



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA

“Diseño de un Pulverizador para la aplicación fitosanitaria en los cultivos de uva de la
empresa Full Maquinarias S.A”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico

AUTOR:

Castro Vergaray, Cristian Ivan (ORCID: 0000-0002-8627-2829)

ASESOR:

Dr. Olórtegui Yume, Jorge Antonio (ORCID: 0000-0001-5734-040X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

TRUJILLO – PERÚ

2020

DEDICATORIA

A Dios por permitirme cumplir mi meta, haberme sostenido siempre y mantener encendida en mí la curiosidad y el amor hacia el conocimiento.

A mis padres Elmo y Lola por su confianza, sacrificio y amor durante cada paso de mi vida, por ellos soy lo que soy.

A mi abuelita Melita, quien me enseñó a amar a Dios y me cuida desde el cielo. A mi querida hermana Rossy a quien espero siempre inspirar para ser mejor.

A mi gran amor Meliza, con quien Dios me permite crecer en todos los aspectos de mi vida y a mi hijo Leonardo la razón para nunca rendirme.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios infinitamente, por poner a las personas indicadas en el momento perfecto, por permitirme vivir este momento y llenar mi vida de su amor; a mi asesor el Dr. Jorge Antonio Olortegui Yume, por haberme guiado en esta investigación y enseñarme a ver más allá del horizonte; al Ing. Pedro Paredez López, por las largas charlas y observaciones para ayudarme a aclarar mis ideas; al Mg. Guillermo Quevedo Novoa con quien tuve mi primera charla profesional, de quien escuché con pasión lo que es la ingeniería mecánica.

A mi madre, quien se sacrificó para poder cumplir esta meta, quien desde el principio creyó en mí y con sus palabras me impulsó a nunca rendirme. A mi amada Meliza, de quien aprendí mucho y con quien encontré la mejor versión de mí mismo.

A todas las personas familiares y docentes que fueron parte de esta experiencia y me apoyaron para culminar esta etapa, ¡muchas gracias!

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------|
| DEDICATORIA | ii |
| AGRADECIMIENTO | iii |
| RESUMEN | vii |
| ABSTRACT | viii |
| I: INTRODUCCIÓN II: | 1 |
| MÉTODO | 8 |
| 1.1. Diseño de investigación. | 8 |
| 1.2. Variables | 9 |
| 1.2.1. Variables para el sistema de chasis | 9 |
| 1.2.2. Operacionalización de variables. | 12 |
| 1.2.2.1. Sistema de chasis. | 12 |
| 1.3. Población y muestra | 13 |
| 1.3.1. Población | 13 |
| 1.3.2. Muestra | 13 |
| 1.4. Técnicas de recolección de datos | 13 |
| 1.5. Métodos de análisis de datos | 13 |
| 1.6. Aspectos éticos | 14 |
| III: RESULTADOS | 15 |
| 2.1. Necesidades de la empresa | 15 |
| 2.2. Códigos, normas o recomendaciones para el diseño de pulverizadores. | 18 |
| 2.3. Especificaciones de ingeniería | 18 |
| 2.4. Diseño conceptual | 19 |
| 2.5. Selección de concepto óptimo | 23 |
| 2.6. Diseño de configuración. | 25 |
| 2.7. Selección de la configuración óptima. | 27 |
| 2.8. Dimensionamiento de la máquina. | 29 |
| 2.9. Cálculo de las principales cargas sobre la estructura del chasis. | 32 |
| 2.9.1. Cálculo del peso de la bomba. | 32 |
| 2.9.2. Cálculo del peso del tanque de almacenamiento. | 33 |
| 2.9.3. Cálculo del peso del sistema de aire. | 34 |
| 2.9.4. Cálculo del peso del cuadro portatobera. | 36 |
| 2.10. Diagrama de cuerpo libre de la estructura chasis. | 37 |
| 2.11. Diseño paramétrico de la estructura de chasis. | 37 |
| 2.11.1. Diseño paramétrico mediante la interface gráfica de usuario (GUI) de Matlab. | 38 |

| | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.11.2. | Diseño paramétrico mediante análisis por elementos finitos con Ansys. | 41 |
| 2.11.3. | Diseño de cuadro de portatobera | 47 |
| 2.12. | Diseño de selección de componentes estándar del pulverizador. | 49 |
| 2.12.1. | Selección del tanque de almacenamiento. | 50 |
| 2.12.2. | Selección de bomba hidráulica | 51 |
| 2.12.3. | Selección de regulador de presión | 52 |
| 2.12.4. | Selección de filtro de aspiración y línea | 53 |
| 2.12.5. | Componentes sistema neumático | 54 |
| 2.12.6. | Diseño de distribuidor de aire | 55 |
| 2.12.7. | Sistema hidráulico | 56 |
| 2.13. | Análisis económico | 59 |
| IV: DISCUSIÓN | | 64 |
| V: CONCLUSIONES | | 66 |
| VI: RECOMENDACIONES | | 67 |
| VII: REFERENCIAS | | 68 |
| REFERENCIAS | | 68 |
| ANEXOS | | 70 |
| ANEXO A. Modelo de entrevista | | 71 |
| ANEXO B: Entrevistas a los representantes de las principales áreas de la empresa. | | 74 |
| ANEXO C. Normas técnicas para el diseño de pulverizadores. | | 92 |
| ANEXO D: Cálculo de esfuerzos en el chasis del pulverizador. | | 94 |
| ANEXO E: Programación para el diseño paramétrico del chasis del pulverizador usando la gui matlab. | | 110 |
| ANEXO F: Planos generales del chasis. | | 111 |

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se realizó el diseño de un pulverizador para la aplicación de fitosanitario en cultivos de uva para la empresa Full Maquinarias S.A. en la ciudad de Trujillo.

El proceso de diseño inició con entrevistas a trabajadores de la empresa para determinar los requerimientos. Simultáneamente, se efectuó una búsqueda de información y normas técnicas relacionadas. Luego, se seleccionaron 4 conceptos alternativos de los cuales se extrajo el concepto óptimo mediante una matriz de criterios ponderados. A continuación, se realizó el diseño de configuración también con una matriz de ponderaciones. Para el inicio de los cálculos, se realizó el dimensionamiento general del equipo tomando en consideración las necesidades de la empresa y las especificaciones de ingeniería. El diseño paramétrico del chasis se materializó mediante una interfaz gráfica de usuario GUI y se validó mediante software Elementos finitos (FEM).

El concepto óptimo resultó ser pulverizador de tipo neumático. Con el diseño paramétrico se seleccionó el material para la fabricación del chasis (acero ASTM A36), con un espesor de 6 mm, el que dio como resultado un esfuerzo de Von Mises igual a 97 MPa con un factor de seguridad por carga estática de 2.576 y un factor de seguridad por fatiga de 2.43. Así mismo se realizó un análisis FEA del cuadro portatoberas teniendo como resultado un esfuerzo máximo de Von Mises igual a 47.06 MPa con un factor de seguridad por carga estática igual a 6.87.

Finalmente, el costo total del equipo asciende a S/ 46 492.71 y mediante el análisis económico se demuestra que el diseño propuesto es capaz de satisfacer las necesidades de la empresa y que bajo una proyección de ventas generará beneficios económicos con un VAN de S/397 145.54, TIR 21% y ROI 35.671%.

Palabras clave: diseño de pulverizador, fitosanitario, cultivos de uva.

ABSTRACT

In this research work, the design of a sprayer for the application of phytosanitary products in grape crops was carried out for the company Full Maquinarias S.A. in the city of Trujillo.

The design process began with interviews with company workers to determine the requirements. Simultaneously, a search for information and related technical standards was carried out. Then, 4 alternative concepts were selected from which the optimal concept was extracted through a matrix of weighted criteria. Next, the configuration design was also carried out with a weighting matrix. For the beginning of the calculations, the general dimensioning of the equipment was carried out taking into consideration the needs of the company and the engineering specifications. The parametric design of the chassis was materialized by means of a graphical user interface GUI and was validated by Finite Element software (FEM).

The optimal concept turned out to be a pneumatic type sprayer. With the parametric design, the material was selected for the manufacture of the chassis (ASTM A36 steel), with a thickness of 6 mm, which resulted in a Von Mises effort equal to 97 MPa with a safety factor for static load of 2,576 and a fatigue safety factor of 2.43. Likewise, a FEA analysis of the nozzle frame was carried out, resulting in a maximum Von Mises effort equal to 47.06 MPa with a safety factor for static load equal to 6.87.

Finally, the total cost of the equipment amounts to S / 46 492.71 and the economic analysis shows that the proposed design is capable of meeting the needs of the company and that under a sales projection it will generate economic benefits with a NPV of S / 397 145.54, IRR 21% and ROI 35.671%.

Keywords: sprayer design, phytosanitary, grape crops.

I: INTRODUCCIÓN

La producción mundial de uva en el 2019/20 tendrá un incremento estimado del 4% según el reporte del departamento de agricultura de Estados Unidos (USDA, 2019), equivalente a 23.4 millones de toneladas métricas. China proyecta una producción de 10.8 millones de toneladas, 900 000 toneladas más que la campaña anterior. India pronostica que su producción aumentará 200 000 toneladas alcanzando un total de 3 millones de toneladas métricas. Por su parte, la Unión Europea, con una producción de 1.4 millones de toneladas, cae 220 000 toneladas por debajo de su campaña anterior. (Agraria.pe, 2019).

En Latinoamérica, Chile espera una disminución de su producción en 26 000 toneladas, quedando su producción estimada en 809 000 toneladas. Mientras que Perú pronostica una producción de 648 mil toneladas (Agraria.pe, 2019), siendo sus principales destinos de exportación los Estados Unidos, Unión Europea y China (TORRES, 2019). El crecimiento de las exportaciones en Perú el 2018, 26% más que el año anterior, logró que el Perú se convierta en el tercer mayor exportador de uvas frescas por un total de 819 millones de dólares (TORRES, 2019).

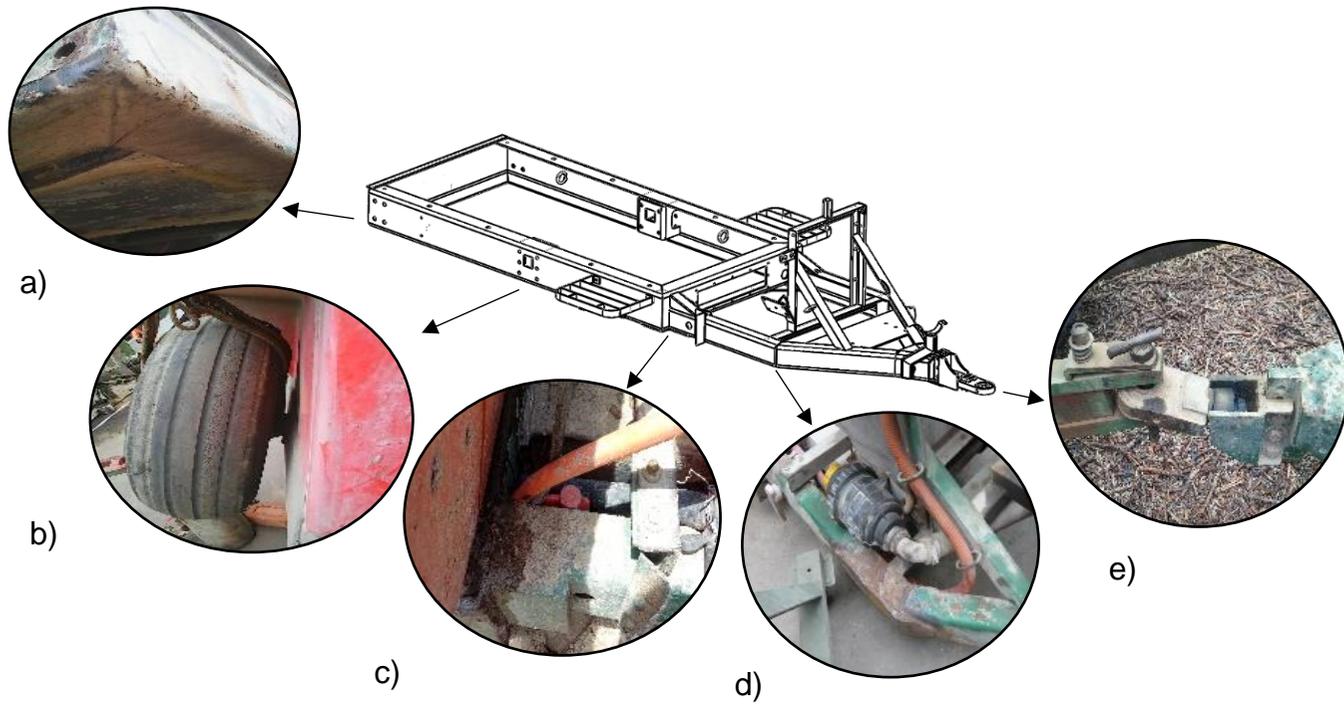
Los departamentos del Perú con mayor producción de uva son Ica 41%, Piura con 26%, Lima 12%, La Libertad 9%, Arequipa 6%. Estos representan el 94% de la producción de uva en el País (Ministerio de Agricultura y Riego, 2019). En el periodo 2010 al 2018 el departamento con mayor crecimiento fue Piura, que aumentó a una tasa promedio anual del 22%, convirtiéndolo así en el primer productor de uva a nivel nacional. La producción de uva en la temporada 2017 – 2018 tuvo complicaciones a causa de los efectos del fenómeno del niño costero a finales del 2016 e inicios del 2017 que afectó la fertilidad del fruto por la alteración de las condiciones climáticas y la infraestructura del riego (Ministerio de Agricultura y Riego, 2019) recuperándose a finales del 2018 y con las altas expectativas de crecimiento ya antes mencionadas.

En la actualidad, el cultivo de la uva posee una etapa crítica que requiere un meticuloso uso de sustancias empleadas para la protección y mejora de producción agrícola, preservación de cosechas y fertilización (productos fitosanitarios). En este sentido, se hacen necesarios equipos automáticos y semiautomáticos que permitan realizar esta tarea con exactitud en el control de las dosis y de acuerdo al tipo de sembríos.

(PORRAS Piedra & PORRAS Soriano, 2001). Es importante mencionar que se han desarrollado muchos sistemas y métodos para el uso de productos fitosanitarios, siendo la aplicación en forma de pulverización el método más frecuente, debido a su formulación para su uso en dispersión en agua. La pulverización tiene como objetivo depositar las gotas con el producto fitosanitario de forma que cubran estratégicamente los puntos de infección, potenciales o establecidos, de manera que puedan ejercer su acción protectora o curativa.

La empresa FULL MAQUINARIAS S.A. fue fundada en Trujillo (Perú) en 1999. Esta empresa es ya reconocida por la calidad y particularidad de sus productos y en estos años ha logrado posicionarse rápidamente como una de las empresas más importantes para el sector Agroindustrial de la región y del país. Su especialización en fabricación de maquinaria agrícola para la aplicación de fitosanitarios en los diferentes cultivos del medio. La principal ventaja competitiva de la empresa es el diseño personalizado ajustado a las diferentes condiciones del cultivo. Esto permite que los productores agrícolas puedan acceder a una entidad que se ajusta a las peculiaridades de su actividad.

Debido a la gran demanda que existe de producción de uva la empresa FULL MAQUINARIAS S.A. realizó la fabricación empírica de un prototipo de pulverizador para la aplicación de fitosanitarios en los cultivos de uva. Este prototipo después de haber sido probado en campo por un periodo de 6 meses, presento fallas en la parte estructural del chasis. Este periodo de prueba permitió también observar el comportamiento de los diferentes componentes que constituyen la máquina. En esta empresa, las fallas del equipo reportadas por el cliente son corregidas según demanda y son soluciones de compromiso con la garantía. Algunas de estas fallas se pueden observar en la Figura 1. En estos últimos años la alta dirección de la empresa, ha visto la necesidad imperiosa de un proceso de diseño formal de ingeniería para evitar los costos e inconvenientes con la cartera de clientes a la que sirve. Entendiéndose el diseño de ingeniería formal como el proceso de toma de decisiones enmarcados dentro de una metodología para la obtención de un producto con especificaciones dadas para la solución de un problema.



- (a) Rotura de chasis en la parte posterior inferior.
- (b) Desalineamiento de eje producto de torsión del larguero principal de chasis.
- (c) Rotura unión soldada del chasis.
- (d) Rotura en cambio de sección parte delantera del chasis.
- (e) rotura de jalador.

Figura 1. Fallas en estructura de chasis.

El presente proyecto plantea diseñar un pulverizador para la aplicación fitosanitaria en los cultivos de uva para satisfacer las demandas más comunes que se requiere de este equipo, evitando se produzcan las fallas observadas en los prototipos y diseños empíricos. Se espera que mediante este proyecto se desarrolle el producto bajo un enfoque de ingeniería, lo que garantizará un producto de calidad para la empresa Full maquinarias: Esto, permitirá eliminar o minimizar los errores de diseño garantizando la satisfacción del cliente.

La intención del proyecto es desarrollar un equipo confiable estructuralmente, que permita una aplicación uniforme de las dosis necesarias de fitosanitario. Del mismo modo el equipo deberá cumplir con los estándares de seguridad necesarios para su operación minimizando los efectos contaminantes del suelo y el aire por uso de agroquímicos en forma de gotas muy finas al medio ambiente. Se plantea entonces la incógnita de cuál será la geometría y características técnicas de un pulverizador para la aplicación de fitosanitarios en viñedos para la empresa FULLMAQUINARIAS S.A.

Algunos autores internacionales y uno nacional han trabajado en temas cercanos al presente proyecto. Vargas Alayo (2013) estudió en forma teórico-experimental un ventilador centrífugo de alabes rectos radiales en el laboratorio de energía de Pontificia Universidad católica del Perú. Encontró que las predicciones de las teorías de Bohl y Eck son las que brindan estimaciones más útiles para ancho del rotor del ventilador. Segovia, Villareal (2018) diseñaron un sistema de aspersion para la posterior adaptación e implementación en un motocultor YTO-YF-15L. El estudio concluyó que la simulación permitió seleccionar el diseño adecuado bajo los criterios evaluados, cargas máximas, así mismo acoplaron el sistema de aspersion al motocultor logrando tecnificar el proceso de pulverización en la provincia de Chimborazo Ecuador. Herrera Prat et. al. (2009) estudio la aerodinámica de la corriente de aire del pulverizador marca "MARTIGNANI" que usa un ventilador "MAJOR" de cuatro salidas. Encontró que la velocidad promedio disminuye en las salidas superiores, la uniformidad en la salida del difusor para todos los conceptos estudiados se encuentra en el rango de 0.89 a 0.9, lo cual es adecuado para el nebulizador, finalmente encontró que los ventiladores de bajo caudal y alta velocidad tienen un amortiguamiento de la rapidez del aire en la corriente de manera similar a los ventiladores de alto caudal y baja velocidad. Malón Litago et. al. (2014), diseñaron y optimizaron un chasis de pulverizador

hidroneumático con un depósito de 4000 L. En base al cálculo inicial todos los componentes con un coeficiente de seguridad superior a 3 fueron modificados, reduciendo el espesor hasta en un 50%; el proceso de optimización consiguió reducir el 18.5% de la masa respecto del modelo inicial. La empresa Fabrizio Lévera P. (1999) desarrollo el proyecto denominado “Trento nebulizador de bajo volumen” el cual fue cofinanciado por El Fondo Nacional de Desarrollo Tecnológico y Productivo (FONTEC). Los resultados fueron beneficiosos al reducir el consumo en 25 %, con 20% de cobertura e impregnación de follajes en plantas; el nebulizador permitió mejorar la relación costo beneficio, ya que, el consumo fue mínimo y la optimización en el uso de fungicidas y químicos también tiene un gran impacto en el ecosistema. Miranda et. al. (2017) desarrollaron nuevos prototipos de pulverizadores de aire comprimido para optimizar la eficiencia en la aplicación de agroquímicos y superar las limitaciones de los pulverizadores convencionales utilizados en huertos. Los resultados de la prueba de campo mostraron que los prototipos propuestos son más eficientes que equipos convencionales, ya que pueden contribuir a reducir la dosis de pesticidas aplicados a las copas de los olivos y, por lo tanto, tienen el potencial de influir positivamente en aminorar el daño ambiental. Deniz Yimaz et. al. (2011) estudiaron las tensiones estructurales en el chasis de un pulverizador con tanque de 2000 L. equipado con un ventilador posterior. Se encontró que la tensión máx. se ubicó en el puerto de tractor con un valor de 1584,9 MPa y corresponde al caso de carga estática de 40000 N. Se concluyó que el chasis debería modificar su diseño si es que se requiere usar las cargas máximas de 40000N.

El objetivo general a perseguir en este trabajo es obtener la geometría y características técnicas de un Pulverizador para la aplicación de fitosanitario uniforme y dosificada en los cultivos de uva.

Para esto el primer objetivo se centra en identificar las necesidades de la empresa mediante entrevistas a los representantes de las áreas relevantes. Simultáneamente, se realizará la búsqueda de normativa referente al diseño de pulverizadores. A continuación, con la información obtenida se elaborará una tabla de especificaciones de ingeniería que consolide las necesidades de la empresa. El siguiente objetivo consiste en generar 4 conceptos de diseño capaces de solucionar el problema planteado, para luego, seleccionar la alternativa optima mediante el método de matriz

de selección ponderada. En esa misma línea, se realizará el diseño de configuración para encontrar la mejor distribución de componentes principales de la máquina. Para tener una línea base, se plantearán dimensiones generales para el pulverizador. El diseño paramétrico que continua incluirá el modelado y simulación de la estructura del chasis para observar el comportamiento de las variables de solución frente a las variables de diseño y los parámetros de definición del problema. Luego de obtenidos los valores del diseño paramétrico, se procederá al diseño de selección de los diferentes elementos de máquina del pulverizador para garantizar su óptimo desempeño. Finalmente, los últimos objetivos, serán la obtención del juego de planos de rigor, el listado de piezas, el presupuesto y un análisis económico.

Un pulverizador es una máquina formada por un depósito con agitadores que mantienen en íntima unión el producto y el agua y por una bomba que obliga al agua a salir a través de las boquillas, fragmentándola en gotas de un diámetro del orden de 150 micras y dispersándolas sobre el terreno o planta (Figura 2). El gasto oscila en estos tratamientos de 500 a 1300 litros por hectárea, dependiendo del producto, densidad de la plantación, etc.

Los tipos de pulverizadores pueden clasificarse según su origen, estos pueden ser: hidráulicos, hidroneumáticos y neumáticos. A continuación, se hace una breve descripción de cada uno de ellos.

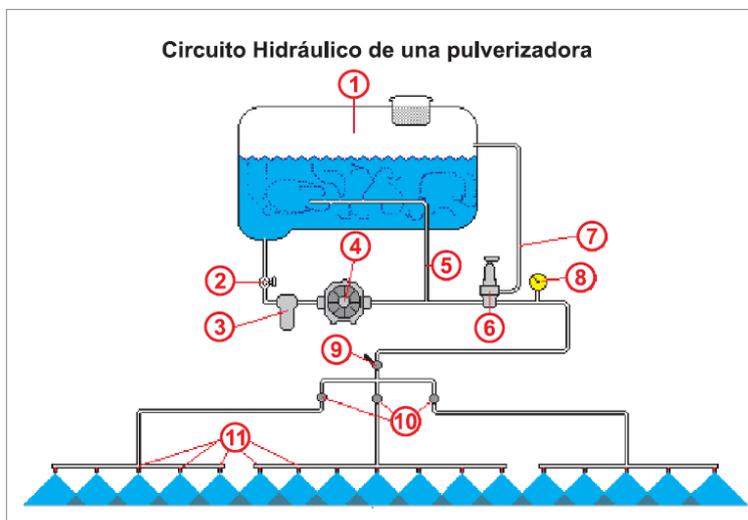
Los pulverizadores hidráulicos, son aparatos que realizan la pulverización a presión del líquido por una o varias boquillas y efectúa el transporte de las gotas sin fluido auxiliar. La pulverización se realiza por presión del líquido impulsado por la bomba. El peso del líquido a presión a través de la boquilla de pulverización produce gotas de diámetros diferentes, según la presión de trabajo y el tipo de boquilla que se utilice. Se ajustan a todo tipo de tratamientos y son los más empleados.

El pulverizador hidroneumático, por otra parte, constituye el modelo de pulverizador más extendidas en la protección fitosanitaria de plantaciones frutales, las gotas se forman, al igual que en el pulverizador hidráulico, por diferencia de presiones. El transporte se produce por una corriente de aire que envuelve a todas esas gotas. La corriente de aire influye en el tamaño de las gotas. Es un sistema menos sensible a la deriva y se evita la evaporación y efectos debidos a la elevada temperatura. El tamaño

de gota oscila entre 100 y 400 micras. Este sistema mejora la penetración del fitosanitario en el cultivo ya que la corriente de aire agita las plantas. Estas máquinas pueden utilizar gotas de tamaño más reducido que los pulverizadores hidráulicos pues, gracias al arrastre generado por el ventilador helicoidal, penetran más eficazmente en todo el volumen foliar y alcanzan mejor su objetivo.

Los pulverizadores neumáticos, se caracterizan por producir gotas muy finas, similares a la niebla. Las gotas se producen por el choque con una corriente de aire de 80-160 m/s. Existe un estrechamiento brusco del orificio de salida, donde se aumenta la presión y la velocidad debido al efecto Venturi. El transporte lo realiza la corriente de aire. Las ventajas de este sistema son poca deriva, buena penetración en el cultivo y diámetro de gotas de 40 a 200 micras, esto genera que la población de gotas alcance su objetivo, en reducidas pérdidas de producto y en el bajo volumen de líquido fitosanitario por hectárea que necesitan para lograr un buen recubrimiento de la superficie a la que es dirigida la población de gotas.

Los componentes que integran el sistema de pulverizado o circuito hidráulico de la pulverizadora cumplen ciertas funciones parciales. En conjunto, proporcionan a las boquillas el caudal de líquido a asperjar en forma limpia, homogénea y con la presión necesaria para producir la pulverización con las características que el operador propone.



- 1) Depósito.
- 2) Llave de corte.
- 3) Filtro de línea.
- 4) Bomba.
- 5) Derivación para la agitación hidráulica del depósito.
- 6) Regulador de presión.
- 7) Derivación del regulador.
- 8) Manómetro.
- 9) Llave principal de línea.
- 10). Llaves parciales de línea.
- 11). Picos del botallón.

Figura 2. Esquema del circuito hidráulico de una pulverizadora de botallón

II: MÉTODO

1.1. Diseño de investigación.

El diseño de la investigación es Pre Experimental y tendrá la siguiente metodología:

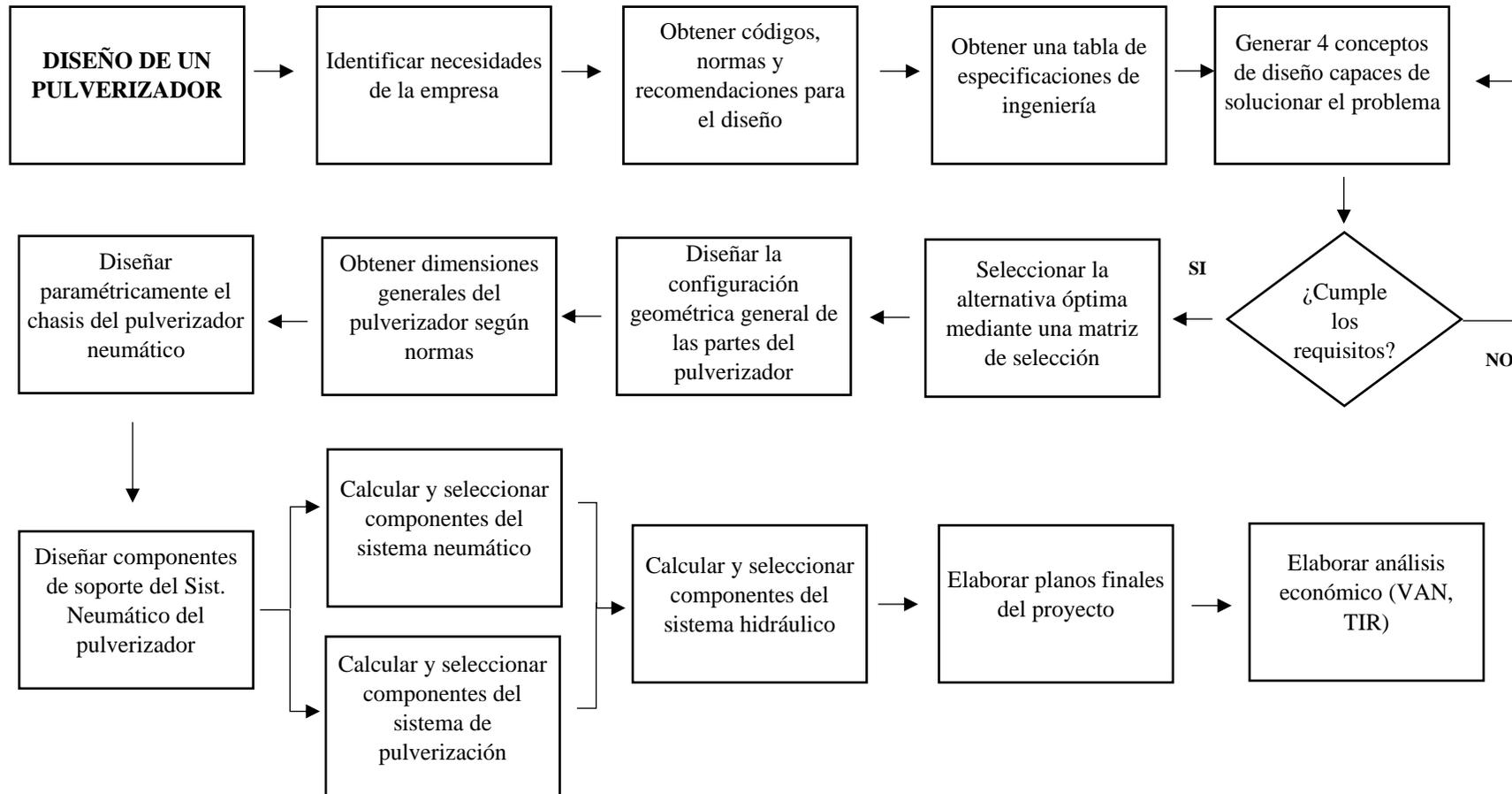


Figura 3. Diagrama de flujo para la metodología

1.2. Variables

Considerando, que el presente trabajo corresponde a una metodología formal de diseño se utilizara una adaptación del esquema de variables basado en el trabajo de Rudolf J. Eggert (Eggert, 2010) que propone: Variables de Diseño, Variables de Solución, Parámetros de Definición de Problema y Variables intervinientes.

