIFICACIÓN POR PESO	31
2.3.1 Contrapeso	31
2.3.2 Basculas	31
2.4 MATRIZ DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS PARA SECCIÓN DE CLASIFICACIÓN (SCORING)	31
2.5 MATRIZ DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA SECCIÓN DE LIMPIEZA (SCORING)	34
2.6 CÁLCULOS CONCEPTUALES	35
2.6.1 Cálculos conceptuales sección limpieza	35
2.6.2 Cálculos conceptuales de la sección de clasificación	38
2.7 DISEÑOS CONCEPTUALES	41
2.7.1 Diseño conceptual sección limpieza	41
2.7.2 Diseño conceptual sección clasificación	43
3.DISEÑO DETALLADO	44
3.1 CÁLCULO DETALLADO BANDA TRANSPORTADORA	44
3.1.1 Cálculo de los ejes de cada rodillo de la banda transportadora	47
3.2 CÁLCULO DETALLADO DISTRIBUIDOR	57
3.2.1 Cálculo del eje del distribuidor	58
3.3 ANÁLISIS DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA DE LA BANDEJA	66
3.3.1 Análisis de desplazamiento	66
3.3.2 Análisis de esfuerzo máximo	67
3.4 ANÁLISIS DE CARGA EN LÁMINAS	69
3.4.1 Análisis de desplazamiento en las láminas	69

3.4.2 Análisis de esfuerzo máximo en las láminas	70
3.5 CÁLCULO DETALLADO DE LA ESTRUCTURA	71
3.5.1 Cálculo viga	71
3.5.2 Cálculo de la columna	76
3.5.3 Cálculo de soldadura	78
3.5.4 Cálculo de tornillos	80
3.6 SIMULACIÓN ESTRUCTURA SECCIÓN DE LIMPIEZA	83
3.6.1 Aplicación de cargas	83
3.6.2 Análisis de Desplazamiento	84
3.6.3 Esfuerzo máximo	85
3.7 SIMULACIÓN ESTRUCTURA SECCIÓN DE CLASIFICACIÓN	86
3.7.1 Aplicación de cargas	86
3.7.2 Análisis de desplazamiento	87
3.7.3 Análisis de esfuerzo máximo	88
4. MANUALES DE OPERACIÓN E INSTALACIÓN	90
4.1. MANUAL DE OPERACIÓN	90
4.1.2 Procedimiento de operación	92
4.2. MANUAL DE INSTALACIÓN	93
4.2.1 Procedimiento de instalación	94
5. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	100
5.1 IDENTIFICACION DEL IMPACTO AMBIENTAL	100
5.2 EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL	102
6. EVALUACIÓN FINANCIERA	104
6.1 COSTOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN MÁQUINA DEL PROYECTO	104
6.1.1 Costos de ingeniería	104
6.1.2 Costos de materiales	105
6.1.3 Costos de fabricación	106
6.1.4 Costos totales	106
6.1.5 Margen de utilidad	106
6.2 COSTOS DE VENTA DE LA MÁQUINA COMERCIAL	107
6.3 ANÁLISIS COSTOS BENEFICIO	108
6.3.1 Análisis de costo de operación máquina del proyecto	108
6.3.2 Análisis de costo de máquina comercial	110
6.3.3 FLUJOS DE EFECTIVO	112
7. CONCLUSIONES	115
8. RECOMENDACIONES	116
BIBLIOGRAFÍA	117



## LISTA DE DIAGRAMAS

	pág.
Diagrama 1. Diagrama cuerpo libre eje de banda transportadora para el cálculo de tensión	51
Diagrama 2. Diagrama fuerza cortante para tensión (Unidades: N)	52
Diagrama 3. Diagrama momento flector para tensión (Unidades N/m)	52
Diagrama 4. Diagrama gradiente para tensión (Unidades: grados)	52
Diagrama 5. Diagrama de deflexión para tensión (Unidades: milímetros)	52
Diagrama 6. Diagrama cuerpo libre eje de la banda transportadora	53
Diagrama 7. Diagrama fuerza cortante (Unidades: N)	53
Diagrama 8. Diagrama momento flector (Unidades: N/m)	53
Diagrama 9. Diagrama del gradiente (Unidades: grados)	56
Diagrama 10. Diagrama de deflexión (Unidades: milímetros)	56
Diagrama 11. Diagrama cuerpo libre eje distribuidor	61
Diagrama 12. Diagrama fuerza cortante (Unidades: N)	62
Diagrama 13. Diagrama momento flector (Unidades: N/m)	62
Diagrama 14. Diagrama gradiente (Unidades: Grados)	64
Diagrama 15. Diagrama deflexión (Unidades: mm)	64
Diagrama 16. Diagrama cuerpo libre viga estructura	75
Diagrama 17. Diagrama fuerza cortante viga estructura. (Unidades: N)	75
Diagrama 18. Diagrama momento flector viga estructura. (Unidades: N/m)	75
Diagrama 19. Diagrama deflexión máxima viga estructura. (Unidades: mm)	76

## LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1. Podredumbre en tomates	22
Imagen 2. Tipos de daño en el tomate	23
Imagen 3. Heridas en los tomates	23
Imagen 4. Pudrición apical en el tomate	24
Imagen 5. Calibres promedio de los tomates	25
Imagen 6. Aspersores típicos	27
Imagen 7. Representación método inmersión	28
Imagen 8. Representación método de rodillos	29
Imagen 9. Láminas para la clasificación	30
Imagen 10. Principio de funcionamiento	30
Imagen 11. Principio de funcionamiento bandejas	31
Imagen.12. Diseño conceptual bandeja	36
Imagen 13. Diseño conceptual estructura de clasificación	39
Imagen 14. Diseño conceptual sección de limpieza	41
Imagen 15. Diseño conceptual sección clasificación	43
Imagen 16. Área de acción de los tomates (vista frontal)	46
Imagen 17. Área de acción de los tomates (Isométrico)	46
Imagen 18. Cinta de la banda transportadora extendida	48
Imagen 19. Empujador (vista lateral)	48
Imagen 20. Empujador (vista frontal)	48
Imagen 21. Rodillo (vista lateral)	49
Imagen 22. Rodillo (Vista frontal)	49
Imagen 23. Datos carga soportada por los rodamientos	55
Imagen 24. Eje largo para acople de motor	56
Imagen 25. Eje corto sin acople de motor	56
Imagen 26. Rodillo de banda trasportadora	57
Imagen 27. Banda transportadora	57
Imagen 28. Aspa del distribuidor (vista superior)	59
Imagen 29. Aspa del distribuidor (vista lateral)	59
Imagen 30. Manzana distribuidor (maciza, vista frontal)	60
Imagen 31. Manzana distribuidor (maciza, vista lateral).	60
Imagen 32. Eje distribuidor.	64
Imagen 33. Distribuidor (vista frontal)	64
Imagen 34. Distribuidor (vista lateral)	65
Imagen 35. Distribuidor (isométrico)	65
Imagen 36. Distribuidor con su respectivo eje (isométrico)	66
Imagen 37. Simulación análisis de desplazamiento bandeja	66
Imagen 38. Simulación análisis de esfuerzo máximo bandeja	67
Imagen 39. Simulación análisis de desplazamiento láminas	69
Imagen 40. Simulación análisis de esfuerzo máximo láminas	70
Imagen 41. Viga por calcular	71

Imagen 42. Tipo de soldadura según su geometría	78
Imagen 43. Tipo de carga para la soldadura	78
Imagen 44. Fuerza admisible por pulgada de lado	80
Imagen 45. Clase de tornillos	81
Imagen 46. Simulación aplicación de cargas estructura limpieza	83
Imagen 47. Simulación análisis de desplazamiento estructura limpieza	84
Imagen 48. Simulación esfuerzo máximo estructura limpieza	85
Imagen 49. Simulación aplicación de cargas estructura clasificación	86
Imagen 50. Simulación análisis de desplazamiento estructura clasificación	87
Imagen 51. Simulación análisis esfuerzo máximo estructura clasificación	88
Imagen 52. Máquina completa (Guía para manual de operación)	90
Imagen 53. Tablero de control ON/OFF	91
Imagen 54. Máquina completa (Guía para manual de instalación)	93
Imagen 55. Estructura sección limpieza	94
Imagen 56. Tipos de bases	95
Imagen 57. Estructura limpieza. agujeros dispuestos (vista superior)	96
Imagen 58. Estructura sección clasificación	97
Imagen 59. Ajuste correcto de las estructuras	98
Imagen 60. Ajuste lámina de acrílico (lado externo)	98
Imagen 61. Ajuste lámina de acrílico (lado interno)	98
Imagen 62. Máquina armada totalmente.	99
Imagen 63. Esquema final	107
Imagen 64. Máquina comercial	108

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Criterios de evaluación de alternativas (clasificación)	32
Tabla 2. Ranking de satisfacción de cada alternativa (Clasificación)	33
Tabla 3. Ranking de satisfacción de cada alternativa (Ponderación)	34
Tabla 4. Criterio de evaluación de alternativas (Limpieza)	34
Tabla 5. Ranking de satisfacción de cada alternativa (Limpieza)	35
Tabla 6. Parametrización puntaje impacto ambiental	100
Tabla 7. Identificación de procesos	101
Tabla 8. Criterios de evaluación impacto ambientales	102
Tabla 9. Evaluación impacto ambiental	102
Tabla 10. Costos ingeniería	104
Tabla 11. Costos materiales	105
Tabla 12. Costos de fabricación	106
Tabla 13. Costos totales	106
Tabla 14. Ficha técnica	107
Tabla 15. Ficha técnica	108
Tabla 16. Costo personal	109
Tabla 17. Costo de mantenimiento predictivo	109
Tabla 18. Costos de servicio públicos	110
Tabla 19. Costos totales anuales	110
Tabla 20. Costo personal	111
Tabla 21. Costo mantenimiento predictivo	111
Tabla 22. Costos servicios públicos	112
Tabla 23. Costos totales	112

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A Perfil Estructura	118
Anexo B Tornillos	119
Anexo C Cotización tornillos	120
Anexo D Batería	121
Anexo E Motores	122
Anexo F Motor	123
Anexo G Electrodo	124
Anexo H Chumacera	125
Anexo I Acople 6mm de diámetro a 15 mm de diámetro	126
Anexo J Acople 9 mm de diámetro a 15 mm de diámetro	127



## RESUMEN

El desarrollo de este proyecto consiste en el “*Diseño de una máquina para la limpieza y clasificación del tomate*”. Se empezó por definir las necesidades de limpieza y clasificación del tomate, tomando en cuenta las especificaciones técnicas que corresponde a esta hortaliza que se va a tratar en el proceso de limpieza y clasificación, en este caso tomate chonto y larga vida.

Teniendo en cuenta las especificaciones técnicas del tomate en cuanto a cómo se debe realizar la limpieza y clasificación se establecen los requerimientos y parámetros de diseño que debe cumplir la máquina, de esta manera, se presentan las delimitaciones del proyecto. Posteriormente, se plantean y analizan las alternativas existentes por los cuales se pueden llevar a cabo los procesos mencionados por medio de la matriz de selección de alternativas (*scoring*).

Seguidamente se realiza el diseño conceptual de la máquina ya habiendo seleccionado los métodos por los cuales se realizará la limpieza y clasificación de los tomates, de esta manera, se realizan los cálculos de diseño detallado. Utilizando el software NX 9.0 se realiza un análisis por medio del método de elementos finitos para el componente más crítico de la máquina.

Finalmente se elaboran los planos de fabricación de la máquina, manuales de instalación y operación, análisis de impacto ambiental y un estudio financiero costo-beneficio contra una máquina comercial.

Palabras clave: Diseño, tomate, limpieza, clasificación.

## INTRODUCCIÓN

La producción de tomate es uno de los aspectos característicos del departamento de Boyacá puesto que las condiciones ambientales y técnicas son adecuadas para llevar a cabo esta labor. Boyacá es el primer productor de tomate bajo invernadero del país.

El proyecto se origina a partir de la problemática que presentan los agricultores minoristas de tomate referente al proceso de limpieza y clasificación, puesto que no cuentan con mano de obra calificada y los equipos que están diseñados para sustituir esta mano de obra son altamente costosos, esto repercute en la eficiencia y calidad de los procesos, llevando a los agricultores minoristas a ser cada vez menos competitivos en la industria. Según estudios que realizó el desarrollo agropecuario de Boyacá 10 personas en promedio son empleadas por hectárea de cultivo de invernadero, es decir, que, en las más de 300 hectáreas reportadas, estarían empleados cerca de 3 mil obreros. <sup>1</sup>

A partir del objetivo general que es diseñar una máquina para la limpieza y clasificación de tomates y los objetivos específicos que son:

- Definir las necesidades de limpieza y clasificación de los tomates.
- Establecer los requerimientos y parámetros de diseño que debe cumplir la máquina.
- Seleccionar el sistema de clasificación más adecuado.
- Realizar el diseño conceptual para el sistema de clasificación seleccionado.
- Realizar el diseño detallado de la máquina.
- Elaborar los planes de fabricación de la máquina.
- Elaborar los manuales de instalación y operación.
- Realizar el análisis del impacto ambiental.
- Realizar el análisis costo-beneficio de la máquina diseñada contra una máquina comercial.

Se desarrollará este proyecto en el cual se busca realizar el diseño de una máquina que deberá tener tres importantes características, debe ser modular permitiendo hacer conjuntamente limpieza y clasificación o las dos operaciones por aparte, deberá ser portátil para que no haya restricciones de disponibilidad de espacio, de esta manera los procesos se puedan desarrollar en cualquier lugar y deberá contar con una capacidad de limpieza y clasificación aproximadamente de 500 kilogramos por hora.

---

<sup>1</sup> TIEMPO, Casa Editorial El. Boyacá es el primer productor de tomate bajo invernadero del país. [1]. "junio 07 de ". [Consultado el Jan 19,2018]. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-3587169>

Para el proceso de limpieza que se debe realizar a los tomates se debe tener en cuenta algunos aspectos, el agua con la que se realizara la limpieza de los tomates debe ser agua clorada, eso se logra agregando hipoclorito de sodio a la cantidad de agua dispuesta para este proceso. La siguiente etapa consta de un sistema de clasificación de los tomates teniendo en cuenta su tamaño o su peso.

Los tomates por tratar tienen características iguales, como sus pesos y tamaños, estos van desde 90g hasta 180g y de 45mm hasta 95mm de diámetro. Los dos tipos de hortalizas se dividen en tres clases dependiendo de las características anteriormente nombradas, en la primera clase se encuentran los tomates que tienen un peso entre 140g hasta 180g y un diámetro entre 65mm y 95mm, en la segunda clase los tomates deben tener un peso de 110g hasta 135g y un diámetro entre 55mm y 64mm de diámetro y en la tercera clase están los que tienen un peso entre 90g y 109g y un diámetro entre 45mm y 54mm. Se deben rechazar los tomates que se pasen de los estándares mencionados.

## 1. GENERALIDADES DEL TOMATE Y DEL DISEÑO

El tomate es una especie de planta herbácea del género *Solanum* de la familia Solanaceae; es nativa de Centro y Sudamérica y su uso como comida se habría originado en México hace unos 2500 años. El nombre proviene de la palabra náhuatl tomatl. Es cultivada en el mundo entero para su consumo tanto fresco como procesado de diferentes modos (salsa, puré, zumo, deshidratado, enlatado, etc).<sup>2</sup>

La producción de tomate se realiza bajo invernadero o al aire libre. Bajo condiciones de invernadero, no es exigente en cuanto a suelos, pero sí requiere de un buen drenaje, por lo que es importante construir canales que eviten la acumulación de agua en el suelo. Requiere de un alto contenido de materia orgánica y suficiente agua. Es importante tener en cuenta que el tomate debe disponer de suelos bien aireados con la capacidad de almacenar agua, aunque prefiere suelos sueltos con textura franca y altos contenidos de materia orgánica. La conductividad eléctrica óptima está entre 1,5 y 20 dS/m. La productividad y sostenibilidad de los suelos dependen de un manejo adecuado de las propiedades físicas (textura, densidad, porosidad, entre otras), las cuales determinan la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

El tomate es una hortaliza de clima cálido y moderado, susceptible a heladas y temperaturas bajas. Crece en temperaturas de entre 20 a 25°C en el día y de 15 a 20 °C en la noche, favoreciendo así el desarrollo normal de los procesos bioquímicos, el crecimiento vegetativo, la floración y el fructificación. Bajo invernadero la temperatura mínima para la producción de tomate es de 8-12°C. Temperaturas inferiores y prolongadas debilitan la planta generando progresiva decadencia o muerte. La temperatura máxima no debe superar los 32° C, ya que a temperaturas superiores se estimulan los procesos bioquímicos y la toma de nutrientes, siendo excesivos y agotadores para la planta; además, con las altas temperaturas se presentan desórdenes fisiológicos, se detiene la floración y la planta puede morir.

El periodo transcurrido desde la recolección de los productos en el campo hasta que son consumidos en estado fresco o son utilizados en un proceso de reproducción o transformación, se le conoce con el nombre de poscosecha. La poscosecha comprende las etapas de selección, clasificación, empaque, embalaje, transporte, y almacenamiento. Sin embargo, su realización total y parcial o la secuencia de ellas depende de cada cultivo.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> [Anónimo]Tomate history&nbsp; 2005]. Disponible en: <http://www.tomato-cages.com/tomato-history.html>

<sup>3</sup> Rosa María Cárdenas Lesmes. &nbsp;Imagen 2 Y 3. Ficha Técnica. Portafolio. Bogotá. May 27,.

La humedad relativa ideal para el desarrollo, crecimiento y fertilidad del cultivo de tomate oscila entre el 60% y el 85%. Se requiere de 6 a 8 horas diarias de luz. El riego se debe suministrar frecuentemente y de manera uniforme, ya que la insuficiencia de agua influye negativamente en el desarrollo y en la producción.<sup>4</sup>

Diseño en ingeniería: el diseño mecánico es el proceso de dar forma, dimensiones, materiales, tecnologías de fabricación y funcionamiento de una máquina para que cumpla unas determinadas funciones o necesidades. Los sistemas mecánicos son aquellos sistemas constituidos fundamentalmente por componentes, dispositivos o elementos que tienen como función específica transformar o transmitir el movimiento desde la fuente que lo genera, al transformar distintos tipos de energía.<sup>5</sup>

## 1.1 NECESIDADES DE LIMPIEZA Y CLASIFICACIÓN DEL TOMATE

La limpieza de los tomates se requiere puesto que cuando ellos son cosechados contienen cierta cantidad de bacterias y suciedad que puede ser nociva para el consumidor, por ende, es necesario limpiar y disponer de una manera adecuada los tomates para su respectiva venta y su posterior consumo evitando por lo menos las principales fuentes de contaminación en un cultivo de tomate que son:

- Manejo inadecuado de los abonos y los desechos orgánicos.
- Contaminación química por medio de los insumos utilizados en el cultivo en localidades vecinas.
- Falta de limpieza e higiene por parte del personal que labora allí.
- Presencia de plagas como roedores, animales silvestres y domésticos en los cultivos e instalaciones del manejo del producto.
- Desinfección inapropiada del equipo y utensilios utilizados para la cosecha del tomate.<sup>6</sup>

Antes de realizar la clasificación de los tomates ya sea por peso o por tamaño se debe completar un proceso de selección en donde:

- Se deben descartar todos aquellos productos que presenten algún grado de descomposición o daño mecánico, entre otros. Los defectos que se puede presentar en este tipo de hortalizas son de tipo críticos y no críticos;

---

<sup>4</sup>[Anónimo]Tomate. Leiden, Koninklijke Brill NV, 2014.

<sup>5</sup> ZAMUDIO, Marcos Esteban Guerra. 3. Diseño De Sistemas Mecánicos: ¿Qué Es Diseño De Sistemas Mecánicos? Diseño de Sistemas Mecánicos. 2015.

<sup>6</sup> ibid

- Defectos críticos: Es cualquier alteración del producto que perjudique su aptitud de consumo y/o conservación. Entre estos defectos críticos se encuentran:
- Podredumbre: Daño patológico y/o fisiológico que implique cualquier grado de descomposición, desintegración o fermentación de los tejidos véase imagen 1.

Imagen 1. Podredumbre en tomates



Fuente. Plagas y Enfermedades comunes. [1]. [Consultado en Nov 26,2017]. Disponible en: <https://www.agrohuerto.com/tomate-plagas-y-enfermedades-comunes/>

- Sobre maduro: Es el producto que presenta un avanzado grado estado de maduración, caracterizado por pérdida de firmeza. <sup>7</sup>
- Inmaduro: El producto que es cosechado previo al inicio del proceso de viraje de color (fruto totalmente verde). Los frutos con este defecto no van a seguir el proceso normal de maduración, por lo tanto, la pérdida de la pieza es total. <sup>8</sup>
- Quemado o golpe severo de sol: Fruto que presenta zonas de color blanquecino o pardo (indica muerte de tejidos) y alcanza a afectar la pulpa. <sup>9</sup>
- Daño por helada: Fruto que presenta pérdida de firmeza y zonas necrosadas (muerte del tejido) provocadas por la acción de la helada. <sup>10</sup>
- Los tipos de daños de tomate son: Sobremaduro A / Inmaduro B / Quemado o golpe severo de sol C / Daño por helada como se ve en la imagen 2.

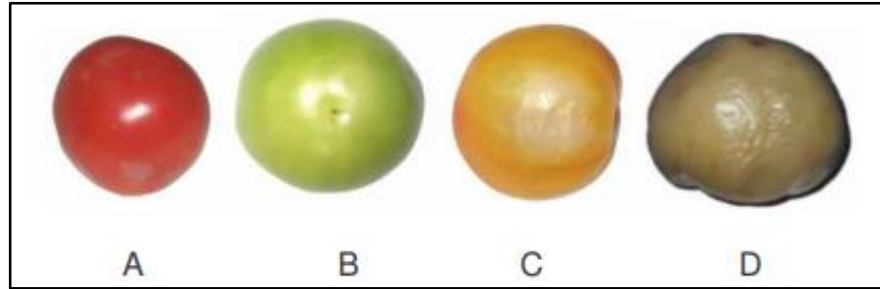
<sup>7</sup> Op. Cit Rosa María Cárdenas Lesmes.

<sup>8</sup> ibid

<sup>9</sup> ibid

<sup>10</sup> Op. Cit Rosa María Cárdenas Lesmes

Imagen 2. Tipos de daño en el tomate



Fuente. Rosa María Cárdenas Lesmes. &nbsp;. Ficha técnica.  
En: PORTAFOLIO. Bogotá. May 27.

- Herida daño o lesión grave: En general su origen es mecánico, como golpes, abrasiones o plagas como se observa en la imagen 3 y se consideran graves cuando está comprometida la pulpa del fruto.

Imagen 3. Heridas en los tomates



Fuente. Rosa María Cárdenas Lesmes.  
&nbsp;. Ficha técnica. En: PORTAFOLIO.  
Bogotá. May 27,

- Pudrición apical: Daño fisiológico caracterizado por necrosis seca, en la región apical del fruto como se puede ver en la imagen 4. Se considera defecto cuando supera 1 centímetro cuadrado de superficie.

Imagen 4. Pudrición apical en el tomate



Fuente. Pudrición Apical. [0]. [Consultado el Nov 26,2017]. Disponible en: <http://www.seminis-las.com/recursos/guias-de-enfermedades/tomates/blossom-end-rot-2/>

- Eliminar en forma adecuada los frutos descartados, no se debe olvidar que pueden servir de inóculo de plagas y enfermedades en el futuro.
- Todas las operaciones de selección y clasificación se deben efectuar en instalaciones o áreas que posean condiciones de higiene y seguridad controladas. Tanto el personal que labora en la selección de las hortalizas, como los materiales y elementos de trabajo, deben cumplir con condiciones de higiene adecuadas al manejo de un producto alimenticio.

La clasificación es una parte importante del proceso de alistamiento del producto para su venta, puesto que de esta manera se separan los tomates adecuados de los inadecuados y se logra contar con calidad suprema a la hora de vender gracias a la precisión en cuanto a la forma de clasificación empleada.

- Eliminar en forma adecuada los frutos descartados, no se debe olvidar que pueden servir de inóculo de plagas y enfermedades en el futuro
- Todas las operaciones de selección y clasificación se deben efectuar en instalaciones o áreas que posean condiciones de higiene y seguridad controladas
- Tanto el personal que labora en la selección de las hortalizas, como los materiales y elementos de trabajo, deben cumplir con condiciones de higiene adecuadas al manejo de un producto alimenticio



La clasificación es una parte importante del proceso de alistamiento del producto para su venta, puesto que de esta manera se separan los tomates adecuados de los inadecuados y se logra contar con calidad suprema a la hora de vender gracias a la precisión en cuanto a la forma de clasificación empleada. Se usará la documentación de la empresa productora de tomates GICA para realizar de forma eficiente la clasificación.

Se necesita que queden clasificados los tomates según su calibre y su peso como se evidencia en la imagen 5, ya que de esta manera se sabe la cantidad de tomates que se deben empaquetar. Tanto la clasificación como el empaque están relacionados, ya que entre más grande sean los tomates menos son los que se tienen que empaquetar. Así mismo, el tamaño como el peso también están relacionados debido a que un tomate que sea grande va a pesar en las mismas proporciones. Esto es importante ya que a la hora de empaquetar se sacan bandejas de tomates que en total pesen 1000 gr o dependiendo de su tamaño, bandejas que tengan 8, 6 o 4 tomates por bandeja.

Imagen 5. Calibres promedio de los tomates



Fuente.Premierhorticultua. [Consultado en 2010]. Disponible [http://www.premierhorticultura.com/exportacion\\_premier\\_horticultura\\_group.html](http://www.premierhorticultura.com/exportacion_premier_horticultura_group.html)

## 1.2 REQUERIMIENTOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO

El diseño de una máquina para la limpieza y clasificación del tomate cuenta con varias fases las cuales son entrada del material a la máquina, limpieza del producto y clasificación del mismo. En este proyecto la máquina a diseñar estará constituida por las secciones mencionadas anteriormente.

La máquina a diseñar en este proyecto será modular permitiendo hacer conjuntamente limpieza y clasificación o las dos operaciones por aparte.

Las máquinas de limpieza y clasificación del tomate que se encuentran en el mercado son fijas y por ende esto restringe la disponibilidad de estas en áreas donde se encuentran los productores minoristas; a diferencia de estas soluciones la máquina a desarrollar en este proyecto será portátil.

La capacidad de procesamiento de la máquina será de 500 kilos por hora de tomates.

La máquina será diseñada solo para dos tipos de tomates los cuales son, Chonto y Larga vida.

## 2. ALTERNATIVAS Y DISEÑO CONCEPTUAL

### 2.1 ALTERNATIVAS DE SISTEMA DE LIMPIEZA

2.1.1 Aspersión. La limpieza por aspersión es una de las más utilizadas debido a su versatilidad, efectividad y bajo costo de equipamiento. La limpieza por aspersión se realiza mediante el bombeo de la solución de limpieza desde un depósito a través de un sistema de conducción, proyectando mediante boquillas de aspersión dicha solución (agua con hipoclorito de sodio) sobre la superficie sucia. La presión de trabajo puede variar desde magnitudes tan bajas como 14 kPa (2 psi) hasta otras tan elevadas como 13800 kPa (2000 psi). Cuanto más alta es la presión de aspersión, mayores son las fuerzas mecánicas que actúan sobre la superficie para eliminar la suciedad. Estos efectos mecánicos son especialmente importantes para la eliminación de partículas insolubles como polvo, pequeñas partículas metálicas, o carbonilla. El sistema descrito anteriormente se puede evidenciar en la imagen 6.

Imagen 6. Aspersores típicos



Fuente. Acondinsa. Sistemas de aspersión: Instalamos distintos sistemas de según necesidad. [0]. [Consultado el Nov 26,2017]. Disponible en: <http://www.acodinsa.com/sistemas-de-aspersion/>

2.1.2 Inmersión. Es el método más simple de limpieza húmeda, se usa frecuentemente como un paso previo para el lavado de tubérculos y otros alimentos que tengan bastante suciedad. Un ejemplo claro de cómo se ve el proceso de limpieza por inmersión se puede evidenciar en la imagen 7. De esta manera se ablanda la tierra o la suciedad que tenga al alimento y así la desprende junto con otras sustancias abrasivas que pueden dañar los equipos utilizados en los pasos siguientes.

Los depósitos de inmersión son de metal, cemento liso u otros materiales de construcción adecuados para su limpieza regular y desinfección. Se les provee de salidas con rejilla por el fondo para eliminar las tierras densas, y de salidas laterales para quitar las materias ligeras que flotan y que en otro caso serían arrastradas junto con el producto limpio.

Existen varias formas de mejorar este método de limpieza como; Agitar el agua por medio de hélices alojadas dentro del depósito, también la entrada de aire comprimido a través del tanque, siendo distribuido por medio de unas boquillas ubicadas al fondo del recipiente. Hay que tener cuidado con estos métodos ya que estos pueden deteriorar los productos si no son bien empleados. También se puede calentar el agua y con esto la eficiencia de la inmersión mejora, pero igual que el otro método puede reducir la vida del producto.

Imagen 7. Representación método inmersión



Fuente .Fruit Washing Machine - Buy The Best Service For Fruit Washer,Washing Machine For Fruits And Vegetables,Spray Washing Machine Product on Alibaba.com. [0]. [Consultado el Nov 26,2017]. Disponible en: [//www.alibaba.com/product-detail/Fruit-washing-machine\\_320887025.html](http://www.alibaba.com/product-detail/Fruit-washing-machine_320887025.html)

2.1.3 Rodillos. Es un método donde los rodillos tienen una rotación fija como se puede evidenciar en la imagen 8, para que la limpieza sea más eficaz, sirve para limpiar tierra raíces. La capacidad de producción está alrededor de las 2T/hora, con una potencia de 1,1 kW, la cantidad de rodillos puede variar de 8 a 12, dependiendo de la cantidad de rodillos la longitud de estos puede ser de 900 hasta 1200 mm, la anchura y altura aproximadamente son de 1000 y 1100 mm respectivamente.<sup>11</sup>

Imagen 8. Representación método de rodillos



Fuente.(Verduras, Publicado por Transformación de Frutas y 2008)

## 2.2 ALTERNATIVAS DE CLASIFICACIÓN POR TAMAÑO

2.2.1 Lámina con agujeros. Lámina con calibres estándar, como se observa en la imagen 9, para el paso de tomates que no son los adecuados para la venta, es decir, la lámina tendrá el mínimo diámetro admisible para un tomate que pueda venderse, así, cualquier tomate que no tenga el tamaño adecuado caerá por el agujero siendo separado de los tomates dispuestos para el proceso de empaque y luego para su respectiva venta. Esta forma de clasificación tiene una particularidad, la lámina se puede disponer como un cilindro o como una banda transportadora.

---

<sup>11</sup> Ros G, Periago M.J., Pérez D. (2010). Legumbres, Verduras y Productos hortícolas. En: Tratado de Nutrición. Tomo II. Composición y calidad nutritiva de los alimentos. Editorial Médica Panamericana S.A., España.

Imagen 9. Láminas para la clasificación



Fuente. Ortiz Fernando. Limpieza clasificación tomates. 2010

2.2.2 Canales. Se disponen ciertos canales casi paralelos, como se observa en la imagen 10, que funcionan como guía de los tomates los cuales se van separando cada poco centímetro y así, los tomates van cayendo dependiendo su diámetro. Los canales se colocan con cierto ángulo de inclinación y gracias a la gravedad.