Como se mencionó en la introducción del presente trabajo el sistema de chasis del prototipo experimental presentó fallas por lo que será sometido al diseño paramétrico debido a su impacto en la vida útil del pulverizador.

1.2.1. Variables para el sistema de chasis

Parámetros de Definición de Problema:

- Carga por el peso de la bomba. $F_B (N)$
- Carga por el peso del tanque $F_T (N)$
- Carga equivalente (peso del sist. de ventilación y soporte de toberas) $F_{Re} (N)$
- Longitud del chasis. $L (m)$

Variables de Diseño:

- Material del chasis. $S_y (MPa)$
- Espesor del perfil. $e (mm)$

Variables Intervinientes

- Inclinación del terreno. $I_t (^\circ)$

Variables de solución

- Factor de seguridad por esfuerzo. $FS_e (adim.)$
- Esfuerzo de Von Mises. $\sigma' (MPa)$
- Factor de seguridad en carga estática. $FS_{est} (adim.)$
- Factor de seguridad en fatiga. $FS_f (adim.)$

El diagrama de caja negra tanto para el análisis con Matlab y ANSYS se aprecia a continuación en las figuras 4 y 5 respectivamente.

DIAGRAMA DE CAJA NEGRA PARA EL ANÁLISIS EN MATLAB

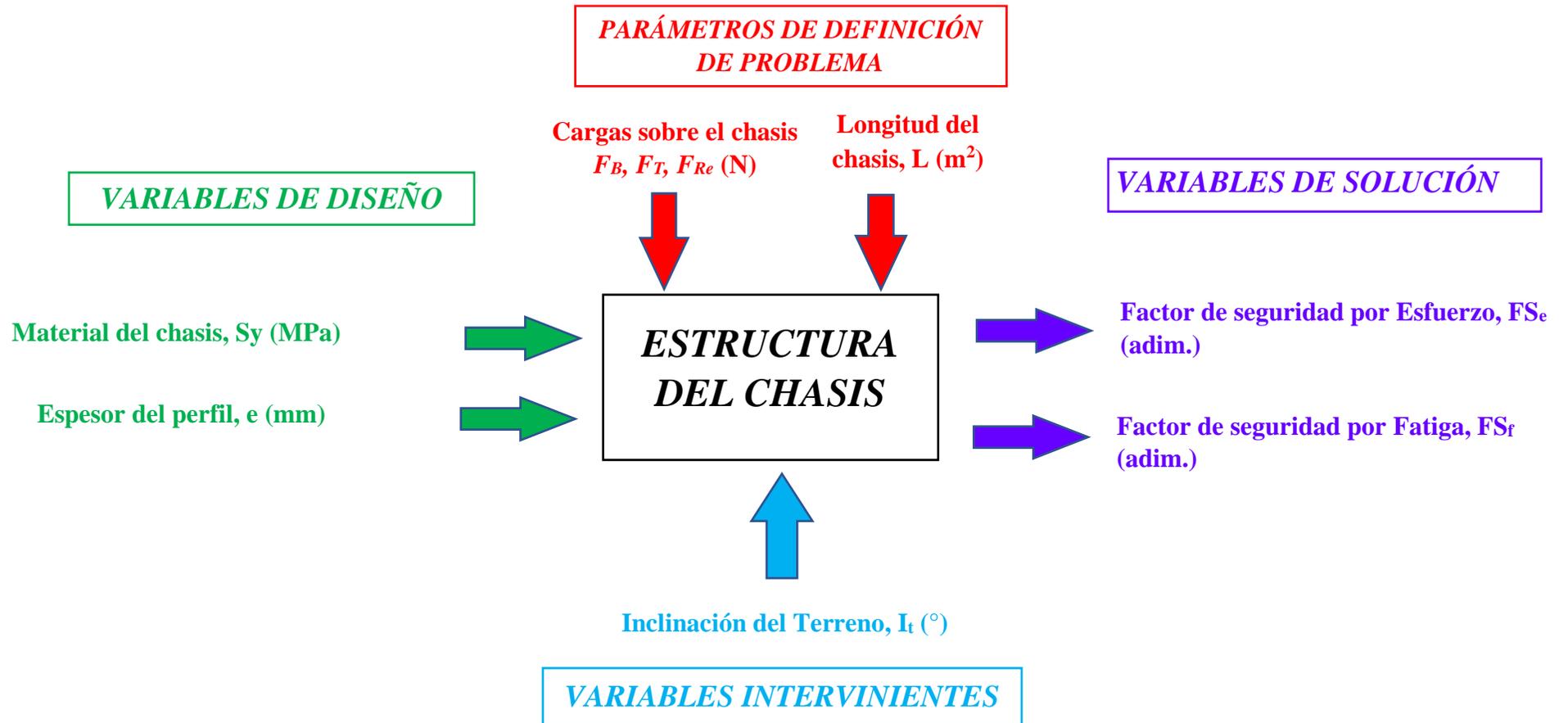


Figura 4. Diagrama de caja negra para el diseño de la estructura del chasis en Matlab

DIAGRAMA DE CAJA NEGRA PARA EL ANÁLISIS EN ANSYS

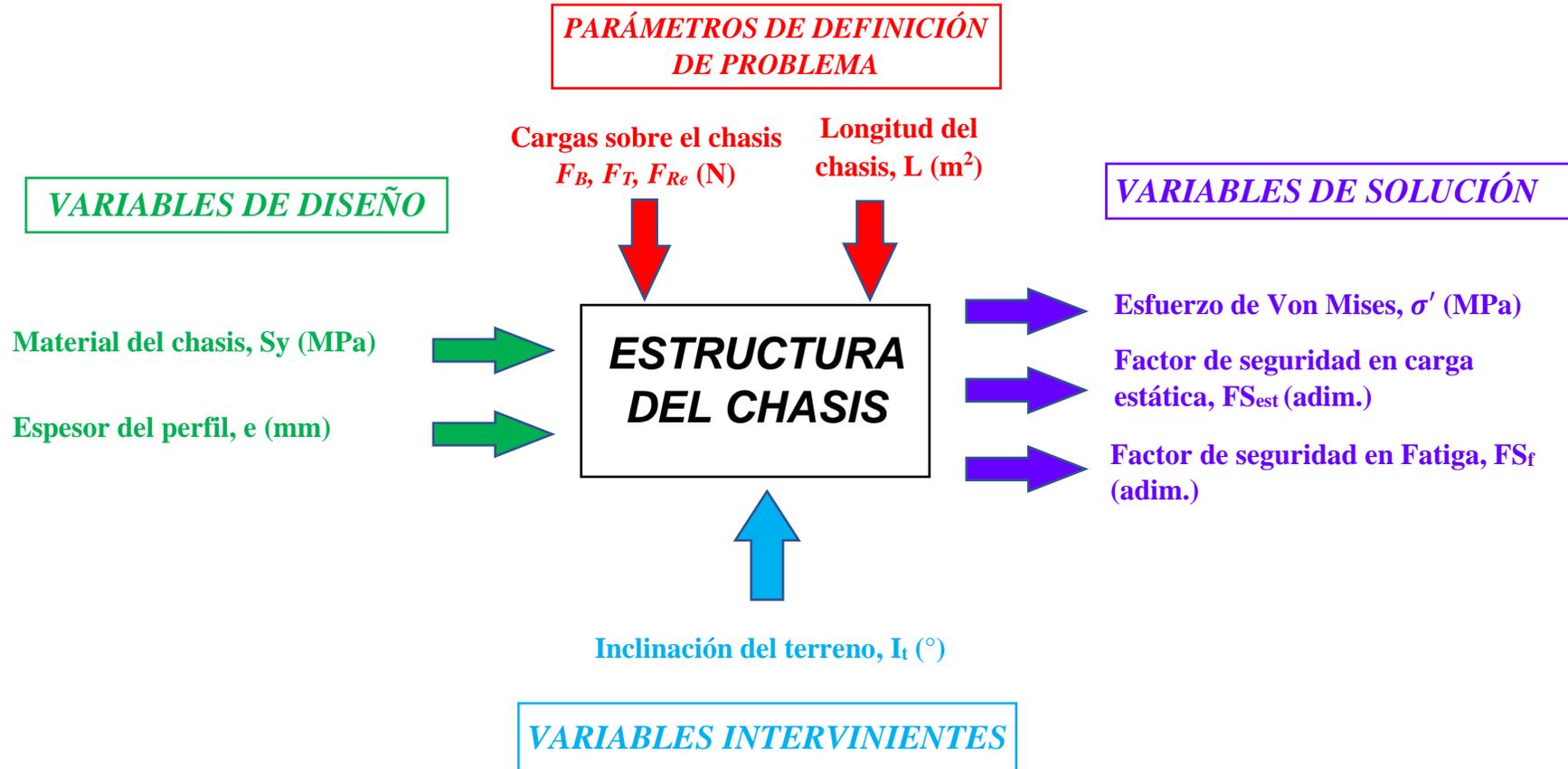


Figura 5. Diagrama de caja negra para el diseño de la estructura del chasis en ANSYS

1.2.2. Operacionalización de variables.

1.2.2.1. Sistema de chasis.

Tabla 1. Operacionalización de Variables de diseño y solución.

| | <i>Variable</i> | <i>Definición conceptual</i> | <i>Definición operacional</i> | <i>Indicadores</i> | <i>Escala de medición</i> |
|--------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------|
| <i>DE DISEÑO</i> | Material del chasis | Materia con propiedades físicas y químicas que permite la construcción de la geometría de un chasis. | $S_y = S_y$ | Resistencia a la fluencia (S_y) | <i>MPa</i> |
| | Espesor del perfil | Grosor que tiene la placa que forma el perfil del chasis. | $e = e$ | Espesor (e) | <i>mm</i> |
| <i>DE SOLUCIÓN</i> | Factor de seguridad por esfuerzo | Cociente resultante entre el valor de la resistencia máxima y el esfuerzo máxima al que se somete un componente. | $\eta = \frac{S_y}{\sigma'}$ | factor de seguridad por esfuerzo (η) | Adim. |
| | Factor de seguridad por Fatiga | Factor que depende de la resistencia a la fatiga, la resistencia última, componente de amplitud y componente de esfuerzo medio. | $\eta_f = \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{\sigma'_a}{S_e}\right)^2 + \left(\frac{\sigma'_m}{S_y}\right)^2}}$ | Factor de seguridad por fatiga (η_f) | Adim. |
| | Esfuerzo de Von Mises | Esfuerzo equivalente a la combinación de los esfuerzos principales para un estado general de esfuerzos | $\sigma' = (\sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2)^{\frac{1}{2}}$ | Esfuerzo de Von Mises (σ') | <i>MPa</i> |

Fuente: elaboración propia.

1.3. Población y muestra

1.3.1. Población

Máquinas pulverizadoras.

1.3.2. Muestra

Máquinas pulverizadoras para la aplicación de fitosanitarios en los cultivos de uva.

1.4. Técnicas de recolección de datos

La recolección de datos se dará por medio de las siguientes técnicas:

- Análisis documental.
- Entrevista.

1.5. Métodos de análisis de datos

El análisis de datos de la investigación se realizará de la siguiente manera:

- Se realizarán entrevistas, las cuales permitirán determinar los requerimientos del cliente/funciones del pulverizador.
- Se seleccionará las normas y códigos referentes al diseño del pulverizador.
- Se elaborará una tabla de especificaciones de ingeniería en función a los requerimientos del cliente/funciones del pulverizador.
- Se generarán 4 conceptos alternativos los cuales serán clasificados bajo una matriz de selección ponderada y se escogerá la mejor alternativa que cumpla con los requerimientos del cliente.
- Se diseñará paramétricamente el sistema de chasis por ser el problema principal del estudio para mejorar el desempeño del pulverizador.
- Se hará un diseño de selección de componentes utilizando gráficos, tablas, manuales técnicos, etc. de acuerdo a los requerimientos de diseño del pulverizador.
- Se realizará modelos 3D, cálculos, planos y simulaciones respectivas a los estudios principales del pulverizador mediante el software de ingeniería Autodesk Inventor® 2020, Matlab y ANSYS, para finalmente elaborar el análisis económico del pulverizador neumático.

1.6. Aspectos éticos

La presente investigación estará elaborada respetando los principios establecidos en el Decreto Legislativo N° 822 Ley sobre derecho de autor, y cumplirá los criterios éticos que son referidos en el reglamento de la Universidad Cesar Vallejo.

III: RESULTADOS

2.1. Necesidades de la empresa

Las necesidades de empresa se obtuvieron mediante el análisis de entrevistas que se realizaron en el área de Ingeniería, Producción y Ventas; las entrevistas fueron desarrolladas por los principales representantes de cada área, el resumen de las entrevistas se consolida en la tabla 2, así mismo se interpretan las respuestas para conocer las necesidades de la empresa.

Columna 2 y 3: Dimensiones del cultivo según los tipos de parrón (español y californiano) donde operará el pulverizador.

Las dimensiones promedio, para el tipo de parrón español según las entrevistas realizadas es para la medida A = 3.81 m y la medida B = 2 m. Así mismo las dimensiones promedio, para el tipo de parrón californiano, según las entrevistas realizadas es para cada una de ellas de la siguiente manera: A = 1.325 m; A1 = 2.16 m; B = 3.75 m; C = 1.5 m. las cuales nos muestran cual debe ser la cobertura de aplicación del pulverizador.

Columna 4: Configuración del área de cobertura según el tipo de parrón del pulverizador.

De acuerdo a las entrevistas, la configuración del área de cobertura según el tipo de parrón del pulverizador es mixta, ya que los productores de uva siembran en los dos tipos de parrones (español y californiano), y esto hace necesario que el diseño del equipo permita la adaptación para ambos casos.

Columna 5: Limitaciones o consideraciones de diseño en cuanto a las dimensiones del pulverizador.

Las limitaciones o consideraciones de diseño en cuanto a las dimensiones del pulverizador según las entrevistas realizadas son las siguientes:

- Dimensiones máximas y mínimas del parrón.
- Cantidad de producto a aplicar.
- Dimensiones generales de la máquina.
- Peso.
- Tipo de boquilla.

- Capacidad de tanque.

Columna 6: Características técnicas del pulverizador.

Las características técnicas a tener en cuenta para el diseño del pulverizador neumático según los entrevistados son: tipo de material, facilidad de mantenimiento, peso, centro de gravedad de la máquina, eficiencia de aplicación, seguridad operativa.

Columna 7: Aspectos técnicos y modo apropiado para los movimientos de adaptación al tipo parrón del pulverizador.

De acuerdo a los entrevistados el modo de adaptación del sistema de soporte de difusores al tipo de parrón debe permitir desplazamiento vertical, movimiento pendular en el rango de 0° a 90°, para que pueda regularse a la inclinación del parrón, así mismo éste puede accionarse de manera hidráulica o manual, debe ser de fácil adaptación y tener la menor cantidad de piezas.

Columna 8: Rango de velocidad de salida de aire apropiado en cada difusor del pulverizador para la aplicación fitosanitaria en los cultivos de uva.

De acuerdo a las entrevistas realizadas el rango de velocidad de salida de aire apropiado en cada difusor del pulverizador debe estar de 30 a 80 m/s.

Columna 9: Tipo apropiado de bomba hidráulica para pulverizador.

El tipo de bomba apropiado según los entrevistados es de Diafragma ya que entrega alto caudal a bajas presiones.

Columna 10: condiciones de operación del pulverizador.

De acuerdo a las entrevistas realizadas, la operación se da en terrenos accidentados con presencia de vientos fuertes, y los problemas de mayor incidencia fueron fallas en el chasis y una deficiente adaptación de la máquina al cultivo.

Tabla 2. Resumen de entrevistas para determinar las necesidades de empresa Full Maquinarias S. A. con respecto del diseño de un pulverizador para la aplicación fitosanitarias en los cultivos de uva.

| ASPECTOS | COBERTURA DE PRODUCTO | | | DISEÑO DE LA MÁQUINA | | | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------|
| | <i>Preguntas</i> | | <i>Entrevistados</i> | <i>DIMENSIONES DE CULTIVO</i> | <i>CONFIGURACIÓN DE LA MÁQUINA</i> | <i>LIMITACIONES DIMENSIONALES</i> | <i>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</i> | <i>ACCIONAMIENTO CUADRO APLIC.</i> | <i>V.S. DE AIRE EN DIFUSOR</i> | <i>TIPO DE BOMBA</i> |
| | <i>Santos Eduardo Laguna Avila</i> | P. español: A=3.8 – 4.0 B= 1.9 - 2.1 | | P. californiano A= 1.1-1.2 A1= 1.95-2.4 B= 3.5- 4 C= 1.5 | Mixta | Dim. de parrón, cantidad de prod. a aplicar | Tipo de material, fácil Mto. | Permitir desplazamiento vertical | 40 - 60 m/s | Bomba de diafragma |
| | <i>Lucio Martines Bacilio</i> | P. español: A=1.8 – 3.2 B= 1.6 – 1.7 | P. californiano A= 1.1-1.65 A1= 1.95-2.4 B= 3.5-4 C= 1.5 | Mixta | Altura de la máquina | Peso, volumen de aplicación | Mov. pendular 0 - 45° | 30 - 70 m/s | Bomba de diafragma | Deficiente adaptación a cultivo |
| | <i>Jonathan Arturo Li Castillo</i> | P. español: A=3.2 – 1.8 B= 1.6 – 1.7 | P. californiano A= 1.1-1.65 A1= 1.95-2.5 B= 3.5-4 C= 1.5 | Mixta | Altura del cultivo | Alcance de aplicación | De mov. uniforme e independiente | 50 - 80 m/s | Bombas de diafragma | |
| | <i>Denis Huertas Arteaga</i> | P. español: A=3.0 – 3.5 B= 1.9 – 1.8 | P. californiano A= 1.1-1.65 A1= 1.95-2.4 B= 3.5-4 C= 1.5 | Mixta | Longitud, peso, tipo de boquilla, cap. De tanque | Centro de gravedad, seguridad operativa | Flexible, manual e hidráulico | 30 - 50 m/s | Bombas de diafragma | Terreno accidentado, vientos fuertes |
| | <i>Walter Aburto Torres</i> | P. español: A=3.8 – 4.0 B= 1.9 - 2.1 | P. californiano A= 1.1-1.65 A1= 1.95-2.4 B= 3.5-4 C= 1.5 | Mixta | Dim. De parrón | Eficiencia de aplicación | De fácil adaptación | Determinar de acuerdo al follaje | Bombas de diafragma | Inapropiada operación de la maquina |
| | <i>Luis Alberto Castro Gutierrez</i> | P. español: A=3.8 – 4.0 B= 1.9 - 2.1 | P. californiano A= 1.1-1.5 A1= 1.95-2.2 B= 3.5- 4 C= 1.5 | Mixta | Ancho y alto de pulverizador | Eficiencia de aplicación | De fácil adaptación | Determinar de acuerdo al follaje | Bombas de diafragma | Inapropiada operación de la máquina |

Fuente: elaboración propia.

2.2. Códigos, normas o recomendaciones para el diseño de pulverizadores.

Para el diseño del pulverizador se tomará en consideración las siguientes normativas de las que se destaca a continuación sus puntos más importantes:

DIRECTRICES SOBRE REQUISITOS MÍNIMOS PARA EQUIPOS DE APLICACIÓN DE PLAGUICIDAS AGRÍCOLAS (Guidelines on minimum requirements for agricultural pesticide application equipment. Food and Agriculture Organization of The United Nations).

Las directrices sobre requisitos mínimos para equipos de aplicación de plaguicidas agrícolas ayudan a evitar diseñar pulverizadores con limitaciones de calidad y diseño, esto podría comprometer la seguridad del operador y el medio ambiente. Los requisitos son desarrollados en módulos, cada módulo se relaciona con un componente principal o un grupo funcional de componentes a partir del cual se pueden compilar especificaciones consistentes para máquinas de pulverización completas.

DIRECTRICES SOBRE NORMAS PARA EQUIPOS DE APLICACIÓN DE PLAGUICIDAS AGRÍCOLAS Y PROCEDIMIENTOS DE PRUEBAS RELACIONADOS (Guidelines on standards for agricultural pesticide application equipment and related test procedures. Food and Agriculture Organization of The United Nations).

Las directrices sobre normas para equipos de aplicación de plaguicidas agrícolas y procedimientos de prueba relacionados, proporcionan a los diseñadores un sistema de garantía de calidad adecuado, práctico y consistente para el diseño, prueba y calibración de todos los pulverizadores de cultivos principales fabricados en el mundo. Se tiene en cuenta y se da importancia especial a la seguridad del operador y del medio ambiente, así mismo se incluyen pruebas de durabilidad cuando existen implicaciones de seguridad.

2.3. Especificaciones de ingeniería

Luego de analizar las necesidades de la empresa Full Maquinarias S.A. para el diseño del pulverizador, se obtuvo una tabla de especificaciones de ingeniería identificando subfunciones de la máquina que para el presente trabajo de investigación servirá como base para la toma de decisiones del diseño del pulverizador.

Tabla 3. Especificaciones de ingeniería para el diseño de un pulverizador

| Especificaciones de ingeniería | | | |
|-------------------------------------------------|------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Subfunción | Característica de ingeniería | Unidad | Límites |
| Tamaño de la máquina | Dimensiones | Metros | $2.5 \leq A_p \leq 3$ $1.4 \leq H_p \leq 1.6$ $4.2 \leq L_p \leq 4.6$ |
| Almacenamiento del agua de pulverización. | Volumen | Litros | 2000 L |
| Impulsar líquido a las salidas del pulverizador | Caudal | Litros por minuto | 120 L/min |
| Producir tamaño apropiado de gotas | Diámetro Volumétrico | Micras | $400 \leq D_v \leq 50$ |

Fuente: elaboración propia.

2.4. Diseño conceptual

Se presentan a continuación 4 conceptos de diseño que son posibles soluciones a la necesidad de la empresa, para cada concepto alternativo se describe sus características de funcionamiento, ventajas y desventajas.

Concepto 1: Pulverizador Hidráulico.

Este concepto es una variante del diseño del modelo Coral uva de la empresa Jacto, tiene una capacidad de 2000 L, una bomba que impulsa el agua de pulverización hasta dos cañerías de salida provistas con 6 acoples universales para cada una de las boquillas (permite la posibilidad de colocar diferentes tipos de boquillas para diferentes tamaños de gota), las cañerías permiten la regulación angular para adaptarse a la inclinación de un parrón californiano, así mismo cuenta con un mecanismo flexible para evitar daños al recibir golpes producto de la operación, el accionamiento del equipo se hace por medio de un tractor viñatero.

Sus principales ventajas son la facilidad de fabricación y ensamblaje y su bajo costo.

La principal desventaja que presenta este concepto es la poca eficiencia de aplicación producto de la deriva.

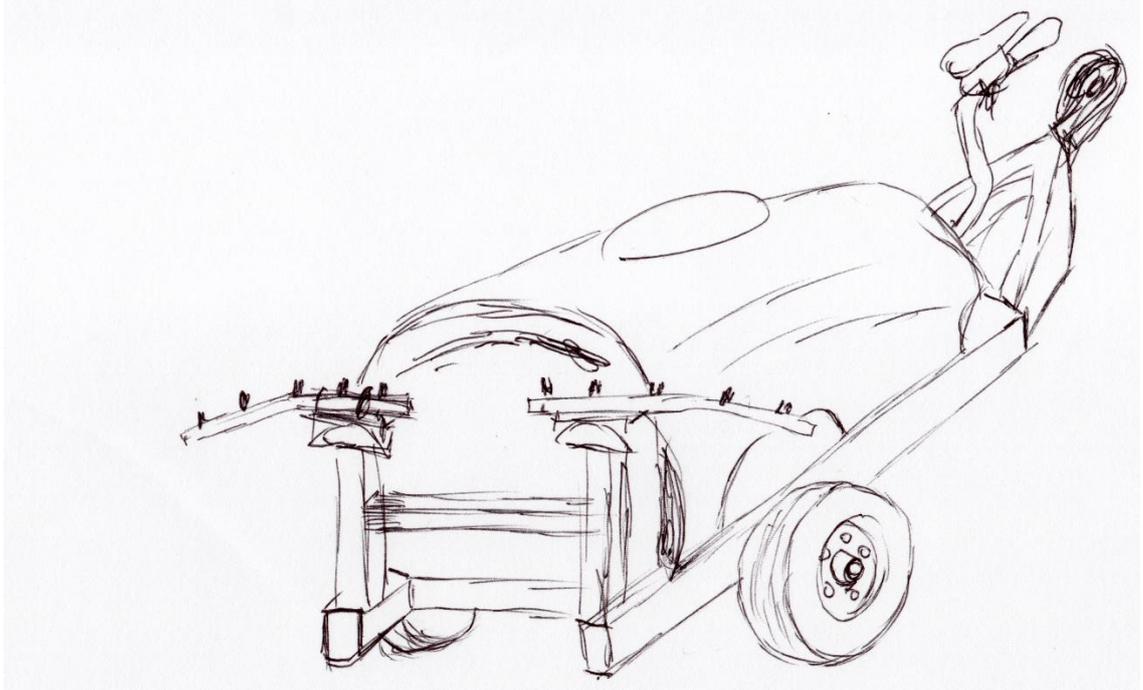


Figura 6. Concepto 1, pulverizador hidráulico.

Concepto 2: Pulverizador Hidroneumático.

Es una variante del modelo EOCO GTE 10 A de la empresa TEYME, tiene una capacidad de 2000 litros, una bomba impulsa el agua de pulverizado hacia dos cañerías que se encuentran fijas a el área de salida de un ventilador axial que tiene deflectores para cambiar el sentido de orientación del aire que produce, este aire envuelve al entrar en contacto con las gotas y permite llegar al objetivo en cultivos con bastante follaje, el accionamiento del equipo se hace por medio del remolque de un tractor viñatero.

Su principal ventaja es que disminuye el efecto de la deriva en relación al concepto 1 haciendo más eficiente.

Sus principales desventajas son que solo los 2/3 del aire que produce el ventilador son utilizador en la aplicación, así como no permite la posibilidad de adaptación a los diferentes tipos de cultivos de uva.

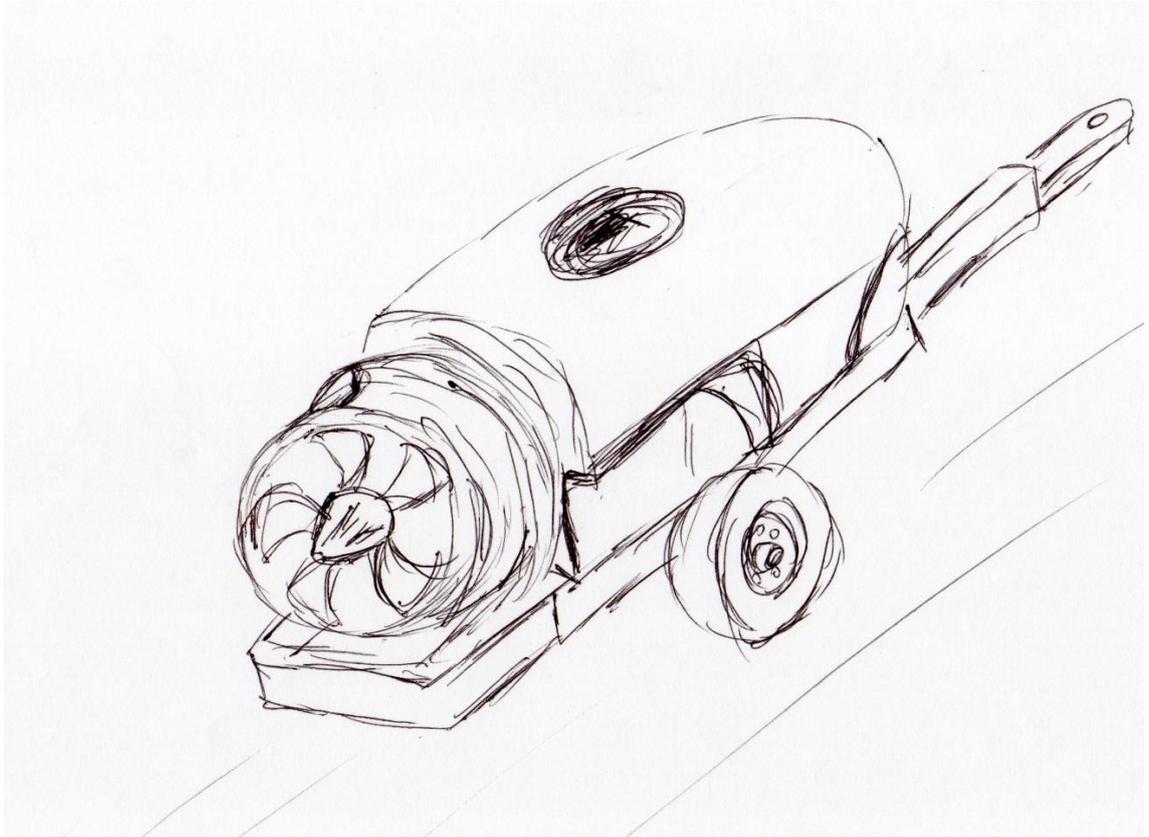


Figura 7. Concepto 2, pulverizador hidroneumático.

Concepto 3: Pulverizador Neumático.