Imagen 10. Principio de funcionamiento



Fuente. Cómo funcionan las máquinas de clasificar monedas. [0]. [Consultado el Nov 26,2017]. Disponible en: <http://www.microsiervos.com/archivo/ingenieria/maquinas-clasificar-monedas.html>

2.2.3 Bandejas. Consta de bandejas con agujeros ubicadas una encima de la otra, como se puede evidencia en la imagen 11, con el diámetro mayor de agujeros en la bandeja de arriba y con el diámetro menor de agujeros en la parte de abajo, así, con un movimiento repetitivo de un lado a otro comenzará la clasificación por tamaño.

Imagen 11. Principio de funcionamiento bandejas



Fuente. CS200 Manual coin sorter from Shopstuff.co.uk

## 2.3 ALTERNATIVAS DE CLASIFICACIÓN POR PESO

2.3.1 Contrapeso. Se dispone varias barras que en uno de sus extremos tenga una pesa con un determinado peso establecido y en el otro extremo tenga un soporte para que caiga el tomate, así, se comparen los pesos y caigan los tomates adecuados y los que no tengan el peso suficiente sigan hacia alguna bandeja para darles otros usos.

2.3.2. Basculas. Esta forma de clasificación por peso se lleva a cabo de la siguiente manera, se dispone una cremallera o una cadena en la cual puedan ser transportados los tomates y que en cada uno de los puestos en los que se llevan los tomates exista una báscula para determinar el peso de estos, si el tomate no cumple con el peso en gramos necesario para la venta se tendrá un mecanismo de expulsión el cual disponga a este tomate que no tiene el peso necesario en alguna bandeja para otros usos.

## 2.4 MATRIZ DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS PARA SECCIÓN DE CLASIFICACIÓN (SCORING)

El método de ponderación lineal scoring permite abordar situaciones de incertidumbre, suponer transitividad de preferencias y finalmente es un método compensatorio y puede resultar dependiente de acuerdo con el peso que se le asigne a cada uno de los criterios a evaluar.

Descripción de criterios:

- **Costos:** Hace referencia al costo de diseño, montaje y elaboración de la máquina, teniendo en cuenta, materiales, acoples, uniones y formas de ensamblaje.
- **Portabilidad:** Facilidad de transportar la máquina de un lado a otro.
- **Facilidad de mantenimiento:** Simplicidad del diseño para poder realizar mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo.
- **Dimensiones:** Garantizar un tamaño adecuado de la máquina para que esta pueda realizar sus labores en espacios reducidos donde las máquinas industriales trabajan.
- **Velocidad del proceso:** Cumplir con la capacidad requerida (500 Kg/h).

A continuación, se muestran en la tabla 1 los criterios y su respectiva ponderación:

- 1 = muy poco importante
- 2 = poco importante
- 3 = Importancia media
- 4 = algo importante
- 5 = muy importante

Tabla 1. Criterios de evaluación de alternativas (clasificación)

<b>Criterios</b>	<b>Ponderación</b>
Costos	5
Portabilidad	4
Facilidad de mantenimiento	4
Dimensiones	2
Velocidad del proceso	3



Después de haber realizado la ponderación de cada criterio se dispone a desarrollar el rating de satisfacción como se evidencia en la tabla 2 para cada alternativa empleando una escala de 9 puntos, de la siguiente manera, luego de eso se puede evidenciar en la tabla 3 la ponderación con el ranking de satisfacción.

- 1=Extra bajo
- 2= muy bajo
- 3=bajo
- 4=poco bajo
- 5=medio
- 6=poco alto
- 7=alto
- 8=muy alto
- 9=extra alto

Tabla 2. Ranking de satisfacción de cada alternativa (Clasificación)

Criterios	Tamaño			Peso	
	Lámina de agujeros	Canales	Bandejas	Contrapeso	básculas
Costos	5	7	4	7	4
Portabilidad	7	5	7	5	7
Facilidad de mantenimiento	6	6	6	4	4
Dimensiones	6	6	8	7	5
Velocidad del proceso	6	5	6	5	5

Tabla 3. Ranking de satisfacción de cada alternativa (Ponderación) (Clasificación)

Criterios	Ponderación	Tamaño			Peso	
		Lámina agujero	Canales	Bandeja	Contrapeso	báscula
Costos	5	5	7	4	7	4
Portabilidad	4	7	5	7	5	7
Facilidad de mantenimiento	4	6	6	6	4	4
Dimensiones	2	6	6	8	7	5
Velocidad del proceso	3	5	5	7	5	5
		106	106	107	100	89

## 2.5 MATRIZ DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA SECCIÓN DE LIMPIEZA (SCORING)

En la tabla 4 se puede observar la ponderación de los criterios de la evaluación para las alternativas de limpieza y en la tabla 5 se puede observar el ranking de satisfacción.

Tabla 4. Criterio de evaluación de alternativas (Limpieza)

Criterio	Ponderación
Costos	5
Portabilidad	4
Facilidad de mantenimiento	3
Dimensiones	2
Velocidad del proceso	4

Tabla 5. Ranking de satisfacción de cada alternativa (Limpieza)

Criterios	Aspersión	Inmersión	Rodillos
Costos	6	3	2
Portabilidad	6	8	4
Facilidad de mantenimiento	5	9	4
Velocidad del proceso	6	8	4
Dimensiones	7	5	5
	107	116	64

Teniendo en cuentas los resultados de la matriz de selección de alternativas (scoring) se concluye que la sección de clasificación de la máquina será por tamaño por medio de bandejas. Y en la sección de limpieza por medio de la misma matriz, se concluyó que la mejor alternativa es por inmersión.

## 2.6 CÁLCULOS CONCEPTUALES

### 2.6.1 Cálculos conceptuales sección limpieza

Las especificaciones del tomate Chonto son iguales a las del tomate larga vida

- Tomate menos pesado – 90gr
- Tomate más pesado – 180gr

Se toma el tomate más pesado (180gr) como dato crítico.

**NOTA:** Capacidad requerida: 500 kg/h

Cálculo de la cantidad de tomates a procesar por minuto.

$$1 \text{ tomate} \text{ -----} \rightarrow 180 \text{ gr}$$

$$X \text{ -----} \rightarrow 500 \text{ 000 gr/h}$$

$$X = 2777.7 \text{ Tomates/h}$$

$$X = \frac{2777.7 \text{ tomates/h}}{60}$$

$$X = 46.296 \text{ Tomates/min}$$

$$X \cong 50 \text{ tomates/min}$$

- Diámetro mínimo – 45mm
- Diámetro máximo – 95mm

Se toma el diámetro máximo (95mm) como dato crítico.

$$\begin{array}{l} 1 \text{ tomate} \text{ -----} \rightarrow 95\text{mm} \\ 50 \text{ tomates} \text{ -----} \rightarrow X \end{array}$$

X= 4750mm el espacio requerido para disposición de 50 tomates en línea recta.  
Se dispondrá de 5 filas para distribuir los tomates.

$$\frac{4750}{5} = \frac{950\text{mm}}{\text{fila}}$$

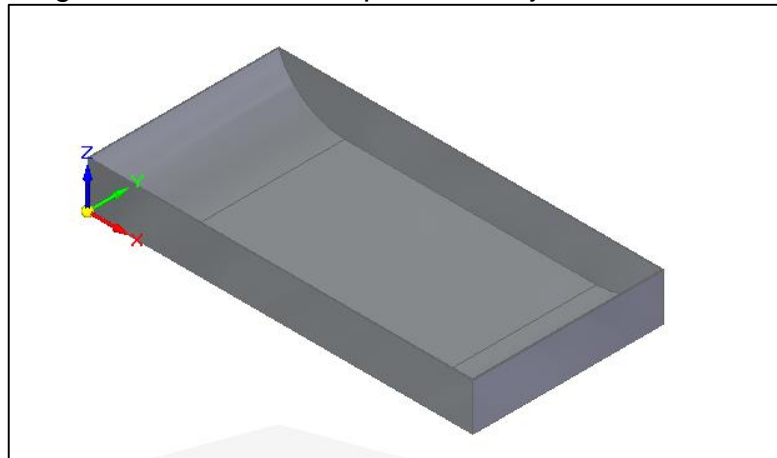
950 mm sería la medida del largo de la bandeja donde se realizará la limpieza de los tomates.

Para el ancho de la bandeja (Imagen 12), se toma en cuenta el diámetro mayor como dato crítico (95mm) y se multiplica por las 5 filas que la bandeja tendrá.

$$\text{Ancho} = 95 * 5$$

$$\text{Ancho} = 475\text{mm}$$

Imagen 12. Diseño conceptual bandeja



La curva que se puede ver en los extremos de la bandeja del diseño conceptual de la bandeja tiene como objetivo evitar que los tomates se queden en las esquinas de la bandeja, cabe aclarar que esta curva se encuentra en las dos esquinas de la bandeja.

Teniendo las dimensiones finales de la bandeja en la cual se realizará la limpieza de los tomates por inmersión, se calculará la cantidad de agua necesaria para realizar el proceso de limpieza.

Se toma las medidas finales establecidas de la bandeja y se calcula su volumen, de esta manera, se divide en la cantidad de tomates que estarán en la bandeja y se determinará el volumen correspondiente para cada tomate.

$$V_{bandeja} = 95mm * 475mm * 950mm$$

$$V_{bandeja} = 0,0428 m^3$$

Ahora se divide este valor por la cantidad de tomates que se dispondrán en la bandeja.

$$V_{xtomate} = \frac{V_{bandeja}}{\text{Numero de tomates en la bandeja}}$$

$$V_{xtomate} = \frac{0,0428 m^3}{50 \text{ tomates}} = 8,56 * 10^{-4} m^3$$

Este valor será el volumen disponible en la bandeja para un tomate.

Posteriormente, teniendo en cuenta el diámetro de un tomate 95mm (dato crítico), se calcula el volumen de un tomate.

$$V = \frac{4}{3} \pi r^2$$

$$V = \frac{4}{3} \pi (47.5)^3$$

$$V = 448920.5002 mm^3$$

$$V = 448920.5002 mm^3 * 1m^3 / (1000mm)^3$$

$$V = 4.48 * 10^{-4} m^3$$

Para saber la densidad del tomate se toma el peso (180g) y se divide por el volumen previamente encontrado.

$$\rho = 0.18 \text{ kg} / 4.48 * 10^{-4} m^3$$

$$\rho = 401.7857142 \text{ Kg/m}^3$$

$$\rho \text{ H}_2\text{O} = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

Ya que la densidad del tomate es menor que la del agua, esto nos indica que el tomate flota en el agua.

Volumen de agua necesario por tomate ( $V \text{ H}_2\text{O}_{\text{necesario}}$ )

$$\begin{aligned} \text{Volumen del cubo } V_c \\ V_c = 8.56 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volumen del tomate} \\ V_t = 4.48 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ H}_2\text{O}_{\text{necesario}} &= 8.56 \times 10^{-4} \text{ m}^3 - 4.48 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \\ V \text{ H}_2\text{O}_{\text{necesario}} &= 4.08 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Teniendo estos datos podemos saber cuánta cantidad de agua requiere la bandeja para llevar a cabo la labor de limpieza por inmersión de los tomates, se toma el valor del volumen necesario de agua para poder limpiar un tomate y se multiplica por 50 tomates que son los que se dispondrán en la bandeja.

$$4.08 \times 10^{-4} * 50 \text{ tomates} = 0.0204 \text{ m}^3$$

Se requieren 20.4 litros de agua para realizar la limpieza, ahora debe tomar en cuenta que para realizar esta labor se necesita agregar 40 mililitros de hipoclorito de sodio. (Se debe aplicar 2 mililitros de hipoclorito de sodio por cada litro de agua)<sup>12</sup>.

## 2.6.2 Cálculos conceptuales de la sección de clasificación

Se diseña tomando en cuenta la altura a la que una persona debería levantar una carga 1.50 metros, donde un hombre puede levantar 25 kilogramos y una mujer 12.5 kilogramos. La longitud y el ancho vienen dado por la bandeja para mantener la uniformidad.<sup>13</sup>

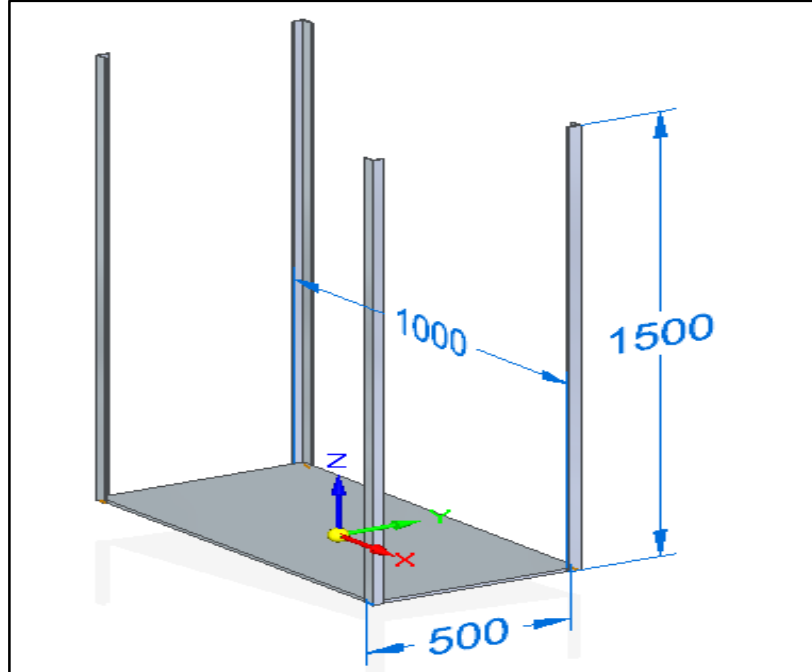
---

<sup>12</sup> GICA . PROCEDIMIENTOS POR PRODUCTO EN PROCESO TOMATE CHONTO Y LARGA VIDA.

<sup>13</sup> TIEMPO, Casa Editorial El. Riesgos y normas de levantamiento de cargas pesadas son reiteradas por guía de salud ocupacional. "Sept 13 de 2007 ". [Consultado el Jan 16,2018]. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-3721756>

Se puede observar el diseño conceptual en la imagen 13.

Imagen 13. Diseño conceptual estructura de clasificación

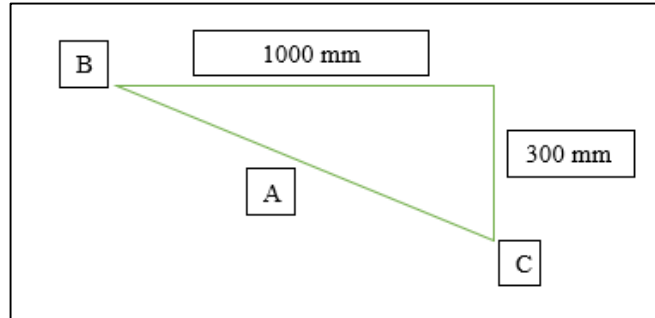


Las clases en las cuales se clasificarán los tomates están establecidas en las siguientes medidas de diámetros:

- Primera clase = 65 mm – 95 mm
- Segunda clase = 55 mm – 64 mm
- Tercera clase = 45 mm – 54 mm

Teniendo las 3 clasificaciones de los tomates se diseña el sistema tipo zaranda, de esta manera, se divide en 5 la altura puesto que se requieren de 5 láminas para llevar a cabo una adecuada clasificación. A las láminas se les dará una inclinación exacta para su buen funcionamiento. (Gráfica 1)

Gráfica 1. Inclínación de láminas



El lado A hace referencia a cómo estará dispuesta la lámina, ahora, teniendo en cuenta la altura y la longitud se calcula el ángulo.

$$\text{Arctan} = \frac{300}{1000} = 16.69^\circ$$

Luego de esto se calcula la velocidad crítica que tendrá el tomate mientras se desplaza del punto B al punto C. Se desprecia la fricción para hallar la velocidad crítica como si no existiera ningún obstáculo. Con la energía cinética y energía potencial se determina esta variable.

Se tiene la fórmula de energía cinética:

$$E_c = \frac{1}{2} * m * V_f^2$$

Donde

$m = \text{masa}$

$V_f = \text{Velocidad final}$

Se tiene la fórmula de energía potencial:

$$E_p = h * m * g$$

Donde

$h = \text{Altura}$

$m = \text{masa}$

$g = \text{aceleración de la gravedad}$

Se igualan las dos fórmulas con el fin de obtener la velocidad final:



$$\frac{1}{2} * m * V_f^2 = h * m * g$$

Se despeja la velocidad final:

$$V_f = \sqrt{2 * h * g}$$

$$V_f = \sqrt{2 * 0.3 * 9.81}$$

$$V_f = 2.42 \text{ m/s}$$

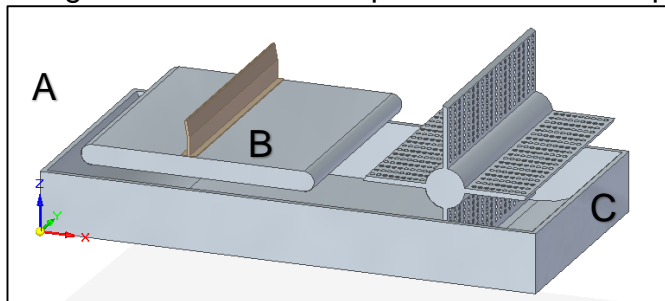
$$V_f = 8.73 \text{ km/h}$$

Este dato será la velocidad crítica, se sabe que la velocidad real del tomate será menor puesto que existirán algunos factores que disminuirán su velocidad. A cada lámina se le dará un espesor de 10 mm como dato base. Finalmente, a cada lámina se le agregará un tipo de pestañas a cada extremo con el objetivo de contar con un buen acople con el perfil de la estructura que estarán dispuestas en la estructura de la sección de clasificación.

## 2.7 DISEÑOS CONCEPTUALES

### 2.7.1. Diseño conceptual sección limpieza

Imagen 14. Diseño conceptual sección de limpieza



- A = Entrada de los tomates
- B = Banda transportadora
- C = Distribuidor

En la parte A, se dispondrán los tomates para su limpieza. La banda transportadora tendrá acoplada a ella una serie de empujadores que servirán para llevar los tomates hacia adelante, garantizando el recorrido de limpieza de estas hortalizas en un tiempo aproximado a los 30 segundos. El espacio dispuesto para la banda

transportadora en esta sección es de aproximadamente el 60% de la bandeja contando algunos espacios dispuestos para la entrada de los tomates mencionada anteriormente y para algunas dimensiones de diseño.

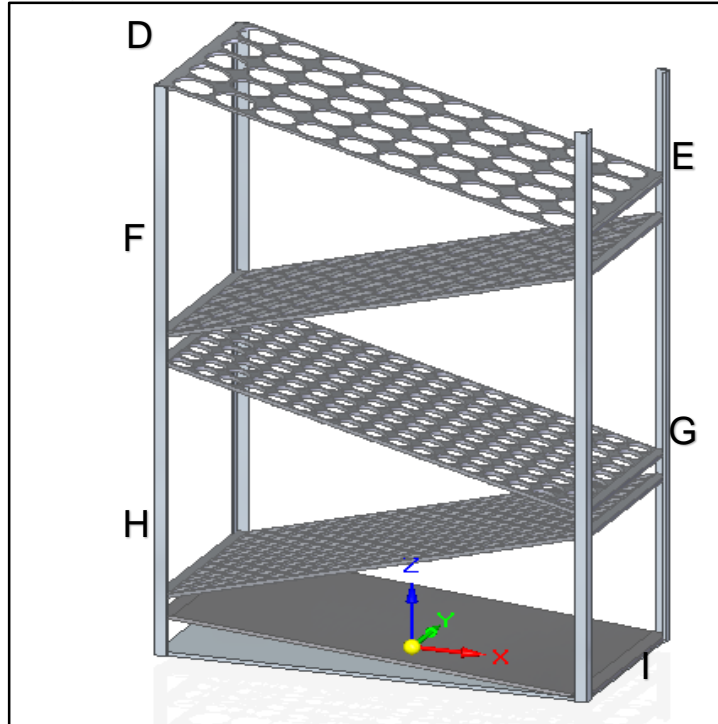
El distribuidor cuenta con cuatro aspas las cuales están encargadas de mover los tomates de la sección de limpieza a la sección de clasificación, girando en sentido antihorario. Se dispondrá del 40% del espacio total de la bandeja para que realice su labor, el distribuidor aprovechara las dos curvas o inclinaciones dadas a la bandeja a su favor para llevar los tomates de una sección a otra. Una de las restricciones para el diseño del distribuidor es que las aspas tengan una distancia determinada de la punta de ellas hasta el fondo de la bandeja en el momento de estar sumergidas, impulsando un tomate de 22,5 mm siendo este el radio del tomate más pequeño, asegurando que ninguna medida de un tomate quede sin ser contemplado.

La bandeja debe contar con la cantidad de agua con hipoclorito de sodio mencionada en los cálculos conceptuales para la sección de limpieza.

El proceso de limpieza de los tomates comienza en parte A en donde se dispondrán los tomates, luego de eso la banda transportadora impulsara los tomates hacia adelante y finalmente el movimiento rotacional del distribuidor enviara a los tomates hacia la otra sección. Este proceso debe realizarse en aproximadamente 30 segundos. El gráfico respectivo de toda esta explicación se puede evidenciar en la imagen 14.

## 2.7.2. Diseño conceptual sección clasificación

Imagen 15. Diseño conceptual sección clasificación



Se dispondrán 5 láminas, donde la primera lámina contará con agujeros de un diámetro de 96 mm, esta lámina se encargará de sacar los tomates que excedan el calibre de los tomates de la primera clase. La segunda lámina tendrá agujeros con un diámetro de 65 mm y se encargará de clasificar los tomates de la primera clase.

La tercera lámina contará con agujeros de diámetro de 55 mm y clasificará los tomates de la segunda clase.

La cuarta lámina tendrá agujeros de diámetro de 45 mm y clasificará los tomates de la tercera clase. Finalmente, la última lámina no tendrá agujeros ya que esta se encargará de transportar los tomates más pequeños hacia una bandeja donde el cliente dispondrá de ellos.

El sistema en conjunto funcionará clasificando por tamaño los tomates, en las clases ya estipuladas anteriormente, en el punto D, entrarán los tomates empujados por el distribuidor de la sección de limpieza, y comenzarán a bajar por gravedad. En cada punto donde acaba una lámina se dispondrá unas bandejas para la recolección de estas hortalizas. La imagen 15 representa el diseño conceptual anteriormente descrito.

### 3. DISEÑO DETALLADO

#### 3.1 CÁLCULO DETALLADO BANDA TRANSPORTADORA

Se requiere mover 50 tomates cada 30 segundos, es decir, en un minuto se deben mover 100 tomates. Cada empujador desplaza 5 tomates aproximadamente, donde se toma el tomate más pesado los cuales tienen el mayor diámetro.

$$180 \text{ gr} * 5 \text{ tomates} = 900 \text{ gr} \cong 1 \text{ kg}$$

$$1 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2 = 9,81 \text{ N}$$

La banda transportadora cuenta con 8 empujadores los cuales desplazan 5 tomates aproximadamente cada uno.

$$8 \text{ empujadores} * 5 \text{ tomates} = 40 \frac{\text{tomates}}{\text{ciclo}}$$

Los subsistemas que conforman la sección de limpieza (banda transportadora y distribuidor), deben trabajar conjuntamente para que se pueda realizar la limpieza y el traslado adecuado de 100 tomates en un minuto hacia la sección de clasificación, por lo tanto, cada subsistema debe realizar su labor en un tiempo crítico de 10 segundos.

Un ciclo de la banda transportadora debe tardar 10 segundos, por ende, el periodo debe ser:

$$P = \frac{10 \text{ seg}}{1 \text{ ciclo}}$$

La frecuencia de la banda transportadora

$$\text{Frecuencia} = \frac{1}{P} = \frac{1}{20} = 0,05 \text{ ciclos/seg}$$

$$3 \text{ ciclos/min} = 3 \text{ rpm}$$

Donde, la velocidad angular

$$v_a = 2\pi * \text{Frecuencia}$$

$$v_a = 2\pi * 0,05 \text{ vueltas/seg} = 0,31415 \text{ rad/seg}$$

La velocidad lineal

$$v_l = v_a * r = 0,31415 \text{ rad/seg} * 0,025 \text{ m}$$

$$v_l = 7,85375 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

Donde

$r = \text{radio del rodillo}$

La mitad de la altura de los empujadores estarán sumergidos en la bandeja, por lo tanto, se debe garantizar que la banda transportadora cuenta con la fuerza necesaria para desplazar los tomates. Como se evidencia en la imagen 16 y 17.

Se calcula en número de Reynolds del agua clorada que se encontrará en la bandeja.

$$R_e = \frac{D_{eq} * v_l}{\nu_{H2O}}$$

Donde

$D_{eq} = \text{Diámetro equivalente de los tomates 5 que se encuentran en un aspa}$

$v_l = \text{Velocidad lineal}$

$\nu_{H2O} = \text{Viscosidad del agua}$

$$D_{eq} = 95 \text{ mm} * 5 \text{ tomates} = 475 \text{ mm}$$

$$\nu_{H2O} = 1,007 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{seg}$$

$$R_e = \frac{0,475 \text{ m} * 7,85375 \times 10^{-3} \text{ m/s}}{1,007 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} = 3704,60$$

El fluido está en transición.

El diámetro equivalente corresponde a la longitud de 5 tomates con diámetro de 95 mm (dato crítico), se calcula el área de acción con el diámetro equivalente que se puede evidenciar en las imágenes 16 y 17, donde es el área donde actúa la fuerza de los tomates y la fuerza de arrastre que debe vencer la banda transportadora.

Imagen 16. Área de acción de los tomates (vista frontal)

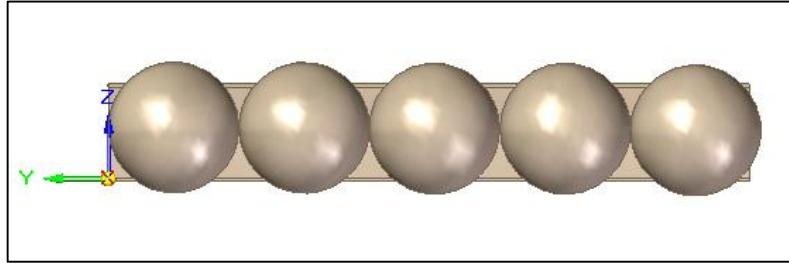
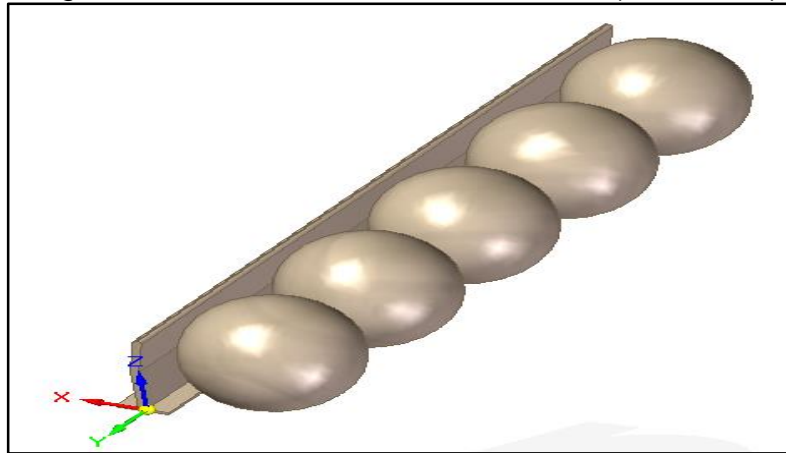


Imagen 17. Área de acción de los tomates (Isométrico)



$$A_c = D_{eq} * H$$

Donde

$A_c$  = Area de acción

$H$  = Altura del empujador

$$A_{eq} = 475 \text{ mm} * 70 \text{ mm} = 33250 \text{ mm}^2 = 0,03325 \text{ m}^2$$

Se sabe que el fluido está en transición, por ende, se aplica la siguiente fórmula para hallar el coeficiente de arrastre que genera el agua clorada depositada en la bandeja. La siguiente formula se sacó del libro mecánica de fluidos sexta edición de Mott, Robert.

$$C_A = \frac{24}{Re} + \frac{2,6 * \left(\frac{Re}{5,0}\right)}{1 + \left(\frac{Re}{5,0}\right)^{1,52}} + \frac{0,411 * \left(\frac{Re}{263000}\right)^{-7,94}}{1 + \left(\frac{Re}{263000}\right)^{-8}} + \frac{Re^{0,8}}{461000}$$

$$C_A = 0,41$$

Con el coeficiente de arrastre calculado, se halla la fricción que ejerce el agua sobre los empujadores. La siguiente formula se sacó del libro mecánica de fluidos sexta edición de Mott, Robert.

$$F_r = C_A * \frac{1}{2} * \rho_F * A_c * v_l^2$$

Donde

$F_r$  = Coeficiente de fricción

$C_A$  = Coeficiente de arrastre

$A_c$  = Área de acción

$v_l$  = Velocidad lineal

$\rho_F$  = Densidad del fluido =  $1000 \text{ kg/m}^3$

$$F_r = 0,41 * \frac{1}{2} * 1000 \text{ kg/m}^3 * 0,03325 \text{ m}^2 * 7,85375 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

$$F_r = 0,053533 \text{ N}$$

Ahora, se calcula la fuerza total que deberá vencer cada empujador al momento de desplazar una tanda de tomates (20 tomates).

$$F_T = 9,81 \text{ N} + 0,053533 \text{ N} = 9,863533 \text{ N}$$

La fuerza total se multiplica por 4, que son los empujadores en servicio.

$$F_T = 9,863533 \text{ N} * 4$$

$$F_T = 39,454 \text{ N}$$

### 3.1.1. Cálculo de los ejes de cada rodillo de la banda transportadora

Se calcula la masa total de la banda que será la fuerza distribuida que tendrá que soportar cada eje.

El material de la cinta de la banda transportadora y de los empujadores es PVC.

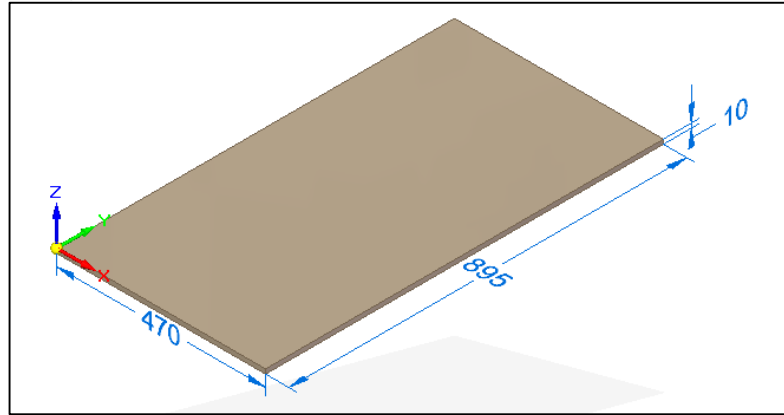
$$\rho_{PVC} = 1,4 \text{ gr/cm}^3$$

El material de los rodillos y los ejes correspondientes es acero inoxidable AISI 304.

$$\rho_{AC} = 7,9 \text{ gr/cm}^3$$

Se calcula el volumen de cada pieza y luego se multiplica por la densidad correspondiente para obtener la masa. Las medidas usadas para este cálculo se pueden ver en las imágenes 18, 19, 20, 21 y 22.