Este concepto es el modelo desarrollado como prototipo por la empresa Full Maquinarias, su capacidad es de 2000 litros, utiliza una bomba para impulsar el caldo, la bomba está unida por medio de una brida y un buje estriado a un multiplicador de velocidad que acciona a un ventilador centrífugo ubicado en la parte delantera de la máquina, el aire que produce el ventilador es transportado por un conducto de acero al carbono hasta la parte posterior de la máquina donde se une a un distribuidor de 6 salidas, el distribuidor conduce por medio de mangueras hacia las toberas de salida, éstas tienen acoplado un portaboquilla de 4 acoples para boquillas con conexión universal, es en la zona de la salida de las toberas donde el aire puede llegar a 80 m/s.

Las principales ventajas que presenta este concepto son que el 100% del aire que produce es utilizado al momento de la aplicación, la velocidad de salida en las toberas es uniforme y tiene gran poder de penetración sin violencia ni turbulencia, así como la capacidad de aplicar menos volúmenes con gran cobertura.

La principal desventaja es la dificultad de ensamblaje.

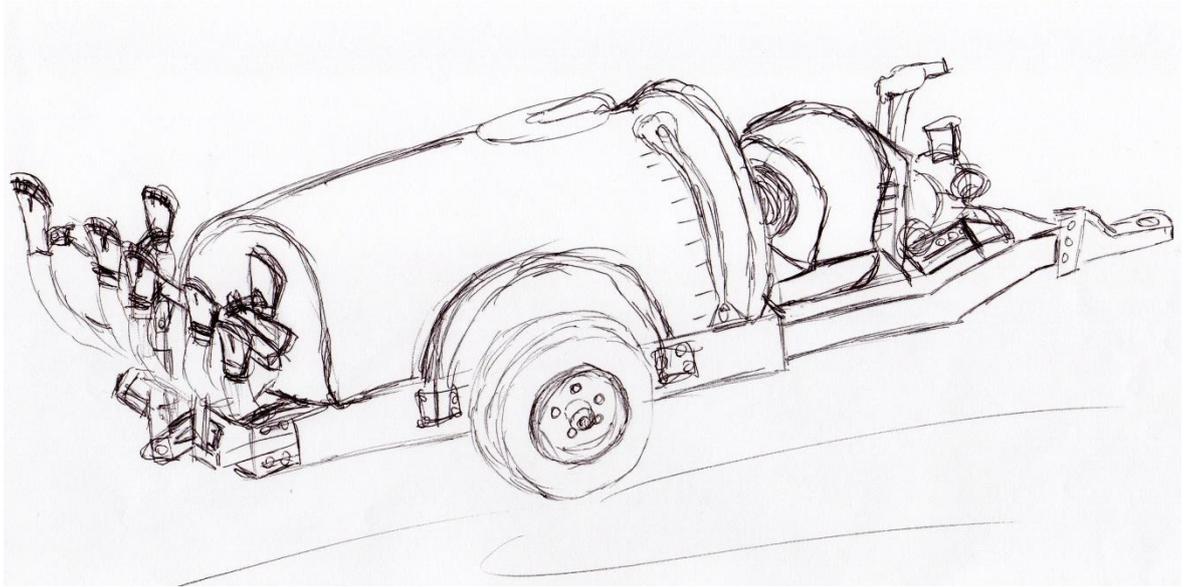


Figura 8. Concepto 3, pulverizador neumático.

Concepto 4: Pulverizador Electrostático.

Este concepto es una variante del diseño del modelo SHUTTLE 2001 equipo de la empresa MARTIGNANI, el sistema electrostático trasfiere cargas eléctricas negativas a las gotas de pulverización para que puedan ser atraídas por las plantas cargadas positivamente, al igual que el concepto 3 tiene sistema neumático y una bomba para impulsar a las gotas llegando a velocidades de 80 m/s.

Sus principales ventajas son la distribución uniforme y gran adherencia de los fitosanitario en ambos lados de las hojas que es difícil de conseguir con los conceptos anteriores, menor perdida por deriva, capacidad de aplicación de bajos volúmenes.

Su principal desventaja es el costo elevado del equipo.

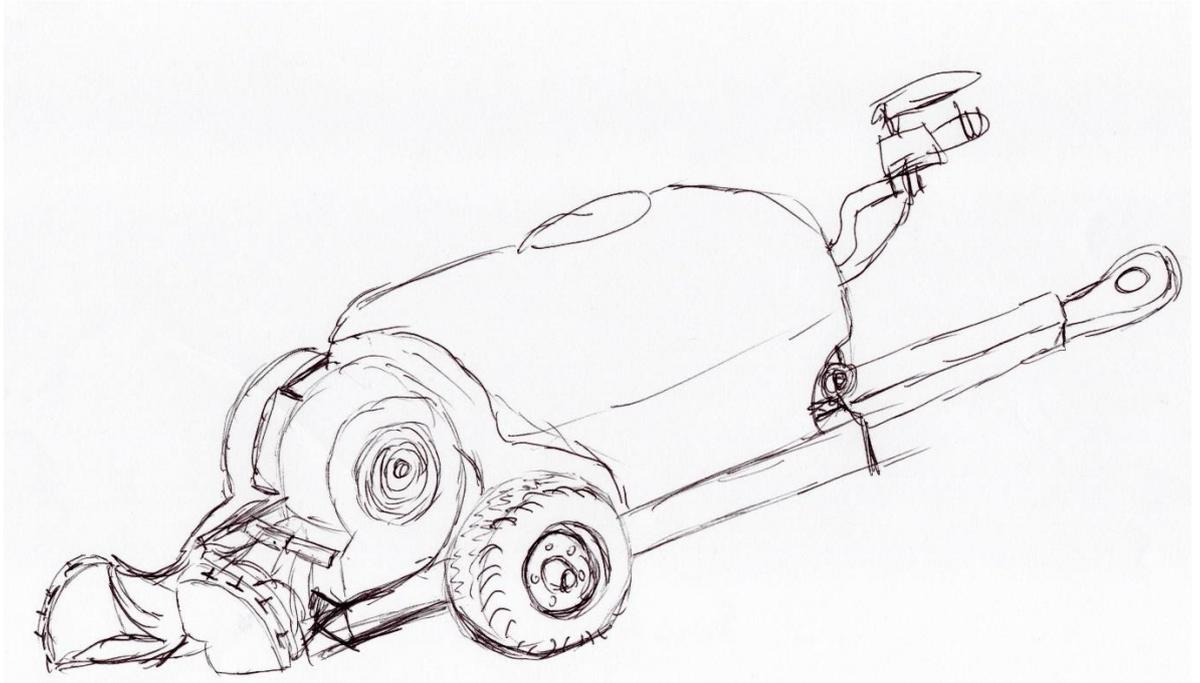


Figura 9. Concepto 4, pulverizador electrostático.

2.5. Selección de concepto óptimo

Se escogió la alternativa de concepto óptimo mediante una matriz de selección ponderada bajo los siguientes criterios de evaluación: eficiencia de aplicación, facilidad de fabricación, facilidad de ensamblaje, peso ligero y bajo costo. La matriz de selección ponderada se muestra en la tabla 4, la primera columna izquierda presenta los criterios de evaluación los cuales determinan la alternativa de diseño óptima. Se asignó pesos de importancia porcentuales a cada uno de los criterios de evaluación, así mismo se utilizó una escala ordinal para calificar según el grado de satisfacción para cada alternativa de diseño de la siguiente manera: Insatisfecho (0); Poco Satisfecho (1); Satisfecho (2); Muy satisfecho (3) y Complacido (4). La calificación general del concepto se obtuvo multiplicando la ponderación de cada criterio (%) por la puntuación según el grado de satisfacción y la sumatoria de la calificación ponderada de cada concepto, finalmente se seleccionó el diseño alternativo con mayor puntuación ponderada.

Tabla 4. Matriz de selección ponderada de conceptos alternativos

| Matriz de selección ponderada | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Criterio | Importancia Peso (%) | Conceptos alternativos | | | | | | | |
| | | Pulverizador Hidráulico | | Pulverizador Hidroneumático | | Pulverizador Neumático | | Pulverizador Electrostático | |
| | | Valoración | Calificación ponderada | Valoración | Calificación ponderada | Valoración | Calificación ponderada | Valoración | Calificación ponderada |
| Eficiencia de aplicación | 30% | 2 | 0.60 | 3 | 0.90 | 4 | 1.20 | 4 | 1.20 |
| Facilidad de fabricación | 20% | 3 | 0.60 | 3 | 0.60 | 3 | 0.60 | 3 | 0.60 |
| Facilidad de ensamblaje | 20% | 3 | 0.60 | 3 | 0.60 | 2 | 0.40 | 3 | 0.60 |
| Peso ligero | 15% | 3 | 0.45 | 3 | 0.45 | 3 | 0.45 | 2 | 0.30 |
| Bajo costo | 15% | 4 | 0.60 | 3 | 0.45 | 3 | 0.45 | 1 | 0.15 |
| | 100% | | 2.85 | | 3.00 | | 3.10 | | 2.85 |
| Posición | | 4° | | 2° | | 1° | | 3° | |
| | Clasificación | | | Valor | | | | | |
| | Insatisfactorio | | | 0 | | | | | |
| | Poco satisfecho | | | 1 | | | | | |
| | Satisfecho | | | 2 | | | | | |
| | Muy satisfecho | | | 3 | | | | | |
| | Complacido | | | 4 | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

2.6. Diseño de configuración.

Se elaboró 3 bocetos de configuración que permitan seleccionar la distribución apropiada de los componentes principales de la máquina, posteriormente se determinó el mejor candidato mediante una matriz de selección ponderada bajo tres categorías de criterios: “diseño para la función”, “diseño para el ensamblaje” y “diseño para la fabricación” para seleccionar el diseño de configuración adecuado.

La categoría de diseño para la función tuvo en cuenta los criterios del adecuado funcionamiento bajo las expectativas del cliente, un fácil mantenimiento, económico de usar y mantener.

La categoría de diseño para el ensamblaje tubo en consideración criterios como: las piezas sean fáciles de insertar, manipular y fijar en su respectivo lugar, utilizando la mayor cantidad de componentes estándar y minimizar el número total de componentes de la máquina.

En la categoría de diseño para la fabricación los criterios que se consideraron fueron teniendo en cuenta la tecnología de Full maquinarias para fabricar componentes, tanto dentro como fuera de la planta (servicios externos), así como la selección y uso de materiales comerciales para la fácil adquisición en el mercado nacional.

Alternativa (a)

En esta disposición se ubica en orden de derecha a izquierda de la figura 10 los componentes como se indica: bomba, multiplicador de velocidad, ventilador, conducto y tanque (paralelo), distribuidor, difusores y boquillas. Siendo esta la configuración que actualmente tiene el prototipo.

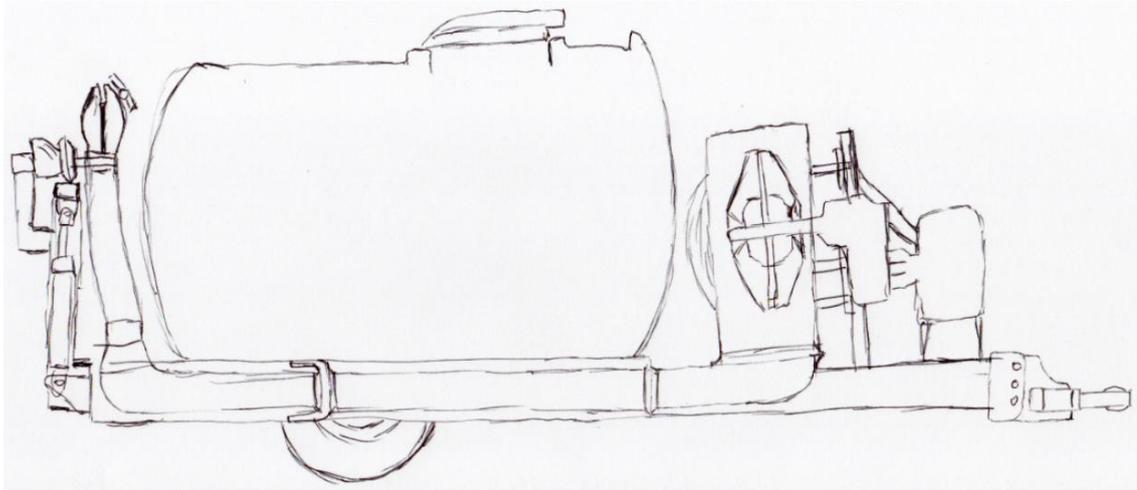


Figura 10. Alternativa A, diseño de configuración.

Alternativa (b)

En la disposición de componentes de la alternativa B, la bomba se encuentra ubicada en la parte derecha de la imagen, luego usamos un cardán que pasa por un orificio a lo largo del tanque que transmite al multiplicador de velocidad y luego al ventilador, el ventilador está unido al distribuidor, luego se ubican los difusores y boquillas.

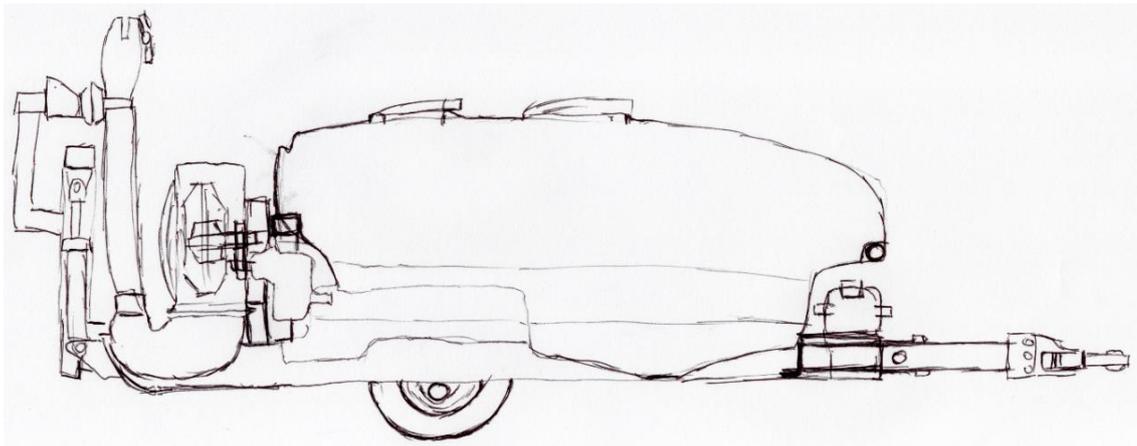


Figura 11. Alternativa B, diseño de configuración.

Alternativa (c)

La alternativa de configuración C ubica a la bomba, el multiplicador, el distribuidor, los difusores y boquillas, soportados en una estructura que estará suspendida en el tractor, esta estructura a su vez soportará y remolcará al tanque que está ubicado en la parte posterior de la máquina.

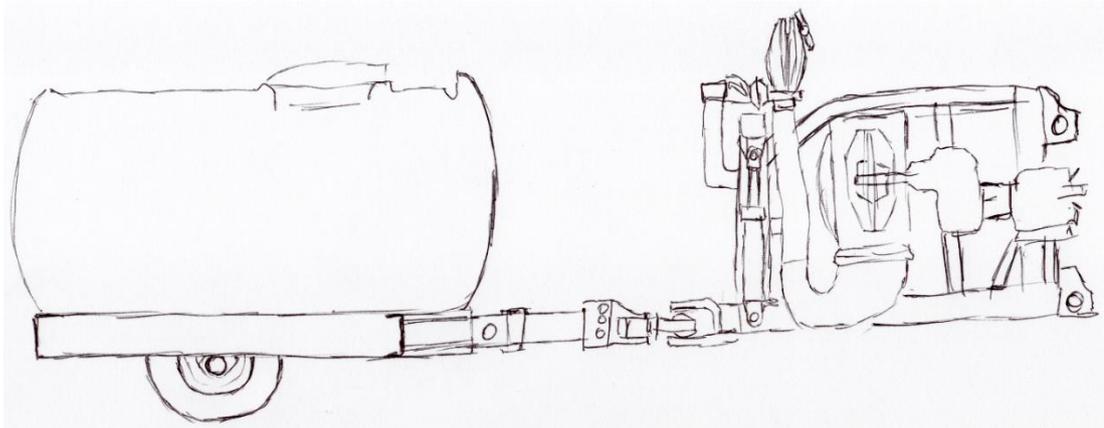


Figura 12. Alternativa C, diseño de configuración.

2.7. Selección de la configuración óptima.

Se escogió la alternativa de configuración óptima mediante una matriz de selección ponderada bajo las siguientes categorías de evaluación: diseño para la función, con los criterios de: aplicación uniforme, fácil uso y mantenimiento, uso eficiente del aire generado; diseño para la fabricación, con los criterios de uso de material, costo de herramientas, costo de procesamiento; diseño para el ensamblaje, con los criterios de inserción, manipulación y número de piezas. La matriz de selección ponderada se muestra en la tabla 5, la primera columna izquierda presenta los criterios de evaluación los cuales determinan la alternativa de configuración óptima. Se asignó pesos de importancia porcentuales a cada uno de los criterios de evaluación, así mismo se utilizó una escala ordinal para calificar según el grado de satisfacción para cada alternativa de diseño de la siguiente manera: Insatisfecho (0); Poco Satisfecho (1); Satisfecho (2); Muy satisfecho (3) y Complacido (4). La calificación general del concepto se obtuvo multiplicando la ponderación de cada criterio (%) por la puntuación según el grado de satisfacción y la sumatoria de la calificación ponderada de cada concepto, finalmente se seleccionó el diseño alternativo con mayor puntuación ponderada.

Tabla 5. Matriz de selección ponderada de diseño de configuración.

| Matriz de selección ponderada | | | | | | | |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|
| Criterio | Importancia Peso (%) | Alternativas de configuración | | | | | |
| | | Alternativa (A) | | Alternativa (B) | | Alternativa (C) | |
| | | Valoración | Calificación ponderada | Valoración | Calificación ponderada | Valoración | Calificación ponderada |
| Diseño para la función | | | | | | | |
| Aplicación uniforme | 15% | 2 | 0.30 | 4 | 0.60 | 4 | 0.60 |
| Fácil uso y mantenimiento | 10% | 3 | 0.30 | 4 | 0.40 | 3 | 0.30 |
| Uso eficiente del aire generado | 15% | 2 | 0.30 | 3 | 0.45 | 3 | 0.45 |
| Diseño para la fabricación | | | | | | | |
| Uso de material | 10% | 2 | 0.20 | 4 | 0.40 | 2 | 0.20 |
| Costo de herramientas | 5% | 2 | 0.10 | 4 | 0.20 | 3 | 0.15 |
| Costo de procesamiento | 10% | 2 | 0.20 | 4 | 0.40 | 3 | 0.30 |
| Diseño para Ensamblaje | | | | | | | |
| Inserción | 10% | 2 | 0.20 | 3 | 0.30 | 3 | 0.30 |
| Manipulación | 10% | 1 | 0.10 | 3 | 0.30 | 3 | 0.30 |
| Número de piezas | 15% | 4 | 0.60 | 3 | 0.45 | 3 | 0.45 |
| | 100% | | 2.30 | | 3.50 | | 3.05 |
| Posición | | 3° | | 1° | | 2° | |
| | Clasificación | | | Valor | | | |
| | Insatisfactorio | | | 0 | | | |
| | Poco satisfecho | | | 1 | | | |
| | Satisfecho | | | 2 | | | |
| | Muy satisfecho | | | 3 | | | |
| | Complacido | | | 4 | | | |

Fuente: elaboración Propia

2.8. Dimensionamiento de la máquina.

Las dimensiones generales de la máquina se determinaron verificando el cumplimiento del rango indicado en las especificaciones de ingeniería, Tabla 3, también se consideró otros criterios identificados en las necesidades de la empresa, así mismo se verificó los criterios que se indican en las normas de la FAO para el diseño de este tipo de equipos.

Se detalla a continuación las especificaciones tomadas en cuenta para el dimensionamiento de la máquina:

El equipo debe adaptarse para trabajar en los dos tipos de parrón existente en el Perú, la adaptación debe realizarse de manera rápida y fácil, el componente donde se soportarán las toberas debe soportar colisiones.

Las dimensiones promedio del parrón californiano son: $A = 1.325$ m; $A1 = 2.16$ m; $B = 3.75$ m; $C = 1.5$ m. las que limitan geoméricamente al pulverizador, por tal motivo se comprobó que el pulverizador ingrese sin problemas a este tipo de parrón, figura 15

Las dimensiones promedio del parrón español son: $A = 3.81$ m y la medida $B = 2$ m. Para este caso también se comprobó que el pulverizador ingrese sin problemas al parrón, figura 16

El tanque de almacenamiento del agua de pulverización debe tener 2000 litros de capacidad, indicado en las especificaciones de ingeniería del pulverizador, es importante cumplir con las indicaciones presentadas en la norma de la FAO, por esta razón se seleccionó el tanque serie FOGLIA de la empresa Verzellesi, procedencia italiana, que cuenta con 2000 litros de capacidad, fabricado con material de polietileno, cuenta con un tanque para el lavado del sistema y un tanque de lavado para el operador.

Los demás componentes fueron tomados de manera referencial del diseño existente del pulverizador, para tener una idea preliminar de las dimensiones de la máquina, más adelante seleccionaremos los apropiados.

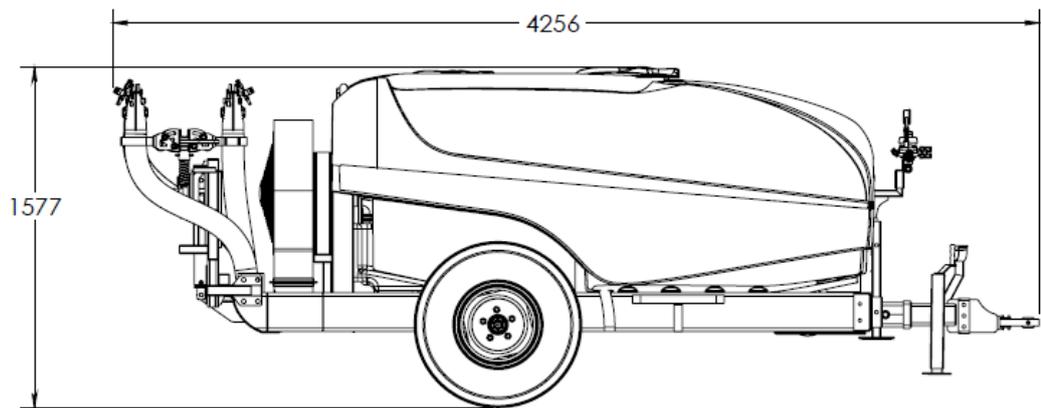


Figura 13. Dimensiones generales del pulverizador, vista lateral derecha.

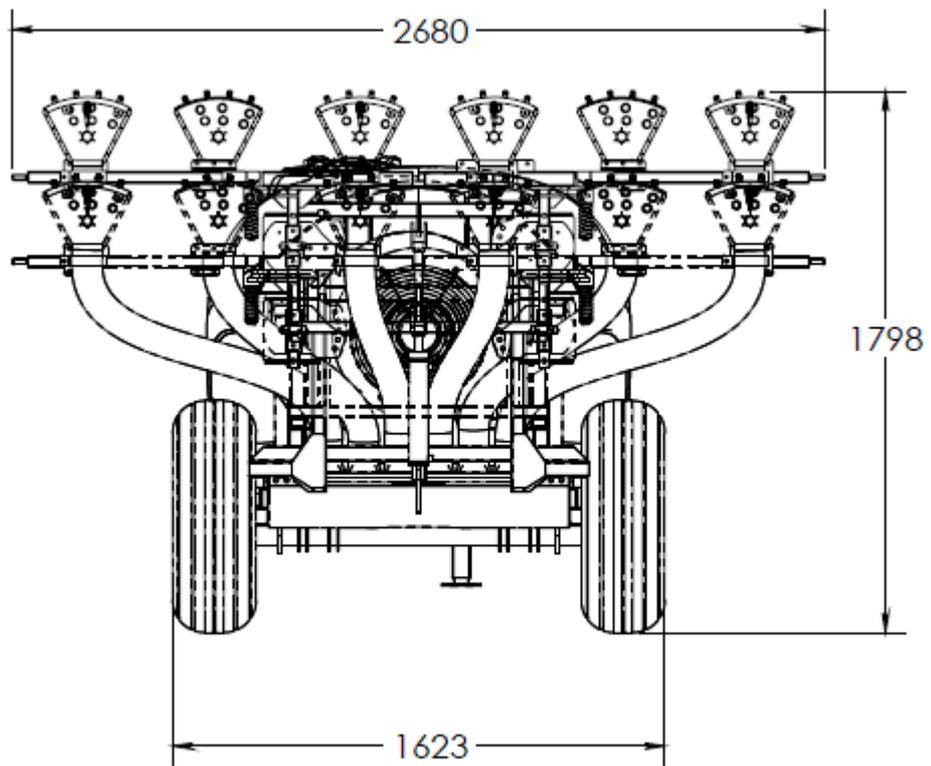


Figura 14. Dimensiones generales del pulverizador, vista frontal.

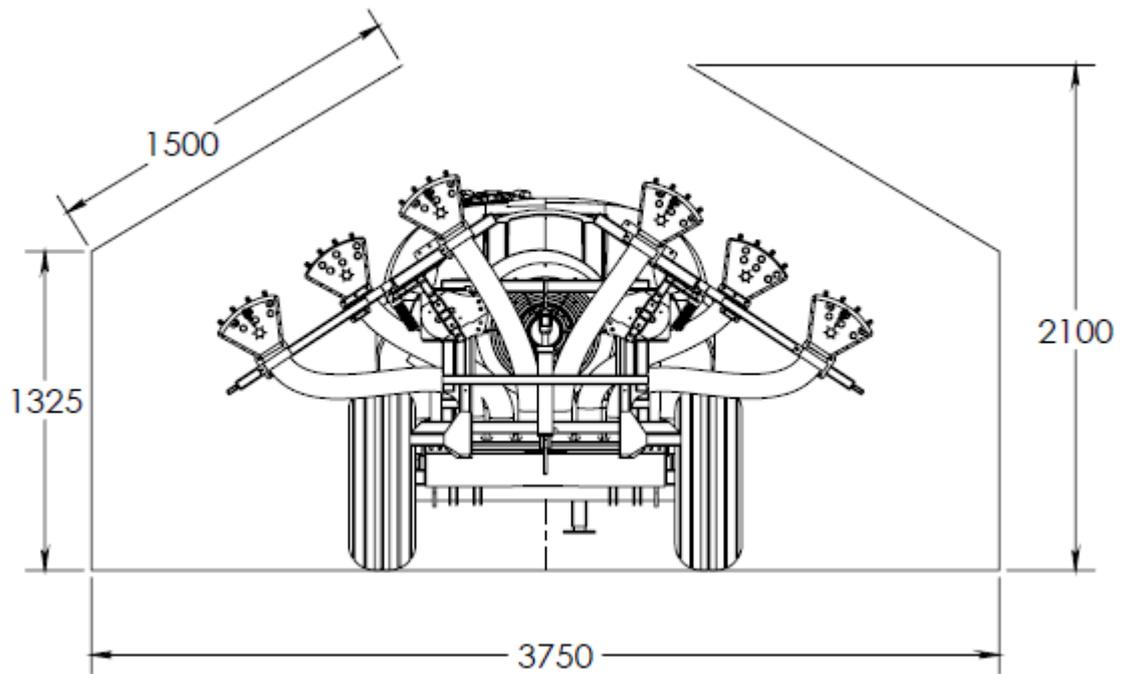


Figura 15. Pulverizador dentro de un parrón promedio de tipo Californiano.

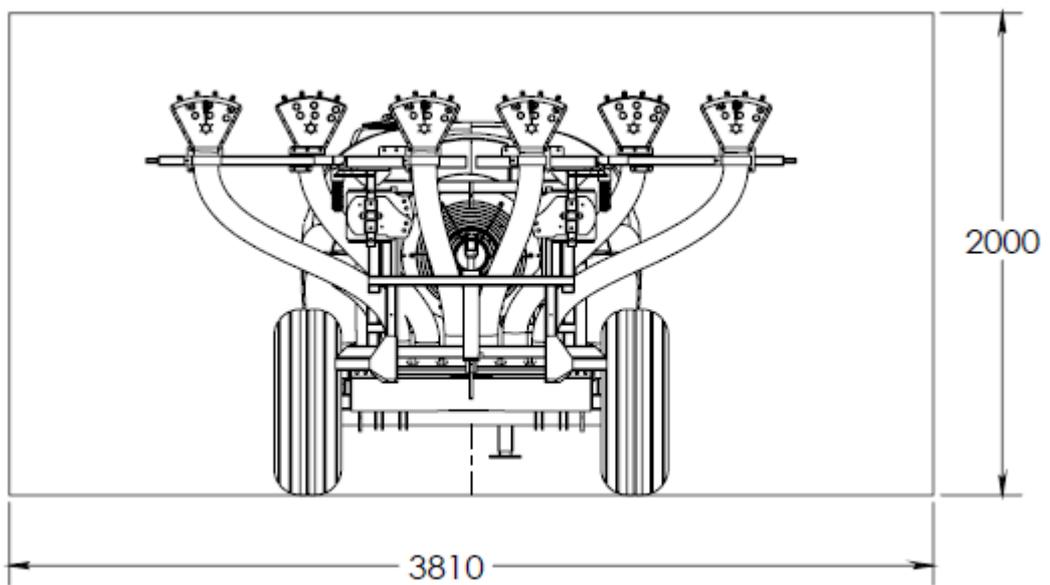


Figura 16. Pulverizador dentro de un parrón promedio tipo español.

2.9. Cálculo de las principales cargas sobre la estructura del chasis.

Las principales cargas que soportará el chasis (flechas de color rojo) se representan en el diagrama de cuerpo libre del pulverizador, figura 17, en la figura se identifica las cargas producto del peso de la bomba F_B , el peso del tanque de almacenamiento F_T , el peso del sistema de aire F_{kc} y el peso del cuadro portatobera F_{cp} , así mismo se representan los apoyos del pulverizador mediante flechas de color verde. Cada una de las cargas serán calculadas a continuación para encontrar su valor.

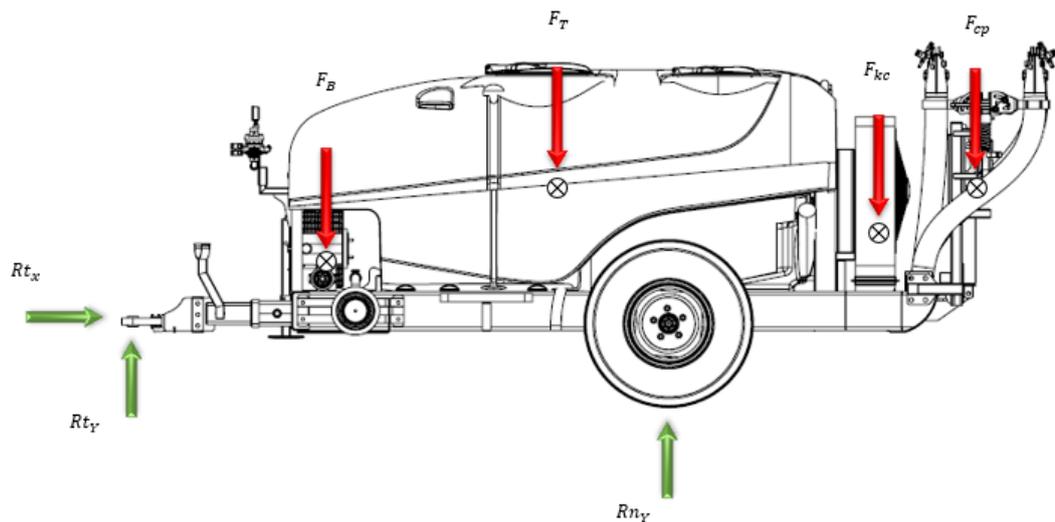


Figura 17. Diagrama de cuerpo libre del pulverizador.

2.9.1. Cálculo del peso de la bomba.

Para el cálculo del peso de la bomba tomaremos como referencia lo indicado en el catálogo del fabricante para el modelo Kappa 151. La figura 18 muestra la tabla con las especificaciones de bomba, la última fila indica la masa de la bomba.

| MOD. | RPM | 0 bar / 0 PSI | | | | 20 bar / 290 PSI | | | | 30 bar / 435 PSI | | | | 40 bar / 580 PSI | | | | 50 bar / 725 PSI | | | | Peso Weight Kg |
|----------------------|-----|----------------------|------|------------------|-----|----------------------|------|------------------|-----|----------------------|------|------------------|-----|----------------------|------|------------------|------|----------------------|------|------------------|------|-------------------|
| | | Portata Flow rate | | Potenza Power | | Portata Flow rate | | Potenza Power | | |
| | | l/min | GPM | HP | kW | l/min | GPM | HP | kW | |
| KAPPA 151 | 400 | 117.5 | 31.0 | 1.2 | 0.9 | 114.1 | 30.1 | 6.0 | 4.4 | 112.9 | 29.8 | 8.8 | 6.5 | 112.1 | 29.6 | 11.5 | 8.5 | 111.5 | 29.5 | 14.3 | 10.5 | 43 |
| | 450 | 130.0 | 34.3 | 1.3 | 1.0 | 126.6 | 33.4 | 6.7 | 4.9 | 125.4 | 33.1 | 9.8 | 7.2 | 124.6 | 32.9 | 12.8 | 9.4 | 124.0 | 32.8 | 15.9 | 11.7 | |
| | 500 | 142.2 | 37.6 | 1.4 | 1.0 | 138.8 | 36.7 | 7.3 | 5.4 | 137.6 | 36.4 | 10.7 | 7.9 | 136.8 | 36.1 | 14.0 | 10.3 | 136.2 | 36.0 | 17.5 | 12.8 | |
| | 550 | 155.0 | 41.0 | 1.5 | 1.1 | 150.9 | 39.9 | 7.9 | 5.8 | 149.7 | 39.6 | 11.7 | 8.6 | 148.9 | 39.3 | 15.3 | 11.2 | 148.3 | 39.2 | 19.0 | 14.0 | |

Figura 18. Tabla de especificaciones técnicas bomba kappa 151 marca Udor.

Cálculo del peso de la bomba.

$$F_B = m_B \times g \quad \dots (1)$$

$$F_B = 43 \times 9.81 = 421.83 \text{ N}$$

2.9.2. Cálculo del peso del tanque de almacenamiento.

Para el cálculo del peso del tanque de almacenamiento se utiliza como referencia el volumen del líquido contenido en su interior, 2000 litros, este líquido está compuesto aproximadamente en un 99% de agua, por lo tanto, en primer lugar, calcularemos la masa del líquido en función al volumen y la densidad del agua; en segundo lugar calcularemos la masa del depósito del tanque de almacenamiento utilizando el modelo 3D y el comando iPropiedades de Autodesk Inventor, el modelo 3D es un cuerpo sólido que está representando al volumen del depósito del tanque V_{dt} , el volumen del líquido contenido V_{agua} , el volumen del tanque del lavado del sistema V_{dl} y el volumen de expansión, debido a la complejidad de la geometría no se realizó el vaciado del modelo 3D, en su lugar restaremos el volumen total obtenido del comando de Autodesk Inventor de los demás volúmenes antes mencionados para obtener el volumen del depósito del tanque, el material según lo indicado por el fabricante es polietileno, usaremos su densidad que multiplicado por el volumen permitirá obtener la masa del depósito del tanque de almacenamiento, finalmente los valores resultantes se sumarán para calcular el valor total de la masa del tanque, este resultado será multiplicado por la gravedad para calcular el peso total.

Cálculo de la masa de agua.

$$m_{agua} = \rho_{agua} \times V_{agua} \quad \dots (2)$$

$$m_{agua} = 998.29 \times 2 = 1996.58 \text{ kg}$$

Cálculo de la masa del depósito del tanque de almacenamiento.

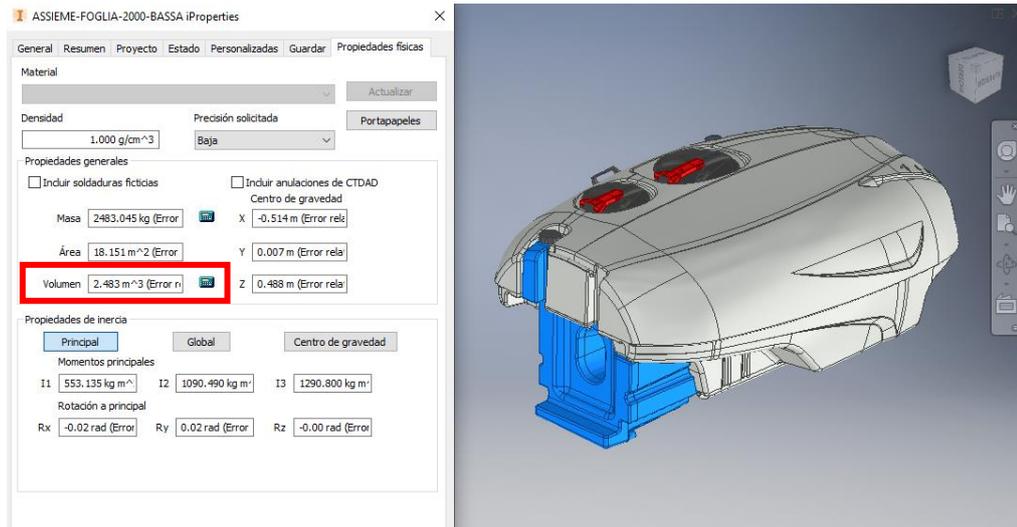


Figura 19. iProperties Autodesk Inventor modelo 3D del depósito del tanque.

$$V_{dT} = 2.48 - V_{agua} - V_{dl} - V_{ex}$$

$$V_{dT} = 2.48 - 2 - 0.2 - 0.12 = 0.16 \text{ m}^3$$

$$m_{dT} = \rho_{polietileno} \times V_{dT} \quad \dots (3)$$

De acuerdo a la base de datos de propiedades de materiales de portal MatWeb, la densidad del polietileno moldeado por inyección es de 960 kg/m^3 . Por lo tanto, la masa del depósito del tanque será igual a:

$$m_{dT} = 960 \times 0.16 = 153 \text{ kg}$$

Cálculo de la masa y peso del tanque de almacenamiento.

$$m_T = m_{agua} + m_{dT} = 2149.58 \text{ kg}$$

$$F_T = m_T \times g = 21087.38 \text{ N}$$

2.9.3. Cálculo del peso del sistema de aire.

El sistema de aire está compuesto por la caja multiplicadora de velocidad, soporte principal, kit centrífugo, carcasa del ventilador, distribuidor de 6 salidas y mangueras de PVC plastificado de 4". Estos elementos están sujetos a la estructura del chasis por medio de 8 pernos, el peso del sistema de aire se calculará primero obteniendo la masa del soporte principal, carcasa del ventilador, distribuidor de 6 salidas y mangueras de PVC plastificado de 4" con el uso del modelo 3D y el comando iPropiedades de Autodesk Inventor, para obtener la masa de los componentes se asignarán los

materiales de fabricación a cada uno de ellos; para calcular el peso de la caja multiplicadora de velocidad y el ventilador, usaremos el portal del fabricante para la consulta de esta propiedad, finalmente la suma de estos resultados será multiplicado por la gravedad para calcular el peso total del sistema de aire.

Cálculo de la masa del soporte principal, carcasa del ventilador, distribuidor de 6 salidas y mangueras de PVC plastificado.

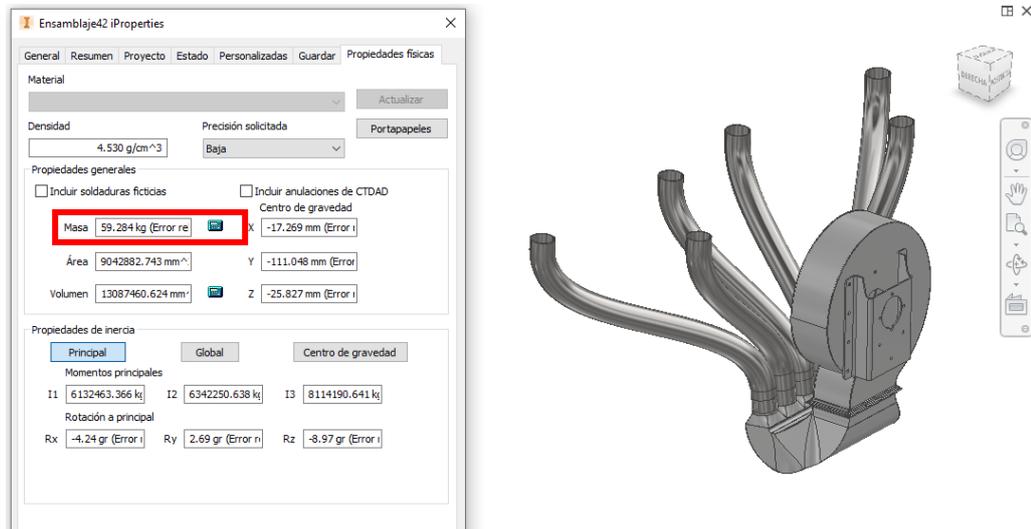


Figura 20. iProperties Autodesk Inventor modelo 3D del soporte principal, carcasa de ventilador, distribuidor de 6 salidas y mangueras de PVC plastificado.

Cálculo de la masa de la caja multiplicadora y el ventilador.

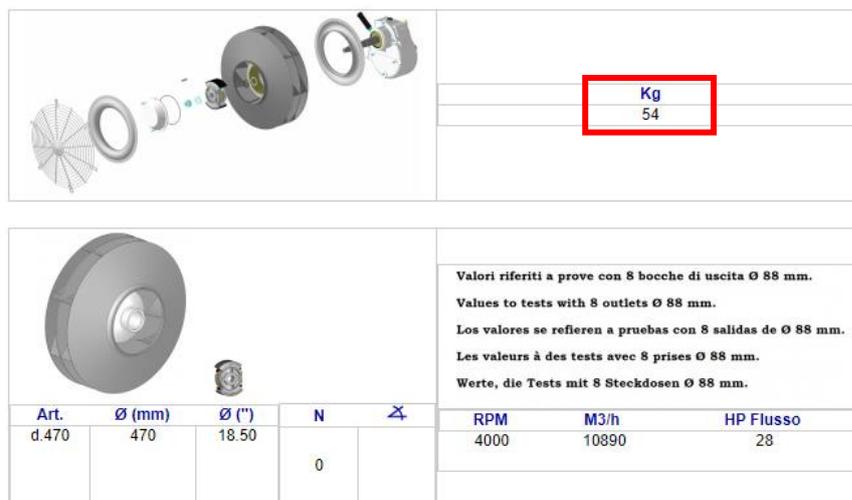


Figura 21. Masa de caja multiplicadora y ventilador.

Cálculo del peso del sistema de aire.

$$F_{kc} = m_{kc} + g \quad \dots (4)$$

$$F_{kc} = 113.28 + 9.81 = 1111.31 \text{ N}$$

2.9.4. Cálculo del peso del cuadro portatobera.

El cuadro portatobera, figura 22, sirve como soporte de los componentes que intervienen en la aplicación de fitosanitarios de la máquina, está sujeto al chasis por medio de 8 pernos. Para realizar el cálculo de su peso primero encontraremos su masa a partir del modelo 3D y el comando iPropiedades de Autodesk Inventor, para obtener la masa de los componentes se asignarán los materiales de fabricación al modelo 3D. Finalmente este resultado se multiplicará por la gravedad para obtener el peso del cuadro portatobera.

Cálculo de la masa del cuadro portatobera.

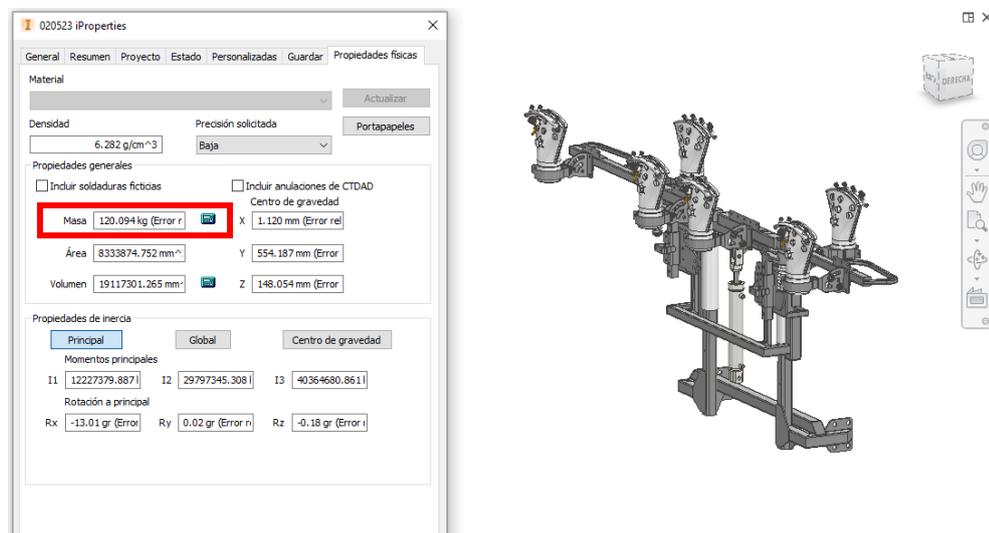


Figura N° 22. iProperties Autodesk Inventor modelo 3D del cuadro portatobera.

Cálculo del peso del cuadro portatobera.

$$F_{cp} = m_{cp} + g \quad \dots (5)$$

$$F_{kc} = 120.09 + 9.81 = 1178.08 \text{ N}$$

2.10. Diagrama de cuerpo libre de la estructura chasis.

Cada una de las cargas principales que soportará la estructura del chasis se representan en el diagrama de cuerpo libre, figura 23, cada componente fue reemplazado por una fuerza ubicada en su centro de gravedad, las flechas de color negro que salen de cada una de las cargas indican el área de aplicación de la carga del componente sobre el chasis.

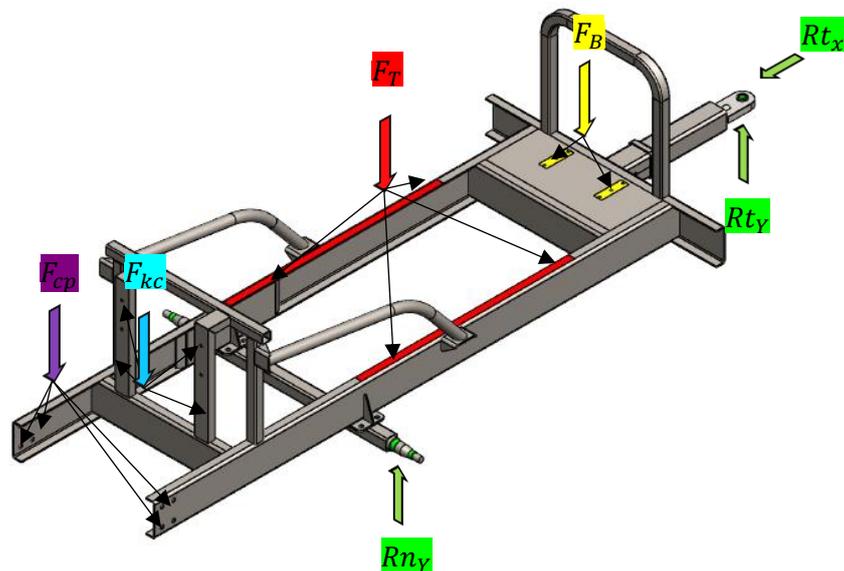


Figura 23. Diagrama de cuerpo libre de la estructura del chasis.

2.11. Diseño paramétrico de la estructura de chasis.

El diseño paramétrico de la estructura del chasis consiste en utilizar diferentes valores de las variables de diseño para poder predecir el desempeño de las variables de solución utilizando métodos analíticos o experimentales y así llegar a seleccionar el espesor y material apropiado de este componente, la presencia de fallas en el prototipo que se muestra en la figura 1, causa que este componente tenga importancia crítica durante la etapa del diseño, siendo necesario encontrar un diseño óptimo que evite y solucione este problema, en este sentido se justifica el uso de este método de diseño. Se tiene como parámetros de definición del problema las cargas sobre el chasis (2150 N.) y la longitud del chasis (4.256 m). Se toman como variables de diseño al material del chasis (150 – 800 MPa) y el espesor del perfil (4 - 12 mm).

2.11.1. Diseño paramétrico mediante la interface gráfica de usuario (GUI) de Matlab.

La GUI de Matlab permite realizar la presentación, el control de las variables, mostrar las gráficas paramétricas y realizar los cálculos del diseño paramétrico, las variables y parámetros expresados en la caja negra para el análisis en Matlab (figura 4) se definen junto a los rangos y/o valores correspondientes en la Tabla 6. Estos valores se toman de las fichas técnicas y del dimensionamiento general del equipo y delimitan el diseño, la base y comprobación de los cálculos está en el anexo D.

Tabla 6. Variables para Diseño Paramétrico de la estructura del chasis por Matlab

| TIPO DE VARIABLE | VARIABLE/ PARÁMETRO | SÍMBOLO | UNIDAD | RANGO O VALORES |
|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------|--------|-----------------|
| PARÁMETROS DE DEFINICIÓN DEL PROBLEMA | Cargas sobre el chasis | F_B | N | 421.83 |
| | | F_T | N | 21087.38 |
| | | F_{Re} | N | 2289.39 |
| | Longitud del chasis | L | m | 4.256 |
| VARIABLES DE DISEÑO | Material del chasis | Sy | MPa | 150-800 |
| | Espesor del perfil | e | mm | 3-12 |
| VARIABLES DE SOLUCIÓN | Factor de seguridad por esfuerzo | FSe | Adim. | A determinar |
| | Factor de seguridad por fatiga | FS _f | Adim. | A determinar |
| VARIABLES INTERVINIENTES | Inclinación del terreno | I _t | °C | 25 °C |

Fuente: elaboración Propia

El análisis paramétrico elaborado en Matlab consiste en la creación de la GUI y la programación basada en el cálculo analítico del anexo D, la pantalla principal de presentación de la GUI se muestra en la figura 24, el botón siguiente permite el ingreso a una nueva pantalla, “Análisis de la estructura de chasis”.



Figura 24. Pantalla principal de la GUI Matlab para el análisis del chasis.

La figura 25 muestra las variables de diseño, parámetros de definición del problema y las variables de solución en la parte izquierda, en la parte derecha muestra la imagen del DCL de la estructura del chasis y el botón PARAMETRIZACIÓN, que al pulsar permite realizar los cálculos, completar las variables de solución y reemplazar la imagen por las gráficas paramétricas.

Los valores de la variable material del chasis S_y , S_{ut} , fueron tomados de los materiales comerciales que tiene acceso la empresa por medio de sus proveedores como son: acero ASTM A131, acero ASTM A36, acero ASTM A709 G50 y acero ASTM A514. Los valores de la variable espesor del chasis se toman de los espesores comerciales que se encuentran en el mercado de los materiales antes mencionados.

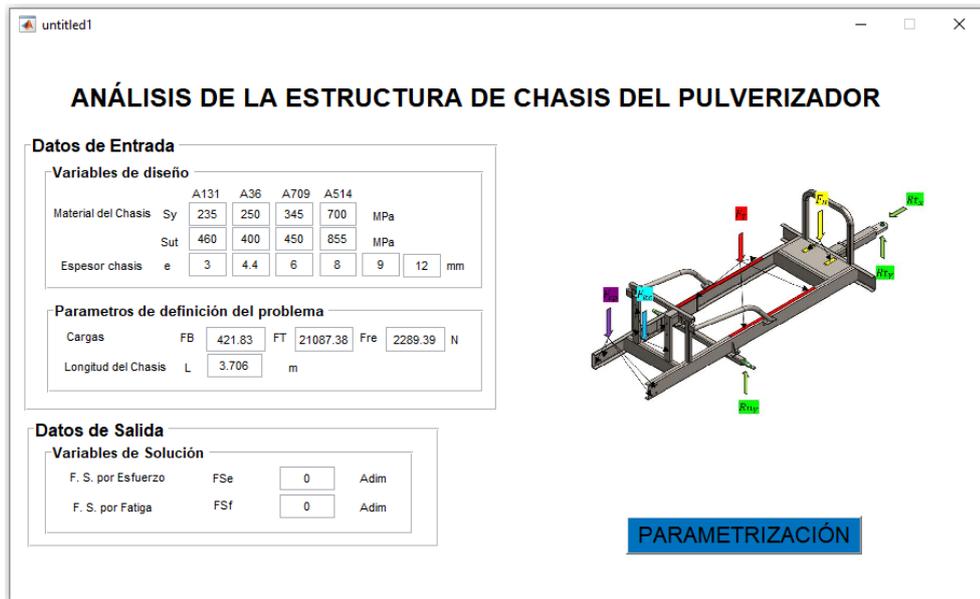


Figura 25. Análisis de la estructura del chasis del pulverizador mediante GUI Matlab.

Los resultados del diseño paramétrico mediante GUI de Matlab, se muestran en la figura 26, donde se representa la gráfica de espesor de chasis y factor de seguridad por fatiga para cada material comercial. Las variables de solución muestran el resultado del factor de seguridad por esfuerzo y el factor de seguridad por fatiga del material seleccionado, siendo este el acero ASTM A36 en el espesor de 6 mm.

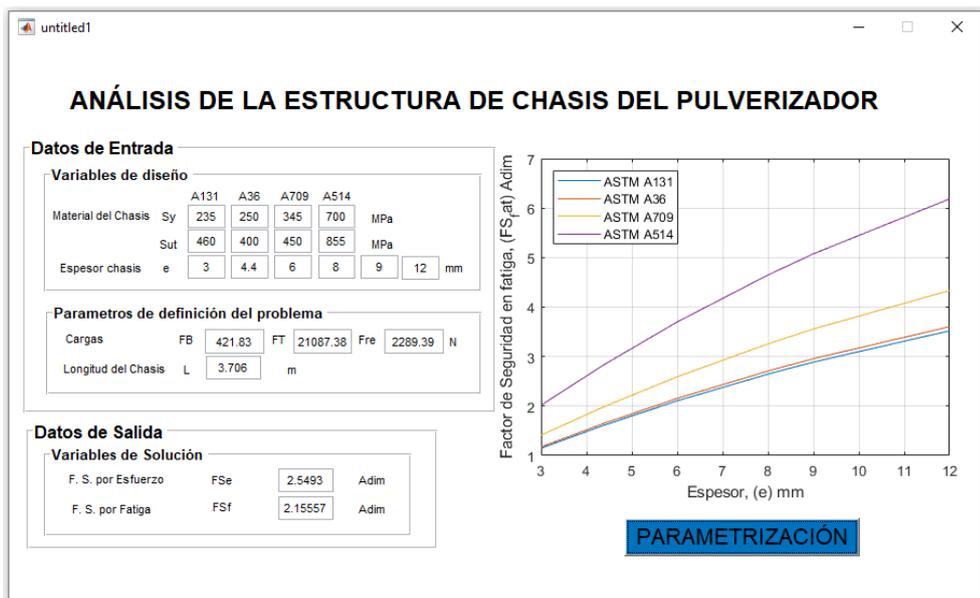


Figura 26. Resultados del análisis paramétrico mediante GUI de Matlab.

2.11.2. Diseño paramétrico mediante análisis por elementos finitos con Ansys.

El análisis paramétrico en Matlab es validado con el uso de un software CAE mediante el método de elementos finitos, que permitirá conocer la distribución de esfuerzos a lo largo de toda la geometría del chasis, así mismo es importante resaltar que la base del cálculo analítico considera idealizaciones para su realización que para este estudio son comprobadas por el método de elementos finitos con ANSYS.

Para el análisis mediante FEA las variables y parámetros expresados en la caja negra para el análisis en ANSYS (figura 5) se definen junto a los rangos y/o valores correspondientes en la Tabla 7.

Tabla 7. Variables para Diseño Paramétrico de la estructura del chasis por ANSYS

| TIPO DE VARIABLE | VARIABLE/ PARÁMETRO | SÍMBOLO | UNIDAD | RANGO O VALORES |
|----------------------------------------------|---------------------------------------|----------------|---------------|------------------------|
| PARÁMETROS DE DEFINICIÓN DEL PROBLEMA | Cargas sobre el chasis | F_B | N | 421.83 |
| | | F_T | N | 21087.38 |
| | | F_{Re} | N | 2289.39 |
| | Longitud del chasis | L | m | 4.256 |
| VARIABLES DE DISEÑO | Material del chasis | Sy | MPa | 150-800 |
| | Espesor del perfil | e | mm | 6-12 |
| VARIABLES DE SOLUCIÓN | Esfuerzo de Von Mises | σ' | MPa | A determinar |
| | Factor de seguridad en carga estática | FSest | Adim. | A determinar |
| | Factor de seguridad en fatiga | FSf | Adim. | A determinar |
| VARIABLES INTERVINIENTES | Inclinación del terreno | I_t | °C | 25 °C |

Fuente: elaboración Propia

Para realizar el análisis paramétrico en ANSYS es necesario primero contar con el formato CAD de la geometría, luego abrir la ventana de la herramienta Workbench, crear un nuevo estudio, Static Structural, donde definiremos los materiales, la geometría, el análisis y los resultados. La edición de la geometría para asignar el parámetro de espesor se realizará en SpaceClaim, el modelo, la malla, condiciones de borde, cargas y resultados se realizarán en la ventana Mechanical. La figura 26 muestra en la parte superior izquierda la ventana de workbench, en la parte superior derecha la ventana de SpaceClaim, en la parte inferior izquierda la ventana Mechanical y finalmente en la parte inferior derecha una nueva pestaña de Workbench “Parameter set” donde configuraremos los valores para el análisis paramétrico.

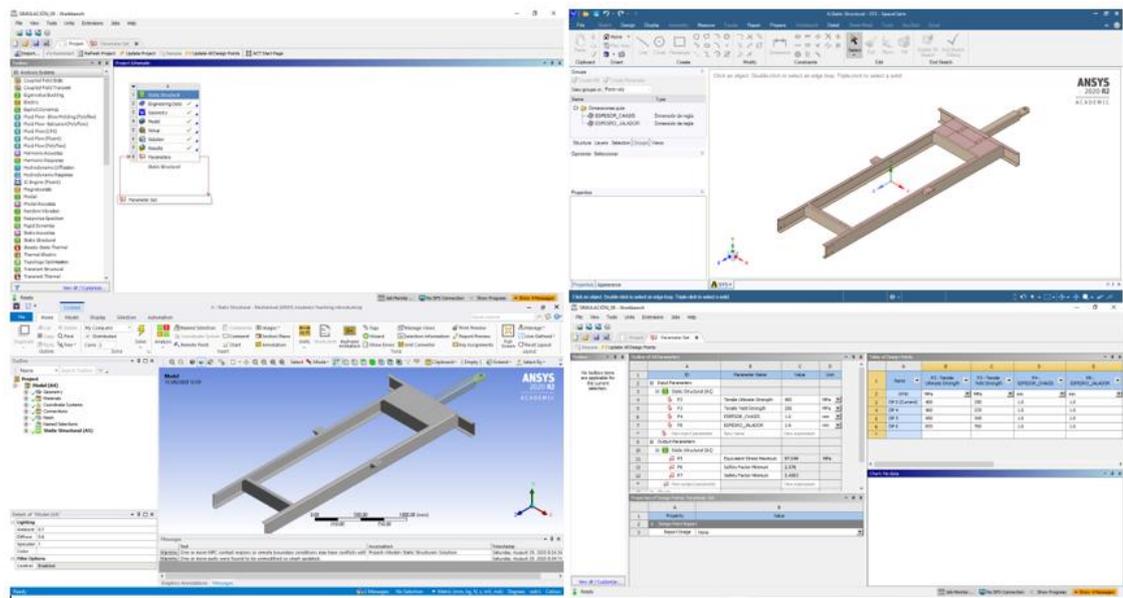


Figura 26. Interface de usuario ANSYS.