Imagen 18. Cinta de la banda transportadora extendida



$$V_C = 10 \text{ mm} * 470 \text{ mm} * 830 \text{ mm} = 3901000 \text{ mm}^3 = 3901 \text{ cm}^3$$

$$m_c = 3901 \text{ cm}^3 * 1,4 \text{ gr/cm}^3 = 5461,4 \text{ gr} = 5,4614 \text{ kg}$$

Imagen 19. Empujador (vista lateral)

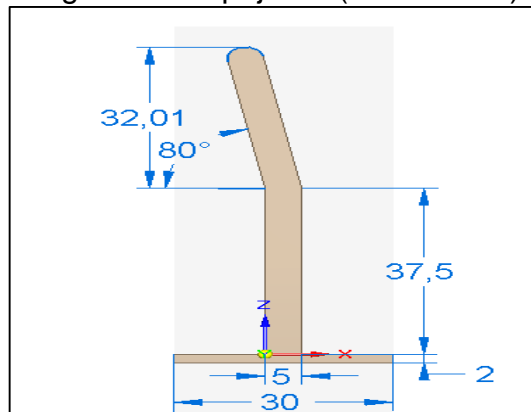
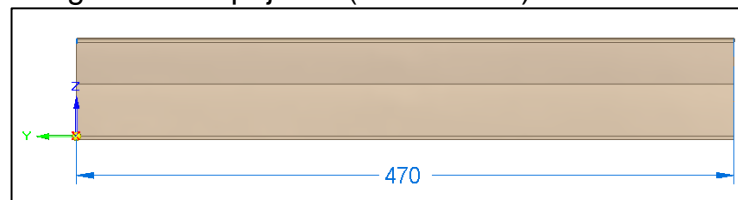


Imagen 20. Empujador (vista frontal)





Volumen de un empujador

$$V_E = (30 \text{ mm} * 470 \text{ mm} * 2 \text{ mm}) + (37,5 \text{ mm} * 470 \text{ mm} * 5 \text{ mm}) + (32,01 \text{ mm} * 470 \text{ mm} * 5 \text{ mm}) = 192700 \text{ mm}^3 = 192,7 \text{ cm}^3$$

$$V_{TE} = 192,7 \text{ cm}^3 * 8 \text{ empujadores} = 1541,6 \text{ cm}^3$$

$$m_{TE} = 1541,6 \text{ cm}^3 * 1,4 \text{ gr/cm}^3 = 2158,24 \text{ gr} = 2,15824 \text{ kg}$$

La masa total de la cinta con los 8 empujadores.

$$m_T = 5,4614 \text{ kg} + 2,15824 \text{ kg} = 7,62 \text{ kg}$$

Imagen 21. Rodillo (vista lateral)

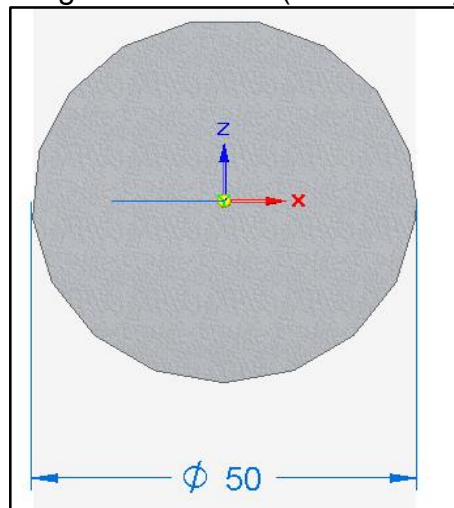
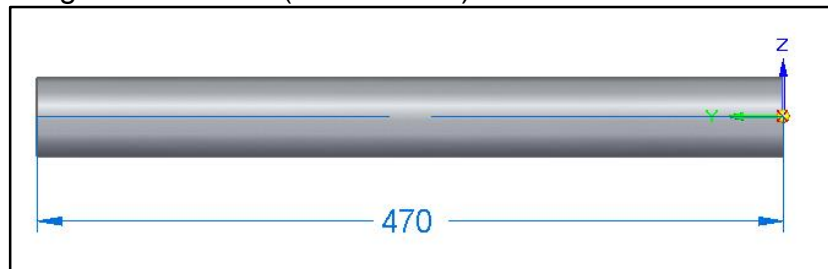


Imagen 22. Rodillo (Vista frontal)



$$V_R = \pi * r^2 * L = \pi * (25 \text{ mm})^2 * 470 \text{ mm} = 922842,842 \text{ mm}^3 = 922,842 \text{ cm}^3$$

$$m_R = 922,842 \text{ cm}^3 * 7,9 \text{ gr/cm}^3 = 7290,458 \text{ gr} = 7,290 \text{ kg}$$

Ahora, se calcula las fuerzas necesarias, luego el torque y finalmente la potencia con las que debe contar el motor que movera este subsistema.

Fuerza generada por los tomates y el agua a los empujadores (Esta fuerza ya se calculo anteriormente).

$$F_1 = 39,454 \text{ N}$$

Torque de la banda transportadora

$$T_B = (F_1 * \text{Distancia de la punta del empujador al centro del rodillo}) \\ * \text{momento de inercia de los rodillos} * \text{aceleracion inicial del motor}$$

$$T_B = (F_1 * h) + ((I\alpha) * 2)$$

$$T_B = (39,454 \text{ N} * 0,095 \text{ m}) + \left( \left( \left( \frac{1}{2} * m * r^2 \right) * \frac{v_a}{\Delta t} \right) * 2 \text{ rodillos} \right)$$

$$T_B = (9,863533 \text{ N} * 0,095 \text{ m}) + \left( \left( \left( \frac{1}{2} * 7,290 \text{ kg} * (0,025)^2 \right) * \frac{0,31415}{10 \text{ seg}} \right) * 2 \right)$$

$$T_B = 3,75 \text{ Nm}$$

Potencia de la banda transportadora

$$P_B = v_a * T_B = 0,31415 * 3,75 = 1,177 \text{ W}$$

Con esta información seleccionamos el motor que estará acoplado al eje de la banda transportadora. El motor seleccionado es un motor DC 12V 5.5 rpm a16101100ux0169 véase en anexo F. El eje del motor se acoplará al eje de la banda transportadora con un acople de 6 mm a 15 mm con prisionero véase en anexo I.

Seguido se calcula la fuerza de tensión (FB) que la banda ejerce a los rodillos, utilizando el torque ( $T_B$ ) previamente calculado y el radio de uno de ellos.

Donde

$$F_n = \text{Fuerza Neta}$$

$T_B = \text{Torque de banda transportadora}$   
 $FB = \text{Fuerza de tensión}$

$$Fn = \frac{T_B}{r}$$

$$FB = 1.5 * FN$$

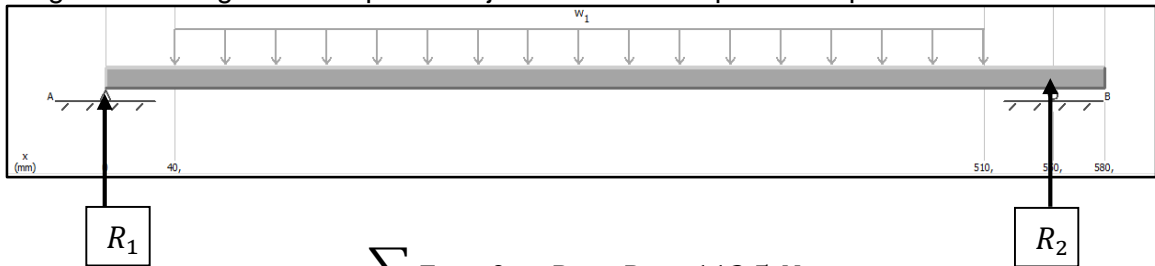
$$Fn = \frac{3.75Nm}{0.025m} = 150N$$

$$FB = 150 * 1.5 = 225N$$

El factor de seguridad que se utiliza para cálculo para fuerzas flexionantes en correas y bandas es 1.5, este dato se sacó del libro de Mott, Robert.

La fuerza de tensión tiene un valor de 225 N, pero se divide en 2 porque son dos ejes en donde se distribuye, el nuevo valor es de 112,5N. A partir del diagrama de cuerpo libre, se muestran los diagramas correspondientes. Este análisis realizado corresponde a la fuerza de tensión a la cual están sometidos los dos rodillos de la banda transportadora, por ende, se realiza primero el análisis del eje para las fuerzas tensión y posteriormente para las cargas a las cuales se encuentra sometido. (Plano ZX)

Diagrama 1. Diagrama cuerpo libre eje de banda transportadora para el cálculo de tensión



$$\sum F_Y = 0 = R_1 + R_2 - 112,5 N$$

$$\sum M_A = 0 = -(112,5 N * 0,275 m) + (R_2 * 0,55 m)$$

$$R_2 = 56,25 N$$

$$R_1 = 56,25 N$$

Teniendo en cuenta el valor de las reacciones se procede a realizar los diagramas 2, 3, 4 y 5.

Diagrama 2. Diagrama fuerza cortante para tensión (Unidades: N)

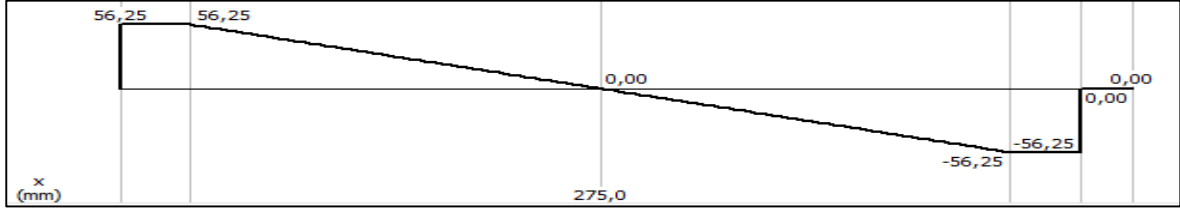


Diagrama 3. Diagrama momento flector para tensión (Unidades N/m)

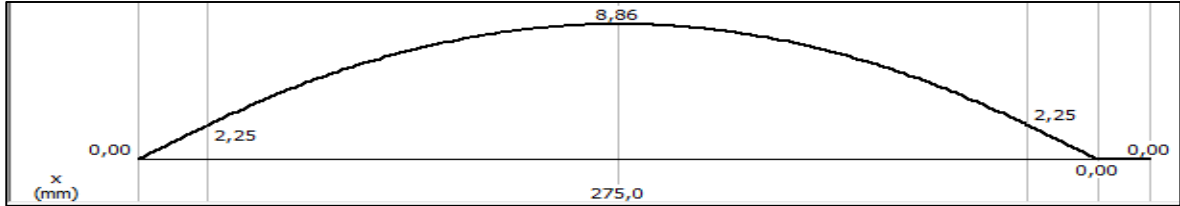


Diagrama 4. Diagrama gradiente para tensión (Unidades: grados)

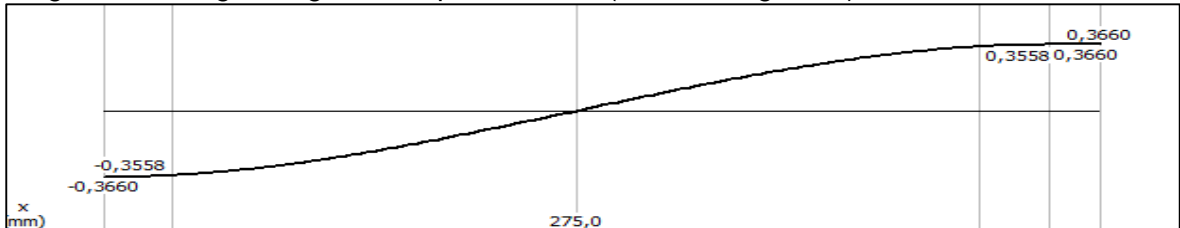
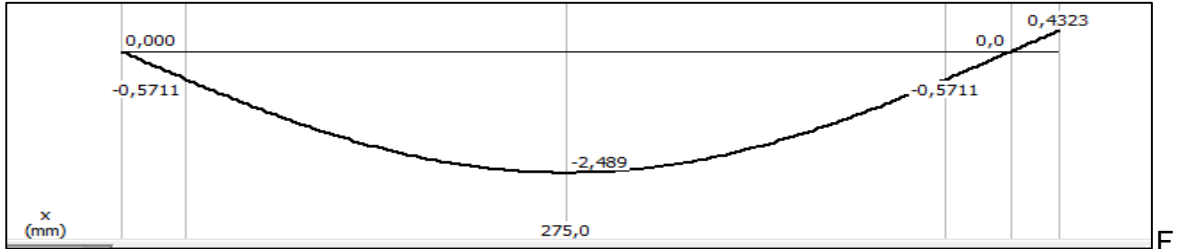


Diagrama 5. Diagrama de deflexión para tensión (Unidades: milímetros)



A continuación, se realiza el análisis de los ejes y de esta manera obtener el diámetro adecuado. La banda transportadora cuenta con dos rodillos y cada rodillo tiene un eje, los ejes de la banda transportadora son diferentes puesto que uno de ellos se acoplará a un motor, por lo tanto, un eje será más corto que el otro.

Los rodillos de la banda transportadora están sometidos a una carga distribuida que corresponde al peso de la misma.

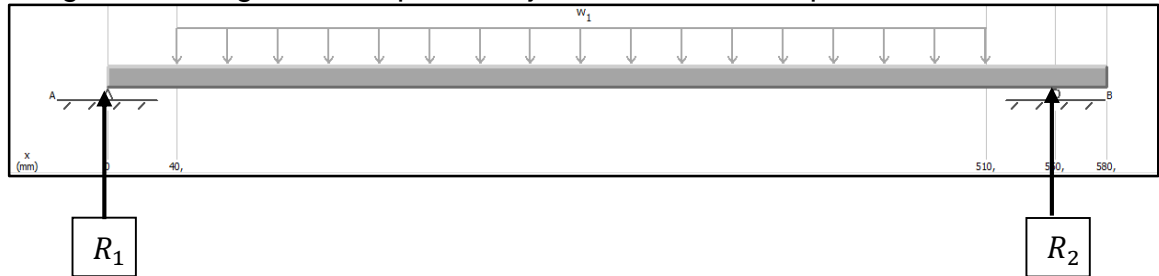
Se realiza el análisis del eje que estará acoplado al motor, puesto que, este será el eje más largo y obteniendo el radio crítico de este eje se establecerá el otro eje, pero más corto. (Plano XY) Se calcula la fuerza total de la banda transportadora  $F_{TB}$

$$F_{TB} = (m_T * 9,81 \text{ m/s}^2) + (m_R * 9,81 \text{ m/s}^2)$$

$$F_{TB} = (7,62 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2) + (7,290 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2)$$

$$F_{TB} = 146,2671 \text{ N}$$

Diagrama6. Diagrama cuerpo libre eje de la banda transportadora



$$\sum F_Y = 0 = R_1 + R_2 - 73,1335 \text{ N}$$

$$\sum M_A = 0 = -(73,1335 \text{ N} * 0,275 \text{ m}) + (R_2 * 0,55 \text{ m})$$

$$R_2 = 36,56 \text{ N}$$

$$R_1 = 36,56 \text{ N}$$

Teniendo en cuenta el valor de las reacciones se procede a realizar los diagramas 7, 8, 9 y 10.

Diagrama 7. Diagrama fuerza cortante (Unidades: N)

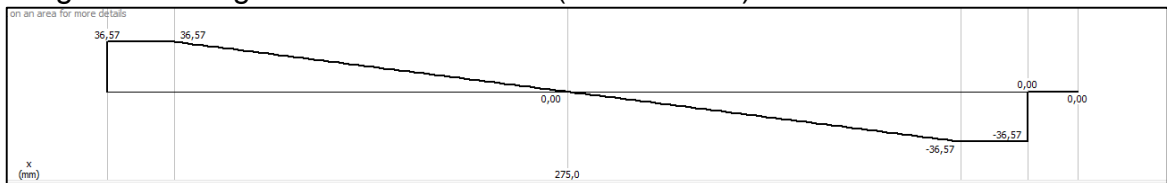
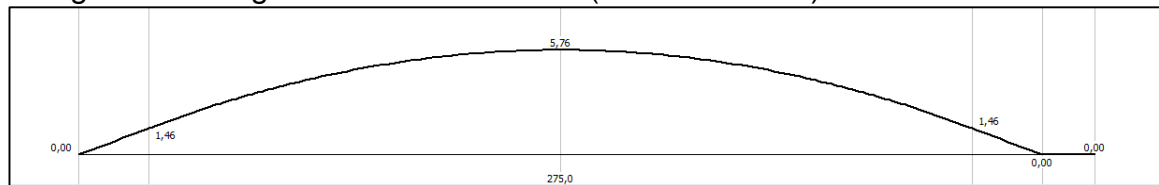


Diagrama 8. Diagrama momento flector (Unidades: N/m)



Se calcula el radio crítico o radio de diseño del eje.

El esfuerzo del acero inoxidable AISI 304.

$$\sigma_Y = 255,106 \text{ MPa}$$

Cálculo de esfuerzo cortante, método para estimar fallas en materiales dúctiles bajo carga, sacado del libro mecánica de materiales de Robert Mott capítulo 5.

$$\tau_y = 0,577 * 255,106 \text{ MPa} = 147,2 \text{ MPa}$$

El eje se diseñará con un factor de seguridad igual 1,5. Este valor se toma por certeza bajo el criterio bajo en libro mecánica de materiales de Robert Mott capítulo 5.

$$\tau_{permisible} = \frac{\tau_{falla}}{F.S.} = \frac{147,2 \text{ MPa}}{1,5} = 98,13 \text{ MPa}$$

Entonces

$$\tau = \frac{T_B * r}{J} = \frac{T_B * r}{\frac{\pi * d^4}{32}}$$

Donde

$\tau =$  Esfuerzo permisible

$r =$  radio del eje

$J =$  Momento de inercia polar

Se despeja el radio del eje

$$r = \sqrt[3]{\left(\frac{\left(\frac{T_B}{\tau}\right) * 32}{2\pi}\right)} = \sqrt[3]{\left(\frac{\left(\frac{3,75}{98,13 \times 10^6}\right) * 32}{2\pi}\right)}$$

$$r = 5,79 \text{ mm}$$

$$D = 11,58 \text{ mm}$$

Se obtiene que el diámetro crítico de los ejes de la banda transportadora es de 11,58 mm. La menor medida que se encuentra en el mercado de chumaceras con soporte tipo pedestal es de diámetro interno de 15 mm, por esta razón, se aproxima el eje de la banda transportadora a la medida de la chumacera SY 15 FM (véase anexo H), esta chumacera se seleccionó ya que soporta las cargas a las cuales estará sometida según los cálculos anteriores como se muestra en la imagen 23

El acople que se usará para juntar el eje de la banda transportadora y el eje del motor remítase al anexo J.

Imagen 23. Datos carga soportada por los rodamientos.

<b>Datos del cálculo</b>			
Capacidad de carga dinámica básica	C	9.56	kN
Capacidad de carga estática básica	C <sub>0</sub>	4.75	kN
Carga límite de fatiga	P <sub>u</sub>	0.2	kN
Velocidad límite (con tolerancia de eje h6)		9500	r/min
<b>Masa</b>			
Unidad de masa		0.49	kg
<b>Información de montaje</b>			
Tamaño de llave hexagonal para prisionero	N	3	mm
Par de apriete recomendado para el prisionero		4	N·m
Diámetro recomendado para los tornillos de fijación, mm	G	10	mm
Diámetro recomendado para los tornillos de fijación, pulgadas	G	0.375	in
<b>Productos correspondientes</b>			
Soporte			SY 503 M
Rodamiento			YET 203/15

Fuente. Catalogo SKF

Se calcula la deflexión que sufrirá el eje. Entonces, se usa el software MD Solids 4.0 para el cálculo de la deflexión, se suministran los siguientes datos, el módulo de elasticidad del material del acero inoxidable AISI 304.

$$\epsilon = 193053,196 \text{ MPa}$$

$$I = \left( \frac{1}{2} * \left( \frac{\pi * (7,5 \text{ mm})^2 * 580 \text{ mm}}{(10) \text{ cm}^3} * 7,9 \text{ gr} / \text{cm}^3 \right) * (7,5 \times 10^{-3})^2 \right)$$

Donde

$\epsilon$  = Modulo de elasticidad del acero inoxidable

$I$  = Momento de inercia del eje

$$\epsilon * I = 193053,196 \text{ MPa} * 2,27729 \times 10^{-5} \text{ kg} * \text{m}^2$$

$$\epsilon * I = 4396381,127 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Diagrama 9. Diagrama del gradiente (Unidades: grados)

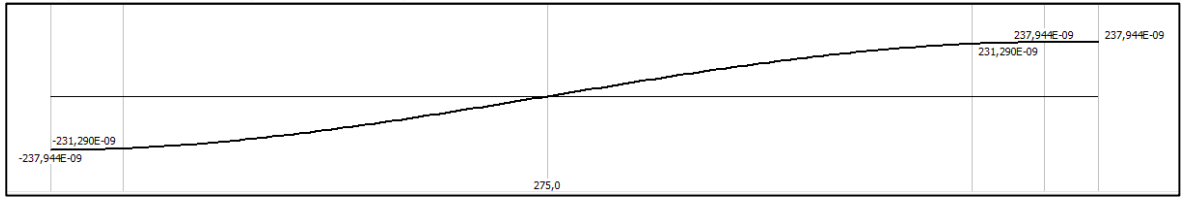
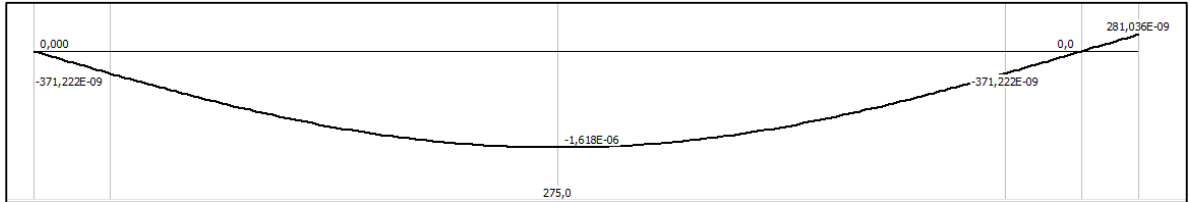


Diagrama 10. Diagrama de deflexión (Unidades: milímetros)



Los elementos previamente calculados se muestran en la imagen 24, 25, 26 y 27.

Imagen 24. Eje largo para acople de motor

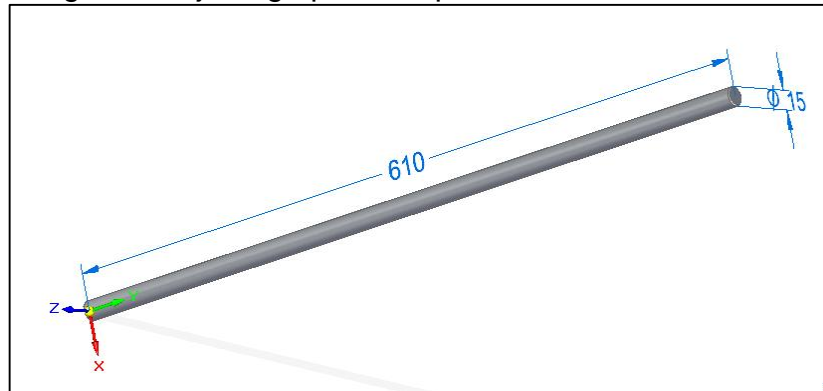


Imagen 25. Eje corto sin acople de motor

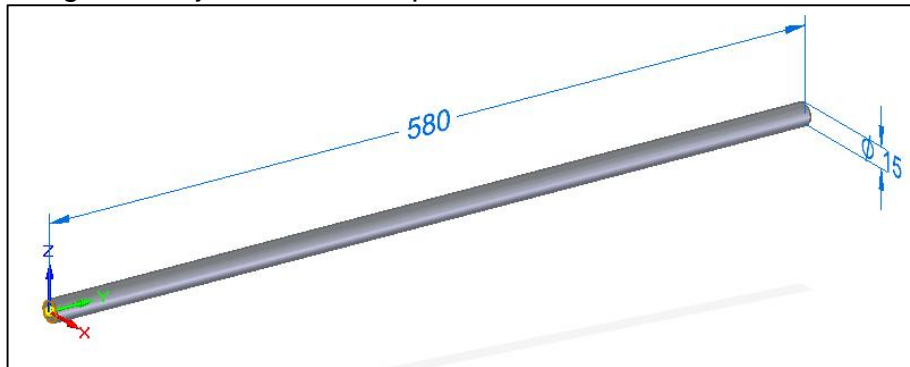




Imagen 26. Rodillo de banda transportadora

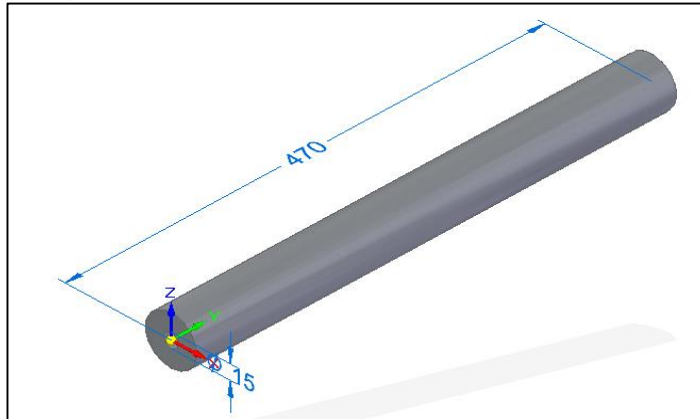
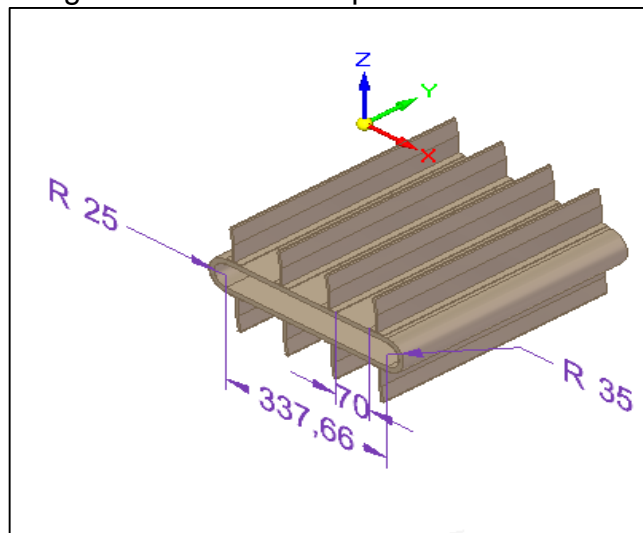


Imagen 27. Banda transportadora



**NOTA:** Los empujadores estará acoplados a la banda transportadora por medio de calor.

### 3.2 CÁLCULO DETALLADO DISTRIBUIDOR

Se requiere mover 50 tomates cada 30 segundos, es decir, 100 tomates en un minuto; el distribuidor cuenta con 4 aspas y cada una de estas desplaza 5 tomates aproximadamente, por lo tanto, una vuelta del distribuidor desplazara 20 tomates, por ende, el distribuidor debe dar 5 vueltas en un minuto para cumplir la primera condición.

Cada aspa tendrá que vencer la fuerza de aproximadamente 5 tomates cada uno con un peso de crítico de 180 gr.

$$180 \text{ gr} * 5 \text{ tomates} = 900 \text{ gr} \cong 1 \text{ kg}$$

$$1 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2 = 9,81 \text{ N} = F_T$$

Por lo tanto, el periodo que debe manejar el distribuidor es

$$P = \frac{60 \text{ seg}}{5 \text{ vueltas}} = 12 \text{ seg/vueltas}$$

La frecuencia el distribuidor

$$Frecuencia = \frac{1}{P} = \frac{1}{12 \text{ seg/ciclos}} = 0,0833 \text{ ciclos/seg} = 4,98 \text{ rpm}$$

La velocidad angular del distribuidor

$$v_a = 2\pi * Frecuencia = 2\pi * 0,0833 = 0,5235 \text{ rad/seg}$$

### 3.2.1 Cálculo del eje del distribuidor

Se calcula la masa total del distribuidor que será la fuerza distribuida que tendrá que soportar el eje.

El material del distribuidor y el eje será acero inoxidable AISI 304.

$$\rho_{AC} = 7,9 \text{ gr/cm}^3$$

Se calcula la masa de cada pieza que conforma el distribuidor con las medidas dadas en las imágenes 28 y 29.

Imagen 28. Aspa del distribuidor (vista superior)

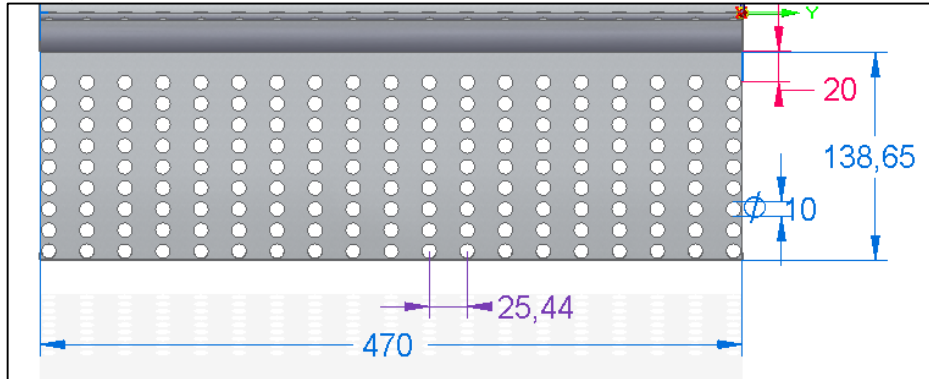
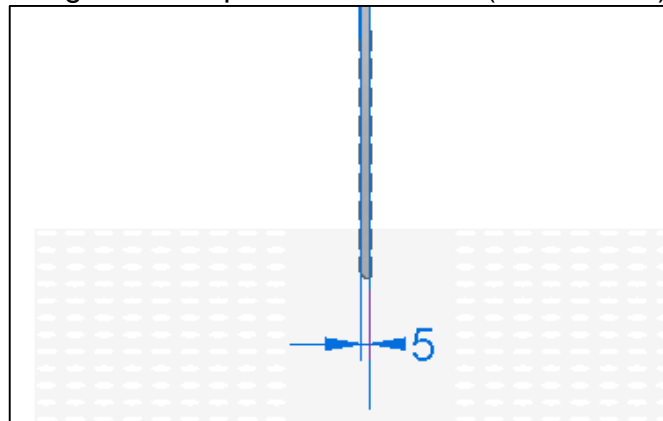


Imagen 29. Aspa del distribuidor (vista lateral)



$$V_a = 138,65 \text{ mm} * 5 \text{ mm} * 470 \text{ mm} = 325827,5 \text{ mm}^3 = 325,8275 \text{ cm}^3$$

Se obtiene el volumen de un aspa sin tener en cuenta los agujeros, ahora, se calcula el volumen de los 171 agujeros que tiene cada aspa y se calculó el volumen total de un aspa.

$$V_{\text{agujero}} = \pi * (5 \text{ mm})^2 * 5 \text{ mm} = 392,6990 \text{ mm}^3 = 0,39269 \text{ cm}^3$$

El volumen total de un aspa

$$V_{TA} = V_a - (V_{\text{agujero}} * 171 \text{ Agujeros})$$

$$V_{TA} = 325,8275 \text{ cm}^3 - (0,39269 \text{ cm}^3 * 171) = 258,68 \text{ cm}^3$$

Se calcula la masa de un aspa

$$m_a = V_{TA} * 7,9 \text{ gr/cm}^3 = 258,68 \text{ cm}^3 * 7,9 \text{ gr/cm}^3 = 2043,6 \text{ gr} = 2,04 \text{ kg}$$

Volumen de la manzana se calcula con las medidas que se muestran en las imágenes 30 y 31.