Los resultados obtenidos a partir del análisis FEA para el chasis utilizando el material Acero ASTM A36 en un espesor de 6 mm se representan en las figuras 27 para el esfuerzo de Von Mises, figura 28 para el factor de seguridad por esfuerzo y figura 29 para el factor de seguridad por fatiga. Los resultados obtenidos en el análisis estático del chasis bajo las cargas representadas en el DCL de la figura 23 son 97.049 MPa para el esfuerzo de Von Mises figura 27, 2.576 para el factor de seguridad por esfuerzo en la figura 28 y finalmente el análisis de fatiga arroja un valor 2.4 para el factor de seguridad. Estos resultados son aproximados con los encontrados mediante el cálculo analítico en el anexo D.

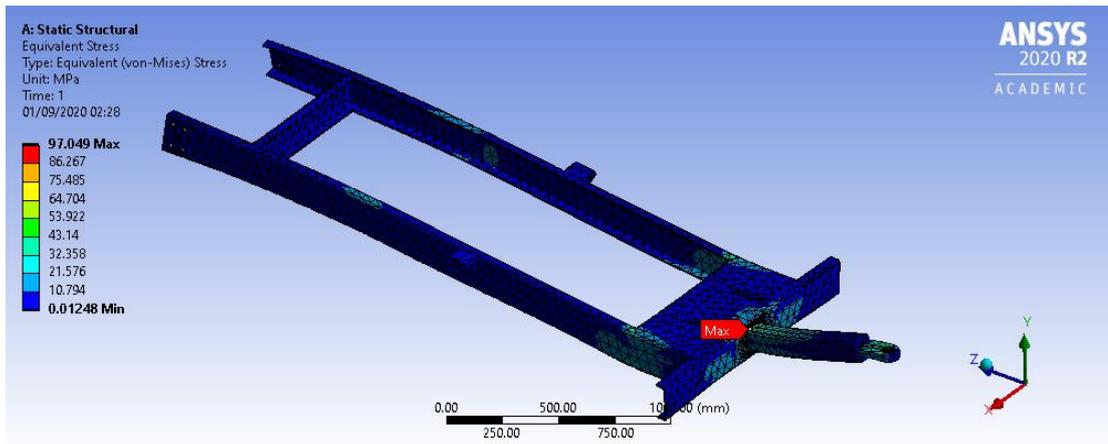


Figura 27. Factor de seguridad por Esfuerzo.

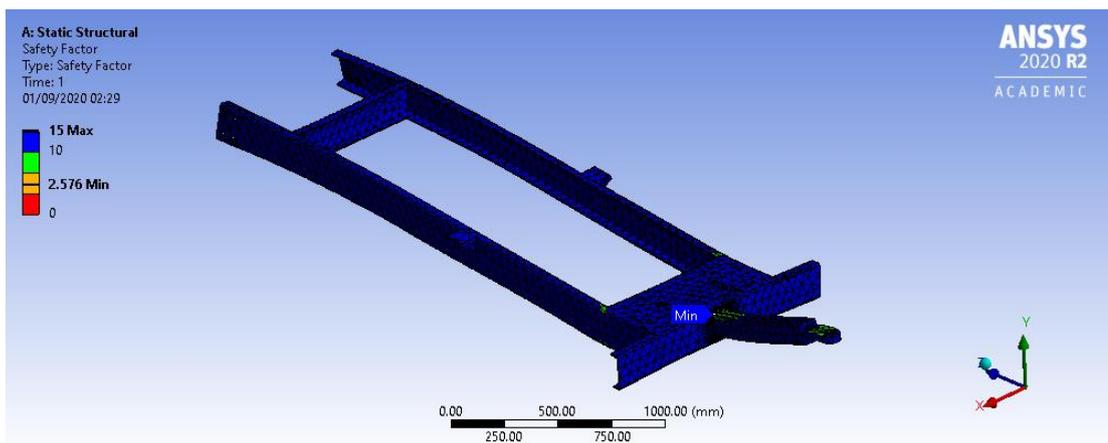


Figura 28. Factor de seguridad por esfuerzo.

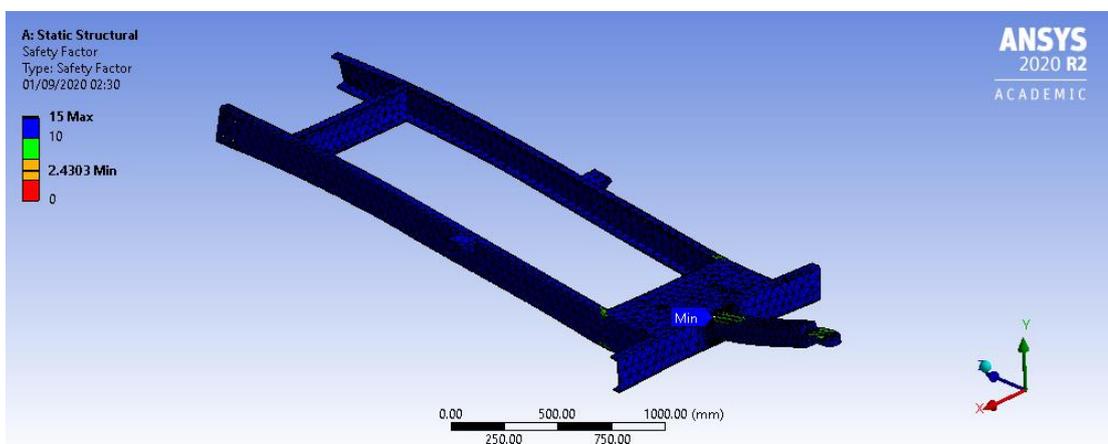


Figura 29. Factor de seguridad por fatiga.

En base al análisis presentado las figuras 27, 28 y 29, se realizó el análisis paramétrico en Ansys para los diferentes valores de las variables de diseño, espesor de chasis y material S_y y S_{ut} los resultados se muestran en las gráficas paramétricas de las figuras

30 al 34, las figuras del 30 al 32 relacionan las variables del material con el esfuerzo de Von Mises, el factor de seguridad por esfuerzo y el factor de seguridad por fatiga, las figuras 33 y 34 relacionan la variable espesor de chasis para el material ASTM A36 con las variables factor de seguridad por esfuerzo y factor de seguridad por fatiga.

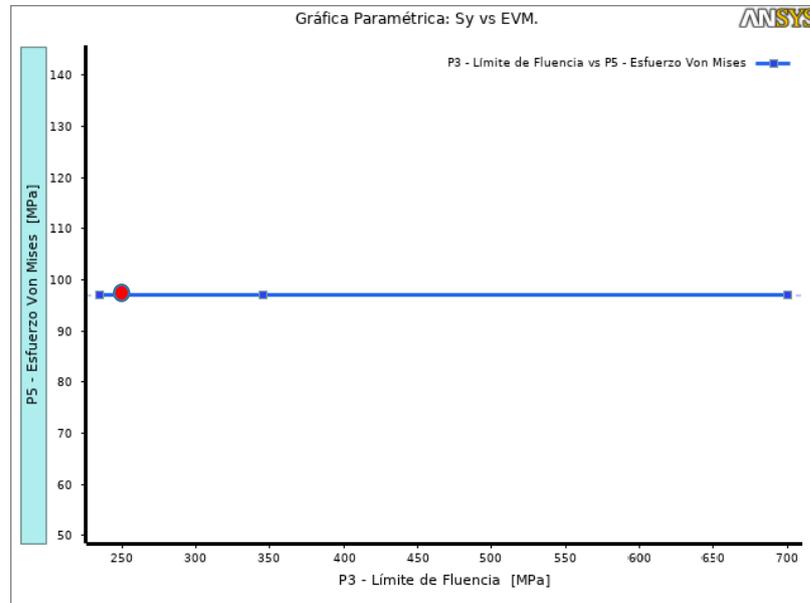


Figura 30. Gráfica paramétrica límite de Fluencia vs. Esfuerzo de Von Mises.

La gráfica muestra una curva casi lineal ante el incremento del límite de fluencia el esfuerzo de Von Mises no sufre aumento considerable, por lo tanto no define para nuestro estudio ningún posible material candidato.

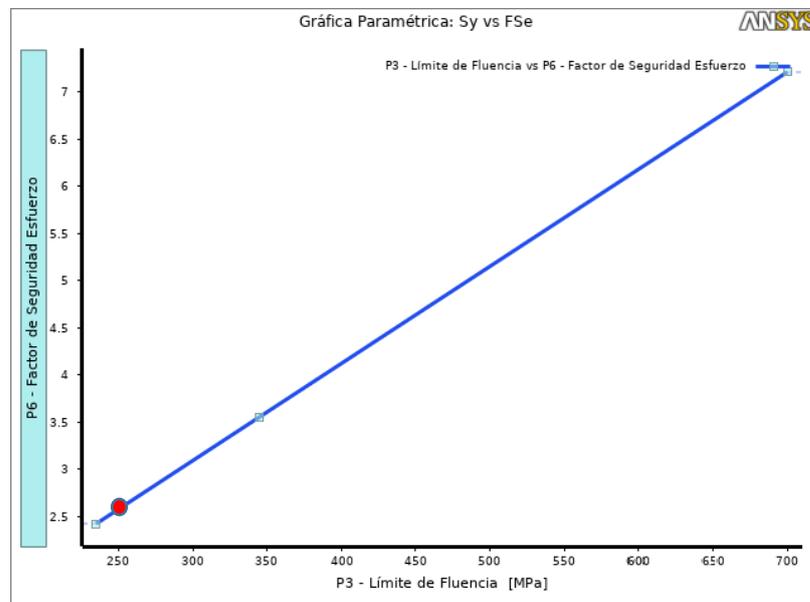


Figura 31. Gráfica paramétrica límite de Fluencia, Resistencia última a la tracción vs. Factor de Seguridad por esfuerzo.

La gráfica paramétrica de la figura 31 muestra una relación directa de las variables, ya que al incrementarse el valor del límite de fluencia muestran un incremento en el factor de seguridad por esfuerzo, siendo el valor mínimo 2.4 para el material acero ASTM A131, 2.576 para el material acero ASTM A36, siendo estos materiales potenciales candidatos.

El análisis de fatiga para el diseño de componentes que están expuestos a cargas cíclicas que varían su valor en tiempo es de vital importancia, ya que es muy probable como muestra la figura 1 una falla de este tipo, la figura 32 que muestra la relación que existe entre el límite de fluencia y la resistencia última a la tracción vs. el factor de seguridad por fatiga. Para el caso del material acero ASTM A 131 que tiene un límite de fluencia de 230 MPa y una resistencia última a la tracción de 460 MPa obtiene un factor de seguridad de fatiga de 2.36, para el acero ASTM A36 con un límite de fluencia de 250 MPa y una resistencia última a la tracción de 400 MPa el valor del factor de seguridad es de 2.43, mientras que para el acero ASTM 709 y el acero ASTM A514 los valores del factor de seguridad son de 2.77 y 3.2 respectivamente, por lo tanto el material que emplearemos para la fabricación del chasis será del acero ASTM A36 ya que cumple con el factor de diseño de 2 y es un material muy comercial con una buena relación costo-beneficio.

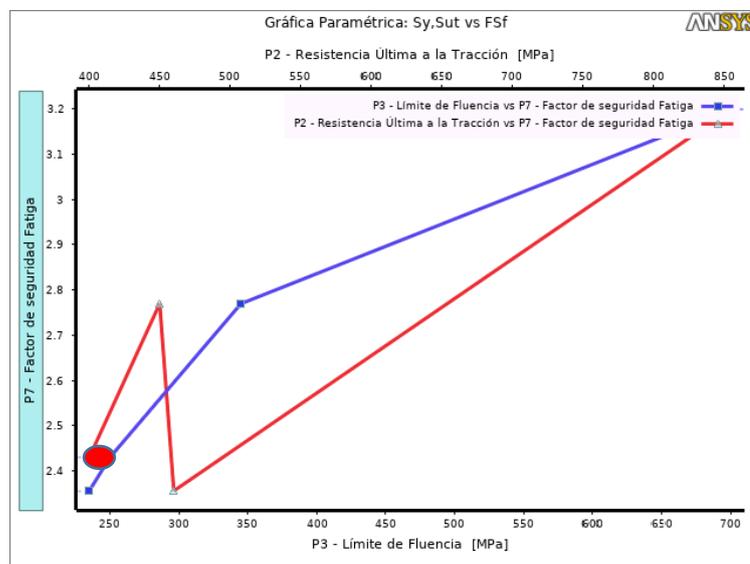


Figura 32. Gráfica paramétrica límite de Fluencia, Resistencia última a la tracción vs. Factor de Seguridad por fatiga.

Las gráficas que se muestran en las figuras 33 y 34 muestran la relación entre el espesor del chasis para el material Acero ASTM A36 vs. el factor de seguridad por esfuerzo y el factor de seguridad por fatiga.

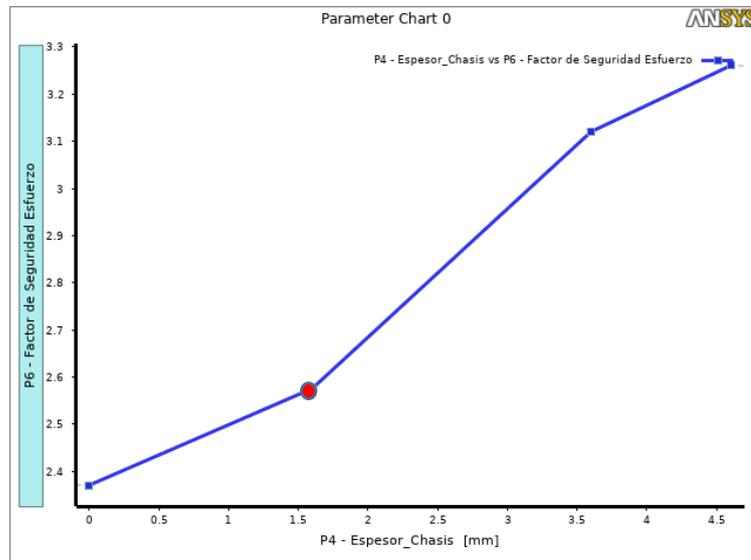


Figura 33. Gráfica paramétrica espesor de chasis vs. Factor de Seguridad esfuerzo.

Tanto la figura 32 como la figura 33 muestran el efecto de la variable espesor chasis sobre el factor de seguridad por esfuerzo, para obtener el valor real en mm del espesor se debe sumar por el factor 4.4. De las gráficas podemos seleccionar el espesor de 6 mm, valor 1.6 en la gráfica, del que obtenemos un factor de seguridad por esfuerzo de 2.576 y un factor de seguridad por fatiga de 2.43 que están por encima del valor del factor de diseño de 2.

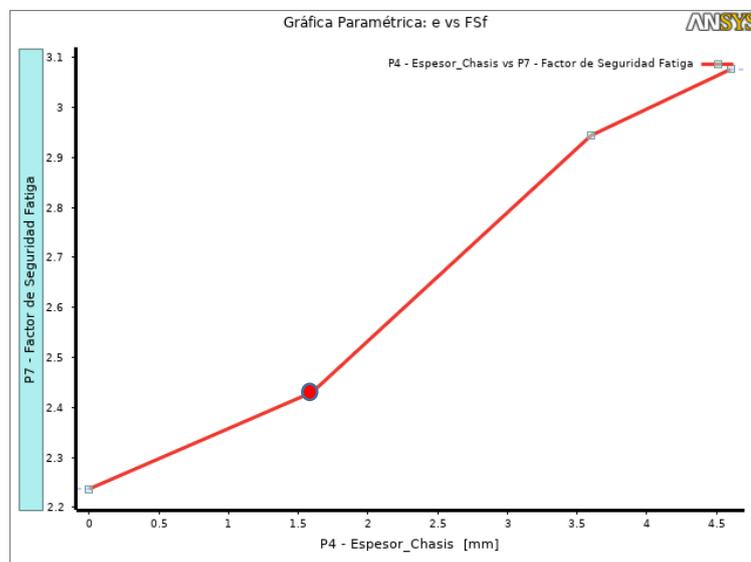


Figura 34. Gráfica paramétrica espesor de chasis vs. Factor de Seguridad fatiga.

Los resultados antes mencionados permiten valorar el nuevo diseño del chasis del equipo como satisfactorio ya que tras el análisis mediante el método analítico, diseño paramétrico por medio de GUI de Matlab y validado por el método de elementos finitos (FEA) con el software ANSYS, obtiene valores por encima del factor de diseño lo que asegura que en la zona crítica (cambio de sección entre el cajón del chasis y la estructura del jalador) no presentarán las fallas mostradas en la figura 1, corrigiendo definitivamente el problema presente en el prototipo.

2.11.3. Diseño de cuadro de portatobera

El componente que tiene contacto directo con el líquido de pulverizado y el parrón del cultivo es el cuadro portatobera, este se encarga de servir de soporte y brindar adaptabilidad para la correcta aplicación del pulverizador, es crítico validar el diseño, así mismo garantizar que cumpla con los requerimientos para la correcta función del equipo.

El diseño del cuadro se muestra en la figura 35, este componente es de fácil adaptabilidad para que pueda operar en parrones de tipo español y californiano, así mismo cuenta con un actuador hidráulico que permite el desplazamiento vertical para acercarse a la parte superior del parrón cuando el cultivo esté joven o para alejarlo cuando el cultivo esté con fruto, cuenta con flexibilidad en los extremos para brindar protección contra impactos producto de la operación del mismo.

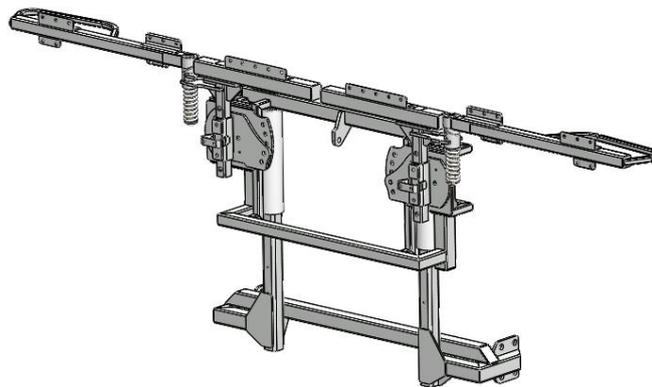


Figura 35. Diseño de cuadro portatobera.

La validación de este componente se realizó con el Software Autodesk Inventor Nastran, versión estudiantil, debido a las ventajas en el uso ilimitado de la geometría

y la cantidad de nodos durante el mallado para el análisis FEA. Para realizar el análisis lo primero es modelar el CAD 3D en Autodesk Inventor, luego activar en el menú Entornos Autodesk Inventor Nastran, dentro se debe definir el material, contactos, sujeciones, fuerzas, mallado y correr la simulación para obtener los resultados que se muestran en la figura 36, esfuerzo de Von Mises, la figura 37, deformaciones y la figura 38, factor de seguridad.

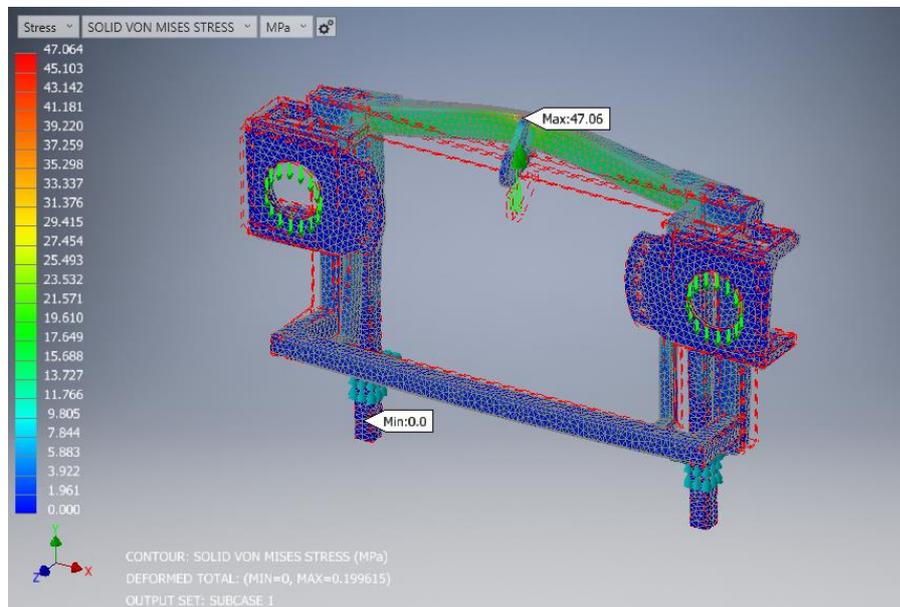


Figura 36. Esfuerzo de Von Mises en el cuadro portatobera.

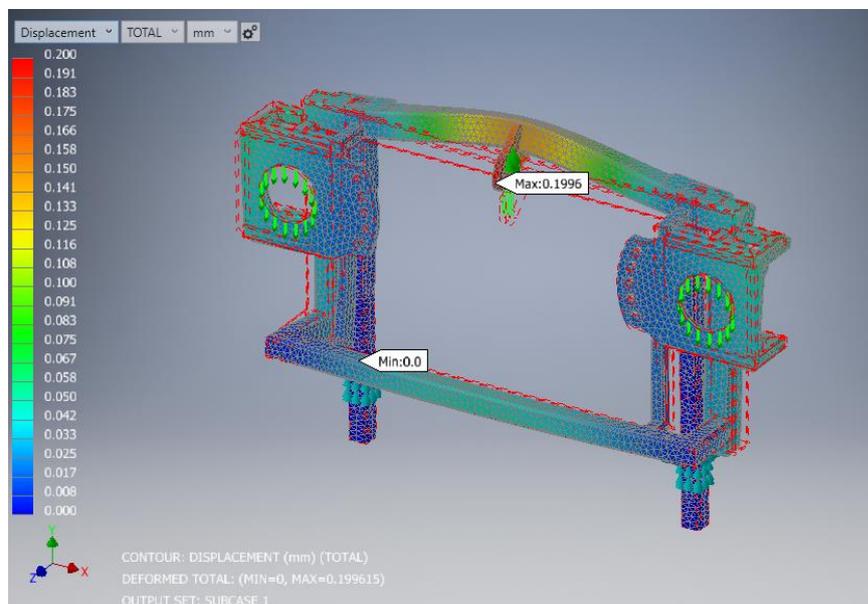


Figura 37. Desplazamiento en el cuadro portatobera.

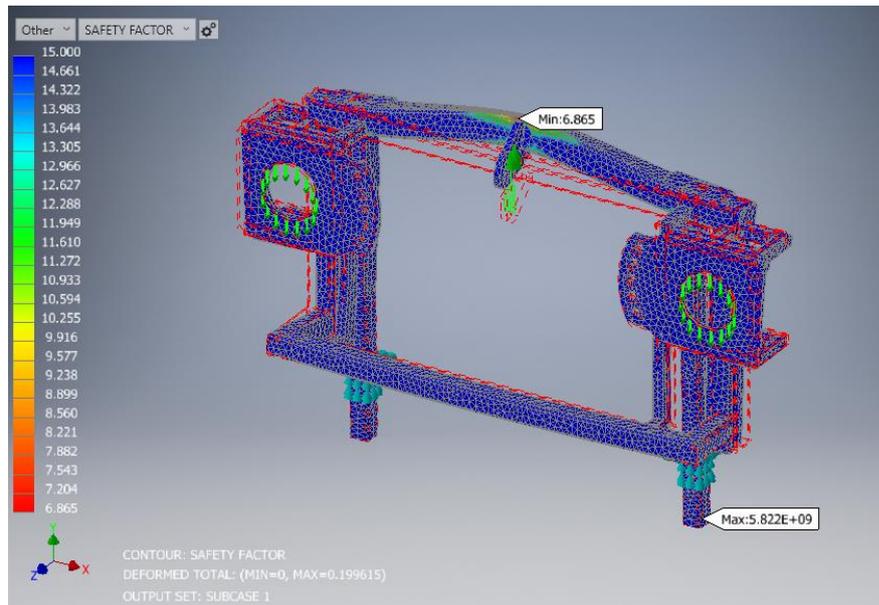


Figura 38. Factor de seguridad del cuadro portatobera.

El análisis da como resultado el valor máximo de esfuerzo bajo el criterio de falla de Von Mises igual a 47.06 MPa una deformación máxima de 0.1996 mm y un factor de seguridad de 6.87, siendo esto un valor aceptable que valida la decisión de la empresa de mantener este componente en el diseño del equipo.

2.12. Diseño de selección de componentes estándar del pulverizador.

El diseño de selección se realizará para los principales componentes de cada sistema de la máquina, teniendo en consideración que la empresa Full Maquinarias S.A. cuenta con stock de muchos productos en su almacén, por lo tanto, se priorizará el uso de estos, así mismo las alianzas estratégicas y distribución exclusiva de algunas marcas con proveedores de todo el mundo jugará un papel importante al momento de elegir tanto la marca como el modelo de los productos. En este sentido la empresa está preparada con stocks de componentes tanto para la fabricación de equipos en serie como para los mantenimientos de los equipos en operación.

Componentes del sistema de pulverización

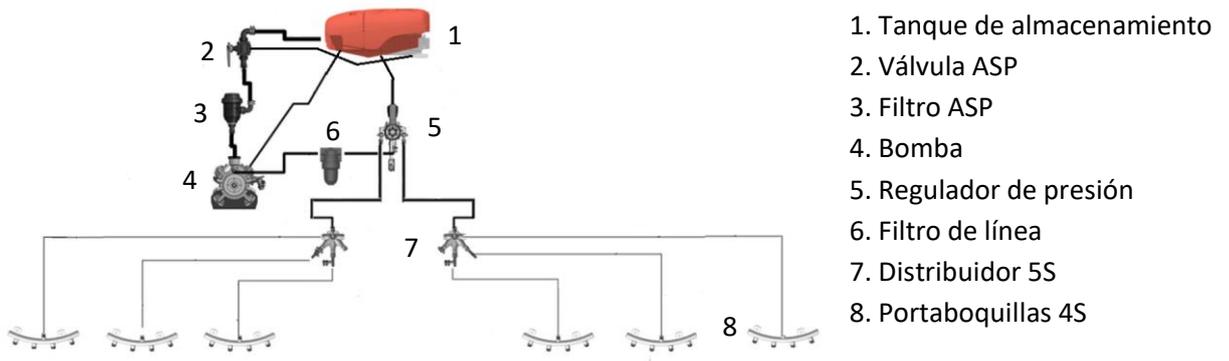


Figura 39. Sistema de pulverizado

2.12.1. Selección del tanque de almacenamiento.

Para selección del tanque de almacenamiento del pulverizador tomaremos en consideración lo indicado en las siguientes normativas: “directrices sobre requisitos mínimos para equipos de aplicación de plaguicidas agrícolas”, y “directrices sobre normas para equipos de aplicación de plaguicidas agrícolas y procedimientos de pruebas relacionados”. Los requisitos y especificaciones considerados son los siguientes:

- El pulverizador debe estar equipado como mínimo con un tanque principal que contiene el agua de pulverización, un tanque personal de lavado de agua limpia para el lavado del personal, un tanque de enjuague con agua limpia para el lavado interior del tanque y rociar los circuitos del líquido.
- Los tanques deben mostrar de manera clara y duradera el nivel de llenado que no debe exceder el 95% del volumen total del tanque.
- Para facilitar la limpieza del tanque, las superficies internas y externas deben tener un acabado superficial mejor que $r = 100 \mu\text{m}$, que es una medida de rugosidad de la superficie.
- El tanque de lavado personal debe tener un mínimo de 15 litros.
- El volumen del tanque de enjuague debe ser como mínimo 10% de volumen del tanque de pulverización principal.

Como se describe en el sexto párrafo del dimensionamiento de la máquina el tanque elegido tiene 2000 litros de capacidad para el tanque principal, un tanque de lavado del sistema, un tanque para el lavado personal, está fabricado con material de

polietileno, su marca es Verzellesi, cuenta con certificación ENAMA (Agencia Nacional de Mecanización Agrícola), procedencia Italiana, proveedor de Full maquinarias, quien actualmente tiene en sus almacenes stock de este producto. Las dimensiones generales del tanque en conjunto se ilustran en la figura 40, la vista de explosión con los componentes que integran al tanque en conjunto se ilustra en la figura 41.

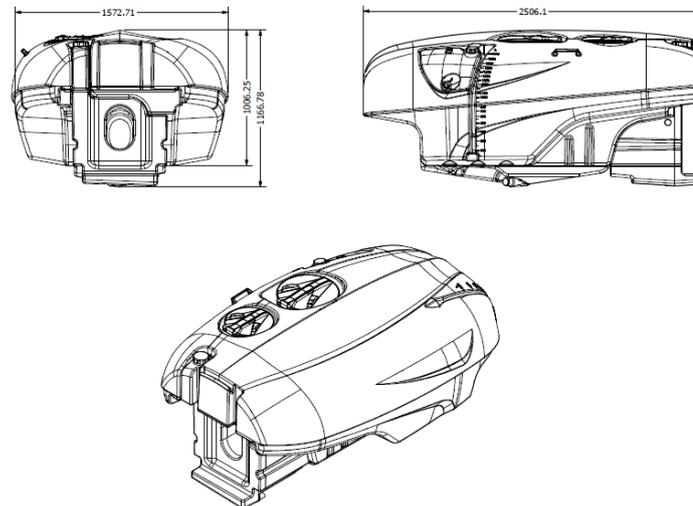


Figura 40. Dimensiones generales del tanque en conjunto.

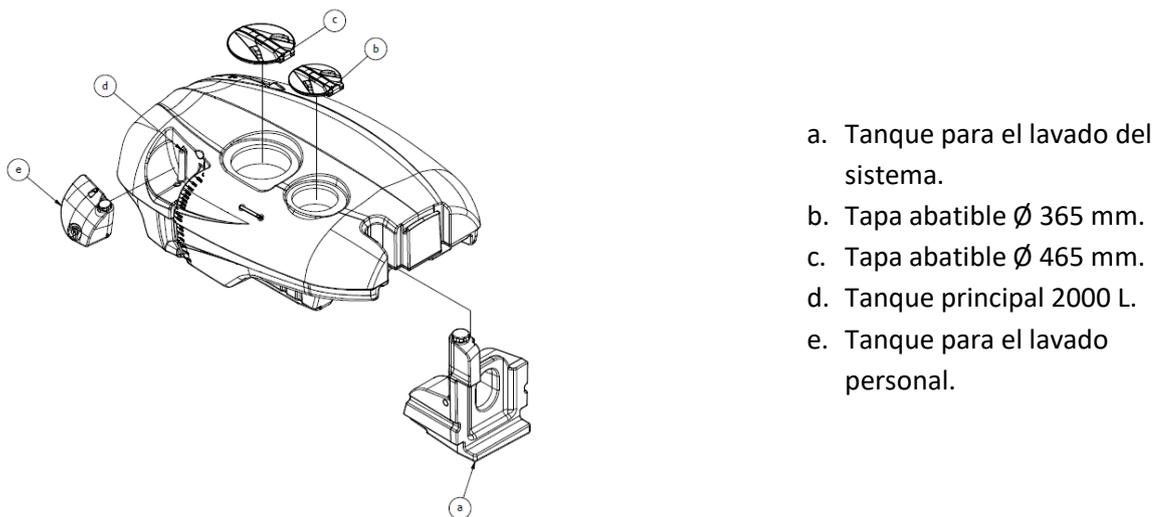


Figura 41. Vista de explosión de componentes del tanque en conjunto.

2.12.2. Selección de bomba hidráulica

La selección de la bomba hidráulica se basa en el consumo máximo durante la operación, el diseño contempla el uso de 6 toberas para la salida de aire montadas con

1 portaboquilla para 4 boquillas por donde se expulsará el líquido pulverizado, el tipo de boquilla determina su caudal de salida y presión de trabajo, para el caso de la aplicación para el control de plagas la boquilla de máxima capacidad usada en campo es la MGA 0.25 malla 80, maca MAGNOJET; así mismo la bomba debe proporcionar caudal para el funcionamiento de los agitadores ubicados dentro del tanque, que permitirán que el líquido pulverizado esté mezclado constantemente, por lo tanto el consumo está determinado por:

$$Q_B = (N_b Q_b + N_{AG} Q_{AG}) F_C \quad \dots (6)$$

Dónde:

Q_B : Caudal de la bomba

N_b : Número de boquillas

Q_b : Caudal de boquilla

N_{AG} : Número de agitadores hidráulicos.

Q_{AG} : Caudal de agitador hidráulico.

F_C : Factor por pérdidas, retorno del líquido 1.3.

$$Q_B = (24 * 1.8 + 1 * 15) 1.3 = 75.66 \frac{l}{min}$$

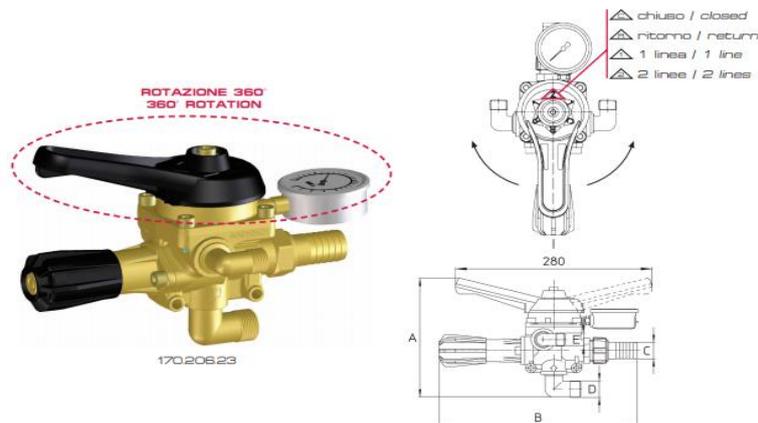
La bomba comercial que se utilizará es la bomba de pistón membrana modelo Kappa 121 marca Udor, las características técnicas se muestran en la figura 42.

| MOD. | RPM | 0 bar / 0 PSI | | | | 20 bar / 290 PSI | | | | 30 bar / 435 PSI | | | | 40 bar / 580 PSI | | | | 50 bar / 725 PSI | | | | Peso Weight Kg |
|------------------|-----|-------------------|------|---------------|-----|-------------------|------|---------------|-----|-------------------|------|---------------|-----|-------------------|------|---------------|-----|-------------------|------|---------------|------|----------------|
| | | Portata Flow rate | | Potenza Power | | Portata Flow rate | | Potenza Power | | Portata Flow rate | | Potenza Power | | Portata Flow rate | | Potenza Power | | Portata Flow rate | | Potenza Power | | |
| | | l/min | GPM | HP | kW | |
| KAPPA 121 | 400 | 100.7 | 26.6 | 1.0 | 0.7 | 95.4 | 25.2 | 5.0 | 3.7 | 93.8 | 24.8 | 7.3 | 5.4 | 92.5 | 24.4 | 9.5 | 7.0 | 91.3 | 24.1 | 11.7 | 8.6 | 43 |
| | 450 | 111.5 | 29.5 | 1.1 | 0.8 | 106.6 | 28.2 | 5.6 | 4.1 | 105.11 | 27.8 | 8.2 | 6.0 | 103.9 | 27.5 | 10.7 | 7.8 | 102.7 | 27.1 | 13.2 | 9.7 | |
| | 500 | 122.3 | 32.3 | 1.2 | 0.9 | 118.0 | 31.2 | 6.2 | 4.6 | 116.5 | 30.8 | 9.1 | 6.7 | 115.3 | 30.5 | 11.8 | 8.7 | 114.1 | 30.1 | 14.6 | 10.8 | |
| | 550 | 133.0 | 36.0 | 1.3 | 1.0 | 128.5 | 33.9 | 6.8 | 5.0 | 127.0 | 33.6 | 9.9 | 7.3 | 125.8 | 33.2 | 12.9 | 9.5 | 124.6 | 32.9 | 16.0 | 11.7 | |

Figura 42. Características técnicas bomba Kappa 121, UDOR.

2.12.3. Selección de regulador de presión

El regulador de presión soportará la máxima presión de operación y caudal de la bomba, así mismo tendrá que regular de manera precisa a bajas presiones. Para el diseño seleccionamos el regulador M170 OT Braglia, las características técnicas se muestran en la figura 43.



Max operating pressure: 50 bar (725 psi)
 Max flow rate: 150 l/min (40 USGal/min)
 Weight: 170.206.23 4.2 kg (9.3 lb) - 170.206.23 KA/KM/KPI/KR 5.3 kg (11.7 lb) - 170.206.23 NU 3.9 kg (8.6 lb)
 170.206.23 PM/RG/RP 4.3 kg (9.5 lb) - 170.206.23 SM/SR 4.1 kg (9.1 lb)
 Materials: brass - AISI 304 balls - AISI 303 seats - high resistance plastic materials - stainless steel vacuum hardened regulator piston and seat - Buna N - PTFE
 Use: For agriculture use on boom and air blast sprayers. Forged brass body. Selects spraying positions. PTFE cam support for smooth spraying selection operations. Precise and reliable pressure adjusting even at low pressures. Parts designed for maximum corrosion and wear resistance. Functionality and long life assured by materials used and fault proof manufacturing. Models with M172 valves has four independent outlets.

Figura 43. Regulador de presión, BRAGLIA.

2.12.4. Selección de filtro de aspiración y línea

Filtro de aspiración

El filtro de aspiración se ubica después de la válvula de control de la toma en el tanque de pulverizado, tiene una capacidad filtrante entre los 160 y 220 l/min superior al máximo caudal entregado por la bomba, así mismo el elemento filtrante es de malla de acero inoxidable (50 mesh) que cumple con lo indicado en el módulo 4 de la norma sobre requisitos mínimos para plaguicidas agrícolas, el que se muestra en la figura 44.

Filtri di aspirazione attacco filettato G 1 1/2

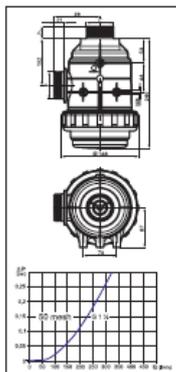
- Filetti G 1 1/2
- Capacità filtrante da 160 l/min a 220 l/min
- Cartuccia Ø 107 x 200 mm
- Corpo in polipropilene
- Guarnizioni in EPDM (a richiesta in VITON®)
- Inserti di fissaggio in ottone

Suction filters threaded coupling G 1 1/2

- G 1 1/2 BSP threads
- Filtering capacity 160-220 l/min
- Cartridge Ø 107 x 200 mm
- Polypropylene body
- EPDM gaskets (VITON® optional)
- Brass fitting inserts

Filtros de aspiración con toma roscada G 1 1/2

- Roscas G 1 1/2
- Capacidad filtrante 160 l/min a 220 l/min
- Cartucho Ø 107 x 200 mm
- Cuerpo de polipropileno
- Juntas en EPDM (bajo demanda, en VITON®)
- Casquillos de fijación de latón



| COD. CODE CÓD. | F | Tipo di rete Screen type Tipo de red | h (mm) | Area effettiva Effective area Area efectiva | |
|----------------------|---------|--------------------------------------------|-----------|---------------------------------------------------|------------|
| | | | | (cm²) | (sq.inch.) |
| 3162062 | G 1 1/2 | Inox 32 mesh | 24 | 242 | 37.5 |
| 3162063 | G 1 1/2 | Inox 50 mesh | 24 | 222 | 34.5 |
| 31620635 | G 1 1/2 | Inox 80 mesh | 24 | 244 | 37.7 |
| 3162162 | G 1 1/2 | Inox 32 mesh | 45 | 242 | 37.5 |
| 3162163 | G 1 1/2 | Inox 50 mesh | 45 | 222 | 34.5 |
| 31621635 | G 1 1/2 | Inox 80 mesh | 45 | 244 | 37.7 |

| COD. CODE CÓD. | Tipo di rete Screen type Tipo de red |
|----------------------|--------------------------------------------|
| 3162002.030 | Inox 32 mesh |
| 3162003.030 | Inox 50 mesh |
| 31620035.030 | Inox 80 mesh |



Figura 44. Filtro de aspiración, ARAG.

Filtro de línea

El filtro de línea cumple la función principal de proteger y garantizar que el líquido de pulverizado pueda llegar sin impurezas que obstruyan a las boquillas, estos deben tener una abertura mínima de 0.3 mm, deben ser accesibles para su limpieza y mantenimiento sin necesidad de vaciar el tanque, el filtro seleccionado es de la serie 3452 ARAG, presión máxima 50bar, caudal máximo 150 l/min, elemento filtrante con malla de acero inoxidable (50 mesh), los datos técnicos del filtro se representan en la figura 45.

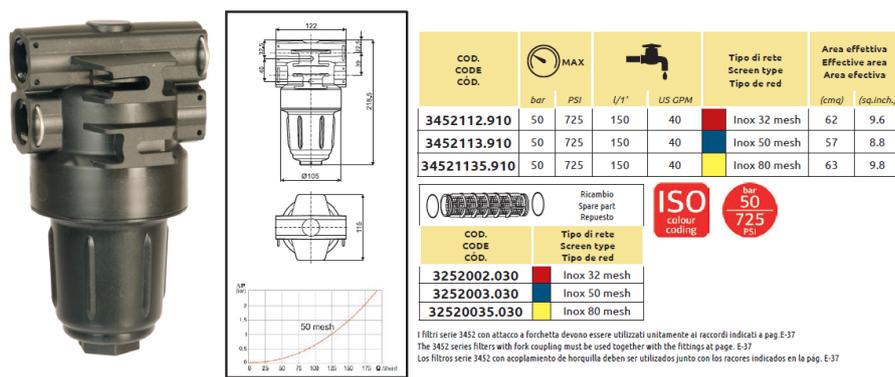


Figura 45. Filtro de línea, ARAG.

2.12.5. Componentes sistema neumático

El sistema neumático del pulverizador tiene la finalidad de generar la corriente de aire necesario y uniforme en cada salida (tobera) para que al combinarse con el líquido pulverizado tenga capacidad de llegar al objetivo, las toberas puedan ser dirigibles hacia la zona de aplicación, de acuerdo a las especificaciones de ingeniería el pulverizador debe generar corrientes de aire a la salida de cada tobera con velocidades no menores a 50 m/s, así mismo de acuerdo a la normativa, el ventilador debe tener un sistema de protección que impida accidentes al operador en el área de succión y debe ser accionado por medio de la toma de fuerza del tractor, la que gira a 540 rpm.

Selección de ventilador centrifugo

El ventilador centrifugo se selecciona mediante el cálculo del caudal requerido, así como el cumplimiento con las directrices indicadas en la norma en cuanto a la seguridad. El cálculo del caudal está determinado por:

$$Q_B = (V_S * n_T * A_T * f_{PA}) * 3600 \quad \dots (7)$$

Dónde:

Q_B : Caudal requerido del ventilador.

V_S : Velocidad de salida de aire en cada tobera.

n_T : Número de toberas.

A_T : Área de salida de la tobera.

f_{PA} : Factor de pérdidas por accesorios y operatividad.

$$Q_B = (70 * 6 * 0.00435 * 1.3) * 3600 = 8550.36 \text{ m}^3/\text{h}$$

El ventilador que se muestra en la figura 41 es de procedencia Italiana, fabricante Fieni, de tipo centrífugo, diámetro 470 mm, produce 10890 m^3/h de aire, cuenta con una caja multiplicadora de velocidad con 2 cambios y posición neutral, gira a 4000 rpm, ideal para equipos de esta naturaleza, así mismo tiene protección para la succión del ventilador.

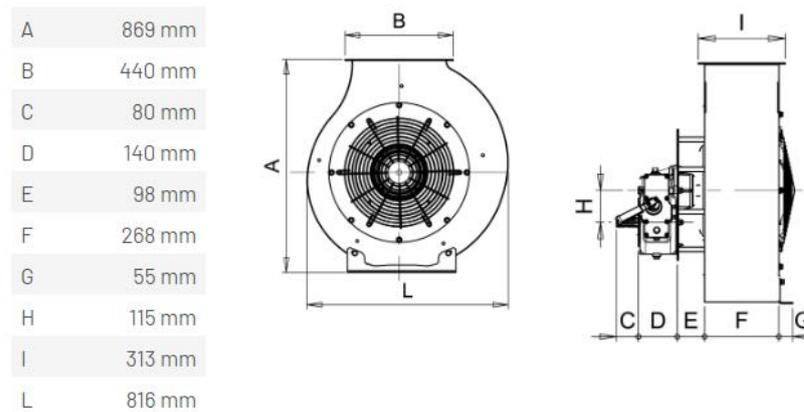


Figura 46. Ventilador centrífugo Ø470 mm, FIENI.

2.12.6. Diseño de distribuidor de aire

El distribuidor de aire tendrá su ingreso a la salida del ventilador, se unirá por medio de una brida con pernos y tuercas, entregará 6 salidas de aire de Ø 4", las que se unirán a mangueras por medio de abrazaderas las que finalmente llegarán a las toberas. El diseño del distribuidor de aire se muestra en la figura 42, es fabricado de acero

inoxidable para garantizar larga duración debido a que se ubica en una zona donde tendrá contacto directo el líquido de pulverizado que es altamente corrosivo.

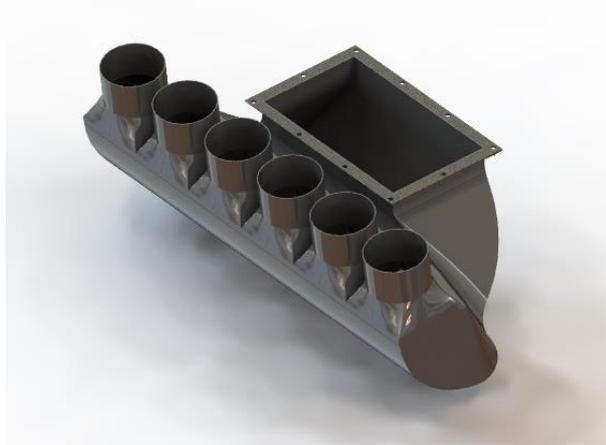


Figura 47. Distribuidor de aire acero inoxidable.

2.12.7. Sistema hidráulico

El sistema hidráulico del pulverizador se encargará de accionar el movimiento vertical del cuadro portatobera para que pueda adaptarse a la geometría del parrón, el sistema es accionado por medio del sistema hidráulico del tractor (toma hidráulica), la presión máxima de trabajo en un tractor agrícola es de 150 Bar, la velocidad máxima es de 0.5 m/s y la temperatura máxima de operación es de 80 °C en óptimas condiciones del tractor.

El componente de mayor importancia en el sistema hidráulico, para el diseño del pulverizador, es el cilindro hidráulico.

Selección de cilindro hidráulico

El cilindro hidráulico que accionará al cuadro portatobera debe de tener las siguientes características:

- Carrera 300 mm
- Debe ser de doble efecto
- Debe soportar la presión máxima de 150 Bar
- Debe operar a velocidades máximas de 0.5 m/s
- La temperatura máxima de operación será de 80 °C

La presión de trabajo se asume en 90 bar, para calcular el diámetro del cilindro se asume que la cámara de máximo volumen será llenada por el aceite, esto obligará al vástago a empujar al cuadro y accionarse verticalmente, esto está determinado por:

Fuerza ejercida por el cilindro hidráulico

$$F_{CM} = \frac{W_{CM}}{\mu_{ch}\psi} \quad \dots (8)$$

Dónde:

F_{CM} : Fuerza ejercida por el cilindro hidráulico (N)

W_{CM} : Peso cuadro móvil portatobera (N)

μ_{ch} : Rendimiento del cilindro hidráulico (Adim.)

ψ : Factor de carga (Adim.)

$$F_{CM} = \frac{1275.3}{0.9 * 0.7} = 2024.3 \text{ N}$$

Para la selección del cilindro se debe garantizar que cuando el cilindro este totalmente extendido, el vástago no falle por pandeo, a partir de la ecuación de Euler:

$$d_v = \sqrt[4]{\frac{64F_{CM}\eta_{ch}l_c}{\pi^3 E}} \quad \dots (9)$$

Dónde:

d_v : Diámetro del vástago (m)

η_{ch} : Coeficiente de seguridad (3.5)

l_c : Longitud cilindro extendido

E : Módulo de elasticidad (material Acero ISI 1045)

$$d_v = \sqrt[4]{\frac{64 * 2024.3 * 3.5 * 0.811}{\pi^3 * 206 * 10^9}} = 0.016 \text{ m}$$

Cálculo de diámetro interno de la camisa a partir de la fórmula de la presión.

$$D_{IE} = \sqrt{\frac{4F_{CM}\eta_{ch}}{\pi P}} \quad \dots (10)$$

Donde:

D_{IE} : Diámetro interno de la camisa

P: Presión de operación (80 bar)

$$D_{IE} = \sqrt{\frac{4 * 2024.3 * 3.5}{\pi * 80 * 10^5}} = 0.032 \text{ m.}$$

De acuerdo al cálculo analítico, las características técnicas del cilindro hidráulico deben ser:

- La carrera debe ser de 300 mm.
- El diámetro del vástago debe ser 19.05 mm (3/4").
- Las medidas del cilindro, Figura 48, L = 539 mm.
- La presión de trabajo 120 Bar.
- La presión máxima 150 Bar.
- Los anclajes deben ser tipo horquilla y tipo rosca.
- El material de los vástagos debe ser barra cromada por inducción 38MnVS6.
- El material de la camisa debe cumplir la norma ISO H9 EN-10305.
- El material de la guía de vástago y el émbolo deben ser de acero AISI 1045.
- Los sellos deben ser para cilindros de doble efecto de fácil recambio.

La empresa Moro hidráulica de origen argentino, proveedor de componentes hidráulicos de Full Maquinarias proveerá de este cilindro hidráulico, el que debe cumplir con las siguientes dimensiones.

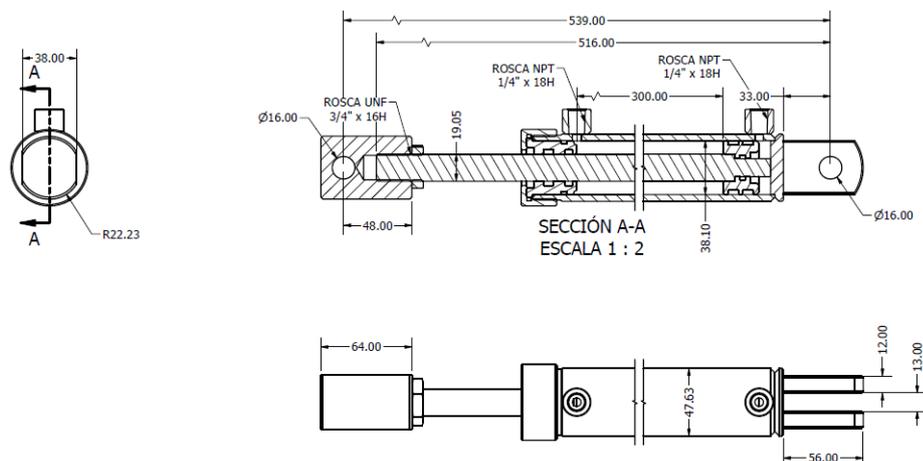


Figura 48. Cilindro hidráulico.

2.13. Análisis económico

Los costos totales de la inversión inicial se presentan en las tablas 7-13 donde se muestra el costo de fabricación por un equipo. El costo total de materia prima asciende a S/ 21 990.70, y se muestra en las tablas 7-12, los costos de mano de obra, servicios externos y uso de equipos asciende a S/ 24 502.00, que se muestran en la tabla 13, sumando un total por costo del equipo a S/ 46 492.71

El valor del equipo en el mercado es de S/ 77 880.00. Con el nuevo diseño la empresa tiene el plan de cubrir las demandas del mercado peruano por lo que ha decidido fabricar un total de 9 equipos, lo que hace necesario una inversión inicial de S/ 418 434.40; estos equipos deben ser vendidos bajo un plan de ventas a las principales empresas productoras de uva en el Perú, se proyecta vender los 9 equipos en un periodo de tiempo de 6 meses, por lo tanto se realiza una evaluación económica que de viabilidad al proyecto. La evaluación del proyecto se realizará bajo tres métodos, el cálculo del valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR) y el retorno de la inversión (ROI).

Tabla 7. Costo del sistema de chasis del pulverizador.

| SISTEMA DE CHASIS | | | |
|------------------------------|-----------------|-----------------------|------------------|
| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | SUB TOTAL |
| Estructura de chasis | 1 | 2,470.402 | 2,470.402 |
| Peldaño de acero | 2 | 24.487 | 48.974 |
| Soporte de cardán | 1 | 35.422 | 35.422 |
| Jalador | 1 | 182.295 | 182.295 |
| Soporte de apoyo delantero | 1 | 20.434 | 20.434 |
| Eje | 1 | 1,306.556 | 1,306.556 |
| Gata hidráulica RAL 207A | 1 | 201.341 | 201.341 |
| Kit elementos de sujeción | 1 | 51.590 | 51.590 |
| Abrazadera de acero | 4 | 21.187 | 84.748 |
| Soporte de tanque D1 | 1 | 57.250 | 57.250 |
| Protector de filtro Asp | 1 | 246.530 | 246.530 |
| Soporte de tanque D2 | 1 | 11.020 | 11.020 |
| Perfil esponjoso | 4.4 | 7.200 | 31.680 |
| Llanta completa Fate 11 L-15 | 2 | 548.198 | 1,096.396 |
| Estructura de jalador | 1 | 245.520 | 245.520 |
| TOTAL | | | 6,090.158 |

Fuente: elaboración Propia

Tabla 8. Costo del sistema neumático del pulverizador.

| SISTEMA NEUMÁTICO | | | |
|-----------------------------------|-----------------|-----------------------|------------------|
| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | SUB TOTAL |
| Manguera corrugada AIR P/L 4" | 12 | 23.977 | 287.724 |
| Ventilador centrifugo fieni | 1 | 955.285 | 955.285 |
| Distribuidor de acero 6 salidas | 1 | 236.900 | 236.900 |
| Deflector de aluminio | 1 | 48.785 | 48.785 |
| Malla de protección | 1 | 120.068 | 120.068 |
| Carcasa de ventilador | 1 | 275.195 | 275.195 |
| Abrazadera 3 1/2"-4 1/2" titan | 8 | 2.688 | 21.504 |
| Soporte de carcasa de ventilador | 1 | 143.445 | 143.445 |
| Kit de elementos de sujeción | 1 | 7.045 | 7.045 |
| Anillo Ø500 carcasa de ventilador | 1 | 54.300 | 54.300 |
| Cardán CC2502/12 1.6 m Aemco | 1 | 230.982 | 230.982 |
| Multiplicador fieni | 1 | 1,904.115 | 1,904.115 |
| Bocina Øe 44.45 Øi 35.5 L 46 mm | 1 | 4.145 | 4.145 |
| Empaquetadura para carcasa | 1 | 0.370 | 0.370 |
| Aceite SAE 90 | 3 | 7.839 | 23.517 |
| TOTAL | | | 4,313.38 |

Fuente: elaboración Propia

Tabla 9. Costo del sistema neumático de tobera del pulverizador.

| SISTEMA DE TOBERA | | | |
|------------------------------------|-----------------|-----------------------|------------------|
| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | SUB TOTAL |
| Tobera abanico D100-60° | 8 | 41.386 | 331.088 |
| Abrazadera portatobera art 4" | 8 | 42.895 | 343.160 |
| Filtro de boquilla M50 | 32 | 0.806 | 25.792 |
| Tuerca de portaboquilla G3/8" BSPF | 32 | 1.512 | 48.384 |
| Portaboquilla 4S inox | 8 | 20.675 | 165.400 |
| Perno 1/4" x 1" G5 | 16 | 0.050 | 0.800 |
| Arandela 1/4" x 1" | 16 | 0.042 | 0.672 |
| Tuerca autoblocante 1/4" | 16 | 0.046 | 0.736 |
| Válvula check antigoteo M83 G1 | 8 | 16.936 | 135.488 |
| Abrazadera 12-22M Torsac | 16 | 0.593 | 9.488 |
| Niple espiga Bronce | 8 | 2.746 | 21.968 |
| Conector simple rec | 8 | 4.106 | 32.848 |
| Manguera AP 13 mm | 7.3 | 2.665 | 19.455 |
| Anillo de PVC L50 mm Øe 88.5 | 8 | 0.721 | 5.768 |
| boquilla cerámica CH MGA-02 60° | 32 | 7.525 | 240.800 |
| Disco difusor DDC-35 M1 64 | 32 | 2.133 | 68.256 |

| | | | |
|------------------------------|---|--------|-------------------|
| Anillo corrugado flexible 4" | 8 | 19.065 | 152.520 |
| TOTAL | | | 1,602.6225 |

Fuente: elaboración Propia

Tabla 10. Costo del sistema de pulverizado del pulverizador

| SISTEMA DEL PULVERIZADO | | | |
|-----------------------------------------|----------|----------------|------------------|
| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | SUB TOTAL |
| Filtro de línea 3452 G1/2" M50 | 1 | 39.239 | 39.239 |
| Regulador de presión M170 OT | 1 | 418.964 | 418.964 |
| Distribuidor de bronce 5S | 2 | 25.803 | 51.606 |
| Válvula esférica 1/4" H-H | 1 | 15.691 | 15.691 |
| Válvula esférica G1/2" M-M | 8 | 19.504 | 156.032 |
| Soporte para regulador M170 OT | 1 | 22.188 | 22.188 |
| Válvula de seguridad G1/2" | 1 | 20.923 | 20.923 |
| Abrazadera 13/16"-1 1/2" x 12.7 Torsac | 1 | 0.576 | 0.576 |
| Manguera transparente 3/4" atoxica | 1 | 6.570 | 6.570 |
| Bomba kappa 121 TSC 2C | 1 | 2,295.770 | 2,295.770 |
| Kit conectores y accesorios succión | 1 | 916.430 | 916.430 |
| Tanque de polietileno 2000 L verzellesi | 1 | 1,881.894 | 1,881.894 |
| System-wash 1500/2000 verzellesi | 1 | 280.346 | 280.346 |
| Válvula de bola 3v G 1 1/2" | 1 | 72.716 | 72.716 |
| Filtro de ASP. 316 G1 1/2" M50 | 1 | 55.325 | 55.325 |
| Tapa Ø 455 6COR45 verzellesi | 1 | 39.641 | 39.641 |
| Tapa Ø 355 6COR45 verzellesi | 1 | 37.143 | 37.143 |
| Kit indicador de nivel cisterna | 1 | 20.444 | 20.444 |
| Agitador hidráulico B/ceram 2 mm | 1 | 52.581 | 52.581 |
| Soporte filtro ASP 1 1/2"-2" | 1 | 13.577 | 13.577 |
| Kit conectores y accesorios descarga | 1 | 653.456 | 653.456 |
| TOTAL | | | 7,051.112 |

Fuente: elaboración Propia

Tabla 11. Costo del sistema hidráulico del pulverizador.

| SISTEMA HIDRAÚLICO | | | |
|--------------------------------------|----------|----------------|------------------|
| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | SUB TOTAL |
| Kit manguera hidráulica R2 1/4" | 1 | 306.800 | 306.800 |
| Cilindro hidráulico Øc 2" Øv 1" C280 | 1 | 184.580 | 184.580 |
| Soporte para cilindro hidráulico | 1 | 8.447 | 8.447 |
| Pin de acero Ø 5/8" L 85 mm | 1 | 5.160 | 5.160 |
| Pin de acero Ø 5/8" L 70 mm | 1 | 4.180 | 4.180 |
| Accesorios hidráulicos | 1 | 621.400 | 621.400 |
| TOTAL | | | 1,130.567 |

Fuente: elaboración Propia

Tabla 12. Costos generales del pulverizador.

| GENERAL | | | |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------------|------------------|
| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | SUB TOTAL |
| Sistema de cuadro portatobera | 1 | 1,552.283 | 1,552.283 |
| Cardán completo c/p 1.2 m CC2502/14p | 1 | 250.589 | 250.589 |
| TOTAL | | | 1,802.872 |

Fuente: elaboración Propia

Tabla 13. Costos de mano de obra, servicio externos y uso de equipos.

| MANO DE OBRA | | | |
|----------------------------------|-----------------|-----------------------|------------------|
| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | SUB TOTAL |
| Departamento de diseño | 1 | 3,500.000 | 3,500.000 |
| Supervisor de producción | 1 | 2,500.000 | 2,500.000 |
| Habilitador de material | 4 | 620.000 | 2,480.000 |
| Armador-soldador | 3 | 1,200.000 | 3,600.000 |
| Personal de almacén | 3 | 250.000 | 750.000 |
| Pintor | 1 | 300.000 | 300.000 |
| Ensamblador | 4 | 1,200.000 | 4,800.000 |
| Otros | 1 | 400.000 | 400.000 |
| SERVICIOS EXTERNOS | | | |
| Doblado | 1 | 1,050.000 | 1,050.000 |
| Rolado | 1 | 380.000 | 380.000 |
| Arenado | 1 | 1,050.000 | 1,050.000 |
| Galvanizado | 1 | 2,150.000 | 2,150.000 |
| Enllantado | 1 | 80.000 | 80.000 |
| Zincado | 1 | 192.000 | 192.000 |
| EQUIPOS | | | |
| Torno convencional | 1 | 120.000 | 120.000 |
| Torno CNC | 1 | 300.000 | 300.000 |
| Taladro/tronzadora/esmeril/fresa | 1 | 300.000 | 300.000 |
| Máquinas de soldar | 1 | 200.000 | 200.000 |
| Máquina de corte por plasma CNC | 1 | 120.000 | 120.000 |
| Compresor de aire | 1 | 80.000 | 80.000 |
| Otros | 1 | 150.000 | 150.000 |
| TOTAL | | | 24,502.00 |

Fuente: elaboración Propia

El VAN determinará si el proyecto es rentable usando un diagrama de caja de flujos futuros, para el que proyectamos vender en el primer mes 1 equipo y lo siguientes meses 2 equipos hasta el 6 mes, la tabla 14 presenta el flujo de caja de los 6 meses futuros a la inversión inicial, el valor positivo del VAN dará el visto bueno al proyecto.

$$VAN = -I + \frac{Q}{(1+i)^1} + \frac{Q}{(1+i)^2} + \dots + \frac{Q}{(1+i)^n} \quad \dots (11)$$

Dónde:

I: Inversión (418,434.40)

Q: Representa el flujo de caja de cada periodo (N.S)

i: Tasa de interés (12 %)

n: Número de periodos (6 meses)

La **TIR** indicará, si es mayor que cero, que el proyecto es rentable, está determinada por:

$$-I + \frac{Q}{(1+i)^1} + \frac{Q}{(1+i)^2} + \dots + \frac{Q}{(1+i)^n} = 0 \quad \dots (12)$$

El retorno de la inversión se calcula mediante la siguiente formula.

$$ROI = \frac{\text{beneficio obtenido} - \text{inversión}}{\text{inversión}} \quad \dots (13)$$

Tabla 14. Análisis económico.

| Inversión Inicial | 418,434.3 | ANÁLISIS ECONÓMICO | | | |
|--------------------------|--------------|---------------------------|-----------------|----------------|-------------|
| Tiempo | 6 meses | TIEMPO | INGRESOS | EGRESOS | NETO |
| Tasa de interés | 1.25% | Mes 1 | 77,880 | 6,500 | 71,380 |
| Costo del equipo | 77,880 | mes 2 | 155,760 | 6,500 | 149,260 |
| VAN | S/397,145.54 | Mes 3 | 155,760 | 6,500 | 149,260 |
| TIR | 21% | Mes 4 | 155,760 | 6,500 | 149,260 |
| ROI | 35.671% | Mes 5 | 155,760 | 6,500 | 149,260 |
| | | Mes 6 | 155,760 | 6,500 | 149,260 |

Fuente: elaboración Propia

Los resultados mostrados en la tabla 14 muestran que el proyecto es rentable para la empresa y con esto tenemos viabilidad económica para que la gerencia pueda iniciar el proyecto de inversión.