Imagen 30. Manzana distribuidor (maciza, vista frontal)

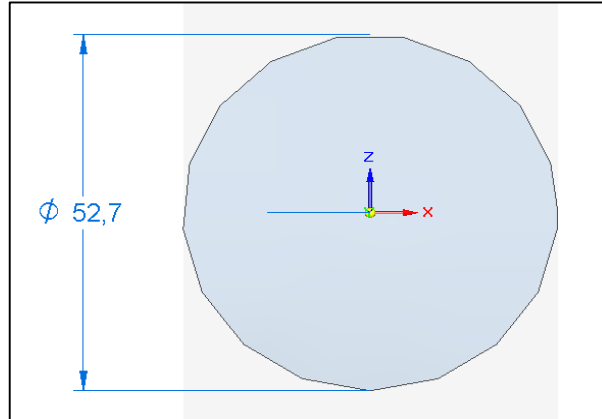
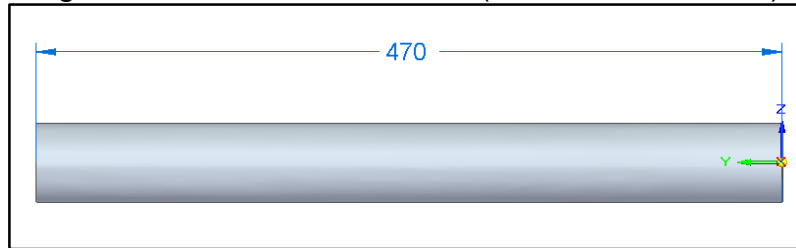


Imagen 31. Manzana distribuidor (maciza, vista lateral).



$$V_m = \pi * (26,35 \text{ mm})^2 * 470 \text{ mm} = 1025200,879 \text{ mm}^3 = 1025,2 \text{ cm}^3$$

La masa de la manzana es

$$m_m = 1025,2 \text{ cm}^3 * 7,9 \text{ gr/cm}^3 = 8099,08 \text{ gr} = 8,09 \text{ kg}$$

Se calcula la masa total de todo el distribuidor

$$m_{TOTAL} = 8,09 \text{ kg} + (2,04 \text{ kg} * 4 \text{ aspas}) = 16,25 \text{ kg}$$

Se calcula el torque y la potencia

$$T = F_T * d + F_P * d + I\alpha$$

Donde

$T = \text{Torque}$

$F_T = \text{Fuerza ejercida por los tomates}$

$F_P = \text{Fuerza ejercida por el peso de un aspa horizontalmente}$

$d = \text{distancia de la punta del aspa hasta el centro del distribuidor}$

$I = \text{Momento de inercia del distribuidor (obtenido por solid edge st6)}$

$\alpha = \text{Aceleración inicial del motor} = \frac{v_a}{\Delta t}$

$$T = (9,81 \text{ N} * 0,165 \text{ m}) + \left( (2,04 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2) * 0,165 \text{ m} \right) + (0,087 \text{ kg} * \text{m}^2 * \alpha)$$

$$T = (1,69 \text{ Nm}) + (3,30 \text{ Nm}) + (4,55 \times 10^{-3})$$

$$T = 5 \text{ Nm}$$

$$P = T * v_a = 5 \text{ Nm} * 0,5235 \text{ rad/seg}$$

$$P = 2,6 \text{ watts}$$

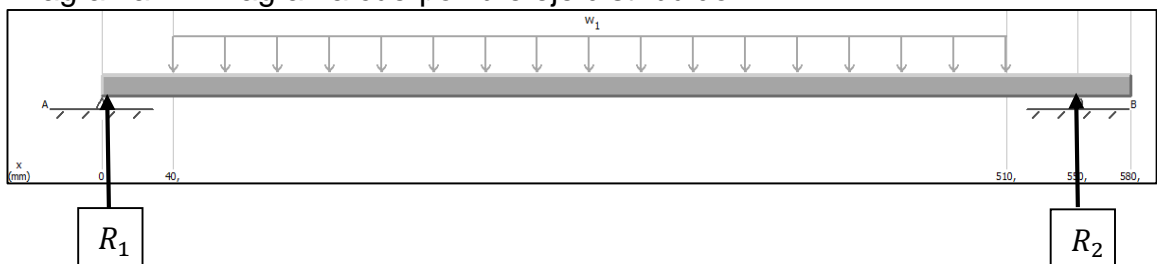
Se realiza la selección del motor correspondiente, el motor es DSD-95SS555 eléctrica DC Gear motor high torque 4Nm 5Nm. Véase anexo E

Se realiza el cálculo del diámetro mínimo que deberá tener el eje dispuesto para soportar el distribuidor. Este eje tendrá que soportar la fuerza distribuida que generar el peso de todo el distribuidor.

$$F_D = (16,25 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2)$$

$$F_D = 159,41 \text{ N}$$

Diagrama 11. Diagrama cuerpo libre eje distribuidor



Teniendo en cuenta el valor de las reacciones se procede a realizar los diagramas 12, 13, 14 y 15.

$$\sum F_Y = 0 = R_1 + R_2 - 159,41 \text{ N}$$

$$\sum M_A = 0 = -(159,41 \text{ N} * 0,275 \text{ m}) + (R_2 * 0,55 \text{ m})$$

$$R_2 = 79,705 \text{ N}$$

$$R_1 = 79,705 \text{ N}$$

Diagrama 12. Diagrama fuerza cortante (Unidades: N)

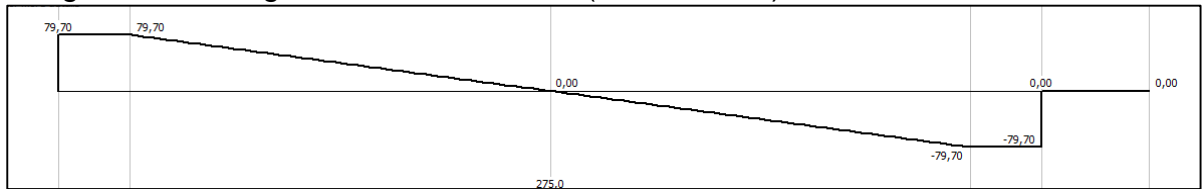
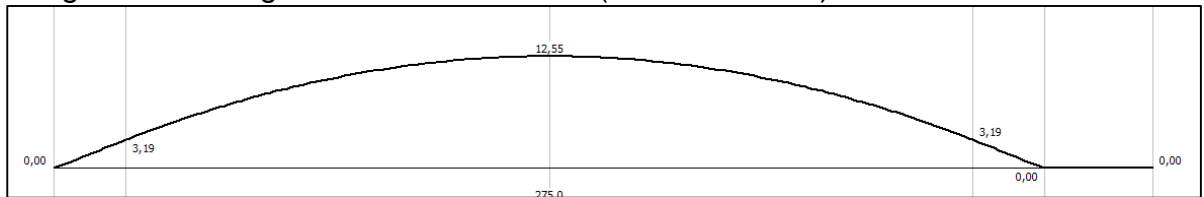


Diagrama 13. Diagrama momento flector (Unidades: N/m)



Se calcula el radio crítico o radio de diseño del eje.

El esfuerzo del acero inoxidable AISI 304

$$\sigma_y = 255,106 \text{ MPa}$$

$$\tau_y = 0,577 * 255,106 \text{ MPa} = 147,2 \text{ MPa}$$

El eje se diseñará con un factor de seguridad igual 1,5.

$$\tau_{permissible} = \frac{\tau_{falla}}{F.S.} = \frac{147,2 \text{ MPa}}{1,5} = 98,13 \text{ MPa}$$

Entonces

$$\tau = \frac{T_B * r}{J} = \frac{T_B * r}{\frac{\pi * d^4}{32}}$$

Donde

$\tau$  = Esfuerzo permisible

$r$  = radio del eje

$J$  = Momento de inercia polar

Se despeja el radio del eje

$$r = \sqrt[3]{\left(\frac{\left(\frac{T_B}{\tau}\right) * 32}{2\pi}\right)} = \sqrt[3]{\left(\frac{\left(\frac{5}{98,13 \times 10^6}\right) * 32}{2\pi}\right)}$$

$$r = 6,37 \text{ mm}$$

$$D = 12,7 \text{ mm}$$

Se obtiene que el diámetro crítico de los ejes de la banda transportadora es de 12,7 mm, por el motivo diseño explicado en el anterior eje como se muestra en la imagen 23 (utilizando una chumacera SY 15 FM véase anexo H), el eje se estandariza en 15 mm de diámetro.

Se calcula la deflexión que sufrirá el eje. Entonces, se usa el software MD Solids 4.0 para el cálculo de la deflexión, se suministran los siguientes datos:

$$\epsilon = 193053,196 \text{ MPa}$$

$$I = \left(\frac{1}{2} * \left(\frac{\pi * (7,5 \text{ mm})^2 * 580 \text{ mm}}{(10) \text{ cm}^3} * 7,9 \text{ gr/cm}^3\right) * (7,5 \times 10^{-3})^2\right)$$

Donde

$\epsilon$  = Modulo de elasticidad del acero inoxidable

$I$  = Momento de inercia del eje

$$\epsilon * I = 193053,196 \text{ MPa} * 2,27729 \times 10^{-5} \text{ kg} * \text{m}^2$$

$$\epsilon * I = 4396381,127 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Diagrama 14. Diagrama gradiente (Unidades: Grados)

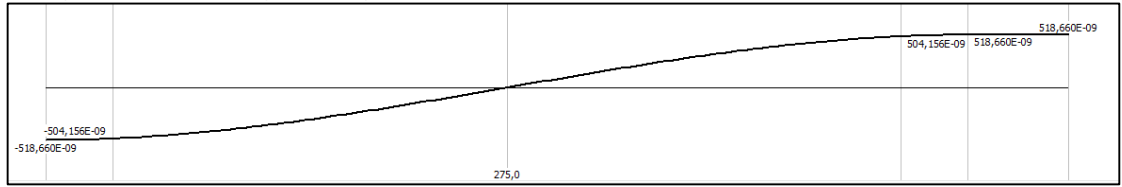
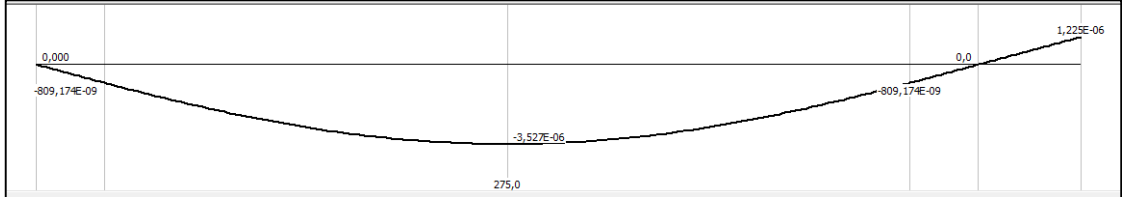


Diagrama 15. Diagrama deflexión (Unidades: mm)



Las piezas previamente calculadas se muestran en las imágenes 32, 33, 34, 35 y 36.

Imagen 32. Eje distribuidor.

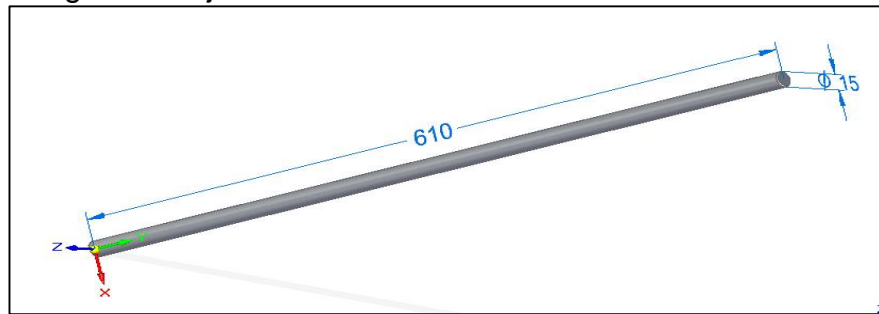


Imagen 33. Distribuidor (vista frontal).

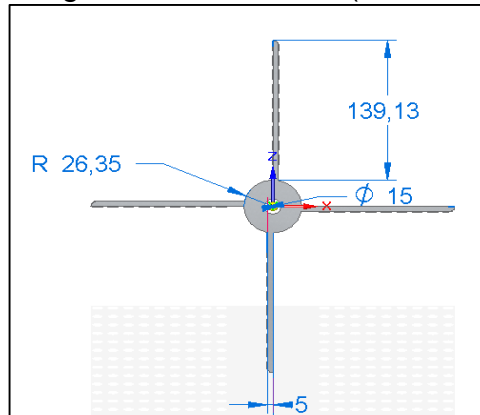




Imagen 34. Distribuidor (vista lateral).

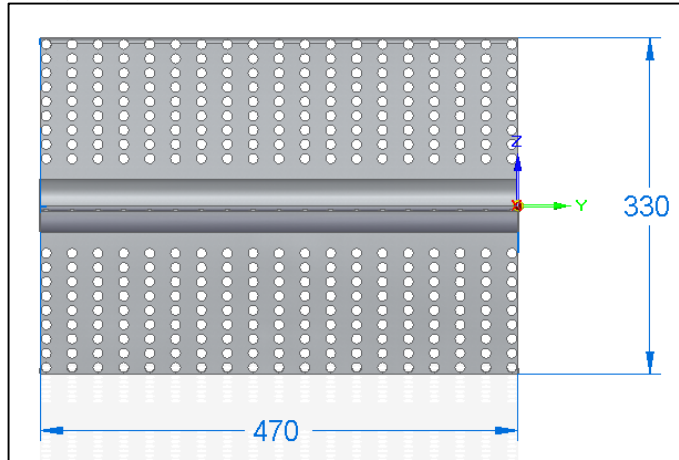


Imagen 35. Distribuidor (isométrico).

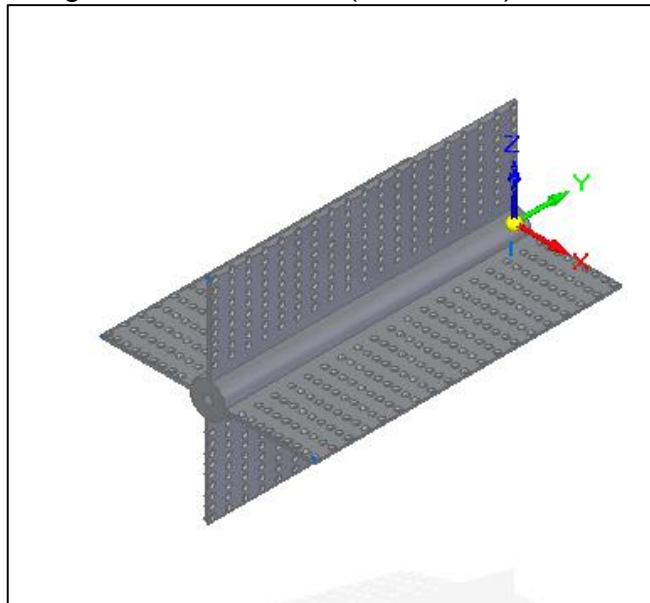
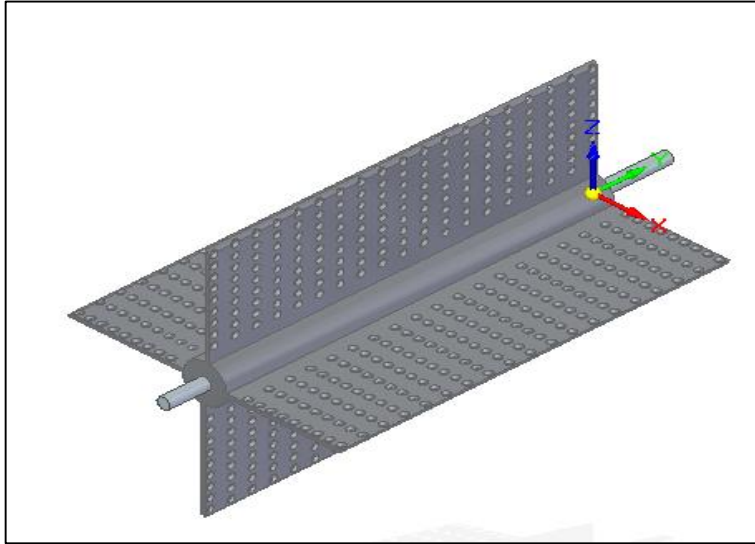


Imagen 36. Distribuidor con su respectivo eje (isométrico)

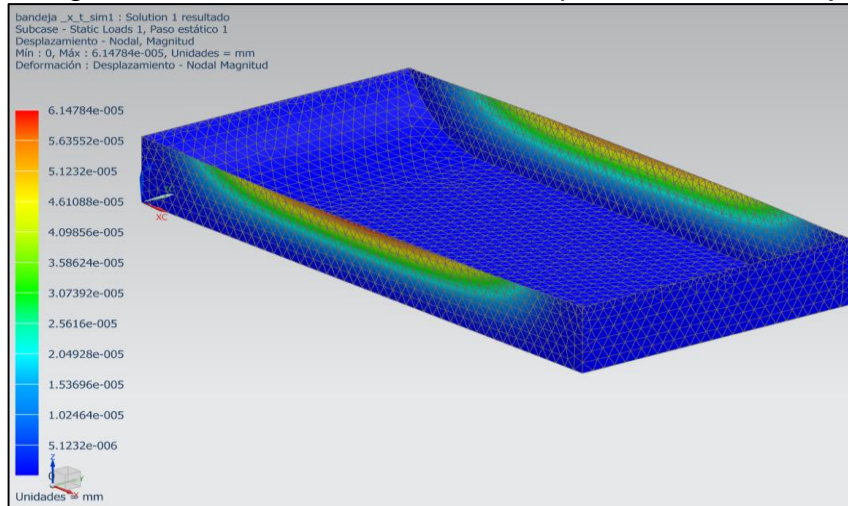


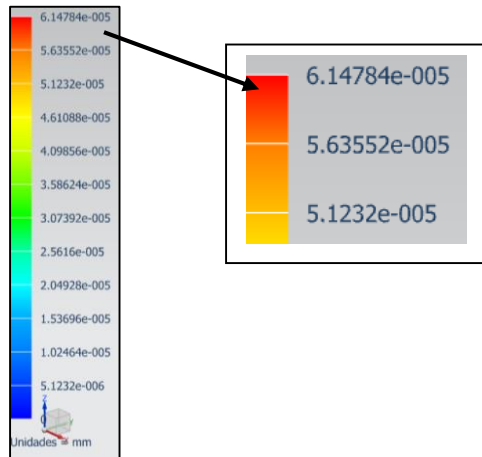
### 3.3 ANÁLISIS DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA DE LA BANDEJA

El agua clorada que está contenida en la bandeja en donde se realiza la limpieza de los tomates por inmersión genera un esfuerzo y un desplazamiento, estos parámetros se calculan con un análisis de presión hidráulica en el software NX 11, donde se obtienen los siguientes resultados.

#### 3.3.1 Análisis de desplazamiento

Imagen 37. Simulación análisis de desplazamiento bandeja.



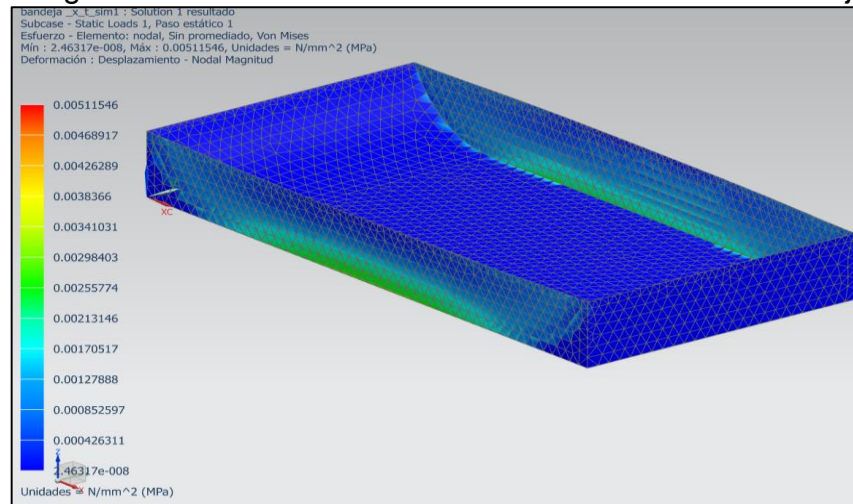


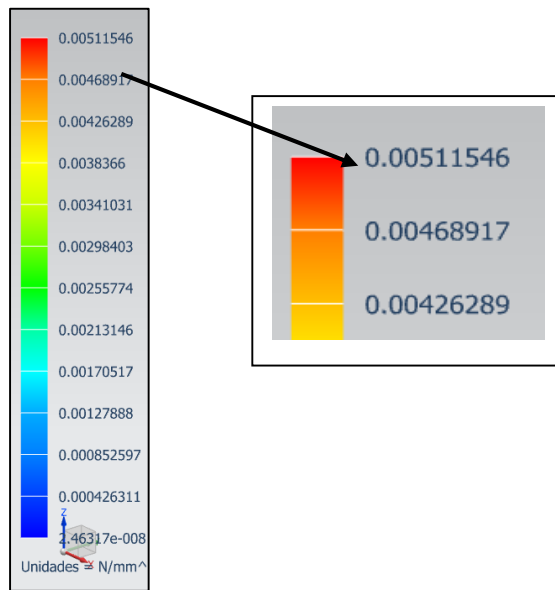
Se obtiene como máximo desplazamiento que genera el agua a la bandeja el valor de  $6.1478 \times 10^{-5}$  milímetros en las placas laterales, este valor no afecta el funcionamiento adecuado de la bandeja como se muestra en la imagen 37

Este análisis se realizó en condiciones críticas simulando como si toda la bandeja estuviera llena de agua; en el proceso real se requiere que la bandeja se encuentre con el nivel de agua a la mitad de su altura.

### 3.3.2 Análisis de esfuerzo máximo

Imagen 38. Simulación análisis de esfuerzo máximo bandeja





Se obtiene el máximo esfuerzo que deberá soportar la bandeja al momento de contener el agua, el valor máximo es 0.0051 MPa este valor no afecta el funcionamiento adecuado como se muestra en la imagen 38. Gracias al software aplicado en este análisis se muestra en donde la bandeja sufrirá el máximo esfuerzo generado por el agua.

El límite de fluencia del acero inoxidable AISI 304 que es 58,5 MPa, se calcula el factor de seguridad:

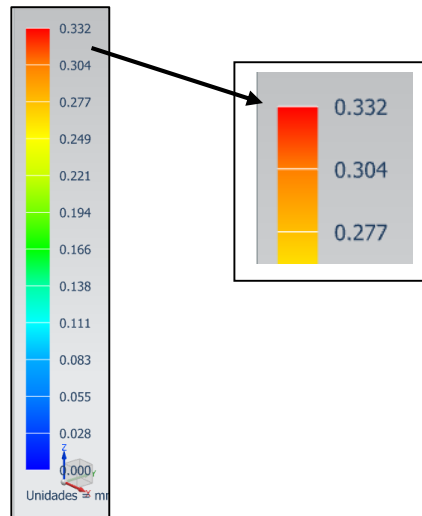
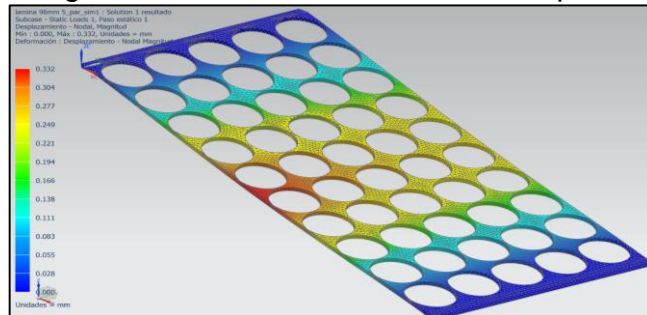
$$FS = \frac{58,5 \text{ MPa}}{0,00511546 \text{ MPa}} = 11435$$

### 3.4 ANÁLISIS DE CARGA EN LÁMINAS

Los tomates al llegar a la sección de clasificación generaran varias cargas en las láminas, se toma la carga crítica que ejerce los tomates que es de 88.29 N que equivalente a 50 tomates de 180 gramos cada uno.

#### 3.4.1 Análisis de desplazamiento en las láminas

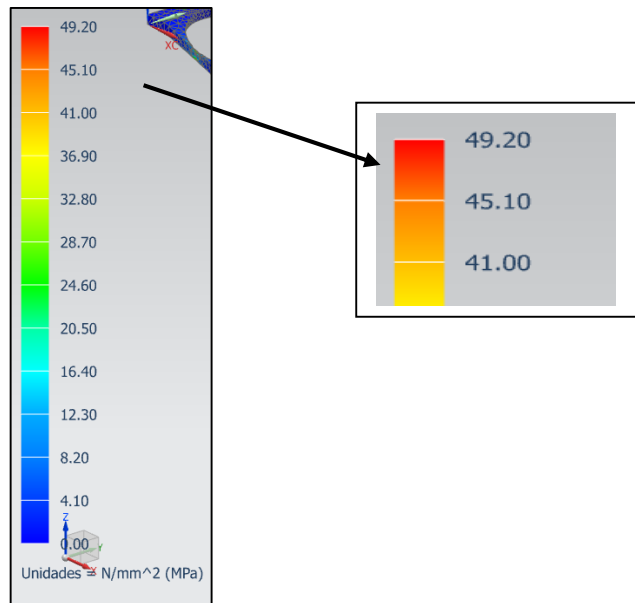
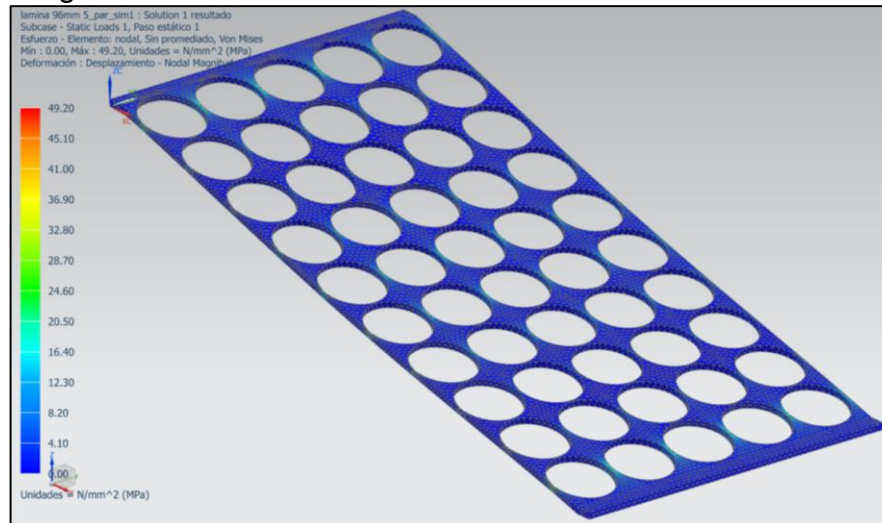
Imagen 39. Simulación análisis de desplazamiento laminas



El desplazamiento máximo que se evidencia en la simulación bajo las cargas específicas ya mencionadas tiene un valor de 0,332 mm este valor no afecta el funcionamiento adecuado como se muestra en la imagen 39.

### 3.4.2 Análisis de esfuerzo máximo en las láminas

Imagen 40. Simulación análisis de esfuerzo máximo láminas



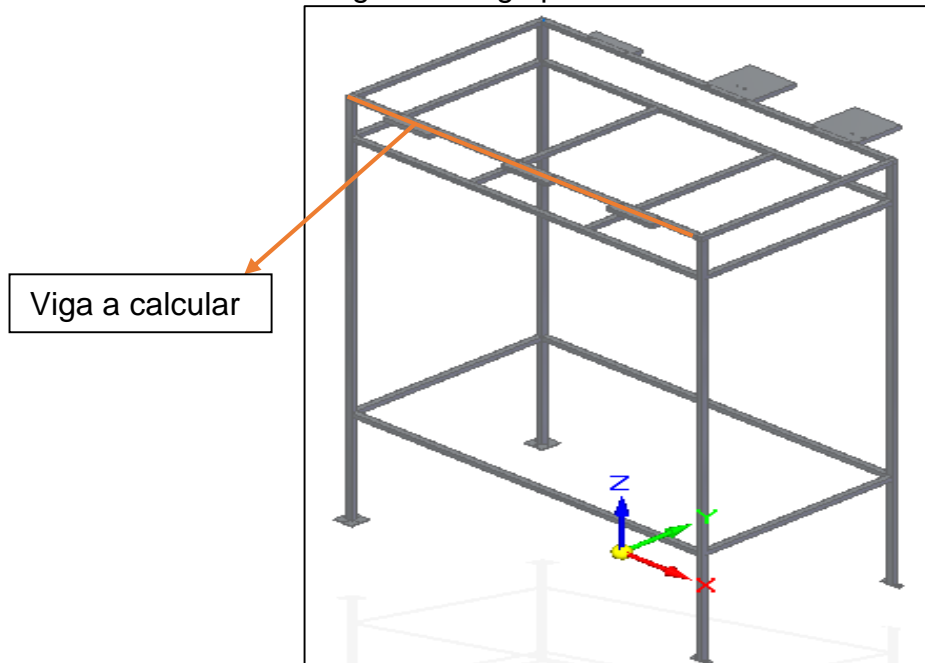
El esfuerzo máximo que se presenta en lámina tiene un de 49,20 MPa este valor no afecta el funcionamiento adecuado como se muestra en la imagen 40.

El esfuerzo de fluencia del acero inoxidable AISI 304 es 58,5 MPa, ahora, se halla el factor de seguridad

$$FS = \frac{58,5 \text{ MPa}}{49,20 \text{ MPa}} = 1,3$$

### 3.5 CÁLCULO DETALLADO DE LA ESTRUCTURA

Imagen 41. Viga por calcular



3.5.1 Cálculo viga. La viga que se encuentra más cargada es la viga que se puede apreciar en la imagen 41. Para saber qué tipo de perfil se va a usar en la estructura que va a sostener toda la máquina, se va a calcular la viga que esté sometida a más carga.

El método que se usó para el cálculo de la viga es el de singularidad para poder hallar las ecuaciones de momento y así encontrar las reacciones.

$$M = -MA < x - a > + R1 < x - a > - 58,26N < x - a > - 58.26N < x - a > - 88.29N < x - a >$$

$$M = -MA < x - 0 > + R1 < x - 0 > - 58.26N < x - 0.225 > - 58.26N < x - 0.575 > - 88.29N < x - 0.835 >$$

$$M = MA + R1x - 58.26N < x - 0.225 > - 58.26N < x - 0.575 > - 88.29 < x - 0.835 >$$

Después de tener la ecuación de momentos, se integra dos veces. La primera integral es para hallar la pendiente y la segunda para hallar la deflexión (Diagrama 19)

$$\int EI \frac{d^2v}{dx^2} = \int -MA + R1x - 58.26N \langle x - 0.225 \rangle - 58.26N \langle x - 0.575 \rangle - 88.29 \langle x - 0.835 \rangle$$

$$EI \frac{dv}{dx} = -MAx + \frac{R1x^2}{2} - \frac{58.26N \langle x - 0.225 \rangle^2}{2} - \frac{58.26N \langle x - 0.575 \rangle^2}{2} - \frac{88.29N \langle x - 0.835 \rangle^2}{2} + C1$$

$$\int EI \frac{dv}{dx} = \int -MAx + \frac{R1x^2}{2} - \frac{58.26N \langle x - 0.225 \rangle^2}{2} - \frac{58.26N \langle x - 0.575 \rangle^2}{2} - \frac{88.29N \langle x - 0.835 \rangle^2}{2} + C1$$

$$EIv = -\frac{MAx^2}{2} + \frac{R1x^3}{6} - \frac{58.26N \langle x - 0.225 \rangle^3}{6} - \frac{58.26N \langle x - 0.575 \rangle^3}{6} - \frac{88.29N \langle x - 0.835 \rangle^3}{6} + C1x + C2$$

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se calculan las constantes de integración.

$$\langle x - a \rangle^n = 0 \text{ para } x < a$$

$$\langle x - a \rangle^n = (x - a)^n \text{ para } x \geq a$$

$$n \geq 0$$

$$\langle x - a \rangle^0 = 1 \text{ cuando } x \geq a$$

$$\langle x - a \rangle^0 = 0 \text{ cuando } x \leq a$$

$$\text{Cuando } x = 0, v = 0$$

Cuando  $x = 0$  la deflexión es cero

$$EI(0) = C2$$

$$0 = C2$$

Cuando  $x = 0$  la pendiente es cero



$$EI(0) = -MA(0) + \frac{R1(0)^2}{2} - \frac{58.26N < 0 - 0.225 >^2}{2} - \frac{58.26N < 0 - 0.575 >^2}{2} - \frac{88.29N < 0 - 0.835 >^2}{2} + C1$$

$$0 = C1$$

Paso a seguir es hacer sumatoria de fuerzas y sumatoria de momentos

$$\Sigma Fy = 0$$

$$R1 - 5826N - 58.26N - 88.29N + R2 = 0$$

$$\Sigma ME = 0$$

$$MA - R1(-1m) + 58.26N(-0.775m) + 58.26N(-0.425m) + 88.29N(-0.165m) \\ MA + R1 - 45.1515Nm - 24.7605Nm - 14.5679Nm = 0$$

$$MA = -R1 + 84.4799Nm$$

Teniendo las ecuaciones de las fuerzas y momentos se pueden hallar las reacciones, remplazando entre ellas.

Cuando  $x = 1, v = 0$

$$EI(0) = \frac{-R1 + 84.4799x^2}{2} + \frac{R1x^3}{6} - \frac{58.26 < x - 0.225 >^3}{6} - \frac{58.26 < x - 0.575 >^3}{6} - \frac{88.29 < 0.835 >^3}{6}$$

$$0 = \frac{-R1 + 84.4799}{2} + \frac{R1}{6} - 9.71(1 - 0.225)^3 - 9.71(1 - 0.575)^3 - 14.715(1 - 0.835)^3$$

$$0 = \frac{-R1 + 84.4799}{2} + \frac{R1}{6} - 4.52 - 0.74 - 0.066$$

$$0 = \frac{-R1}{2} + 42.24 + \frac{R1}{6} - 5.326$$

$$0 = \frac{-6R1 + 2R1}{12} + 36.91$$

$$0 = \frac{-4R1}{12} + 36.91$$

$$0 = \frac{-R1}{3} + 36.9$$

$$R1 = 110.73N$$

Teniendo R1, se reemplaza en las ecuaciones de sumatoria de fuerzas y momentos previamente hecha para calcular R2 y MA

$$R2 = -110.73 + 58.2658.26 + 88.29$$

$$R2 = 94.08N$$

$$MA = -R1 + 84.4799$$

$$MA = -110.73 + 84.4799$$

$$MA = -26.2501Nm$$

Finalmente se hace sumatoria de momentos en punto A para hallar el momento en el punto E

$$\Sigma MA = 58.26N(0.225m) + 58.26N(0.575m) + 88.29N(0.835) + ME - R2(1)$$

$$0 = 13.1085Nm + 33.4995Nm + 73.72215Nm - R2 + ME$$

$$ME = R2 - 120.33015Nm$$

$$ME = 94.08Nm - 120.33015Nm$$

$$ME = -26.25015Nm$$

Teniendo todas las reacciones y momentos se pueden graficar los diagramas 16, 17 y 18.

Y con estos se halla el  $S_{requerido}$ .

$$S_{requerido} = \frac{Momento\ maximo}{\sigma_{permisible}}$$

$$\sigma_{permisible} = 322MPa\ del\ A\ 500$$

Con un factor de seguridad de 1.5

$$S_{req} = \frac{44.62865 Nm}{\frac{322 \times 10^6 \frac{N}{m^2}}{2}}$$

$$S_{req} = 2.078 \times 10^{-7} m^3$$

$$S_{req} = 0.20789 cm^3$$

Teniendo en cuenta el valor arrojado por los cálculos pertinentes el cual es de 1.785 cm<sup>3</sup> se procede a realizar una comparación de valores para escoger el perfil estructural correspondiente; en el anexo A se muestra el catálogo de propiedades secciones AISC SI aceros estructurales, las especificaciones del perfil elegido de 15 x 15 x 0.9.

Diagrama 16. Diagrama cuerpo libre viga estructura

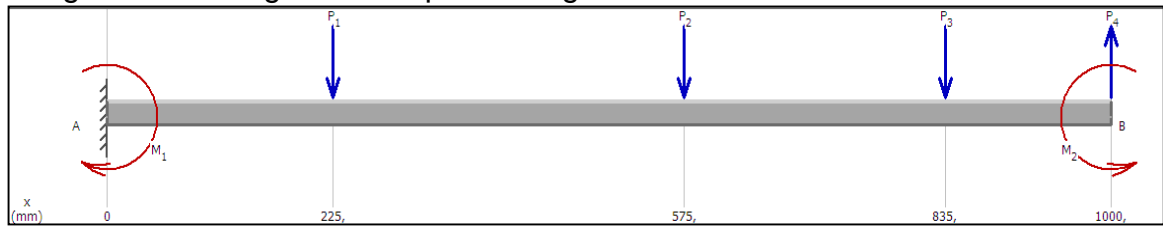


Diagrama 17. Diagrama fuerza cortante viga estructura. (Unidades: N)

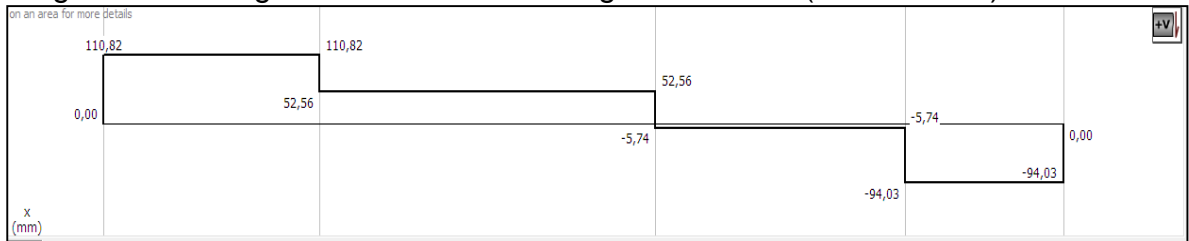


Diagrama 18. Diagrama momento flector viga estructura. (Unidades: N/m)

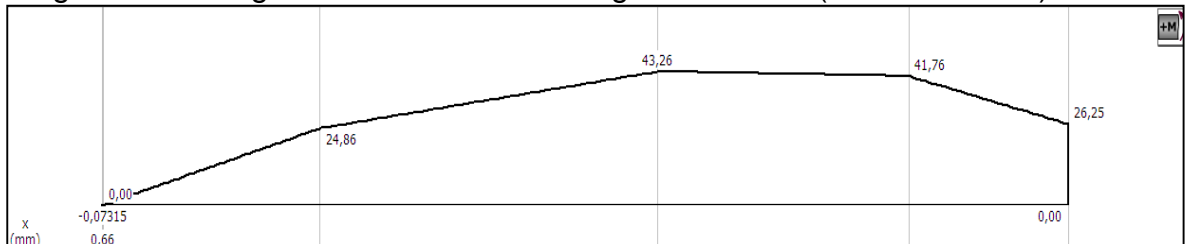
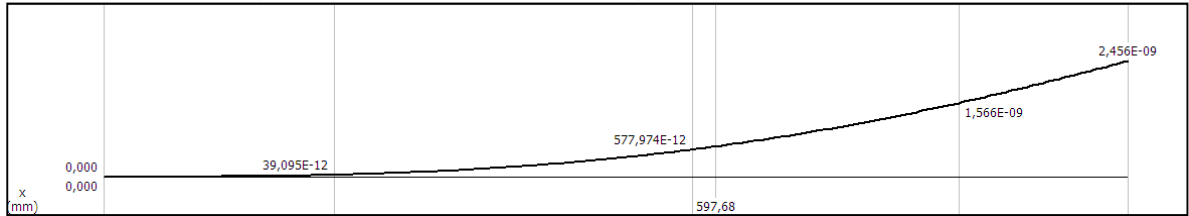


Diagrama 19. Diagrama deflexión máxima viga estructura. (Unidades: mm)



### 3.5.2 Cálculo de la columna

Para realizar el cálculo de columnas se usa el libro de diseño de elementos de máquinas de Robert Mott, capítulo 6 páginas 234-235

Para la columna, se calcula la relación de esbeltez (SR)

$$SR = \frac{KL}{r} = \frac{Le}{r}$$

*L*: longitud de la columna entre los puntos de apoyo o de restricción lateral

*K*: factor de fijación de los extremos

*Le*: longitud efectiva teniendo en cuenta la manera de fijar los extremos

*r*: radio de giro mínimo de la sección transversal de la columna

$$L = 1515 \text{ mm}$$

$$K = 0.65$$

$$r = 5.69 \text{ mm ( sacado de catálogo de propiedades secciones AISC acero A500)}$$

$$SR = \frac{0.65 * 1515}{5.69} = \frac{984.75}{5.69}$$

$$SR = 173.06$$

El siguiente paso es calcular la constante de la columna (*Cc*)

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi E}{S_y}}$$

*E* = es el módulo de elasticidad del material de la columna (A500)

*Sy* = resistencia de fluencia del material

$$E = 210000 \text{ MPa}$$

$$S_y = 250 \text{ MPa}$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi * 210000}{250}}$$

$$C_c = 128.77$$

Se compara la relación de esbeltez con la constante de la columna  
Como:

$$SR > Cc$$

$$173.06 > 128.77$$

Se trata de una columna larga, por lo tanto, se usa la fórmula de Euler para calcular la carga crítica de pandeo.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * E * A}{(SR)^2}$$

Donde

$P_{cr}$  = Carga crítica de pandeo

$E$  = 210000MPa

$A$  = área transversal, como el perfil escogido es de 15 \* 15 mm

$A$  = 225 mm<sup>2</sup>

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * 210000 * 225}{(173.06)^2}$$

$$P_{cr} = 15570.7008N$$

El paso final es calcular la carga permisible de la columna. Se especifica un factor de seguridad (N) de 2 según el libro mecánica de materiales capítulo 6 de Robert Mott y se aplica la fórmula.

$$Pa = \frac{P_{cr}}{N}$$

N=2

$$Pa = \frac{15570.7008}{2}$$

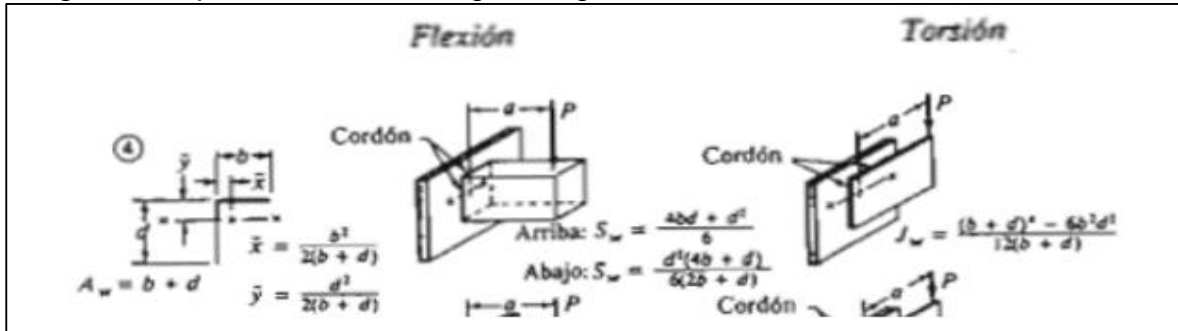
$$Pa = 7785.35N$$

La carga crítica de la columna es de 7785.35N, las cargas que las columnas deben soportar son cargas de 66.2175 N, por lo cual no exceden al valor calculado, lo que quiere decir que las columnas aguantan el peso ejercido en ellas.

3.5.3 Cálculo de soldadura. El análisis de soldadura se realiza en la pieza más crítica de la máquina, en este caso, se toma la viga usada para el cálculo de la estructura.

Para el cálculo de la soldadura, se debe determinar la geometría de la unión a soldar como se muestra en la imagen 42 y de esta manera determinar los esfuerzos que se desarrollan en esta.

Imagen 42. Tipo de soldadura según su geometría.



Fuente: MOTT, Robert L., et al. Diseño De Elementos De Máquinas. México: Pearson educación, S.A, 2006. 9702608120. 786 p.

Esta viga está sometida a fuerza cortantes y de flexión y teniendo en cuenta la imagen 43 se procede con el cálculo.

Imagen 43. Tipo de carga para la soldadura.

Tipo de carga	Fórmula (y número de ecuación) para fuerza/pulgada de soldadura
Tensión o compresión directa	$f = P/A_w$ (20-4)
Cortante vertical directo	$f = V/A_w$ (20-5)
Flexión	$f = M/S_w$ (20-6)
Torsión	$f = Tc/J_w$ (20-7)

Fuente: MOTT, Robert L., et al. Diseño De Elementos De Máquinas. México: Pearson educación, S.A, 2006. 9702608120. 786 p.

Para la fuerza cortante, se tiene (El esfuerzo cortante V, se debe tomar en libras y las medidas del perfil en pulgadas).

$$f = \frac{V}{A_w} = \frac{V}{b + d} = \frac{24,84 \text{ lb}}{0,59 \text{ in} + 0,59 \text{ in}} = 21,1 \text{ lb/in}$$

Para las fuerzas de tensión, se tiene

$$f = \frac{M}{Z_w}$$

Donde  $Z_w$

$$\text{Para la parte inferior: } Z_w = \frac{4bd+d^2}{6} = 0,29 \text{ in}$$

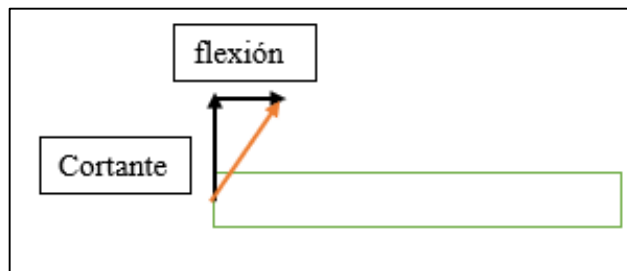
$$\text{Para la parte superior: } Z_w = \frac{d^2(4b+d)}{6(2b+d)} = 0,096 \text{ in}$$

Se toma el mayor valor para el cálculo, en este caso 0,29.

$$f = \frac{10,033 \text{ lb}}{0,29 \text{ in}} = 34,50 \text{ lb/in}$$

Se grafica los vectores resultantes que se generan en la viga y se halla el vector resultante.

Grafica 2. Vector resultante



Resultante es igual a:

$$R = \sqrt{(21,1)^2 + (34,06)^2} = 40,5261 \text{ lb/in}$$

Imagen 44. Fuerza admisible por pulgada de lado

Grado ASTM del metal base	Electrodo	Esfuerzo cortante admisible	Fuerza admisible por pulgada de lado
Estructuras de edificios:			
A36, A441	E60	13 600 psi	9600 lb/pulg
A36, A441	E70	15 800 psi	11 200 lb/pulg
Estructuras de puentes			
A36	E60	12 400 psi	8800 lb/pulg
A441, A242	E70	14 700 psi	10 400 lb/pulg

Fuente: MOTT, Robert L., et al. Diseño De Elementos De Máquinas. México: Pearson educación, S.A, 2006. 9702608120. 786 p.

Teniendo en cuenta la fuerza admisible (imagen 44) por pulgada de lado se calcula el electrodo.

$$w = \frac{40,5261 \text{ lb/in}}{9600 \text{ lb/in} * \text{in de lado}} = 4,22 \times 10^{-3} \text{ in} = 0,10 \text{ mm}$$

Para seleccionar el tamaño del electrodo se emplea el catálogo de West arco (Véase anexo G), en donde se puede observar que el electrodo a utilizar es un E 6010 de diámetro 3/32 de pulgada.

Teniendo en cuenta los cálculos anteriores se selecciona un electrodo para acero inoxidable, que se usa en las uniones de la bandeja, el electrodo escogido se muestra en el catálogo West arco (Véase anexo G) en donde se muestra que el electrodo a utilizar es un E308L-16 de diámetro 3/32 de pulgada.

#### 3.5.4. Cálculo de tornillos

Se parte de hallar la fuerza a la que estarán sometidos los tornillos, tomando en cuenta la masa de toda la máquina donde se toma un dato crítico de 200 kg y una aceleración promedio de un vehículo, el cual halará la máquina que estará dispuesta sobre un tráiler de carga.

La aceleración que se tomará será la desaceleración de un vehículo puesto que, la fuerza de frenado es mucho más fuerte que la de aceleración, se toma para el cálculo como dato crítico. El dato crítico es la aceleración con la que frena un auto que va a 80 km/h hasta 0 km/h, el tiempo promedio de este proceso es de 3 segundos.

$$80 \text{ km/h} = 22,22 \text{ m/s}$$



$$a = \frac{v_f - v_i}{t} = \frac{0 \text{ m/s} - 22,22 \text{ m/s}}{3 \text{ s}} = 7,40 \text{ m/s}^2$$

$$F = m * a = 200 \text{ kg} * 7,40 \text{ m/s}^2 = 1480 \text{ N}$$

Luego se divide esta fuerza a soportar entre la cantidad de tornillos que estarán dispuestos y se tendrá la fuerza cortante.

$$V = \frac{1480 \text{ N}}{20 \text{ tornillos}} = 74 \text{ N}$$

Con la siguiente se halla el diámetro de cada tornillo, despejándolo.

$$\tau_{max} = \frac{V}{A} = \frac{V}{\left(\frac{\pi D^2}{4}\right)}$$








En la siguiente formula el  $\tau_{max} = \tau_{permissible}$  de esta manera se podrá calcular el diámetro.

$$\tau_{permissible} = 0,577 * \sigma_{permissible}$$

Donde en la siguiente tabla encontraremos para grado SAE, clase 4.8 y se obtiene que el

$$\sigma_y = 340 \text{ MPa}$$

Imagen 45. Clase de tornillos

Número de Clase	Rango del diámetro [mm]	Resistencia de prueba mínima [MPa]	Resistencia elástica mínima [MPa]	Resistencia a la tracción mínima [MPa]	Material	Marcado de la cabeza
4.6	M5-M36	225	240	400	Acero de mediano o bajo carbono	
4.8	M1.6-M16	310	340	420	Acero de mediano o bajo carbono	
5.8	M5-M24	380	420	520	Acero de mediano o bajo carbono	
8.8	M16-M36	600	660	830	Acero de mediano o bajo carbono, templado y revenido	
9.8	M1.6-M16	650	720	900	Acero de mediano o bajo carbono, templado y revenido	
10.9	M5-M36	830	940	1040	Acero martensítico de bajo carbono, templado y revenido	
12.9	M1.6-M36	970	1100	1220	Acero de aleación, templado y revenido	

Fuente. Sujetadores roscados catalogo

Se toma un factor de seguridad de 2 puesto que, estarán dispuestos a cargas dinámicas y estáticas.

$$\sigma_{permisible} = \frac{\sigma_y}{F.S} = \frac{340 \text{ MPa}}{2} = 170 \text{ MPa}$$

Entonces

$$\tau_{permisible} = 0,577 * 170 \text{ MPa} = 98,09 \text{ MPa}$$

Finalmente

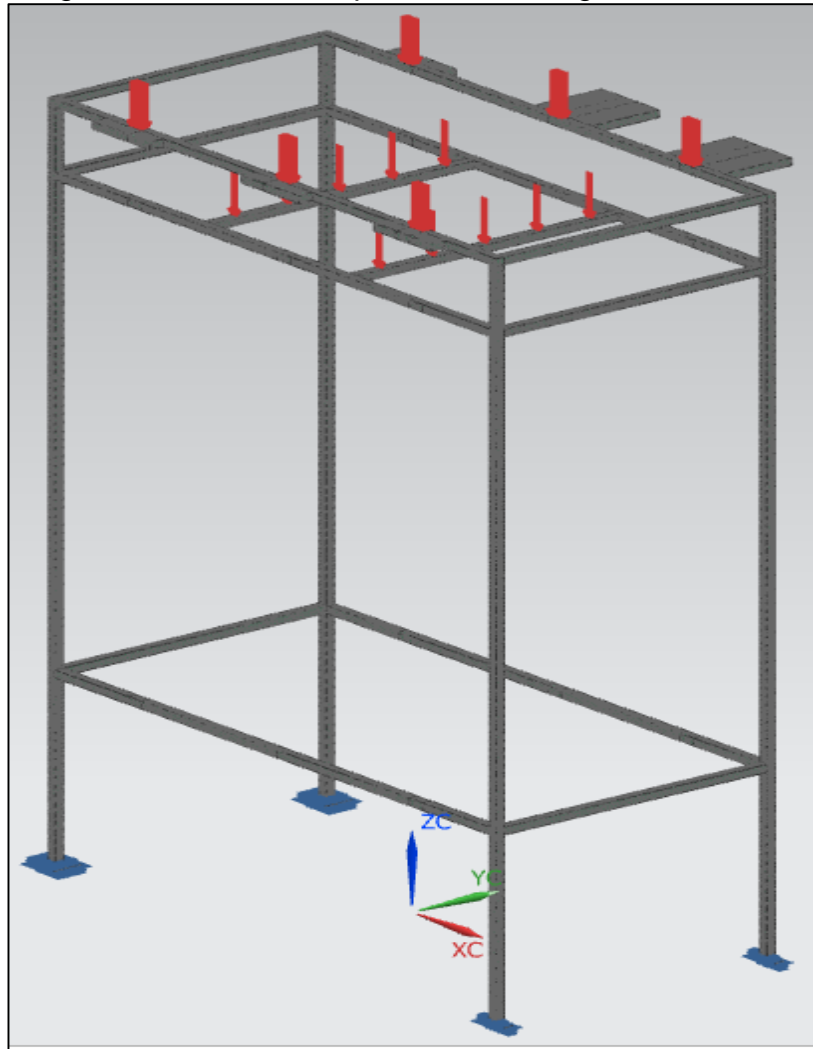
$$D = \sqrt{\left(\frac{4 * 74 \text{ N}}{98,09 \times 10^6 * \pi}\right)} = 0,98 \text{ mm}$$

Finalmente se toma un diámetro normalizado de tornillos de ¼ de pulgada por facilidad de adquisición. En el anexo B se podrá observar la disponibilidad de estos en el mercado.

### 3.6 SIMULACIÓN ESTRUCTURA SECCIÓN DE LIMPIEZA

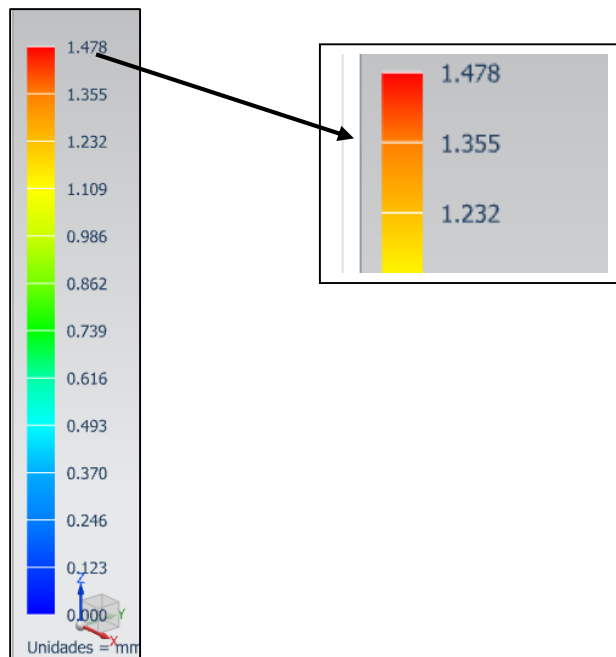
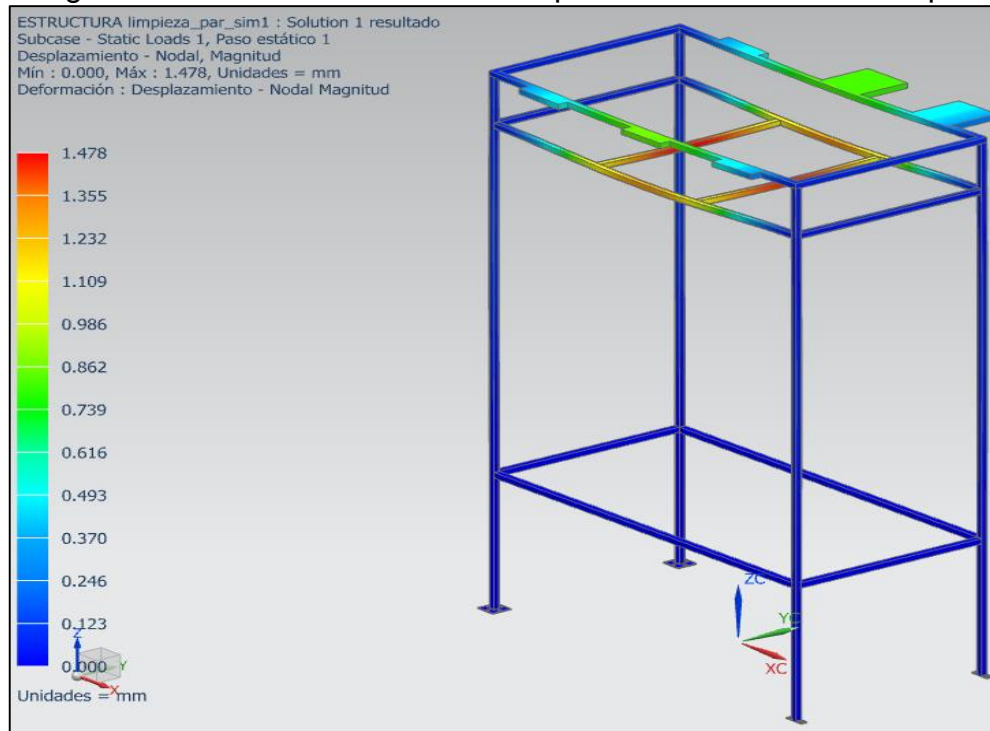
#### 3.6.1 Aplicación de cargas, véase imagen 46.

Imagen 46. Simulación aplicación de cargas estructura limpieza



### 3.6.2 Análisis de Desplazamiento

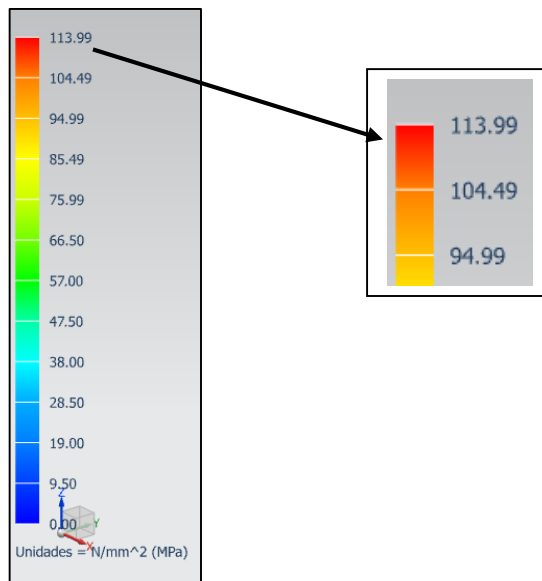
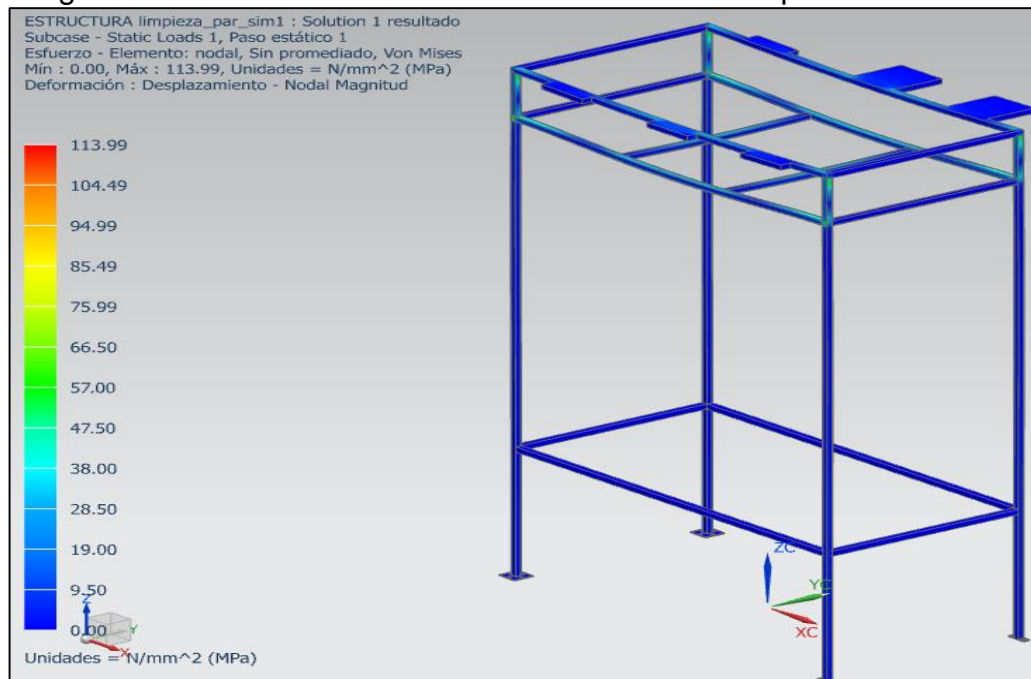
Imagen 47. Simulación análisis de desplazamiento estructura limpieza



El desplazamiento máximo presentado en la estructura es de 1.47 mm (Imagen 47), el cual es bajo puesto que no afecta el funcionamiento.

### 3.6.3 Esfuerzo máximo

Imagen 48. Simulación esfuerzo máximo estructura limpia



El esfuerzo máximo que se presenta en la estructura tiene un valor 113.99 MPa. Se calcula el factor de seguridad.