IV: DISCUSIÓN

diseño empírico elaborado en la empresa después de un periodo de 6 meses mostró claras evidencias de problemas en diseño estructural, principalmente las fallas encontradas fueron roturas en uniones soldadas y desalineamiento debido a la flexión excesiva del chasis. Esto llevo a la decisión de analizar la estructura de pulverizador y a realizar un diseño formal que permita superar las deficiencias del diseño empírico. Con la metodología de diseño abordada en el presente trabajo se tomó como primer paso realizar entrevistas que permitan conocer en primera instancia las necesidades de la empresa, así mismo la búsqueda de normas y bibliografía relacionada al diseño de pulverizadores permitieron definir bajo que especificaciones se iniciará el diseño del pulverizador. Como parte de la metodología es importante recopilar y organizar la información referente al diseño, es por esto que los datos del funcionamiento del prototipo y las entrevistas realizadas fueron condensados en una tabla de especificaciones donde en términos de ingeniería se expresaron medidas, características técnicas, limitaciones, los tipos de parrón donde operará el equipo y las consideraciones técnicas en cuanto a la operación y performance de la máquina.

Con la intención de obtener un diseño adecuado se elaboraron 4 conceptos de solución basados en los tipos de pulverizador más comunes usados actualmente, mostrando sus principales ventajas y desventajas para la aplicación que se desea. Para saber cuál es la mejor opción se empleó una matriz de pesos ponderados donde cada concepto se evaluó en base a 5 criterios los que se basan en la información extraída de las entrevistas. De esto el concepto seleccionado es el pulverizador neumático, debido a sus ventajas en cuanto a la eficiencia de aplicación. De manera similar la configuración de la maquina se obtuvo de entre 3 alternativas que fueron evaluadas con una matriz de selección y empleando los mismos criterios. Para este caso se obtuvo como resultado la alternativa B que ubica al sistema neumático en la parte posterior de la estructura, evitando de esta manera la fabricación de un conducto para conducir el aire a lo largo del chasis, reduciendo significativamente el número de piezas y mejorando la eficiencia del sistema; así mismo la configuración seleccionada elimina el acople directo entre la bomba y el multiplicador de velocidad, usando en su lugar un cardán con junta universal que soporta desalineamientos haciendo menos propenso a los errores de producción.

El diseño paramétrico del espesor del chasis y el tipo de material para definir el esfuerzo de Von Mises, el factor de seguridad por carga estática y fatiga mediante la GUI desarrollada en Matlab dio como resultado la gráfica paramétrica del espesor de chasis vs. factor de seguridad por fatiga, siendo la fatiga la principal causa de falla en equipos de esta naturaleza, se puede observar las curvas paramétricas para los aceros ASTM A131, ASTM A36, ASTM A709, ASTM A514 que fueron seleccionados del proveedor más importante de la empresa en los espesores comerciales de 3; 4.4; 6; 8; 9; 12 mm, teniendo un factor de diseño mínimo de 2, el material acero ASTM A36 con un espesor de 6 mm tiene ventajas importantes de costo/beneficio así como mayor distribución en diferentes proveedores que hacen más fácil su adquisición.

La validación de los resultados analíticos se realizó mediante un análisis paramétrico usando el método de elementos finitos en el cual se incluye la geometría completa del chasis. El empleo del software de análisis por elementos finitos dio como resultado que las gráficas paramétricas más importantes fueron la que relaciona al límite de fluencia del material con el factor de seguridad por fatiga, siendo esta la gráfica determinante al momento de seleccionar el material para la estructura del chasis, corroborando la selección del material Acero ASTM A36, y la gráfica que relaciona el espesor del chasis vs. el factor de seguridad por fatiga donde se muestra la curva paramétrica para los espesores comerciales de 4.4; 6; 8; 9 con su respectivo valor de FS_f , siendo el espesor de 6 mm el seleccionado; finalmente como resultado los valores de esfuerzo de Von Mises para el acero ASTM A36 con un espesor de 6 mm para el chasis es igual a 97 MPa con un factor de seguridad por carga estática de 2.576 y un factor de seguridad por fatiga de 2.43, valores que se diferencian en menos del 10% de los resultados obtenidos mediante el análisis paramétrico usando la GUI de Matlab. Queda claro de lo expuesto en estas líneas que, el uso de esta metodología formal ayudó a minimizar errores y maximizar la calidad del producto.

El análisis económico dio como costo total del equipo el monto de S/ 46,492.71, el precio de venta en el mercado es de S/ 77,880.00, dando como utilidad por equipo la suma de S/ 31,387.29. Debido a la existencia de demanda en el mercado se realiza una proyección de ventas de 9 máquinas en un periodo de 6 meses la que necesita de una inversión inicial de S/ 418,434.40, evaluando los indicadores económicos encontramos que el VAN es igual a S/397,145.54, un TIR del 21% y un ROI del 35.671% valores que hacen viable la inversión.

V: CONCLUSIONES

1. El pulverizador diseñado y listo para fabricación, es de tipo neumático, para uso con cualquier tipo de fitosanitario y boquilla comercial. Es, además, de ensamble/desensamble rápido para los tipos de parrón español o Californiano en cualquier condición de terreno. El pulverizador estará equipado con un ventilador centrífugo de doble succión de $10890 \text{ m}^3/\text{h}$, remolcado por cualquier tipo de tractor viñatero de 80 HP en adelante, con 6 salidas tipo tobera las cuales poseen un juego de 4 boquillas alternativas para selección de tamaño de gota.
2. El uso de la metodología de diseño empleada ayudó a organizar la información de diseño por etapas y seleccionar fácilmente entre varias alternativas. Esto, permitió tomar decisiones que paulatina y organizadamente fueron determinando la forma y componentes del equipo bajo las funciones y requerimientos de la empresa. Los mejores aportes de esta metodología formal fueron el ayudar a minimizar errores y maximizar la calidad del producto.
3. La configuración general del equipo es una variante de un equipo desarrollado en forma empírica por la empresa. A diferencia del equipo existente, el sistema neumático se encuentra en la parte posterior del equipo, unido al chasis por medio de pernos de sujeción, el par para accionar el ventilador se transmite a la bomba por medio de un cardán, esta ubicación permite que solo exista un conducto de distribución del aire, menos componentes, menor peso del equipo, mayor facilidad para el mantenimiento y el diseño de un chasis con menos cambios de sección, menor dificultad de diseño y de fabricación.
4. Mediante la Interfaz Gráfica de Usuario GUI se realizó el análisis paramétrico del chasis, lo que permitió encontrar que la zona donde se ubica el mayor esfuerzo (cambio de sección entre el cajón del chasis y el jalador). En esta zona se realizó un análisis paramétrico más detallado mediante Elementos Finitos (FEM) obteniendo menos del 10% de diferencia con los resultados previos de la GUI.
5. El diseño paramétrico con software FEM permitió optimizar la estructura del chasis permitiendo seleccionar el Acero ASTM A36 con un espesor de 6 mm para obtener un esfuerzo de Von Mises de 97 MPa con un factor de seguridad por carga estática de 2.576 y un factor de seguridad por fatiga de 2.43.
6. El costo total del equipo es de S/ 46,492.71, la proyección de ventas de 9 máquinas en un periodo de 6 meses dio una inversión inicial de S/ 418,434.40 un VAN S/397,145.54, un TIR 21% y un ROI 35.671%.

VI: RECOMENDACIONES

- Es importante que la empresa adopte una metodología de diseño como la presentada en esta investigación. Esto ayudará a tener una mejor comprensión de las necesidades del cliente, escoger la mejor alternativa para cada etapa del diseño y detectar errores durante el proceso de diseño. Del mismo modo, mejorará el proceso y documentación necesaria durante cada etapa del desarrollo de producto.
- El análisis mediante Elementos Finitos (FEM) tuvo limitaciones tanto para la geometría 3D como para el mallado, se recomienda usar una mejor versión del software para mejorar los resultados del análisis y poder simular el modelo completo de cada componente del equipo.
- Una vez producido el primer equipo se recomienda realizar un análisis en campo con la ayuda de sensores para poder obtener los valores reales de las aceleraciones producto de un terreno agresivo, lo que permitirá realizar un análisis de fatiga más preciso.
- Es importante realizar un análisis detallado del sistema neumático para optimizar la velocidad de salida del aire en cada una de las toberas. Se recomienda usar un software que permita realizar análisis de dinámica computacional de fluidos CFD con la finalidad de mejorar la geometría del distribuidor de 6 salidas. Esto evitaría pérdidas y maximizaría la eficiencia del sistema.

VII: REFERENCIAS

- Agraria.pe. (13 de Diciembre de 2019). *Producción mundial de uva de mesa crecería 4% en temporada 2019/2020*. Obtenido de Agraria.pe. AGENCIA AGRARIA DE NOTICIAS: <https://agraria.pe/noticias/produccion-mundial-de-uva-de-mesa-creceria-4-en-temporada-20-20443>
- Anders, M. S. (2015). *Elementary Mechanics Using Matlab*. Switzerland: © Springer International.
- ARAG SRL. (04 de 2020). *ARAG. Home page*. Obtenido de ARAG: <https://www.aragnet.com/VediMacro/IT/256>
- Autodesk, Inc. (2018). *Autodesk® Nastran® Editor 2019 User's Manual*. Autodesk, Inc.
- Eggert, R. J. (2010). *Engineering Design*. Meridian, Idaho 83642: High Peak Press.
- Erdogan, M., & Ibrahim, G. (2015). *The Finite Element Method and Applications in Engineering Using ANSYS®*. London: © Springer International.
- Fabricio Levera P. (1999). Trento Nebulizador de bajo volumen. *Proyecto FONTEC*. Chillán, Chile: CORFO - FONTEC.
- Fieni Giovanni s.r.l. (s.f.). *FIENI Sprayer Units*. Recuperado el 16 de 05 de 2020, de FIENI Sprayer Units: <https://www.fieni.it/esp/catalogo/scheda/id/223>
- G. BUDYNAS, R. K. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. México D. F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- HERRERA Prat, M. I., GARCÍA DE LA FIGAL Costales, A. E., CUEVAS Milán, H., & VASQUEZ Durañona, O. (2009). Aerodinámica de la corriente de aire de un pulverizador agrícola con ventilador centrífugo. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(4), 33-38.
- Hibbeler, R. C. (2010). *Ingeniería Mecánica Dinámica*. Estado de Mexico: Pearson Educación de Mexico S.A.
- Hibbeler, R. C. (2016). *Ingeniería Mecánica Estática*. Mexico D.F.: Pearson Educación de Mexico.
- Houman, C. (2013). *Coletânea de fórmulas hidráulicas*. Rexrot Bosch Group.
- Imman, D. J. (2014). *ENGINEERING VIBRATIONS* (Fourth Edition ed.). Michigan: Pearson.
- MALON Litago, H., GARCÍA Ramos, F. J., VIDAL Cortes, M., & BONÉ Garasa, A. (2014). Diseño y optimización del chasis de un pulverizador hidroneumático de dos ventiladores mediante el MEF. *18th International Congress on Project Management and Engineering*. Alcañiz: Universidad de Saragosa.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2019). *LA UVA PERUANA: Una oportunidad en el mercado mundial*. Lima: Jenny Miriam Acosta Reátegui.
- MIRANDA Fuentes, A., RODRIGUEZ Lizana, A., CUENCA, A., GONZALES Sanchez, E., BLANCO Roldan, G., & GIL Ribes, J. (2017). Mejorando las es de productos fitosanitarios en huertos tradicionales e intensivos de olivos mediante el desarrollo de nuevos prototipos de pulverizadores asistidos por aire. *Grop Protection*, 94, 44-58.

- Mott, R. L. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. Estado de Mexico: Pearson Educación de Mexico S.A.
- ONORATO, A., & TESOURO, O. (2006). *Pulverizadores Agrícolas Terrestres*. Buenos Aires: Inst. Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA.
- Perez Pupo, R. (2018). *Sistemas hidráulicos en la maquinaria agrícola*. Riobamba, Ecuador: Aval SPOCH.
- PORRAS Piedra, A., & PORRAS Soriano, A. (2001). *Tecnología de la pulverización de productos fitosanitarios sobre las plantas cultivadas*. Córdoba.
- Raymond L., B., & Hanqc, A. (2006). *Predicting fatigue life with ANSYS Workbench*. Pennsylvania, U.S.A.
- Rexrot Bosch Group. (s.f.). *Rexroth a Bosch Company*. Obtenido de Cylinder Catalog: <https://www.coastalhydraulics.net/technical-library/Cylinder%20Interchange%20information/Rexroth%20Cyl.pdf>
- Schijve, J. (2009). *Fatigue of Structures and Materials*. Amsterdam: Springer Science+Business Media, B.V.
- SEGOVIA Molina, A., & VILLARROEL Jácome, C. (2018). Diseño, adaptación e implementación de un sistema de aspergeo para el motocultor YTO - DF - 15L del MAGAP. *Tesis (Ingeniero Automotriz)*. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- TORRES, A. (21 de Marzo de 2019). *Perú se convirtió en el tercer exportador mundial de uva fresca*. Obtenido de La República: <https://larepublica.pe/economia/1434820-peru-convirtio-tercer-exportador-mundial-uva-fresca-china-estados-unidos-agricultura/>
- UDOR SpA. (2020). *Udor water power diaphragm pumps plunger pumps*. Obtenido de http://www.udor.it/allegati/1458116038Catalogue_Diaphragm_Pumps_2016__21.pdf
- VARGAS Alayo, J. (2013). Estudio teórico-experimental de un ventilador centrífugo de alaves rectos radiales del laboratorio de energía - PUCP. *Tesis (Ingeniero Mecánico)*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Venturi Hnos. (s.f.). *Introducción a la Oleohidráulica*. Córdoba, Argentina: Venturi.
- Xiaolin, C., & Liu, Y. (2019). *Finite Element Modeling and Simulation with ANSYS Workbench*. Broken Sound Parkway N.W.: CR Press.
- YLMAZ, D., HAMAMCI, E., SALIK, D., & AHISKALI, Y. (2011). Structural Analysis of Agricultural Machinery: A Case Study. *Journal of Agricultural Machinery Science*, 7(4), 405-409.

ANEXOS

ANEXO A. MODELO DE ENTREVISTA

ENTREVISTA N°...

ENTREVISTA PARA DETERMINACIÓN DE NECESIDADES DE LA EMPRESA FULL MAQUINARIAS S.A. RESPECTO AL DISEÑO DE UN PULVERIZADOR NEUMÁTICO DE 2000 Lt. PARA LA APLICACIÓN DE FITOSANITARIOS EN LOS CULTIVOS DE UVA.

ENTREVISTADO

Apellidos y nombres:

Cargo:

Profesión:

Empresa:

Ubicación:

ENTREVISTADOR:

Apellidos y Nombres: Cristian Ivan Castro Vergaray

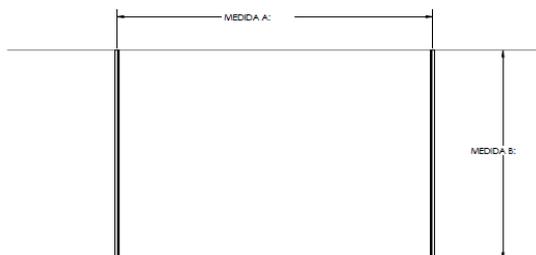
Universidad: Cesar Vallejo

Escuela: Ingeniería Mecánica

Tesis: “Diseño de un pulverizador para la aplicación fitosanitaria en los cultivos de uva en la empresa Full Maquinarias S.A.”

ASPECTO DE ÁREA DE COBERTURA DEL PRODUCTO

1. Según su experiencia ¿Cuáles son las medidas máximas y mínimas de los parrones de tipo ESPAÑOL donde debe operar el pulverizador neumático (Nebulizador)?



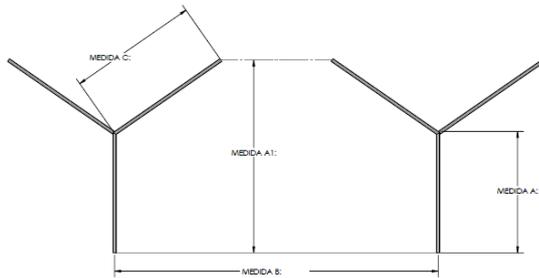
Medidas máximas:

A= B=

Medidas mínimas:

A= B=

2. Según su experiencia ¿Cuáles son las medidas máximas y mínimas de los parrones de tipo CALIFORNIANO donde debe operar el pulverizador neumático (Nebulizador)?



Medidas máximas:

A= A1= B= C=

Medidas mínimas:

A= A1= B= C=

3. Según su experiencia ¿Cuál sería la configuración ideal del pulverizador neumático? ¿Por qué?

- Para parrón Español.
- Para parrón Californiano.
- Mixto.

.....

ASPECTO NORMATIVO DEL PRODUCTO

4. ¿Tiene conocimiento de alguna normativa correspondiente a los requisitos que debe cumplir los pulverizadores neumáticos, o al de la aplicación de productos fitosanitarios?

.....

ASPECTO DE DISEÑO DE LA MÁQUINA

5. ¿Qué limitaciones o consideraciones en cuanto a las dimensiones del pulverizador neumático se debe tener en cuenta en el diseño?

.....

6. ¿qué características técnicas debería tener el pulverizador neumático (nebulizador) para considerarse satisfactorio?

.....

.....
.....

7. En caso de contar con una configuración mixta ¿Cuál cree usted que sería el modo apropiado para los movimientos del sistema de soporte de difusores? ¿Qué otros aspectos técnicos se deberían tener en cuenta?

.....
.....
.....

8. Según su experiencia ¿Cuál cree usted que debe ser el rango de velocidad de salida de aire apropiado en cada difusor para la aplicación en los cultivos de uva?

.....
.....

9. ¿Qué tipo y capacidad de bomba hidráulica cree usted que sería la más apropiada para este tipo de pulverizador neumático? ¿Por qué?
A). Bomba de pistón; b). Bomba de diafragma; c). Bomba Centrifuga.

.....
.....

10. ¿Cuáles son las condiciones de operación del pulverizador neumático? ¿Qué problemas son los de mayor incidencia y las limitaciones en campo?

.....
.....
.....

ASPECTO ECONÓMICO

11. ¿Existen proyecciones de ventas para el presente año referente a los pulverizadores neumáticos para uva?

.....
.....

ANEXO B: ENTREVISTAS A LOS REPRESENTANTES DE LAS PRINCIPALES ÁREAS DE LA EMPRESA.

ENTREVISTA N° 01

ENTREVISTA PARA DETERMINACIÓN DE NECESIDADES DE LA EMPRESA FULL MAQUINARIAS S.A. RESPECTO AL DISEÑO DE UN PULVERIZADOR NEUMÁTICO DE 2000 Lt. PARA LA APLICACIÓN DE FITOSANITARIOS EN LOS CULTIVOS DE UVA.

ENTREVISTADO

Apellidos y nombres: Laguna Avila, Santos Eduardo.

Cargo: Ingeniero de Diseño

Profesión: Ingeniero Mecánico

Empresa: Fullmaquinarias S.A.

Ubicación: Mz. 10 Lt. BB - Seminario el Bosque

ENTREVISTADOR:

Apellidos y Nombres: Cristian Ivan Castro Vergaray

Universidad: Cesar Vallejo

Escuela: Ingeniería Mecánica

Tesis: "Diseño de un pulverizador neumático para la aplicación fitosanitaria en los cultivos de uva en la empresa Full Maquinarias S.A."

ASPECTO DE ÁREA DE COBERTURA DEL PRODUCTO

1. Según su experiencia ¿Cuáles son las medidas máximas y mínimas de los parrones de tipo ESPAÑOL donde debe operar el pulverizador neumático (Nebulizador)?



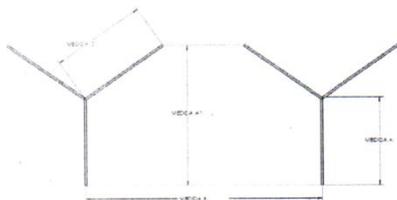
Medidas máximas:

A= 4 B= 2,1

Medidas mínimas:

A= 3,8 B= 1,9

2. Según su experiencia ¿Cuáles son las medidas máximas y mínimas de los parrones de tipo CALIFORNIANO donde debe operar el pulverizador neumático (Nebulizador)?



Medidas máximas:

A= 4,2 A1= 24 B= 4 C= 1,5

Medidas mínimas:

A= 1,1 A1= 1,95 B= 3,5 C= 1,5

3. Según su experiencia ¿Cuál sería la configuración ideal del pulverizador neumático? ¿Por qué?

- Para parrón Español.
- Para parrón Californiano.
- Mixto.

Porque se adaptaría para ambos tipos de parrón.

ASPECTO NORMATIVO DEL PRODUCTO

4. ¿Tiene conocimiento de alguna normativa correspondiente a los requisitos que debe cumplir los pulverizadores neumáticos, o al de la aplicación de productos fitosanitarios?

ASPECTO DE DISEÑO DE LA MÁQUINA

5. ¿Qué limitaciones o consideraciones en cuanto a las dimensiones del pulverizador neumático se debe tener en cuenta en el diseño?

Las dimensiones máximas y mínimas del parrón, la cantidad de producto a aplicar por hectárea

6. ¿qué características técnicas debería tener el pulverizador neumático (nebulizador) para considerarse satisfactorio?

El tipo de material, La facilidad de mantenimiento,

Los comandos de operación.

7. En caso de contar con una configuración mixta ¿Cuál cree usted que sería el modo apropiado para los movimientos del sistema de soporte de difusores? ¿Qué otros aspectos técnicos se deberían tener en cuenta?

Debería permitir un desplazamiento vertical libre y tener dos brazos en los extremos para que se inclinen acorde al patrón.

8. Según su experiencia ¿Cuál cree usted que debe ser el rango de velocidad de salida de aire apropiado en cada difusor para la aplicación en los cultivos de uva?

Entre 30 a 40 m/s

9. ¿Qué tipo y capacidad de bomba hidráulica cree usted que sería la más apropiada para este tipo de pulverizador neumático? ¿Por qué?

A). Bomba de pistón; Bomba de diafragma; c). Bomba Centrifuga.

Porque es la más apropiada para el tipo de aplicación.

10. ¿Cuáles son las condiciones de operación del pulverizador neumático?

¿Qué problemas son los de mayor incidencia y las limitaciones en campo?

Acoplarse a la toma de fuerza del tractor y a su sistema hidráulico. Rotura en el tiro, choques con ramas.

ASPECTO ECONÓMICO

11. ¿Existen proyecciones de ventas para el presente año referente a los pulverizadores neumáticos para uva?

Si,

ENTREVISTA N° 02

ENTREVISTA PARA DETERMINACIÓN DE NECESIDADES DE LA EMPRESA FULL MAQUINARIAS S.A. RESPECTO AL DISEÑO DE UN PULVERIZADOR NEUMÁTICO DE 2000 Lt. PARA LA APLICACIÓN DE FITOSANITARIOS EN LOS CULTIVOS DE UVA.

ENTREVISTADO

Apellidos y nombres: MARTINEZ BACILIO, LUCIO

Cargo: Supervisor de costos de producción

Profesión: Ingeniería Mecánica

Empresa: Fullmaquinarias S.A.

Ubicación: Urbanización el bosque, calle manzana N lote 8B - Trujillo

ENTREVISTADOR:

Apellidos y Nombres: Cristian Ivan Castro Vergaray

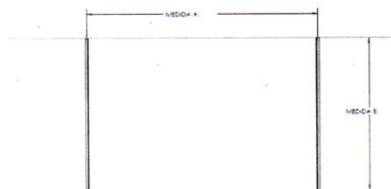
Universidad: Cesar Vallejo

Escuela: Ingeniería Mecánica

Tesis: "Diseño de un pulverizador neumático para la aplicación fitosanitaria en los cultivos de uva en la empresa Full Maquinarias S.A."

ASPECTO DE ÁREA DE COBERTURA DEL PRODUCTO

1. Según su experiencia ¿Cuáles son las medidas máximas y mínimas de los parrones de tipo ESPAÑOL donde debe operar el pulverizador neumático (Nebulizador)?



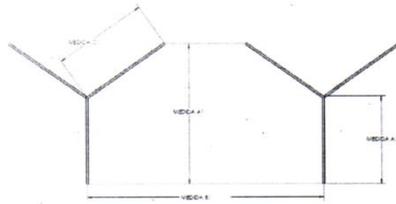
Medidas máximas:

A= 3.2 B= 1.7

Medidas mínimas:

A= 1.8 B= 1.6

2. Según su experiencia ¿Cuáles son las medidas máximas y mínimas de los parrones de tipo CALIFORNIANO donde debe operar el pulverizador neumático (Nebulizador)?



Medidas máximas:

A= 4,65 A1= 2,4 B= 4 C= 1,5

Medidas mínimas:

A= 2,1 A1= 1,95 B= 3,5 C= 1,15

3. Según su experiencia ¿Cuál sería la configuración ideal del pulverizador neumático? ¿Por qué?

- Para parrón Español.
- Para parrón Californiano.
- Mixto.

ASPECTO NORMATIVO DEL PRODUCTO

4. ¿Tiene conocimiento de alguna normativa correspondiente a los requisitos que debe cumplir los pulverizadores neumáticos, o al de la aplicación de productos fitosanitarios?

NO

ASPECTO DE DISEÑO DE LA MÁQUINA

5. ¿Qué limitaciones o consideraciones en cuanto a las dimensiones del pulverizador neumático se debe tener en cuenta en el diseño?

La altura de la máquina

6. ¿qué características técnicas debería tener el pulverizador neumático (nebulizador) para considerarse satisfactorio?

Una relación óptima de peso y volumen de aplicación

7. En caso de contar con una configuración mixta ¿Cuál cree usted que sería el modo apropiado para los movimientos del sistema de soporte de difusores? ¿Qué otros aspectos técnicos se deberían tener en cuenta?

movimiento Angular de 0°-45° de cada brazo

8. Según su experiencia ¿Cuál cree usted que debe ser el rango de velocidad de salida de aire apropiado en cada difusor para la aplicación en los cultivos de uva?

30 a 40 m/s

9. ¿Qué tipo y capacidad de bomba hidráulica cree usted que sería la más apropiada para este tipo de pulverizador neumático? ¿Por qué?

A). Bomba de pistón; b). Bomba de diafragma; c). Bomba Centrífuga.

10. ¿Cuáles son las condiciones de operación del pulverizador neumático?

¿Qué problemas son los de mayor incidencia y las limitaciones en campo?

operacion manual, el mayor problema es que una maquina no siempre se puede aplicar para diferentes clientes porque su distribucion de sembrío es diferente.