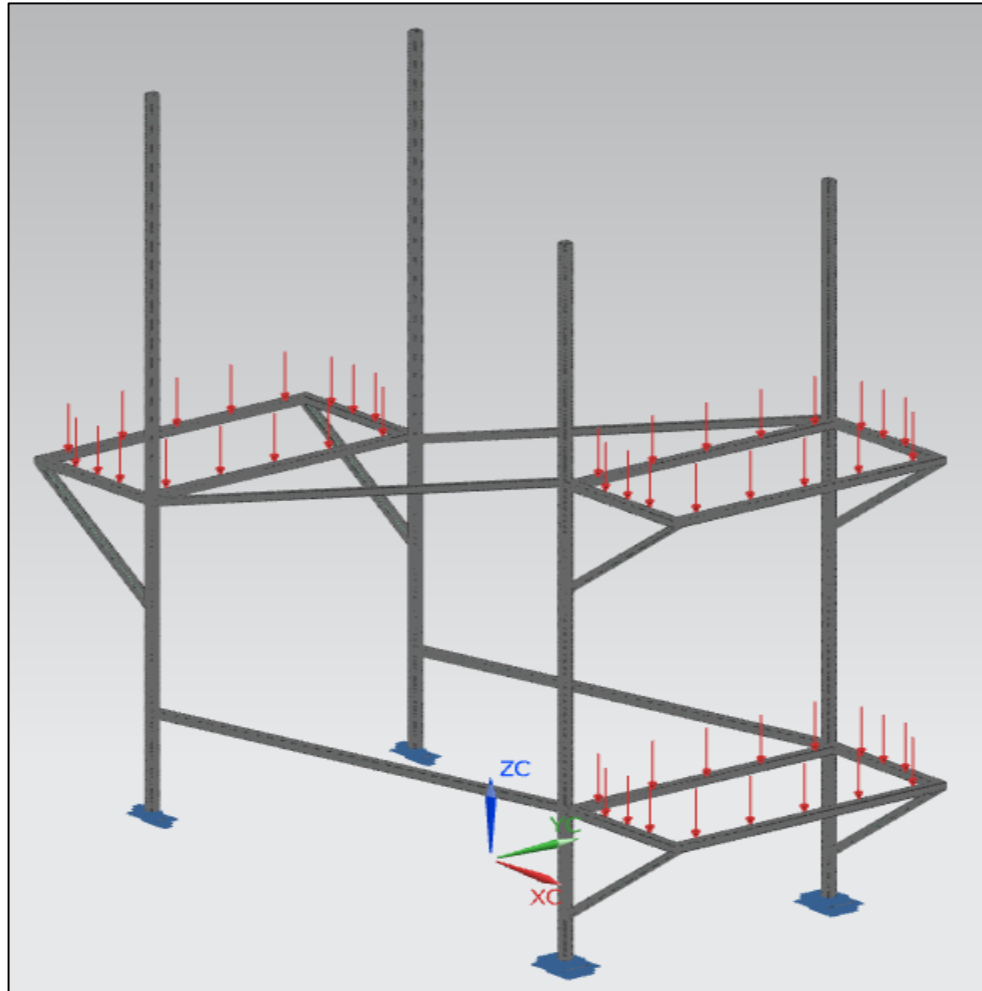
$$FS = \frac{250 \text{ MPa}}{113.99 \text{ MPa}} = 2,1$$

### 3.7 SIMULACIÓN ESTRUCTURA SECCIÓN DE CLASIFICACIÓN

Se utilizó una masa crítica de las bandejas de 2.5 kg con el peso de 50 tomates con una masa crítica de 180g para un total de una fuerza de 112.815 N. En cada parte de la estructura donde van las bandejas.

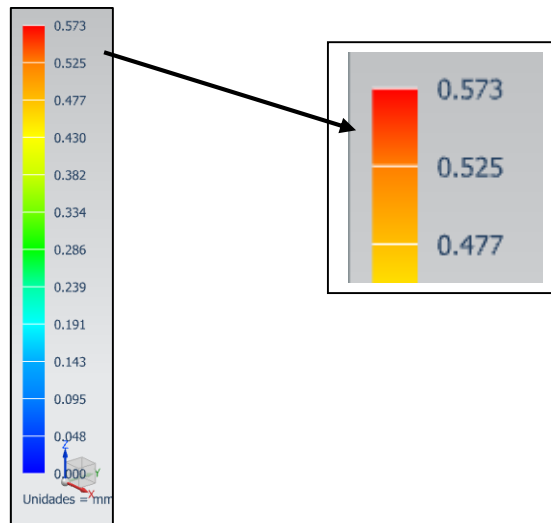
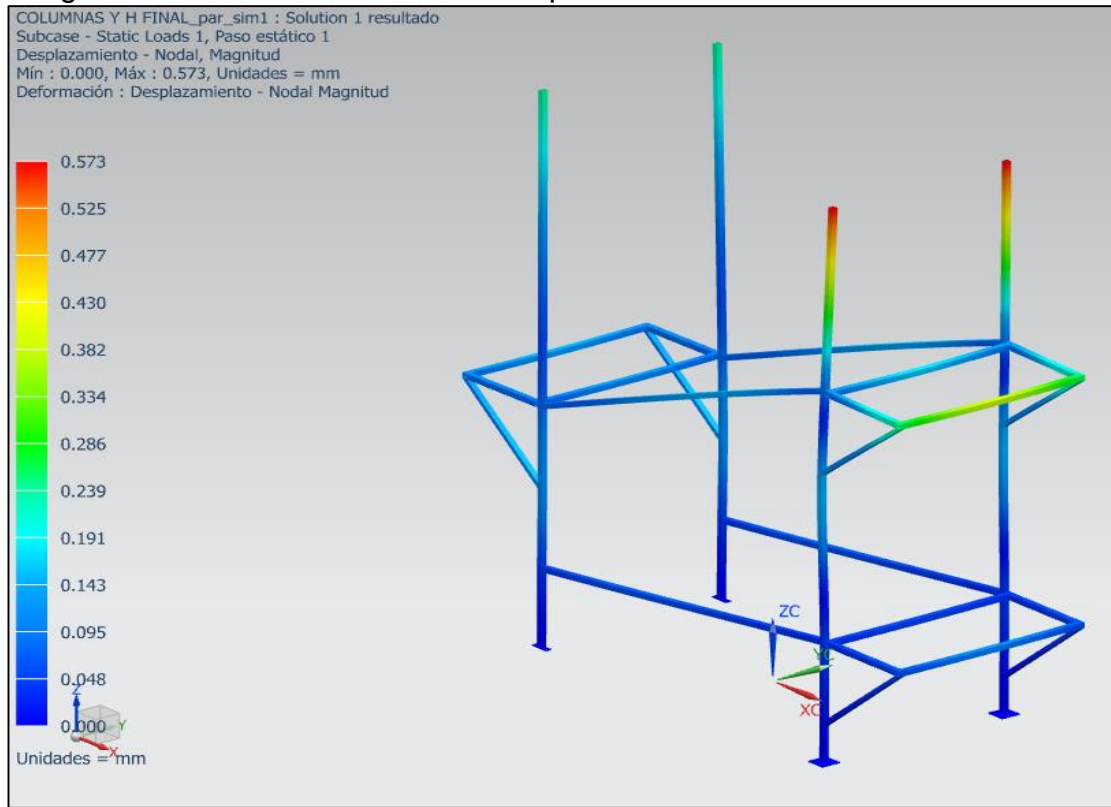
#### 3.7.1 Aplicación de cargas

Imagen 49. Simulación aplicación de cargas estructura clasificación



### 3.7.2 Análisis de desplazamiento

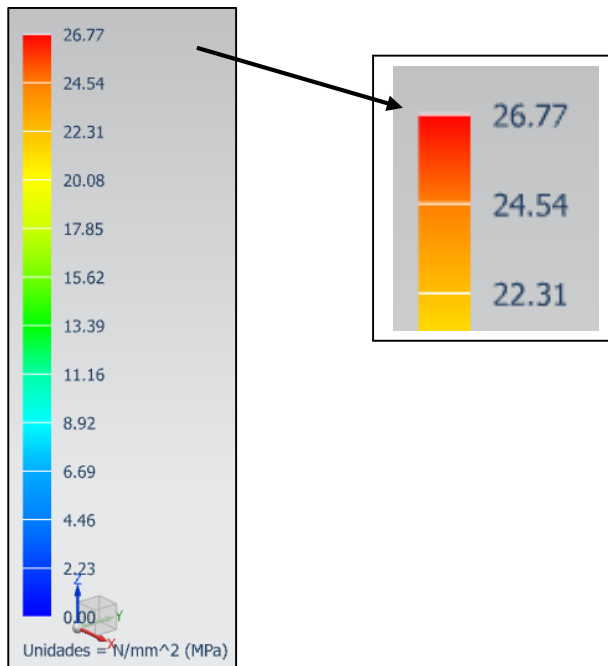
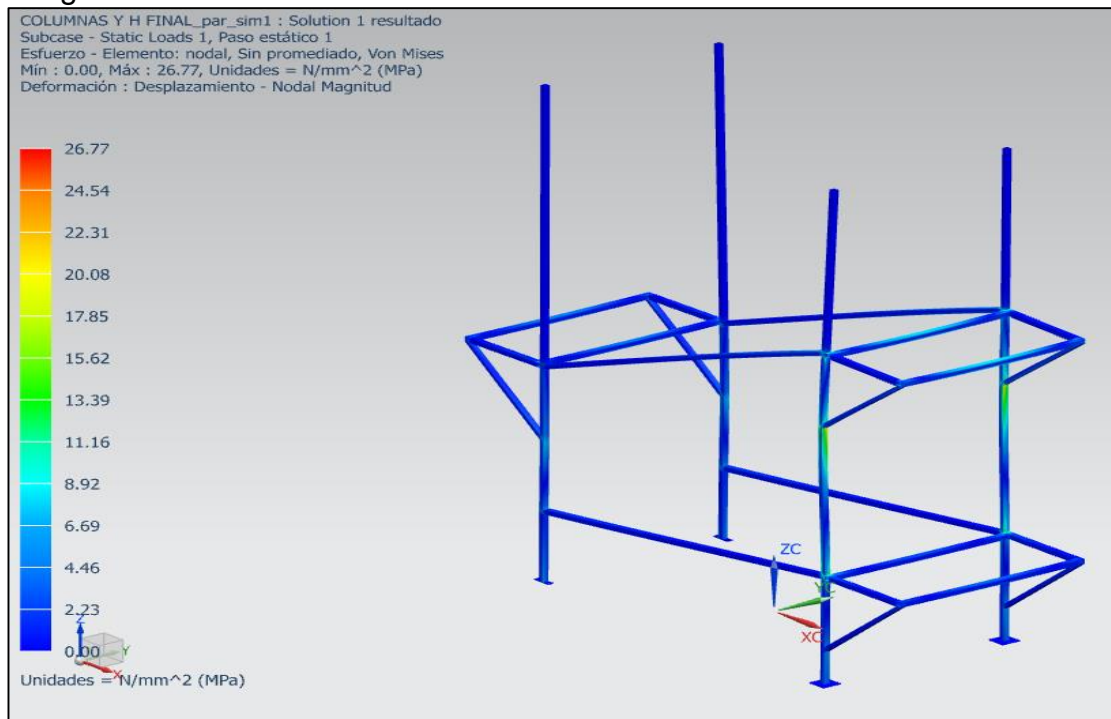
Imagen 50. Simulación análisis de desplazamiento estructura clasificación



El desplazamiento máximo presentado en la estructura es de 0.573 mm este dato es bajo y no afecta el funcionamiento del elemento como se evidencia en la imagen 50

### 3.7.3 Análisis de esfuerzo máximo

Imagen 51. Simulación análisis esfuerzo máximo estructura clasificación





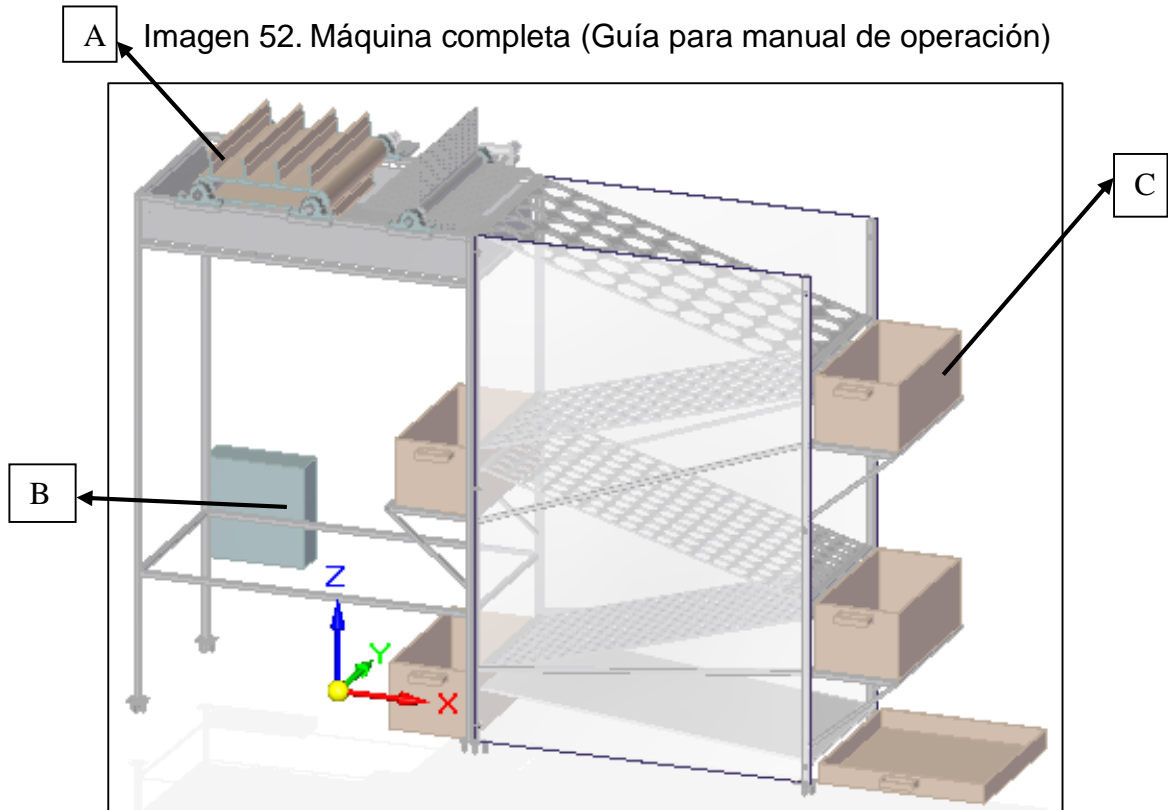
El esfuerzo máximo que se presenta en la estructura tiene un valor 26.77 MPa. Se calcula el factor de seguridad,

$$FS = \frac{250 \text{ MPa}}{26.77 \text{ MPa}} = 9.3$$

El factor de seguridad es alto puesto que las cargas ejercida a la estructura son muy bajas respecto al material usado ASTM A 500.

## 4. MANUALES DE OPERACIÓN E INSTALACIÓN

### 4.1. MANUAL DE OPERACIÓN



Como se observa en imagen 52, este procedimiento debe ser realizado por los dos operarios que manejarán la máquina. Los operarios deben tener en cuenta el uso de los siguientes elementos de protección personal:

#### Elementos de protección personal:

1. Elementos de protección personal  
Guantes de nitrilo y tapabocas.

**ADVERTENCIA:** Antes de iniciar cualquier labor asegúrese de usar los elementos de protección personal necesarios y adecuados para cada labor.

**ADVERTENCIA:** Antes de encender la máquina es importante que realice una inspección visual con el fin de verificar algunos aspectos y detectar posibles anomalías, realice un recorrido 360° alrededor de la máquina observando aspectos como:

- Buen anclaje de la máquina. (estabilidad).

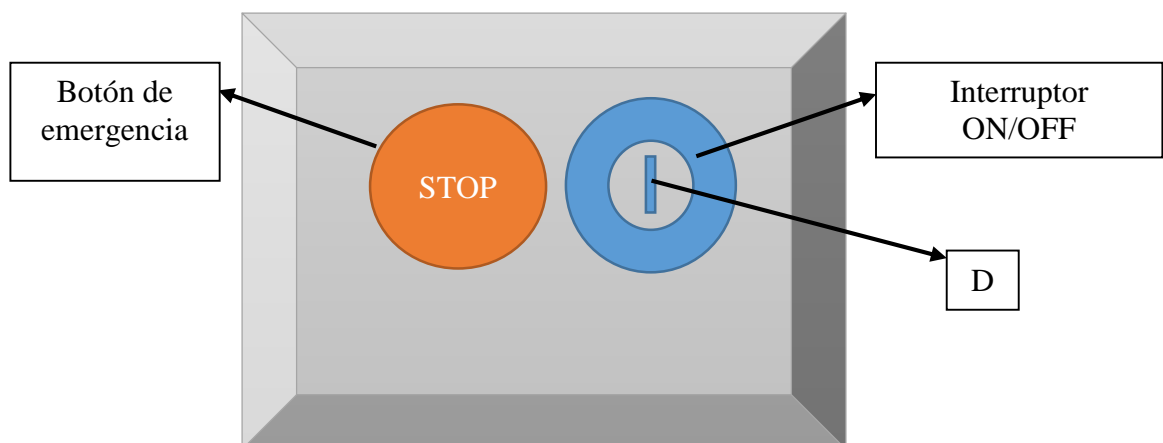
- *Verifique que la máquina se encuentre desenergizada, es decir, que no se encuentre conectada a ninguna fuente de energía.*
- *Verifique el botón de emergencia se encuentre desactivado.*

*Recuerde que la inspección debe ser netamente visual, cualquier problema evidenciado en el sistema de encendido comuníquese con el proveedor correspondiente.*

B. Sistema de encendido: El tablero de control ON/OFF, cuenta con un botón de emergencia con enclavamiento y un interruptor de encendido y apagado que se accionara girándolo con la llave correspondiente.

El sistema de encendido/apagado, cuenta con un interruptor, el cual activará los motores al mismo tiempo y los desactivará cuando se desee terminar la labor. Además, en el tablero de control ON/OFF que se muestra en la imagen 53, se encuentra un botón de emergencia, el cual se debe activar cuando la máquina presente una anomalía mientras se encuentra realizando el proceso al cual fue destinada.

Imagen 53. Tablero de control ON/OFF



#### 4.1.2 Procedimiento de operación

**NOTA:** La máquina estará operada por dos operarios, el primero se encargará de la sección de limpieza y el otro de la sección de clasificación.

##### 4.1.2.1 Procedimiento de operación sección limpieza

- Llene la bandeja por la parte [A] con 20 litros de agua y por cada litro de agua agregue 2 mililitros de hipoclorito de sodio, eso equivale aproximadamente a la mitad de la altura de la bandeja.
- Introduzca la primera tanda de tomates por la parte [A] y distribúyalos en la bandeja manualmente.
- Teniendo la bandeja llena y la primera tanda de tomates distribuida en el agua clorada, diríjase al tablero de control ON/OFF [B], inserte la llave [D] y gírela hacia la derecha. Asegúrese que no haya personal con las manos dentro de la máquina.
- Ingrese la siguiente tanda de tomates cada vez que vea que el último tomate de la tanda anterior se encuentra en la zona del distribuidor. Repita el proceso.
- Cuando desee apagar la máquina asegúrese de que no haya ningún tomate en la máquina, gire la llave hacia la izquierda y espere que el distribuidor y la banda transportadora se detengan. Recuerde cambiar al agua depositada en la bandeja diariamente.

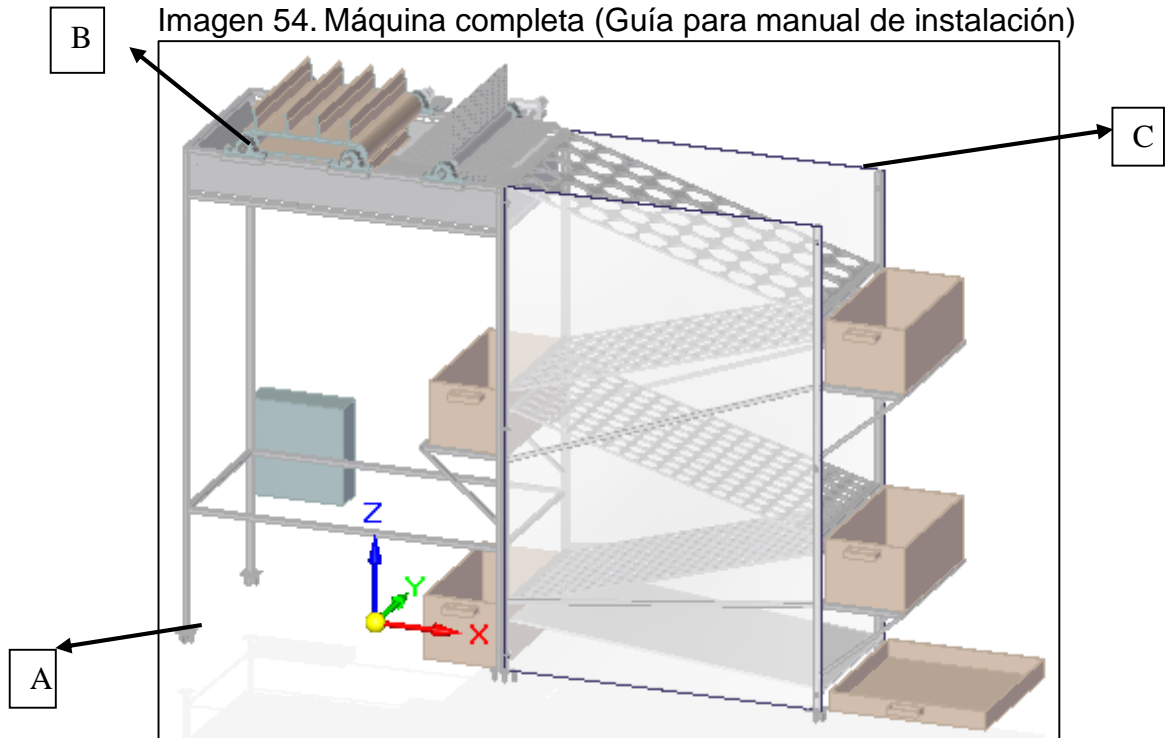
##### 4.1.2.2 Procedimiento de operación sección clasificación

- Verifique que la sección de limpieza esté en funcionamiento.
- Verifique que los tomates se clasifiquen adecuadamente, es decir, si nota alguna anomalía, como un atascamiento de tomates proceda a desbloquear el lugar donde se encuentra el problema manualmente.
- Cada vez que observe que una canasta recolectora [C] se llena proceda a deslizarla hacia usted, vaciarla y volver a dejarla en su lugar. Evitando que se rebosen estas.

**NOTA:** Las dos personas deben trabajar en total sincronización, se recomienda el diálogo continuo respecto a los procesos de la máquina y el aviso oportuno de alguna eventualidad.

**NOTA:** Recuerde activar el botón de emergencia solo en casos necesarios oprimiéndolo con fuerza. Si desea desactivarlo, gírelo hacia la derecha siempre cuando la eventualidad presentada ya se haya solucionado.

## 4.2. MANUAL DE INSTALACIÓN



Como se muestra en la imagen 54, este procedimiento debe ser realizado por los dos operarios que manejarán la máquina. Los operarios deben tener en cuenta el uso de los siguientes elementos de protección personal y herramientas:

### Herramientas y elementos de protección personal:

1. Herramientas:  
Llave ajustable URREA 706 de 6" CROMADA, taladro, broca hss ¼.
2. Elementos de protección personal  
Monógamas, Botas punta de acero.

**ADVERTENCIA:** Antes de iniciar cualquier labor asegúrese de usar los elementos de protección personal necesarios y adecuados para cada labor.

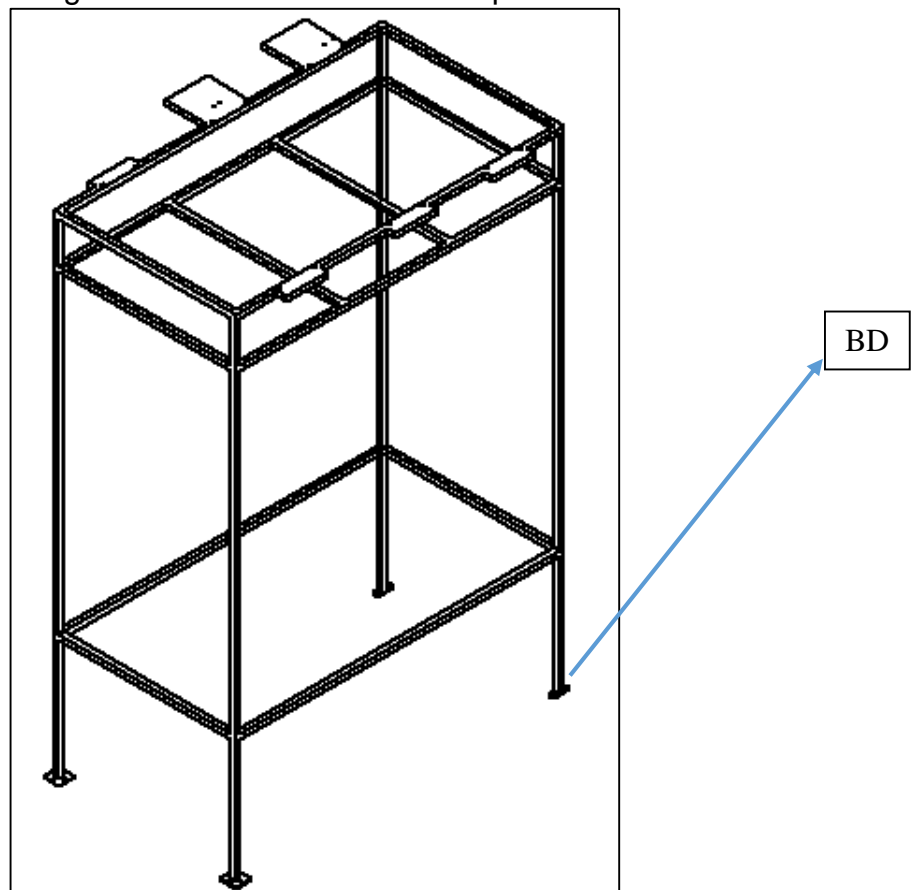
**NOTA:** Se sugiere que la base donde estará anclada la máquina sea el mismo tráiler o remolque en el cual se transporta la misma. El remolque debe ser de 2600 mm de largo y 800 mm de ancho, si llegase a ser cubierto debe tener disponibilidad de 1800 mm y debe aguantar un peso de 220 kgf.

4.2.1 Procedimiento de instalación. La máquina se instala en dos pasos generales, primero se instala la sección de limpieza y luego la de clasificación.

#### 4.2.1.1 Procedimiento de instalación sección de limpieza

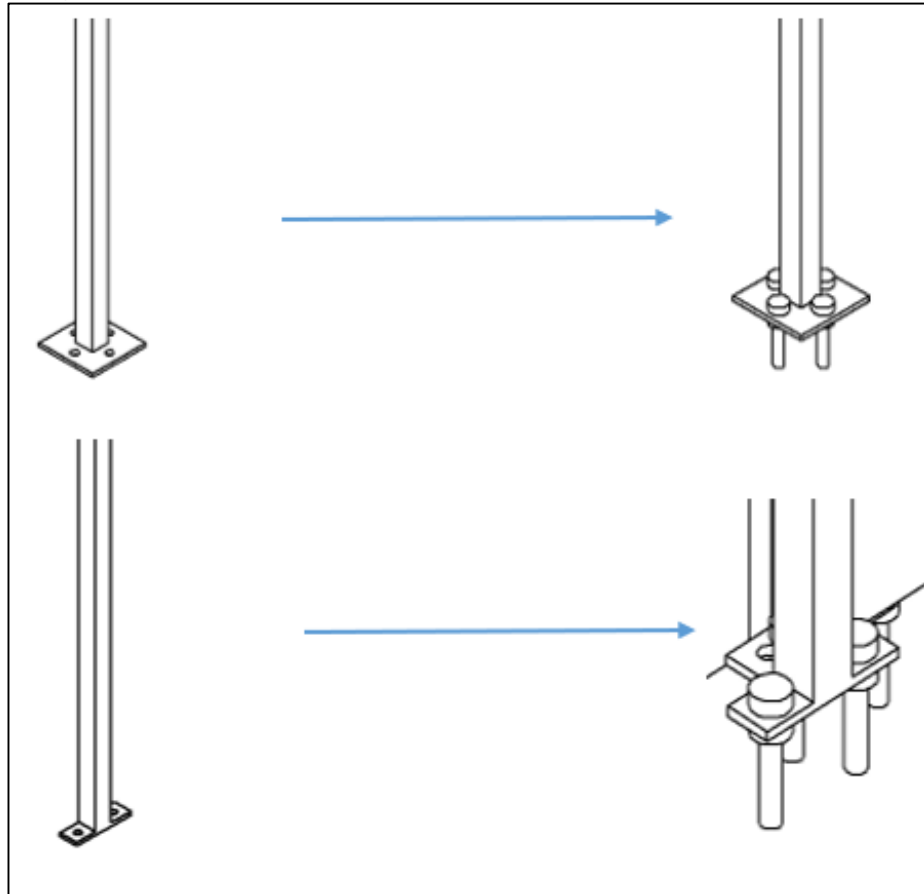
1. Tome la estructura de la sección de limpieza y colóquela sobre la superficie a la cual anclara la máquina. (tráiler preferiblemente). Luego acomódela de tal manera que las bases delgadas [BD] como se muestra en la imagen 55, queden dispuestas para juntarse con las bases delgadas de la sección de clasificación de la siguiente manera.

Imagen 55. Estructura sección limpieza.



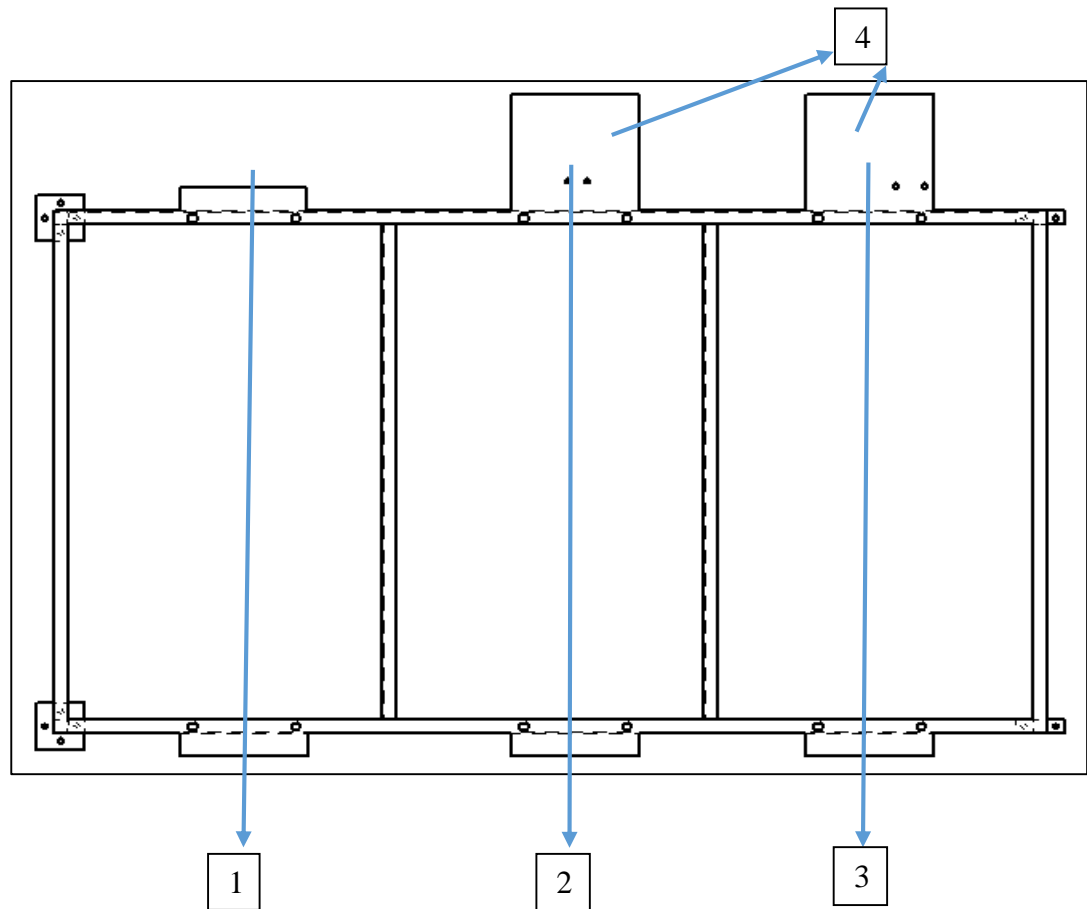
2. Realice los agujeros en el suelo o en tráiler dispuesto para la instalación de la máquina, teniendo en cuenta la ubicación de la estructura de la sección de limpieza. (utilice la estructura como guía para realizar los agujeros).
3. Atornille la estructura a la superficie en donde anclara la máquina, recuerde colocar los 4 tornillos en cada base grande y los 2 tornillos en las bases delgadas. [A] como se muestra la imagen 56.

Imagen 56. Tipos de bases.



4. Cuando tenga la estructura fija, tome la banda transportadora e introduzca el eje en cada rodillo, recuerde que el eje más largo debe ir en el rodillo que esté más cerca de la sección de clasificación. Coloque sus respectivos bujes y luego acople las chumaceras con sus respectivos rodamientos incorporados.
5. Realice el mismo procedimiento para el distribuidor. Introduzca el eje en la manzana del distribuidor y coloque sus respectivos bujes, a continuación, acople las chumaceras con sus respectivos rodamientos incorporados.
6. Teniendo los subsistemas armados, proceda a atornillarlos a la estructura en los agujeros que se encuentran dispuestos para ello. [B] como se muestra en la imagen 57.

Imagen 57. Estructura limpieza. agujeros dispuestos (vista superior)



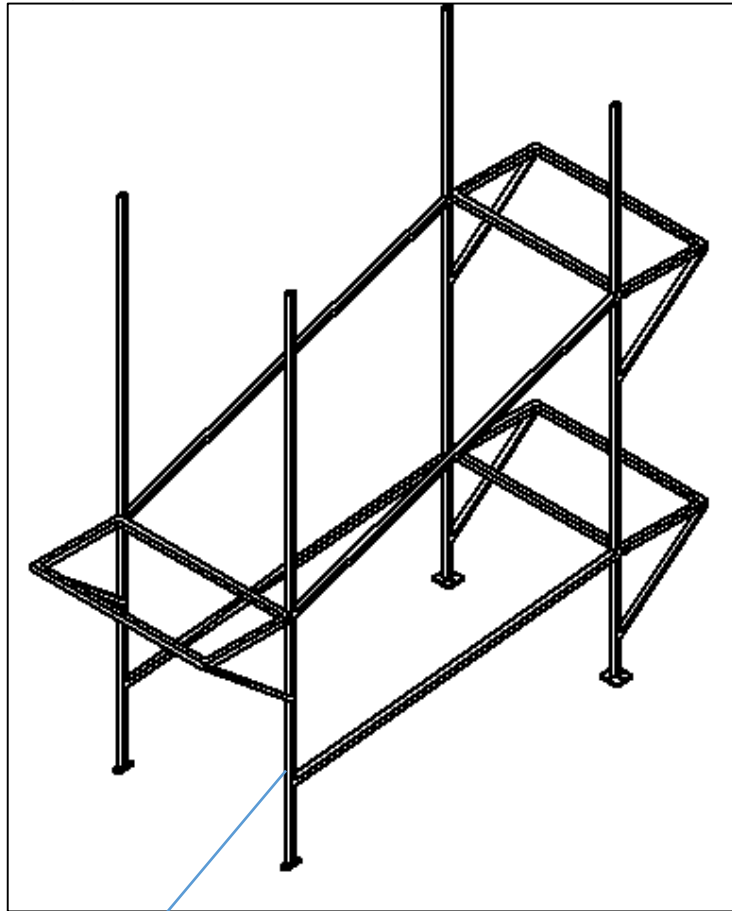
- 1- Eje más corto de la banda transportadora.
- 2- Eje más largo de la banda transportadora con la parte de acople al motor hacia atrás.
- 3- Eje distribuidor con la parte de acople al motor hacia atrás.
7. Coloque los respectivos motores en las plataformas [4].
8. Prepárese a ensamblar la sección de clasificación.

#### 4.2.1.2 Procedimiento de instalación sección de clasificación.

1. Tome la estructura de la sección de clasificación y colóquela sobre la superficie a la cual anclara la máquina. (tráiler preferiblemente). Luego acomódelo de tal manera que las bases delgadas [BD] queden dispuestas para juntarse con las bases delgadas de la sección de limpieza. Asegúrese que las bases formen se vean como la imagen 58, es decir, una estructura quede dentro de la otra.



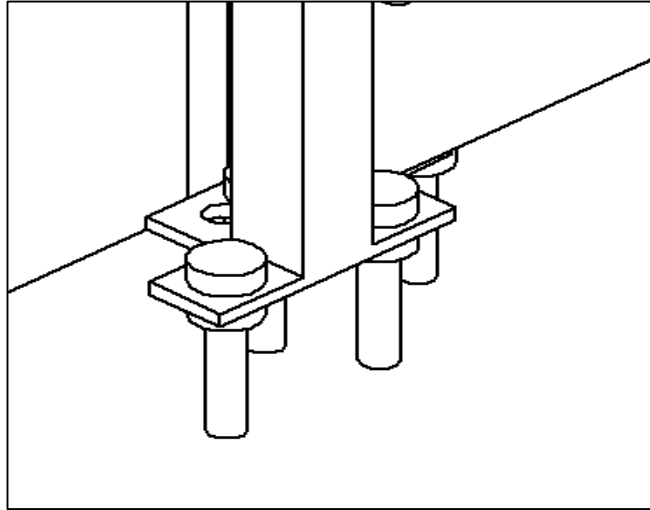
Imagen 58. Estructura sección clasificación.



BD

**NOTA:** En la imagen 56 se muestra la estructura sin las láminas, pero recuerde que las láminas ya vienen soldadas a la estructura.

Imagen 59. Ajuste correcto de las estructuras.



2. Realice los mismos pasos 2 y 3 del procedimiento de instalación de la sección de limpieza
3. Coloque las láminas de acrílico a los costados de la estructura. [C]. Atorníllelas a las columnas como se muestra en la imagen 60.y 61.

Imagen 60. Ajuste lámina de acrílico (lado externo)

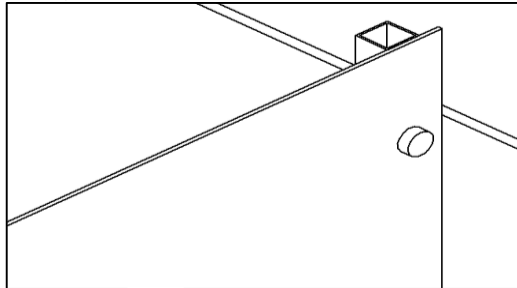
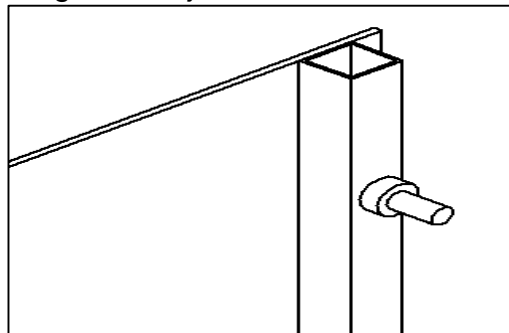
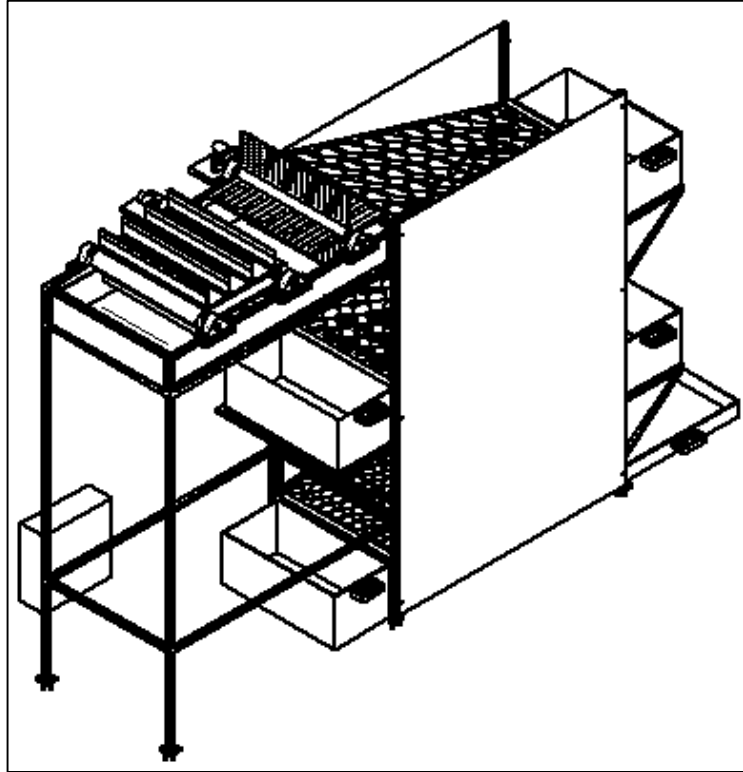


Imagen 61. Ajuste lámina de acrílico (lado interno)



4. Coloque las cajas que se encargaran de recoger los tomates clasificados, en las bases disponibles para ellas, y la caja más larga coloque como se muestra en la figura final. (Imagen 62).

Imagen 62. Máquina armada totalmente.



## 5. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

El estudio de impacto ambiental es un aspecto por destacar en un proyecto de diseño, puesto que, desarrollando este estudio se llega a identificar cuales pueden llegar a ser las afectaciones y problemas potenciales que podrían llegar a afectar ecosistemas y zonas en las que la máquina estará en funcionamiento.

Los objetivos de este estudio es reducir al máximo cualquier riesgo ambiental presentado, por la manufactura, instalación y operación de la máquina.

### 5.1 IDENTIFICACION DEL IMPACTO AMBIENTAL

Cada aspecto ambiental puede generar múltiples impactos ambientales dependiendo de las características del entorno en el cual se desarrolle la actividad. Se toman diferentes valores para la calificación de los impactos ambientales como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Parametrización puntaje impacto ambiental

Valoración	Calificación	Acción
Alto	13-15	Se someterá a cambios drásticos, en caso de que no se logre disminuir su impacto se suspenderá la actividad hasta una posible solución.
Medio	09-dic	Se implementarán métodos que reduzcan considerablemente el problema generado.
Bajo	05-ago	Se continuará con los procedimientos ya establecidos. Teniendo bajo control cualquier emisión o posible problema potencial identificado.

Después de tener la calificación y sus correspondientes actos regulatorios en cuanto a los impactos ambientales, se plantea la matriz de impacto ambientales, donde partiendo de los procesos que se deben llevar a cabo desde la manufactura de la máquina, pasando por su instalación y llegan hasta la operación de esta, se nombran algunos aspectos ambientales y se analizan los impactos ambientales como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Identificación de procesos

Proceso	Actividad	Aspecto ambiental	Impacto ambiental
Corte	Láminas para la construcción de la bandeja para el proceso de inmersión.	Generación de residuos sólidos, ruido, Consumo de energía y transformación de materias primas.	Contaminación del suelo, generación de gases.
	Perfil cuadrado acero A-36 para la construcción de las vigas, columnas, estructura en general.		
Soldadura	Láminas de la sección de clasificación Aspas del distribuidor	Generación de gases nocivos.	Contaminación del aire.
	Bandeja Estructura		
Transporte	Máquina (Es portátil)	Generación de gases de invernadero por el combustible usado en el vehículo de transporte.	Contaminación del aire, calentamiento global.
Instalación	Anclaje de la estructura al tráiler, montaje de ejes en la estructura, colocación de canastas, llenado de la bandeja con agua clorada.	Generación de residuos, consumo de energía.	Contaminación del suelo, racionamiento de energía.
Operación	Operación de la máquina.	Consumo de energía.	Racionamiento de energía.

## 5.2 EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Se plantean los criterios de evaluación con los cuales se calificarán los impactos ambientales anteriormente identificados y su transcendencia al entorno en el cual estarán presentes.

Tabla 8. Criterios de evaluación impacto ambientales

	Criterio de evaluación	Descripción
P	Probabilidad	Frecuencia con la cual se genera el impacto
In	Incidencia	Influencia del impacto sobre el medio
R	Reversibilidad	Capacidad de recuperación del medio
Im	Importancia	Severidad o nivel de daño que sufre el entorno
M	Magnitud	Extensión geográfica del impacto

Teniendo los criterios de evaluación establecidos se procede a la elaboración de la matriz de evaluación ambiental como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Evaluación impacto ambiental

Proceso	Impacto ambiental	Criterios de evaluación					Total	Calificación	Controles
		P	In	R	Im	M			
Corte	Contaminación del suelo	1	2	1	1	1	6	Bajo	Contar con programas de reciclaje.
Soldadura	Contaminación del aire	1	3	2	1	1	8	Bajo	Realizar el proceso de soldadura más eficazmente pretendiendo reducir los tiempos de exposición de gases al medio ambiente.

Tabla 9. Evaluación impacto ambiental (Continuación)

Proceso	Impacto ambiental	Criterios de evaluación					To-tal	Califica-ción	Controles
		P	I n	R	I m	M			
Transpor-te	Calentamiento global	3	1	1	2	2	9	Medio	Contar con vehículos amigables con el medio ambiente, es decir, que funcionen a gas.
Instala-ción	Racionamie-nto de energía	3	1	1	1	1	7	Bajo	Contar con herramientas que requieran bajo recurso energético para funcionar. Verificar que la máquina se encuentre prendida solamente cuando se es necesario, es decir, evitar tiempos muertos de la máquina.
Opera-ción	Racionamie-nto de energía	3	1	1	1	1	7	Bajo	

Nota: Los puntajes de los criterios de evaluación van de 1-3, puesto que, el puntaje máximo que puede llevar la casilla "total" es de 15 se divide en 5 criterios de evaluación que se tienen y por ende la máxima calificación de estos criterios será 3 siendo el grado más grave y 1 el grado leve.

Como se evidencia en la matriz de evaluación de impacto ambiental, el impacto generado por la manufactura, fabricación, instalación y puesta en marcha de la máquina no conlleva a un impacto ambiental alto. Adicionalmente, se evidencia que los controles que se deben implementar no requieren mayor grado de esfuerzo, porque los impactos ambientales generados por la máquina son demasiado bajos.

## 6. EVALUACIÓN FINANCIERA

En este capítulo se desarrollará un análisis costo beneficio de la máquina diseñada contra una máquina ya existente que cuente con la misma capacidad de producción (500 kg/h).

### 6.1 COSTOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN MÁQUINA DEL PROYECTO

Los costos de fabricación de la máquina de limpieza y clasificación de tomate se dividen de la siguiente manera

- Costos de ingeniería
- Costos de materiales
- Costos de fabricación

6.1.1 Costos de ingeniería. En la siguiente tabla se muestra los costos implícitos en el desarrollo del proyecto.

Tabla 10. Costos ingeniería

Ítems	Unidad	Valor unidad	Cantidad	Total
Talento Humano				
Ingeniero 1	Horas	\$6.000	480	\$2.880.000
Ingeniero 2	Horas	\$6.000	480	\$2.880.000
Insumos, máquinas y equipos				
Computadora 1	Horas	\$400	300	\$120.000
Computadora 2	Horas	\$400	350	\$140.000
Software NX 9.0	Licencia	\$300.000	1	\$300.000
Insumos varios				
Papel	Resma	\$10.000	1	\$10.000
Tinta	Cartucho	\$15.000	4	\$60.000
<b>TOTAL</b>				<b>\$6.390.000</b>



6.1.2 Costos de materiales. A continuación, se especifica el precio de cada uno de los materiales que se disponen para la construcción de la máquina. Ver Anexos C hasta el F.

Tabla.11 Costos materiales

<b>Canti- dad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Mate- rial</b>	<b>Valor unidad</b>	<b>Valor Total</b>
6	Perfil tubo cuadrado 15 x 15 x 1 mm x 6 mts	ASTM A500	\$2.190	\$13.140
1	Banda transportadora 895 mts con empujadores de 70 mm, distancia entre ellos 45 mm	PVC	\$1.430.00 0	\$1.430.00 0
1	Batería estacionaria VRLA-AGM ciclo profundo 12 voltios 13 amp marca MAGNA, Medidas Largo:151 mm, Ancho: 98 mm, Alto: 101 mm a los bornes.	N/A	\$90.000	\$90.000
1	Cargador automático 12 V graduable de 2 a 12 Amp, corriente de entrada 110Vac, aplicable para baterías 12 voltios hasta 200 amperios.	N/A	\$280.000	\$280.000
44	Tornillos HEX G8 1/4X4 rosca ordinaria		\$252	\$11.088
1	Motor reductor DC 12 V 5,5 rpm s330024	N/A	\$83.700	\$83.700
1	DSD-95SS555 eléctrica DC Gear	N/A	\$45.000	\$45.000
1	Lámina 1,5 x 3 mts x 2,5 mm	AISI 304	\$904.000	\$904.000
1	Lámina 1,5 x 3 mts x 6 mm	AISI 304	\$2.173.00 0	\$2.173.00 0
1	Lámina 1,2 x 2,4 mts x12 mm	AISI 304	\$3.228.00 0	\$3.228.00 0
1	Barra longitud 1 metro, diámetro 55 mm	AISI 304	\$158.700	\$158.700
1	Barra longitud 2 metros, diámetro 15 mm	AISI 304	\$87.300	\$87.300
2	Lámina 1,5 mt x 500 x 2 mm	Acrílico	\$41.000	\$82.000
6	Conjunto chumacera pedestal rodamiento FY 15 FM	Fundi- ción	\$87.660	\$526.600
1	Caja (tablero control)	Latón	\$20.000	\$20.000
1	Interruptor (con llave)	N/A	\$50.000	\$50.000
1	interruptor con enclavamiento	N/A	\$30.000	\$30.000

Tabla 11. (Continuación)

4	Cajas recolectoras de tomates	PVC	\$17.000	\$68.000
1	Caja recolectora larga	PVC	\$20.000	\$20.000
			<b>TOTAL</b>	<b>\$7.487.388</b>

6.1.3 Costos de fabricación. A continuación, se muestra los costos necesarios de mecanizados y operaciones extras para la fabricación de la máquina.

Tabla 12. Costos de fabricación

Concepto	Valor
Corte, Soldadura y pulido	\$1.200.000
Taladrado	\$50.000
Montaje	\$250.000
Servicios públicos	\$150.000
<b>TOTAL</b>	<b>\$1.650.000</b>

6.1.4 Costos totales (tabla 13)

Tabla 13. Costos totales

Costos	Valor total
Costos de ingeniería	\$6.390.000
Costos de materiales	\$7.487.388
Costos de fabricación	\$1.650.000
Subtotal	\$15.527.388
AIU (Administración, impuesto y utilidades) 16%	\$2.484.382
<b>TOTAL</b>	<b>\$18.011.770</b>

6.1.5 Margen de utilidad. Teniendo en cuenta los gastos de ingeniería, materiales y fabricación se asigna un margen de utilidad del 12%

$$Utilidad = costo\ total * 12\%$$

$$Utilidad = \$18.011.770 * 0,12 = \$2.161.412$$

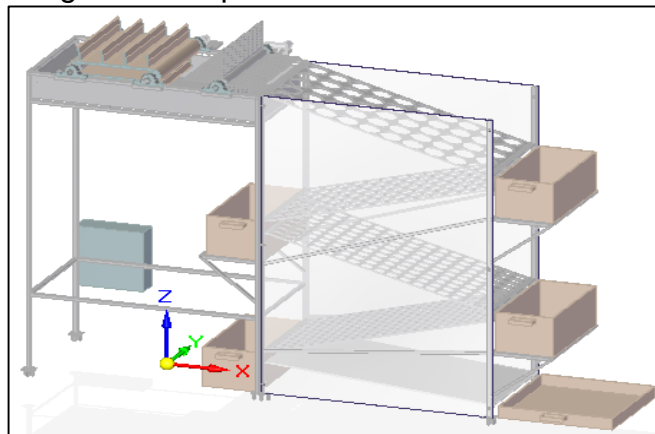
$$Precio\ total = Costo\ total + utilidad = \$18.011.770 + \$2.161.412 = \$20.173.182$$

El precio de venta de la máquina para limpieza y clasificación de tomates es de \$20.173.182.

Tabla 14. Ficha técnica

Máquina Proyecto		
Potencia	0,0029	Kw
Capacidad	500	Kg/h
Tamaño	2567,57 x 710 x 1708	mm
Peso	220	Kg
Material	Acero inoxidable	
Vida útil	10	Años

Imagen 63. Esquema final



## 6.2 COSTOS DE VENTA DE LA MÁQUINA COMERCIAL

El costo de venta de la máquina con la cual se realizará la comparación tiene un precio total de \$60.000.000. Cuenta con la misma capacidad y requiere 2 operarios, teniendo en cuenta estos aspectos se realiza la comparación.

Tabla 15. Ficha técnica

Máquina Proyecto		
Potencia	0,0029	Kw
Capacidad	500	Kg/h
Tamaño	2567,57 x 710 x 1708	mm
Peso	220	Kg
Material	Acero inoxidable	
Vida útil	10	Años

Imagen 64. Máquina comercial



### 6.3 ANÁLISIS COSTOS BENEFICIO

6.3.1 Análisis de costo de operación máquina del proyecto. Los costos de operación de la máquina para limpieza y clasificación de tomates, la cual se está desarrollando en este proyecto, son:

- Costo personal, se requieren 2 operarios para la operación adecuada de la máquina.
- Costo mantenimiento predictivo, la máquina requiere un mantenimiento anual para asegurar su vida útil.
- Costo de servicios públicos.

### 6.3.1.1 Costo personal

Tabla 16. Costo personal

Valor	Porcentaje	Salario por operario
Salario	N/A	\$737.717
CCF	4%	\$29.509
ICBF	3%	\$22.132
SENA	2%	\$14.754
Prima de servicios	8,33%	\$61.452
Vacaciones	4,17%	\$30.763
Cesantías	8,33%	\$61.452
Intereses cesantías	1% (mensual)	\$88.491
Salud	8,50%	\$62.706
Pensión	12%	\$88.526
Sub total	N/A	\$1.197.501
Total	N/A	\$1.197.501
Total, anual	N/A	\$14.370.007
Total, anual x2	N/A	\$28.740.014

6.3.1.2 Costo mantenimiento predictivo. El mantenimiento predictivo asignado para esta máquina consta de análisis de vibraciones, ajustes y análisis de temperatura para los motores.

Tabla 17. Costo de mantenimiento predictivo

Costos de mantenimiento anual	
Descripción	Costo
Cambio de batería de alimentación anual	\$90.000
Reforzar soldadura	\$800.000
Mantenimiento preventivo	\$3.000.000
Total	\$3.890.000

6.3.1.3 Costos de servicio públicos. El recurso hídrico se calculó teniendo en cuenta que diariamente se necesitan 20 litros de agua y el precio de 6 litros de agua es de \$2000.

*si, 6 litros → \$2000*

$$x = \frac{20 \text{ litros} \rightarrow \$x}{6} = \frac{20 * 2000}{6} = \$6666 \cong \$7000$$

La máquina funcionara 8 horas diaria durante 20 días al mes durante 12 meses.

Tabla 18. Costos de servicio públicos

Consumo de servicios anual	
Descripción	Costo
Recurso hídrico (Agua clorada)	\$1.680.000

#### 6.3.1.4 Costos totales anuales para la máquina del proyecto

Tabla 19. Costos totales anuales

Costos	valor
Costo personal	\$28.740.014
Costo mantenimiento	\$ 3.890.000
Costo servicio públicos	\$ 1.680.000
<b>TOTAL</b>	<b>\$34.310.014</b>

6.3.2 Análisis de costo de máquina comercial. El costo de operación de la máquina comercial consta de los siguientes aspectos

- Costo personal, se requieren 3 operarios para la operación adecuada de la máquina.
- Costo mantenimiento predictivo, la máquina requiere un mantenimiento anual para asegurar su vida útil.
- Costo de servicios públicos.

### 6.3.2.1 Costo personal.

Tabla 20. Costo personal

Valor	Porcentaje	Salario por operario
Salario	N/A	\$737.717
CCF	4%	\$29.509
ICBF	3%	\$22.132
SENA	2%	\$14.754
Prima de servicios	8,33%	\$61.452
Vacaciones	4,17%	\$30.763
Cesantías	8,33%	\$61.452
Intereses cesantías	1% (mensual)	\$88.491
Salud	8,50%	\$62.706
Pensión	12%	\$88.526
Sub total	N/A	\$1.197.501
TOTAL	N/A	\$1.197.501
TOTAL, ANUAL		\$14.370.007
TOTAL, ANUAL X 3		\$43.110.021

6.3.2.2 Costo mantenimiento predictivo. La máquina comercial requiere el mismo análisis predictivo que la máquina del proyecto.

Tabla 21. Costo mantenimiento predictivo

Costos de mantenimiento anual	
Descripción	Costo
Cambio de batería de alimentación anual	\$90.000
Reforzar soldadura	\$800.000
Mantenimiento preventivo	\$3.000.000
TOTAL	\$3.890.000

6.3.2.3 Costos servicios públicos. La máquina comercial cuenta con una potencia de 0,75KW, estará en funcionamiento 8 horas diarias cada mes. Entonces,

$$0,75 * (8 \text{ horas} * 20 \text{ dias}) = 120 \text{ KW}/h_{mes}$$

El kilowatt/hora cuesta \$480.

$$120 \frac{KW}{h_{mes}} * \$480 = \$57600 \text{ mensuales} * 12 \text{ meses} = \$691200 \text{ anuales}$$

El recurso hídrico que requiere esta máquina es el mismo de la máquina del proyecto.

Tabla 22. Costos servicios públicos

Consumo de servicios anual	
Descripción	Costo
Recurso hídrico (Agua clorada)	\$1.680.000
Recurso energético	\$691.200
Total	\$2.371.200

#### 6.3.2.4 Costos totales anuales para la máquina comercial

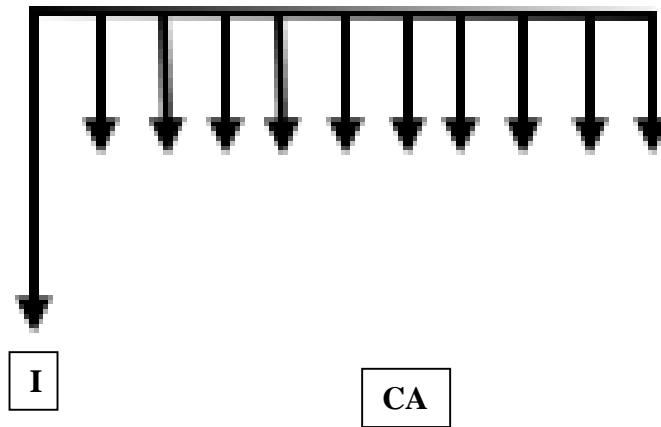
Tabla 23. Costos totales

Costos	valor
Costo personal	\$43.110.021
Costo mantenimiento	\$3.890.000
Costo servicio públicos	\$2.371.200
Total	\$49.371.221

### 6.3.3 FLUJOS DE EFECTIVO

6.3.3.1 Flujo de efectivo de la máquina del proyecto. El análisis se realiza en el periodo de vida útil de esta máquina que es de 10 años, por ende, el análisis costo-beneficios se realiza en un periodo de 10 años.

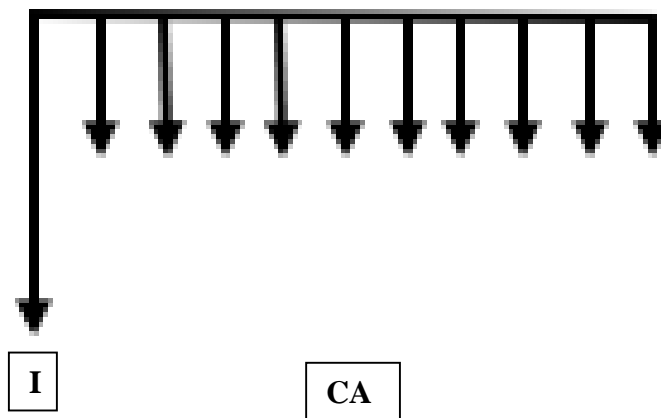




**I** = Inversión inicial = \$20.173.182

**CA** = Costo anuales = \$34.310.014

6.3.3.2 Flujo de efectivo de la máquina comercial, se realiza el mismo análisis costo-beneficio de la máquina del proyecto.



**I** = Inversión inicial = \$60.000.000

**CA** = Costos anuales = \$49.371.221

Al comparar los flujos de efectivo de cada máquina se concluye que el análisis costo-beneficio no se puede realizar, puesto que, la inversión y los costos anuales de una máquina respecto a la otra se encuentran desfasados por una magnitud notable, sin embargo, el análisis que se desarrollará será la comparación del costo

anual equivalente de cada una y finalmente se recomendará cuál de las dos opciones es la más viable para el productor minorista.

### CAUE

Se realiza un análisis del costo anual equivalente de cada máquina para posteriormente realizar la comparación de costos y evidenciar la mejor alternativa.

Se calcula la tasa de interés de oportunidad (TIO), la cual será la tasa de interés que se usará en el cálculo del CAUE.

$$TIO = (1 + DTF) * (1 + 2\%) - 1$$

Donde,

*DTF = Tasa de depósito de término fijo = 6,08%*

$$TIO = (1 + 0,0608) * (1 + 0,02) - 1 = 8,2$$

### CAUE para la máquina del proyecto

$$\frac{-\$20173182 - \frac{\$34310014}{(1+0,082)^1} - \frac{\$34310014}{(1+0,082)^2} - \frac{\$34310014}{(1+0,082)^3} - \frac{\$34310014}{(1+0,082)^4} - \frac{\$34310014}{(1+0,082)^5} - \frac{\$34310014}{(1+0,082)^6} - \frac{\$34310014}{(1+0,082)^7} - \frac{\$34310014}{(1+0,082)^8} - \frac{\$34310014}{(1+0,082)^9} - \frac{\$34310014}{(1+0,082)^{10}}}{\frac{(1+0,082)^{10} - 1}{0,082 * (1+0,082)^{10}}}$$

$$CAUE = -\$37.451.859$$

### CAUE para la máquina comercial

$$\frac{-\$60000000 - \frac{\$49371221}{(1+0,082)^1} - \frac{\$49371221}{(1+0,082)^2} - \frac{\$49371221}{(1+0,082)^3} - \frac{\$49371221}{(1+0,082)^4} - \frac{\$49371221}{(1+0,082)^5} - \frac{\$49371221}{(1+0,082)^6} - \frac{\$49371221}{(1+0,082)^7} - \frac{\$49371221}{(1+0,082)^8} - \frac{\$49371221}{(1+0,082)^9} - \frac{\$49371221}{(1+0,082)^{10}}}{\frac{(1+0,082)^{10} - 1}{0,082 * (1+0,082)^{10}}}$$

$$CAUE = -\$58.393.818$$

El ahorro anual que puede llegar a tener el productor minorista es de \$20.941.959, si llegase a escoger la máquina para limpieza y clasificación de tomate desarrollado en este proyecto.

## 7. CONCLUSIONES

- El proyecto realizado muestra, que se puede diseñar una máquina para el sector agro colombiano a bajo costo, con materiales y mano de obra asequibles en el país.
- Los costos totales de fabricación de la máquina para limpieza y clasificación de tomates son bajos, teniendo en cuenta que la máquina más económica que se encontró cuesta tres veces más que la que se desarrolló en este proyecto, esto representa un valor agregado porque además de cumplir con los requerimientos establecidos brinda una solución económica al sector agro colombiano.
- El impacto generado por la manufactura, fabricación, instalación y puesta en marcha de la máquina no conlleva a un impacto ambiental alto. Adicionalmente, se evidencia que los controles que se deben implementar no requieren mayor grado de esfuerzo, porque los impactos ambientales generados por la máquina son demasiado bajos.

## 8. RECOMENDACIONES

- Para lograr un proceso más optimizado en la etapa de pos-cosecha de los tomates se recomienda diseñar o acoplar un sistema de empaque al final de sección de la clasificación de la máquina.
- Se recomienda seguir diseñando para el sector agro colombiano, ya que se demostró que se puede dar solución a las problemáticas de este sector.

## BIBLIOGRAFÍA

CÁRDENAS LESMES, Rosa María. &nbsp;  Imagen 2 Y 3. Ficha Técnica. Portafolio. Bogotá. May 27,

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. NTC. Documentación, presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Bogotá D.C.: ICONTEC. 2008. (NTC 1486).

\_\_\_\_\_. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1486. Bogotá D.C. El instituto, 2008. 36p. 2008.

\_\_\_\_\_. Referencias documentales para fuentes de información electrónicas. NTC 4490. El instituto, 1998.23p

MOTT, Robert L., et al. Diseño De Elementos De Máquinas. México: Pearson educación, S.A, 2006. 9702608120.

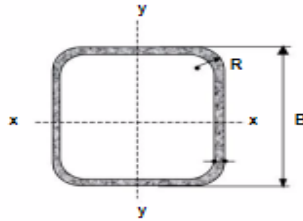
NORTON. Robert. Diseño de máquinas. Cuarta edición. México. Prentice Hall, 1992, 1056p.

SHIGLEY. Diseño en ingeniería mecánica. Octava edición. México. Editorial McGraw-Hill. 2008. 1059 páginas

ZAMUDIO, Marcos Esteban Guerra. 3. Diseño De Sistemas Mecánicos: ¿Qué Es Diseño De Sistemas Mecánicos? Diseño de Sistemas Mecánicos. 2015.

## ANEXO A. PERFIL ESTRUCTURA

Tubos de acero  
Sección  
Cuadrada  
IRAM-IAS  
U 500-218  
U 500-2592



**B** = Ancho exterior  
**t** = Espesor de pared  
**R** = Radio de esquina exterior = 2,00 t  
**p** = Área exterior por metro lineal  
**A** = Sección bruta  
**g** = Peso por metro lineal  
**I** = Momento de Inercia  
**S** = Módulo elástico resistente  
**r** = Radio de giro  
**Z** = Módulo plástico  
**J** = Módulo de Torsión  
**C** = Constante torsional

B [mm]	t [mm]	p [m <sup>2</sup> /m]	Ag [cm <sup>2</sup> ]	g [Kg/m]	I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub> [cm <sup>4</sup> ]	S <sub>x</sub> =S <sub>y</sub> [cm <sup>3</sup> ]	r <sub>x</sub> =r <sub>y</sub> [cm]	Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub> [cm <sup>3</sup> ]	J [cm <sup>4</sup> ]	C [cm <sup>2</sup> ]
15	0.70	0.058	0.388	0.304	0.130	0.173	0.579	0.206	0.203	0.285
	0.90	0.057	0.487	0.382	0.158	0.210	0.569	0.254	0.248	0.355
	1.25	0.056	0.647	0.508	0.197	0.263	0.552	0.327	0.315	0.465
20	0.90	0.077	0.667	0.523	0.399	0.399	0.773	0.473	0.622	0.654
	1.25	0.076	0.897	0.704	0.513	0.513	0.756	0.621	0.810	0.871
	1.60	0.075	1.112	0.873	0.607	0.607	0.739	0.752	0.968	1.068
25	0.90	0.097	0.847	0.665	0.809	0.847	0.977	0.759	1.253	1.043
	1.25	0.096	1.147	0.901	1.058	0.847	0.960	1.010	1.657	1.403
	1.60	0.095	1.432	1.124	1.274	1.019	0.943	1.237	2.013	1.736
	2.00	0.093	1.737	1.364	1.483	1.186	0.924	1.468	2.363	2.085
30	0.90	0.117	1.027	0.808	1.433	0.956	1.181	1.113	2.210	1.521
	1.25	0.116	1.397	1.097	1.895	1.283	1.165	1.492	2.949	2.059
	1.60	0.115	1.752	1.375	2.307	1.538	1.148	1.842	3.620	2.565
	2.00	0.113	2.137	1.678	2.720	1.813	1.128	2.208	4.304	3.105

Reglamento CIRSDC 201-EL / 202-EL

- 24 -

Tablas de Perfiles

## ANEXO B. TORNILLOS

128215	1/8 X 3 1/2		Solicitar Información
128220	TLLO HEX ASTM A-325 TIPO 1 GALV. EN CAL. 1 1/8 X 4	1 	Solicitar Información
128221	TLLO HEX ASTM A-325 TIPO 1 GALV. EN CAL. 1 1/8 X 4 1/2	1 	Solicitar Información
128222	TLLO HEX ASTM A-325 TIPO 1 GALV. EN CAL. 1 1/8 X 5	1 	Solicitar Información
128286	TLLO HEX ASTM A-325 TIPO 1 GALV. EN CAL. 1 1/4 X 3 1/2	1 	Solicitar Información
128287	TLLO HEX ASTM A-325 TIPO 1 GALV. EN CAL. 1 1/4 X 3 3/4	1 	Solicitar Información
128290	TLLO HEX ASTM A-325 TIPO 1 GALV. EN CAL. 1 1/4 X 4	1 	Solicitar Información
128291	TLLO HEX ASTM A-325 TIPO 1 GALV. EN CAL. 1 1/4 X 4 1/4	1 	Solicitar Información
128292	TLLO HEX ASTM A-325 TIPO 1 GALV. EN CAL. 1 1/4 X 4 1/2	1 	Solicitar Información
128295	TLLO HEX ASTM A-325 TIPO 1 GALV. EN CAL. 1 1/4 X 5	1 	Solicitar Información
128296	TLLO HEX ASTM A-325 TIPO 1 GALV. EN CAL. 1 1/2 X 6	1 	Solicitar Información
128109	TLLO HEX ASTM A-325 TIPO 1 GALV. EN CAL. 5/8 X 4 1/2	1 	Solicitar Información

ANEXO C.  
COTIZACIÓN TORNILLOS

\*\*\*\*\*  
 \* MUNDIAL DE TORNILLOS S.A. - NIT: 830.057.186-8 \*  
 \* CARRERA 22 No. 49-63 TEL.3608066-2779888 FAX. 3511995 \*  
 \*\*\*\*\*

11:54:29

COTIZACION O PEDIDO No: 77-049096

PAGINA: 1

COD: 888888                      NIT: 9                      FECHA: NOVIEMBRE 28/2017  
 NOM: CLIENTES VARIOS  
 DIR:                                      5-6                      NOVEN:1817 JHON FREDY MALAMBO  
 TEL:                                      CIU:

ITEM	CODIGO	PRODUCTO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	0150013	TLLO HEX DB UNC	1/4 X 4	44,00	232,00
			SUMA CANT=5	44,00	\$ 11.088,00

ASESOR: JHON FREDY MALAMBO	RECAMPIO DE PRECIOS SIN PREVIO AVISO	V/R MERCANCIA.....	\$	11,088,00
	FLETES.....			
	SUBTOTAL.....		\$	11,088,00
	I.V.A. .19%.....		\$	2,107,00
	I.V.A. .05%.....		\$	0,00
	TOTAL.....		\$	13,195,00
	RETFUENTE.....			
	TOTAL A PAGAR.....		\$	13,195,00



## ANEXO D. BATERÍA



## LPC SERIES -Deep Cycle LPC12-13 (12V13AH)

Specification	
Nominal Voltage	12V
Nominal Capacity(10HR)	13.0AH
Dimension	Length 151 ± 2mm (5.95 inches)
	Width 98 ± 1mm (3.86 inches)
	Container Height 95 ± 1mm (3.74 inches)
	Total Height (with Terminal) 101 ± 2mm (3.98 inches)
Approx Weight	Approx 4.05 Kg (8.93lbs)
Terminal	T2
Container Material	ABS
Rated Capacity	13.9 AH@0.70A (20hr, 1.80V/cell, 25°C/77°F)
	13.0 AH@1.30A (10hr, 1.80V/cell, 25°C/77°F)
	11.4 AH@2.28A (5hr, 1.75V/cell, 25°C/77°F)
	10.3 AH@3.45A (3hr, 1.75V/cell, 25°C/77°F)
	8.40 AH@8.40A (1hr, 1.60V/cell, 25°C/77°F)
Max. Discharge Current	195A (5s)
Internal Resistance	Approx 14.0mΩ
Operating Temp. Range	Discharge : -15 ~ 50°C (5 ~ 122°F)
	Charge : 0 ~ 40°C (32 ~ 104°F)
	Storage : -15 ~ 40°C (5 ~ 104°F)
Nominal Operating Temp. Range	25 ± 3°C (77 ± 5°F)
Cycle Use	Initial Charging Current less than 3.9A. Voltage 14.4V-15.0V at 25°C(77°F)Temp. Coefficient -30mV/°C
	No limit on Initial Charging Current Voltage 13.5V-13.8V at 25°C(77°F)Temp. Coefficient -20mV/°C
Standby Use	40°C (104°F) 103% 25°C (77°F) 100% 0°C (32°F) 86%
Capacity affected by Temperature	Leoch LPC series batteries may be stored for up to 6 months at 25°C(77°F) and then a freshening charge is required. For higher temperatures the time interval will be shorter.
Self Discharge	



### Applications

- Electric tools
- Vehicle in place of walking
- Lawn mowers
- Golf trolleys and golfcart
- Portable apparatus, lights and instruments;
- Electric toys
- Illumination light
- Fire alarms
- Portable power
- Wheelchairs
- Medical equipments.



Constant Current Discharge (Amperes) at 25 °C (77°F)														
F.V/Time	10min	15min	20min	30min	45min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h
1.85V/cell	19.0	16.0	14.0	10.1	8.00	6.49	4.03	3.14	2.55	2.07	1.81	1.47	1.23	0.690
1.80V/cell	24.3	19.4	16.5	11.9	9.30	7.27	4.40	3.38	2.72	2.22	1.94	1.56	1.30	0.697
1.75V/cell	26.7	21.1	17.8	12.3	9.65	7.61	4.56	3.45	2.78	2.28	1.99	1.59	1.31	0.703
1.70V/cell	29.1	22.8	18.7	12.8	10.0	7.85	4.75	3.54	2.85	2.34	2.03	1.61	1.33	0.716
1.65V/cell	31.4	24.0	19.9	13.5	10.3	8.11	4.88	3.69	2.95	2.40	2.07	1.64	1.35	0.725
1.60V/cell	34.1	25.7	21.2	14.3	10.7	8.40	5.04	3.81	3.04	2.48	2.12	1.65	1.37	0.729

Constant Power Discharge (Watts/cell) at 25 °C (77°F)														
F.V/Time	10min	15min	20min	30min	45min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h
1.85V/cell	35.5	30.2	26.7	19.4	15.5	12.6	7.86	6.14	4.99	4.06	3.57	2.91	2.43	1.381
1.80V/cell	44.8	35.9	31.0	22.6	17.8	14.0	8.52	6.58	5.30	4.35	3.81	3.09	2.57	1.392
1.75V/cell	48.6	38.9	33.1	23.3	18.4	14.6	8.81	6.88	5.41	4.46	3.91	3.14	2.60	1.404
1.70V/cell	52.2	41.2	34.8	24.2	19.1	15.0	9.14	6.85	5.54	4.56	3.98	3.18	2.62	1.429
1.65V/cell	56.0	43.5	36.6	25.4	19.5	15.5	9.37	7.12	5.72	4.68	4.07	3.23	2.67	1.445
1.60V/cell	59.7	46.0	38.6	26.5	20.2	15.9	9.63	7.30	5.87	4.81	4.15	3.25	2.70	1.451

Specifications subject to change without notice.



## ANEXO E. MOTORES



View larger image

ZOOM

añada para Co... [agregar a Favor...](#)  
[compartir](#)

DSD-95SS555 eléctrica DC Gear motor High Torque 4Nm 5Nm

FOB Referencia Precio: [Consiga El Último Precio](#)

**US \$7-15** / Unidad | 500 Unidad/es (min. Order)

Capacidad de L a fuente: 50000 Unidad/es por Mes

puerto: Shenzhen/Hong Kong

✉ Contactar

dejar Mensajes

pago: [VISA](#) [Master](#) [TT](#) [e-Checking](#) More ▾

### visión general

#### Detalles rápidos

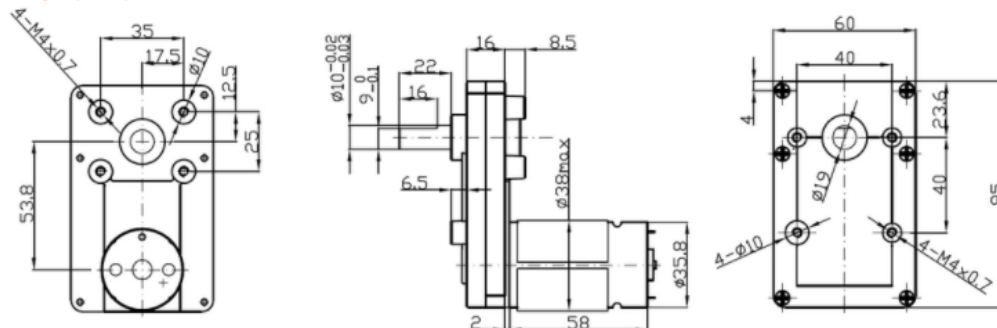
Lugar del origen: Guangdong, China (Mainland)	Marca: DSD motor	Número de Mo... DSD-95SS555
Uso: Barco, Coche, Bicicleta eléctric...	Certificación: CE, ROHS	Tipo: Motor del engranaje
Torsión: 5-50 kgf. cm	Construcción: Imán permanente	Conmutación: Cepillo
Proteja la carac... Completamente cerrada	Velocidad (RM... 2-800 RMP	Corriente Conti... 70-350 mA
De potencia de ... 3.3-13.5 W	Voltaje (V): 12-24 V	Eficiencia: IE 3
Tamaño: 95mm		

#### Packaging & Delivery

Paquete	Personalización
Plazo de entrega	30 días

### DSD-95SS555 95mm 12 V 24 V DC motor eléctrico proveedor

#### Dibujo (mm)



# ANEXO F.

## MOTOR

sourcingmap® DC 12V 6RPM 6mm Eje alto Torque Turbine Gusano engranado Motor

de sourcingmap

★★★★☆ 76 opiniones de EE. UU.



Pasa el ratón por encima de la imagen para ampliarla

Precio: EUR 11,52 Envío GRATIS.  
Precio final del producto

En stock.

Recíbelo entre el 6 - 23 feb. al elegir Entrega estándar durante la tramitación del pedido. Ver detalles  
Vendido y enviado por Casa Gerbelle.

Nuevos: 1 desde EUR 11,52

- Tensión nominal: DC 12V. Salida Velocidad: 6RPM
  - caja Tamaño del eje: 6 x 14mm/ 0.24pulgada x 0.55pulgada(D\*L); Hembra Hilo Diámetro: 2.5mm/ 0.1pulgada
  - Motor Tamaño del cuerpo: 30 x 25mm / 1.2 pulgadas x 1 pulgada (L \* Max.D); Engranaje Tamaño de la caja: 45 x 30 x 25mm / 1.8 pulgada x 1.2 pulgada x 1 pulgada (L \* W \* T)
  - Utilizado en electrodomésticos Eléctricos incluyendo cortinas de control remoto, cerraduras, trituradoras de papel, máquinas de copiado y cajas fuertes interiores.
  - Solicitud: equipo del banco, caja fuerte, alimentador de papel, metro de gas inteligente, tejido Máquina, accesorio del automóvil, equipo del anuncio, instrumento de análisis, juego electrónico Máquina.
- » Ver más detalles

### Información de producto

#### Detalles técnicos

Identificador de producto del fabricante	a16101100u0169
Peso del producto	159 g
Dimensiones del paquete	11.9 x 8.1 x 5.8 cm
Referencia del fabricante	a16101100u0169
Tamaño	12V
Color	6rpm
Material	Metal
Incluye baterías	No
Necesita baterías	No

#### Información adicional

ASIN	B01MXPNX7P
Valoración media de los clientes	<a href="#">Sé el primero en opinar sobre este producto</a>
Clasificación en los más vendidos de Amazon	n°41.613 en Bricolaje y herramientas (Ver los 100 más vendidos) n° 35 en Bricolaje y herramientas > Suministros de construcción > Climatización > Partes y accesorios para caldera > Motores
Producto en Amazon.es desde	25 de noviembre de 2016

#### Ayúdanos a mejorar

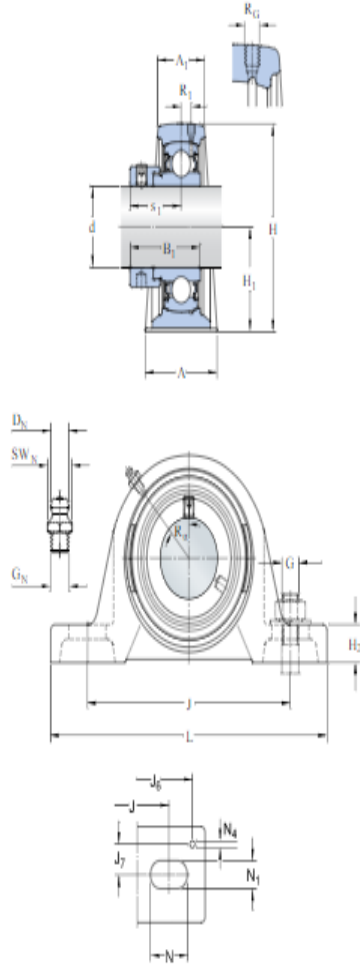
¿Quieres informarnos sobre un precio más bajo?

# ANEXO G. ELECTRODO

Especificación	Clasificación AWS	Nombre WEST ARCO	Características y Aplicaciones	Resistencia a la Tracción (ksi)	Límite de Fluencia (ksi)	Elongación (%)	Resistencia al Impacto Charpy con entablado en V		Posición para soldar	Tipo de Corriente	AMPERIOS			
							T en °C	Resistencia (ft. lb)			3/32"	1/8"	5/32"	3/16"
ELECTRODOS REVISTIDOS PARA SOLDAR ACEROS AL CARBONO (AWS A5.1)	E6010	XL 610	Es un electrodo de alta penetración y rápida solidificación. Para soldar aceros de bajo carbono, lámina ordinaria y galvanizada, calderas, estructuras, tuberías de presión y acero fundido.	62.000 72.000	52.000 62.000	22 al 33	-29	27 a 100	TODAS	dcep	50-80	70-115	90-160	120-210
	E6010	ZIP 10T	Es un electrodo de muy buena penetración, con polvo de hierro, buena calidad radiográfica especialmente diseñado para oleoductos, gasoductos, construcciones navales, estructuras de acero y recipientes a presión.	62.000 72.000	52.000 62.000	22 al 33	-29	27 a 100	TODAS	dcep	50-80	70-120	90-155	120-180
	E6011	ACP 611SS	Se emplea para soldar todo tipo de aceros de bajo carbono en tuberías, estructuras, construcciones navales, recipientes a presión, etc. Especialmente pases de penetración.	63.000 74.000	52.000 60.000	27 al 35	-29	27 a 100	TODAS	BC o dcep	50-80	70-115	90-160	120-210
	E6013	SUPER SW 613	Construcciones de hierro en general, carpinterías metálicas con lámina delgada, fabricación de puertas, ventanas, rejas, ductos, ensamblaje de carrocerías y ornamentación en general.	60.000 74.000	48.000 62.000	22 al 28	20	40 a 110	TODAS	BC, dcep o dcen	60-100	90-130	120-160	
	E6013	SW 613	Carrocerías, muebles metálicos, ductos de aire acondicionado, rejas, ventanas y ornamentación en general.	60.000 74.000	48.000 65.000	22 al 28	20	50 a 110	TODAS	BC, dcep o dcen	50-90	80-120	110-160	130-210
	E6013	SW 10	Electrodo de tipo europeo de fácil manipulación, desarrollado para toda clase de soldaduras que requieren poca penetración. Se emplea para construcciones de hierro en general, carpinterías metálicas con lámina delgada, fabricación de puertas, ventanas, rejas, ductos, ensamblaje de carrocerías y ornamentación en general. Puede emplearse la técnica de arrastre para juntas planas y horizontales.	60.000 74.000	48.000 62.000	22 al 28	20	40 a 110	TODAS	BC, dcep o dcen	60-100	90-130	120-160	
	E7014	ZIP 14	Construcción de maquinaria, marcos de máquinas, implementos agrícolas, trabajos de ornamentación, tubería, recipientes de presión y sus accesorios. Equipos de ferrocarril, construcciones navales y soldadura de aceros estructurales.	70.000 80.000	58.000 68.000	22 al 28	20	50 a 100	TODAS	BC, dcep o dcen	70-110	110-150	120-200	175-275
	E7024	ZIP 24	Puentes y equipos pesados, equipo de construcción, implementos agrícolas, tanques de almacenamiento de petróleo y sus derivados, maquinaria de minería, carros de ferrocarril y construcción naval y en general para aceros de bajo contenido de carbono.	70.000 80.000	60.000 70.000	22 al 25	20	45 a 100	PLANA Y HORIZONTAL EN FILLETES	BC, dcep o dcen		140-180	180-250	225-300
	E7018-1	WIZ 18	Se utiliza para soldaduras de acero al carbono de hasta 70.000 lb/pulg <sup>2</sup> de resistencia a la tensión, en aplicaciones en estructuras, tuberías y tanques a presión especialmente cuando se requiere alta resistencia al impacto a bajas temperaturas.	70.000 80.000	58.000 70.000	22 al 36	-29	100 1000 10000 discontinuas		BC o dcep	70-100	100-145	135-200	170-270
	E7018	WIZ 18 S	Se utiliza para soldaduras de acero al carbono de hasta 70.000 lb/pulg <sup>2</sup> de resistencia a la tensión, en aplicaciones en estructuras, tuberías y tanques a presión, calderas, vagones de ferrocarril, etc.	72.000 84.000	62.000 72.000	24 al 36	-29	70		TODAS	BC o dcep	70-100	100-145	135-200

ELECTRODOS REVISTIDOS PARA SOLDAR ACEROS INOXIDABLES (AWS A5.4)	E308L-15	CROMARCO 308L - 15	El CROMARCO 308L-15 se usa para soldar aceros de las clases AISI 304 y 304L, en todas las posiciones, en especial en vertical ascendente.	75.000 90.000		40 al 60			TODAS	dcep	70 - 100	100 - 135	130 - 180	
	E308L-16	CROMARCO 308L - 16	El CROMARCO 308L-16 se usa para soldar aceros de las clases AISI 304 y 304L. Puede emplearse también para la soldadura de aceros AISI 204, 301, 302, 308 y 308L.	75.000 90.000		40 al 60			TODAS, excepto programación discontinuas	BC o dcep	40 - 70	70 - 100	100 - 135	130 - 180
	E309-16	CROMARCO 309 - 16	Está diseñado para soldadura de aleaciones tipo 309, se usa en la unión de aceros al carbono con inoxidable. Tiene propiedades de resistencia a la corrosión a temperatura ambiente. Resiste la oxidación severa a alta temperatura. Es muy usado para unir aleaciones al 12% de cromo con aceros al carbono. Otra aplicación es la soldadura de Clad Steel, tipo AISI 304.	80.000 95.000		30 al 45			TODAS, excepto programación discontinuas	BC o dcep	40 - 70	70 - 100	100 - 135	130 - 180
	E312-16	CROMARCO 312 - 16	El Cromarco 312-16 se utiliza para la unión de aceros inoxidables con aceros al carbono y otros tipos de uniones disímiles. Se usa también como colchón para recubrimientos duros. En reconstrucción de dientes de engranajes, piñones, ejes, etc.	105.000 120.000		22 al 30			TODAS, excepto programación discontinuas	BC o dcep	40 - 70	70 - 100	100 - 135	130 - 180
	E316L-16	CROMARCO 316L - 16	Para soldar aceros inoxidables AISI 316 y 316L. La resistencia al "Pitting" hace esta aleación útil en la industria textil, de papel e industrias químicas.	70.000 90.000		30 al 50			TODAS, excepto programación discontinuas	BC o dcep	40 - 70	70 - 100	100 - 135	
	E347-16	CROMARCO 347-16	Para soldar aceros inoxidables AISI 347 y 321. Pueden utilizarse también en las mismas aplicaciones del Cromarco 308L-16.	75.000 90.000		30 al 45			TODAS, excepto programación discontinuas	BC o dcep	45 - 70	70 - 100	100 - 135	
	E308L-16	CROMARCO 308L-16 PREMIUM	El Cromarco 308L-16 se usa para soldar aceros de clase AISI 304 y 304L. Puede emplearse también para la soldadura de aceros AISI 204, 301, 302, 308 y 308L.	75.000 90.000		35 al 60			TODAS, excepto programación discontinuas	BC o dcep	40 - 80	70 - 110	100 - 145	130 - 180
	E309L-16	CROMARCO 309L-16 PREMIUM	Está diseñado para soldaduras de aleaciones tipo AISI 309L y 309. Se usa en la unión de aceros al carbono con inoxidable. Tiene propiedades de resistencia a la corrosión a temperatura ambiente. Resiste la oxidación severa a alta temperatura. Es muy usado para uniones disímiles entre los aceros inoxidables y aceros al carbono o de baja aleación. Otra aplicación es la unión de soldadura Clad Steel, Tipo AISI 304L y 304.	75.000 90.000		30 al 48			TODAS, excepto programación discontinuas	BC o dcep	40 - 80	70 - 110	100 - 145	130 - 180
	E312-16	CROMARCO 312-16 PREMIUM	El Cromarco 312-16 se utiliza para la unión de aceros inoxidables con aceros al carbono y otros tipos de uniones disímiles. Se usa también como colchón para recubrimientos duros. En reconstrucción de dientes de engranajes, piñones, ejes, etc.	105.000 120.000		22 al 30			TODAS, excepto programación discontinuas	BC o dcep	40 - 80	70 - 110	100 - 145	130 - 180
	E316L-16	CROMARCO 316L-16 PREMIUM	Para soldar aceros inoxidables AISI 316 y 316L. La resistencia al "Pitting" hace esta aleación útil en la industria textil, de papel e industrias químicas.	70.000 90.000		30 al 50			TODAS, excepto programación discontinuas	BC o dcep	40 - 80	70 - 110	100 - 145	130 - 180
E308L-16	WEST INOX 308L - 16	El WEST INOX 308L se usa para soldar tanques, tuberías y reactores de acero inoxidable tipo AISI 304 y 304L. Puede emplearse también para la soldadura de aceros AISI 204, 301, 302, 308 y 308L.	75.000 85.000		30 al 50			TODAS, excepto programación discontinuas	BC o dcep	40 - 80	70 - 110	100 - 145	130 - 180	
			Está diseñado para la unión de aceros tipo AISI 309 y 309L. Se usa también para uniones disímiles entre aceros al carbono y aceros inoxidables. Tiene propiedades de resistencia a											

## ANEXO H. CHUMACERA



d	15	mm
A	32	mm
A <sub>1</sub>	18	mm
B <sub>1</sub>	28.6	mm
H	57	mm
H <sub>1</sub>	30.2	mm
H <sub>2</sub>	14	mm
J	97	mm
J	max. 106	mm
J	min. 88	mm
L	127	mm
N	20.5	mm
N <sub>1</sub>	11.5	mm
s <sub>1</sub>	22.6	mm

### Orificio roscado

R <sub>G</sub>	1/4-28 UNF	
R <sub>1</sub>	1	mm
R <sub>G</sub>	45	°

### Boquilla engrasadora

D <sub>N</sub>	6.5	mm
SW <sub>N</sub>	7	mm
G <sub>N</sub>	1/4-28 SAE-LT	

### Fijas de situación

J <sub>6</sub>	118	mm
J <sub>7</sub>	11.5	mm
N <sub>4</sub>	2	mm

### Datos del cálculo

Capacidad de carga dinámica básica	C	9.56	kN
Capacidad de carga estática básica	C <sub>0</sub>	4.75	kN
Carga límite de fatiga	P <sub>u</sub>	0.2	kN

## ANEXO I.

### ACOPLE 6MM DE DIÁMETRO A 15 MM DE DIÁMETRO



**D30 L35** **6x15**

**Jaw spider coupler**

Q Sitúa el cursor encima para hacer zoom

50 units 6 mm a 15 mm Jaw araña del acoplador de eje Flexible de acoplamiento 6 mm x 15 mm D30 L35 CNC servo motor de pasos 3D impresora

Ver nombre original del producto en inglés

Precio: **€ 215,90** / lote: 50 unidades / lote., € 4,32 / unidad  
Precio al por mayor: ▾

Este artículo ya no está disponible :(

Click to view more Acoplamientos de Eje products

You can: [Añadir a mi Lista de Deseos](#)

Política de devoluciones: Se aceptan devoluciones si el producto es muy distinto de su descripción. El comprador puede devolver el producto (haciéndose cargo de los gastos de envío de vuelta) o quedarse con el producto y acordar con el vendedor la devolución del dinero. Ver detalles ▶

Garantías del vendedor: Entrega Puntual **5** días

Pago: [VISA](#) [Master](#) [Amex](#) [Bank Transfer](#) [WESTERN UNION](#) Ver más ▶

**Protección del comprador**

Devolución íntegra del dinero si no recibes tu pedido

Reembolso íntegro o parcial si el artículo es distinto de su descripción

## ANEXO J.

### ACOPLE 9 MM DE DIÁMETRO A 15 MM DE DIÁMETRO



**1X D30 L40**

**CNC automation**

Q. Sitúa el cursor encima para hacer zoom

15mm 16mm

[Ver nombre original del producto en inglés](#)

★★★★★ 5.0 (6 votos) | 8 vendidos

Precio: € 2,48 / unidad

Precio al por mayor: ▾

Diámetro interior:

8mm to 14mm	8mm to 15mm	8mm to 16mm	9mm to 9mm
9mm to 9.525	9mm to 10mm	9mm to 11mm	9mm to 12mm
9mm to 12.7	9mm to 13mm	9mm to 14mm	9mm to 15mm
9mm to 16mm	9.525 to 9.525	9.525 to 10mm	9.525 to 11mm
9.525 to 12mm	9.525 to 12.7	9.525 to 13mm	9.525 to 14mm
9.525 to 15mm	9.525 to 16mm	10mm to 10mm	10mm to 11mm
10mm to 12mm	10mm to 12.7	10mm to 13mm	10mm to 14mm
10mm to 15mm	10mm to 16mm	11mm to 11mm	11mm to 12mm
other shaft size			

Envío: € 4,24 a Colombia vía AliExpress Standard Shipping ▾

Tiempo de entrega: 23-35 días 📦

Cantidad:  unidad (32975 unidades disponible)

Precio total: Depende de las propiedades del producto que selecciones