ASPECTO ECONÓMICO

11. ¿Existen proyecciones de ventas para el presente año referente a los pulverizadores neumáticos para uva?

Si, tenemos una proyeccion de 9 maquinas

ENTREVISTA N° 03

ENTREVISTA PARA DETERMINACIÓN DE NECESIDADES DE LA EMPRESA FULL MAQUINARIAS S.A. RESPECTO AL DISEÑO DE UN PULVERIZADOR NEUMÁTICO DE 2000 Lt. PARA LA APLICACIÓN DE FITOSANITARIOS EN LOS CULTIVOS DE UVA.

ENTREVISTADO

Apellidos y nombres: L^o Castillo Jonathan Arturo

Cargo: Supervisor de Producción

Profesión: Ingeniero industrial

Empresa: Fullmaquinarias S.A.

Ubicación: Urbanización el bosque calle manzana N° 66 85 - Trujillo

ENTREVISTADOR:

Apellidos y Nombres: Cristian Ivan Castro Vergaray

Universidad: Cesar Vallejo

Escuela: Ingeniería Mecánica

Tesis: "Diseño de un pulverizador neumático para la aplicación fitosanitaria en los cultivos de uva en la empresa Full Maquinarias S.A."

ASPECTO DE ÁREA DE COBERTURA DEL PRODUCTO

1. Según su experiencia ¿Cuáles son las medidas máximas y mínimas de los parrones de tipo ESPAÑOL donde debe operar el pulverizador neumático (Nebulizador)?



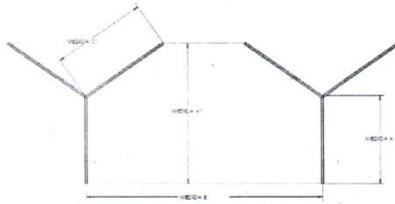
Medidas máximas:

A= 3,2 B= 6,7

Medidas mínimas:

A= 1,8 B= 1,6

2. Según su experiencia ¿Cuáles son las medidas máximas y mínimas de los parrones de tipo CALIFORNIANO donde debe operar el pulverizador neumático (Nebulizador)?



Medidas máximas:

A= 4,65 A1= 2,5 B= 4 C= 2,5

Medidas mínimas:

A= 2,2 A1= 1,55 B= 3,5 C= 1,5

3. Según su experiencia ¿Cuál sería la configuración ideal del pulverizador neumático? ¿Por qué?

- Para parrón Español.
- Para parrón Californiano.
- Mixto.

Por mayor alcance de campo por el uso, no solo se usa en un tipo de campo.

ASPECTO NORMATIVO DEL PRODUCTO

4. ¿Tiene conocimiento de alguna normativa correspondiente a los requisitos que debe cumplir los pulverizadores neumáticos, o al de la aplicación de productos fitosanitarios?

ASPECTO DE DISEÑO DE LA MÁQUINA

5. ¿Qué limitaciones o consideraciones en cuanto a las dimensiones del pulverizador neumático se debe tener en cuenta en el diseño?

Debe tener en cuenta la altura del cultivo ya que si el cultivo es demasiado alto la cantidad de producto que se aplica será muy poca.

6. ¿qué características técnicas debería tener el pulverizador neumático (nebulizador) para considerarse satisfactorio?

el máximo de los brozos debe permitir mayor

alcanza el producto (químico fitosanitario)

7. En caso de contar con una configuración mixta ¿Cuál cree usted que sería el modo apropiado para los movimientos del sistema de soporte de difusores? ¿Qué otros aspectos técnicos se deberían tener en cuenta?

dependiendo del campo el movimiento del cuadro debe ser uniforme, o sea debe ser unidireccional y los brazos deben moverse de forma independiente uno del otro y también juntos para mejor aplicación en todo tipo de campos.

8. Según su experiencia ¿Cuál cree usted que debe ser el rango de velocidad de salida de aire apropiado en cada difusor para la aplicación en los cultivos de uva?

Entre 30 y 40 m/s

9. ¿Qué tipo y capacidad de bomba hidráulica cree usted que sería la más apropiada para este tipo de pulverizador neumático? ¿Por qué?

A). Bomba de pistón; b). Bomba de diafragma; c). Bomba Centrífuga.

10. ¿Cuáles son las condiciones de operación del pulverizador neumático?

¿Qué problemas son los de mayor incidencia y las limitaciones en campo?

ASPECTO ECONÓMICO

11. ¿Existen proyecciones de ventas para el presente año referente a los pulverizadores neumáticos para uva?

Si, yo creo que el futuro de los equipos y máquinas para el agro debe estar en tractores eléctricos con aplicaciones en recorridos automáticos, con trayectorias programadas y supervisadas por software de aplicación y uso por el agro.

ENTREVISTA N° 04

ENTREVISTA PARA DETERMINACIÓN DE NECESIDADES DE LA EMPRESA FULL MAQUINARIAS S.A. RESPECTO AL DISEÑO DE UN PULVERIZADOR NEUMÁTICO DE 2000 Lt. PARA LA APLICACIÓN DE FITOSANITARIOS EN LOS CULTIVOS DE UVA.

ENTREVISTADO

Apellidos y nombres: HUERTAS ARTEAGA, DENIS

Cargo: SUPERVISOR DE ENSAMBLAJE

Profesión: INGENIERO MECÁNICO

Empresa: FULL MAQUINARIAS

Ubicación: Mz N Lt 8B SEMIRUSTICA EL BOSQUE.

ENTREVISTADOR:

Apellidos y Nombres: Cristian Ivan Castro Vergaray

Universidad: Cesar Vallejo

Escuela: Ingeniería Mecánica

Tesis: "Diseño de un pulverizador neumático para la aplicación fitosanitaria en los cultivos de uva en la empresa Full Maquinarias S.A."

ASPECTO DE ÁREA DE COBERTURA DEL PRODUCTO

1. Según su experiencia ¿Cuáles son las medidas máximas y mínimas de los parrones de tipo ESPAÑOL donde debe operar el pulverizador neumático (Nebulizador)?



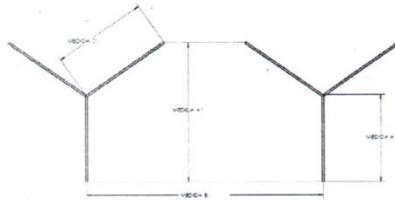
Medidas máximas:

$$A = 3,5 \text{ m} \quad B = 1,9 \text{ m}$$

Medidas mínimas:

$$A = 3 \text{ m} \quad B = 1,8$$

2. Según su experiencia ¿Cuáles son las medidas máximas y mínimas de los parrones de tipo CALIFORNIANO donde debe operar el pulverizador neumático (Nebulizador)?



Medidas máximas:

A= 4,5 A1= 1,9 m B= 4 m C= 1,5

Medidas mínimas:

A= 1,1 A1= 2,5 B= 3 m C= 1,5

3. Según su experiencia ¿Cuál sería la configuración ideal del pulverizador neumático? ¿Por qué?

- Para parrón Español.
- Para parrón Californiano.
- Mixto.

Porque en Perú se cultivan muchas variedades de uvas.

ASPECTO NORMATIVO DEL PRODUCTO

4. ¿Tiene conocimiento de alguna normativa correspondiente a los requisitos que debe cumplir los pulverizadores neumáticos, o al de la aplicación de productos fitosanitarios?

Cierta información (UNE - EN 907)

ASPECTO DE DISEÑO DE LA MÁQUINA

5. ¿Qué limitaciones o consideraciones en cuanto a las dimensiones del pulverizador neumático se debe tener en cuenta en el diseño?

LONGITUDES (LARGO, ANCHO y ALTO)
 PESO, TIPO DE BOQUILLA, PORTABOQUILLA.
 CAPACIDAD DE TANQUE.

6. ¿qué características técnicas debería tener el pulverizador neumático (nebulizador) para considerarse satisfactorio?

- CORRECTA SELECCIÓN DE BOMBA
- CORRECTA SELECCIÓN DE BOQUILLA
- CORRECTA SELECCIÓN DE VERIFICADOR
- CENTRO DE GRAVEDAD
- PUNTO DE APOYO
- ENGANCHE FÁCIL
- SEGURIDAD PARA OPERARIOS.
- SEÑALIZACIÓN.

7. En caso de contar con una configuración mixta ¿Cuál cree usted que sería el modo apropiado para los movimientos del sistema de soporte de difusores? ¿Qué otros aspectos técnicos se deberían tener en cuenta?

DEBERIA SER FLEXIBLE, MANUAL Y HIDRAULICO
* UTILIZAR MENOS PIEZAS

8. Según su experiencia ¿Cuál cree usted que debe ser el rango de velocidad de salida de aire apropiado en cada difusor para la aplicación en los cultivos de uva?

Entre 30 y 40 m/s.

9. ¿Qué tipo y capacidad de bomba hidráulica cree usted que sería la más apropiada para este tipo de pulverizador neumático? ¿Por qué?

A). Bomba de pistón; B) Bomba de diafragma; c). Bomba Centrifuga.

B) PORQUE SU MANTENIMIENTO ES MENOS COSTOSO.

10. ¿Cuáles son las condiciones de operación del pulverizador neumático? ¿Qué problemas son los de mayor incidencia y las limitaciones en campo?

- TIPO DE TIERRA < FIRME ARENOSO
- PROBLEMAS - VIENTO (DERIVA)

ASPECTO ECONÓMICO

11. ¿Existen proyecciones de ventas para el presente año referente a los pulverizadores neumáticos para uva?

EN LOS ULTIMOS AÑOS SE ESTA EXPANDIENDO LOS CULTIVOS VITÍCOLAS, AFIRMO QUE SI.

ENTREVISTA N° 05

ENTREVISTA PARA DETERMINACIÓN DE NECESIDADES DE LA EMPRESA FULL MAQUINARIAS S.A. RESPECTO AL DISEÑO DE UN PULVERIZADOR NEUMÁTICO DE 2000 Lt. PARA LA APLICACIÓN DE FITOSANITARIOS EN LOS CULTIVOS DE UVA.

ENTREVISTADO

Apellidos y nombres: **ABURTO TORRES WALTER**

Cargo: **SUPERVISOR DE OPERACIONES EN ENSAMBLOJE**

Profesión: **TECNICO MICONICO**

Empresa: **FULL MAQUINARIAS S.A.**

Ubicación: **TRUJILLO, SEMI RUSTICA EL BOSQUE**

ENTREVISTADOR:

Apellidos y Nombres: Cristian Ivan Castro Vergaray

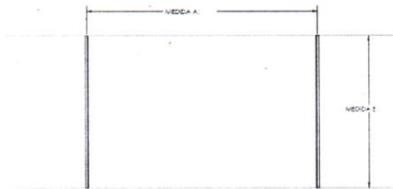
Universidad: Cesar Vallejo

Escuela: Ingeniería Mecánica

Tesis: "Diseño de un pulverizador neumático para la aplicación fitosanitaria en los cultivos de uva en la empresa Full Maquinarias S.A."

ASPECTO DE ÁREA DE COBERTURA DEL PRODUCTO

1. Según su experiencia ¿Cuáles son las medidas máximas y mínimas de los parrones de tipo ESPAÑOL donde debe operar el pulverizador neumático (Nebulizador)?



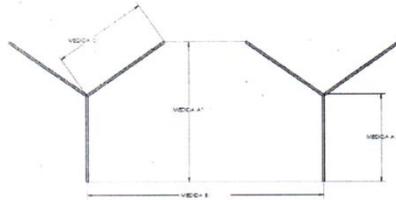
Medidas máximas:

A= 4m B= 2,1m

Medidas mínimas:

A= 3,8m B= 2,9m

2. Según su experiencia ¿Cuáles son las medidas máximas y mínimas de los parrones de tipo CALIFORNIANO donde debe operar el pulverizador neumático (Nebulizador)?



Medidas máximas:

A= 2,05 A1= 2,4 B= 4 C= 1,5

Medidas mínimas:

A= 1,1 A1= 1,8 B= 3,5 C= 1,5

3. Según su experiencia ¿Cuál sería la configuración ideal del pulverizador neumático? ¿Por qué?

- Para parrón Español.
- Para parrón Californiano.
- Mixto.

Porque nos da la facilidad de poder usar en californiano y español sin necesidad de cambiar nada

ASPECTO NORMATIVO DEL PRODUCTO

4. ¿Tiene conocimiento de alguna normativa correspondiente a los requisitos que debe cumplir los pulverizadores neumáticos, o al de la aplicación de productos fitosanitarios?

NO

ASPECTO DE DISEÑO DE LA MÁQUINA

5. ¿Qué limitaciones o consideraciones en cuanto a las dimensiones del pulverizador neumático se debe tener en cuenta en el diseño?

la distancia de Plante en planta de uva y la altura del parrón

6. ¿qué características técnicas debería tener el pulverizador neumático (nebulizador) para considerarse satisfactorio?

Cumplir con la cobertura total de la planta y para tener una buena cobertura interbiene los sistemas que hacer que una máquina sea eficiente

1. sistema Pulverizado
2. sistema de ventilación
3. sistema Hidráulico

-
.....
7. En caso de contar con una configuración mixta ¿Cuál cree usted que sería el modo apropiado para los movimientos del sistema de soporte de difusores? ¿Qué otros aspectos técnicos se deberían tener en cuenta?

Cambiar todo el cuadro móvil de las porta difusores con el adecuado para la aplicación

8. Según su experiencia ¿Cuál cree usted que debe ser el rango de velocidad de salida de aire apropiado en cada difusor para la aplicación en los cultivos de uva?

El rango de velocidad de salida de aire se determina de acuerdo la con-textura del árbol y el producto que se va aplicar

9. ¿Qué tipo y capacidad de bomba hidráulica cree usted que sería la más apropiada para este tipo de pulverizador neumático? ¿Por qué?

A). Bomba de pistón; b). Bomba de diafragma; c). Bomba Centrífuga.

En nuestro equipos usamos las bombas de diafragma por el alto caudal y bajas presiones de trabajo y en lo que mas eficiencia tiene para la aplicación

10. ¿Cuáles son las condiciones de operación del pulverizador neumático?

¿Qué problemas son los de mayor incidencia y las limitaciones en campo?

Muchos de los problemas que se ven en campo no tienen que ver con la máquina, si no con la falta de conocimiento de operación de los equipos

ASPECTO ECONÓMICO

11. ¿Existen proyecciones de ventas para el presente año referente a los pulverizadores neumáticos para uva?

Nuestra proyección es ser el líder en venta de pulverizadores para la uva

ENTREVISTA N° 06

ENTREVISTA PARA DETERMINACIÓN DE NECESIDADES DE LA EMPRESA FULL MAQUINARIAS S.A. RESPECTO AL DISEÑO DE UN PULVERIZADOR NEUMÁTICO DE 2000 Lt. PARA LA APLICACIÓN DE FITOSANITARIOS EN LOS CULTIVOS DE UVA.

ENTREVISTADO

Apellidos y nombres: *Castro Gutierrez Luis Alberto*

Cargo: *Ejecutivo de Ventas*

Profesión: *Tecnico*

Empresa: *Full Maquinarias S.A.*

Ubicación:

ENTREVISTADOR:

Apellidos y Nombres: Cristian Ivan Castro Vergaray

Universidad: Cesar Vallejo

Escuela: Ingeniería Mecánica

Tesis: "Diseño de un pulverizador neumático para la aplicación fitosanitaria en los cultivos de uva en la empresa Full Maquinarias S.A."

ASPECTO DE ÁREA DE COBERTURA DEL PRODUCTO

1. Según su experiencia ¿Cuáles son las medidas máximas y mínimas de los parrones de tipo ESPAÑOL donde debe operar el pulverizador neumático (Nebulizador)?



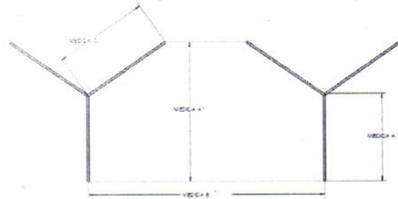
Medidas máximas:

A= *4* B= *2.1*

Medidas mínimas:

A= *3.8* B= *2.0*

2. Según su experiencia ¿Cuáles son las medidas máximas y mínimas de los parrones de tipo CALIFORNIANO donde debe operar el pulverizador neumático (Nebulizador)?



Medidas máximas:

A=1,5 A1=2,2 B= 4 C= 1,5

Medidas mínimas:

A= 1,1 A1= 1,8 B=3,5 C= 1,25

3. Según su experiencia ¿Cuál sería la configuración ideal del pulverizador neumático? ¿Por qué?

- Para parrón Español.
- Para parrón Californiano.
- Mixto.

Por que tienes la facilidad de poder utilizar la pulverizadora en parron Español y en parron Californiano.

ASPECTO NORMATIVO DEL PRODUCTO

4. ¿Tiene conocimiento de alguna normativa correspondiente a los requisitos que debe cumplir los pulverizadores neumáticos, o al de la aplicación de productos fitosanitarios?

No

ASPECTO DE DISEÑO DE LA MÁQUINA

5. ¿Qué limitaciones o consideraciones en cuanto a las dimensiones del pulverizador neumático se debe tener en cuenta en el diseño?

El Ancho de la Máquina y el alto

6. ¿qué características técnicas debería tener el pulverizador neumático (nebulizador) para considerarse satisfactorio?

que cumpla con cubrir toda la planta en la aplicación

con un buen sistema de aire y de boquillas.

7. En caso de contar con una configuración mixta ¿Cuál cree usted que sería el modo apropiado para los movimientos del sistema de soporte de difusores? ¿Qué otros aspectos técnicos se deberían tener en cuenta?

Cambiar todo el cuadro móvil, el caudal de las boquillas y la velocidad del aire

8. Según su experiencia ¿Cuál cree usted que debe ser el rango de velocidad de salida de aire apropiado en cada difusor para la aplicación en los cultivos de uva?

Según el tamaño de la planta y el producto a aplicar

9. ¿Qué tipo y capacidad de bomba hidráulica cree usted que sería la más apropiada para este tipo de pulverizador neumático? ¿Por qué?

A). Bomba de pistón; b). Bomba de diafragma; c). Bomba Centrifuga.

Bomba de diafragma por su alto caudal y baja presión

10. ¿Cuáles son las condiciones de operación del pulverizador neumático? ¿Qué problemas son los de mayor incidencia y las limitaciones en campo?

Mucho de los problemas en la máquina es producto a la mala operación del operador de la máquina

ASPECTO ECONÓMICO

11. ¿Existen proyecciones de ventas para el presente año referente a los pulverizadores neumáticos para uva?

Si este año nuestra proyección de ventas es seguir liderando el mercado

ANEXO C. NORMAS TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE PULVERIZADORES.

Guidelines on
STANDARDS FOR AGRICULTURAL PESTICIDE
APPLICATION EQUIPMENT AND
RELATED TEST PROCEDURES

Volume Two
Vehicle-mounted and trailed sprayers



Guidelines on
MINIMUM REQUIREMENTS FOR
AGRICULTURAL PESTICIDE
APPLICATION EQUIPMENT

Volume Two
Vehicle-mounted and trailed sprayers



ANEXO D: CÁLCULO DE ESFUERZOS EN EL CHASIS DEL PULVERIZADOR.

Cálculo de las reacciones en los apoyos de los componentes del sistema de aire y el cuadro portatobera, figura 49 y figura 50 respectivamente.

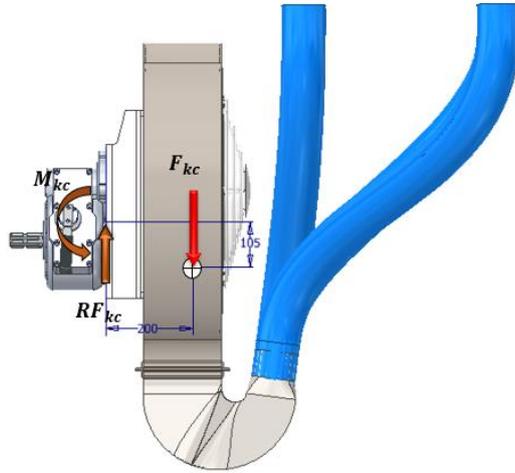


Figura 49. Cálculo de reacciones en el apoyo de los componentes del sistema de aire.

$$\sum F_y = 0: \quad -F_{kc} + RF_{kc} = 0; RF_{kc} = F_{kc} = 1111.31 \text{ N}$$

$$\sum M_R = 0: \quad -F_{kc} * 0.2 + M_{kc} = 0; M_{kc} = F_{kc} * 0.2 = 222.26 \text{ N.m}$$

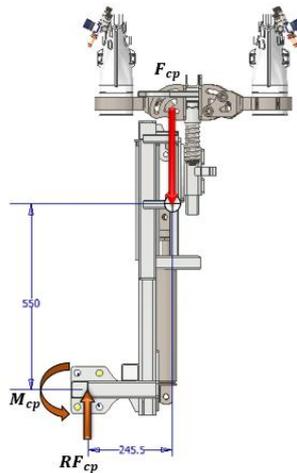


Figura 50. Cálculo de reacciones en el apoyo del cuadro portatobera.

$$\sum F_y = 0: \quad -F_{cp} + RF_{cp} = 0; RF_{cp} = F_{cp} = 1178.08 \text{ N}$$

$$\sum M_R = 0: \quad -F_{cp} * 0.2455 + M_{cp} = 0; M_{cp} = F_{cp} * 0.2455 = 289.22 \text{ N.m}$$

Por lo tanto, el DCL del chasis del pulverizador:

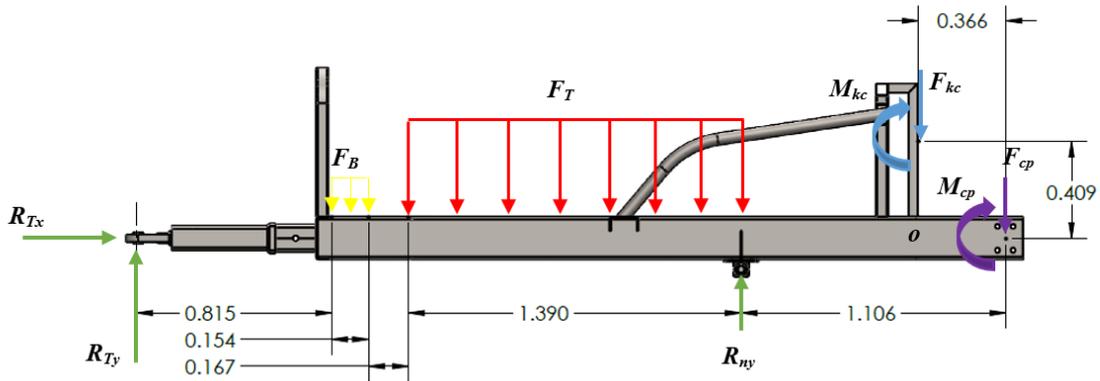
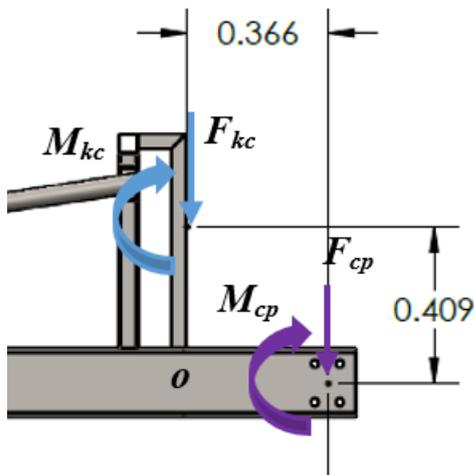


Figura 51. DCL en el plano x, y de chasis del pulverizador.

Las F_{cp} y F_{kc} serán reemplazadas por una fuerza equivalente F_{Re} que actúa sobre el chasis en el punto F .



$$\begin{aligned} \sum F_y = F_{Re} &= -F_{kc} - F_{cp}; \\ F_{Re} &= -2289.39 \text{ N} \\ (M_R)_O &= \sum M_O; \\ F_{Re} * d_F &= -F_{cp} * 0.366 - M_{cp} - M_{kc} \\ -2289.39 * d_F &= -942.66 \\ d_F &= 0.41 \text{ m} \end{aligned}$$

El valor de la fuerza equivalente es $F_{Re}=2290 \text{ N}$ y está ubicada a 0.41 m a la derecha del punto O , su sentido es Y . Finalmente representamos todas las fuerzas que actúan sobre los perfiles principales del chasis, los soportes laterales no serán incluidos en esta etapa del análisis ya que no soportan ninguna de las fuerzas.

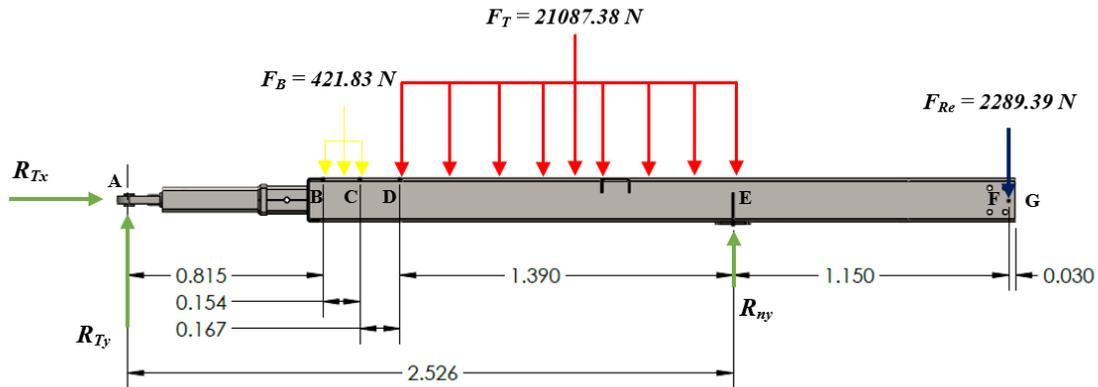


Figura 52. DCL simplificado del chasis.

CÁLCULO DE REACCIONES EN LOS APOYOS.

$$\sum F_x = 0: \quad R_{Ax} = 0$$

$$\sum M_A = 0: \quad -421.83(0.892) - 21087.38(1.831) + R_{ny}(2.526) - 2289.39(3.676) = 0$$

$$R_{ny} = 18766.1 \text{ N}$$

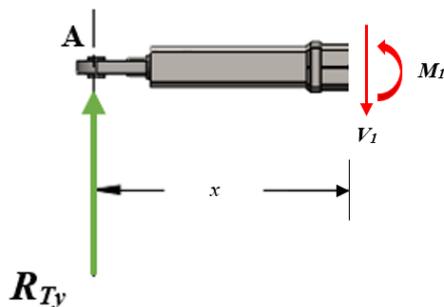
$$\sum F_y = 0: \quad R_{Ty} - 421.83 - 21087.38 + 18766.1 - 2289.39 = 0$$

$$R_{Ty} = 5032.5 \text{ N}$$

CÁLCULO DE FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR PARA CADA TRAMO DEL CHASIS.

Para el análisis se calculará la fuerza cortante y el momento flector para cada tramo de A hasta G, finalmente se graficarán los resultados y se determinará el momento flector máximo y la fuerza cortante máxima.

- De A a B.



$$\sum F_y = 0; \quad V_1 = R_{Ty} = 5032.5 \text{ N}$$

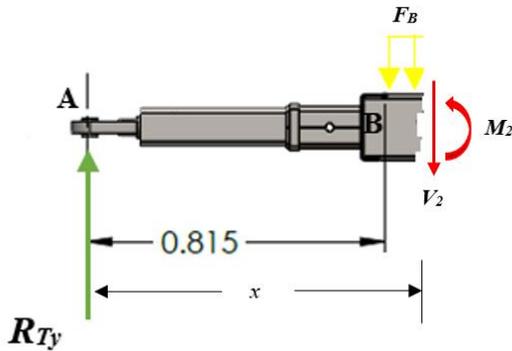
$$\sum M = 0: \quad -R_{Ty}x + M_1 = 0$$

$$5032.5x = M_1$$

Evaluando en $0 \leq x \leq 0.815$:

$$M_{x=0} = 0 \text{ N.m}; M_{x=0.815} = 4101.5 \text{ N.m}$$

- De B a C.



$$\sum F_y = 0;$$

$$R_{Ty} - \frac{F_B}{0.154}(x - 0.815) - V_2 = 0$$

$$-\frac{F_B}{0.154}x + R_{Ty} + \frac{0.815F_B}{0.151} = V_2$$

$$-2739.16x + 7264.91 = V_2$$

Evaluando en $0.815 \leq x \leq 0.969$:

$$V_{x=0.815} = 5032.5 \text{ N}; V_{x=0.969} = 4610.7 \text{ N}$$

$$\sum M = 0; \quad -R_{Ty}x + \left(\frac{F_B}{0.154}(x - 0.815)\right)\left(\frac{x-0.815}{2}\right) + M_2 = 0$$

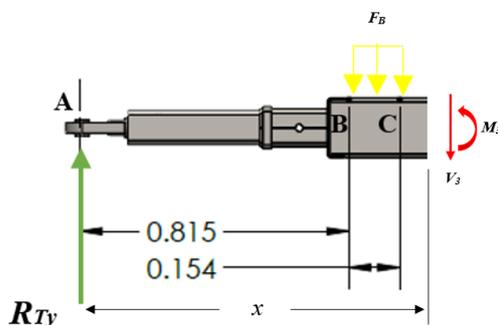
$$-\frac{F_B}{0.308}x^2 + \left(R_{Ty} + \frac{1.63}{0.308}F_B\right)x - \frac{0.664}{0.308}F_B = M_2$$

$$-1369.58x^2 + 7264.91x - 909.4 = M_2$$

Evaluando en $0.815 \leq x \leq 0.969$:

$$M_{x=0.815} = 4101.8 \text{ N.m}; M_{x=0.223} = 4844.86 \text{ N.m}$$

- De C a D.



$$\sum F_y = 0;$$

$$R_{Ty} - F_B - V_2 = 0$$

$$R_{Ty} - F_B = V_2$$

$$4610.7 \text{ N} = V_2$$

$$\sum M = 0; \quad -R_{Ty}x + F_B(x - 0.892) + M_3 = 0$$

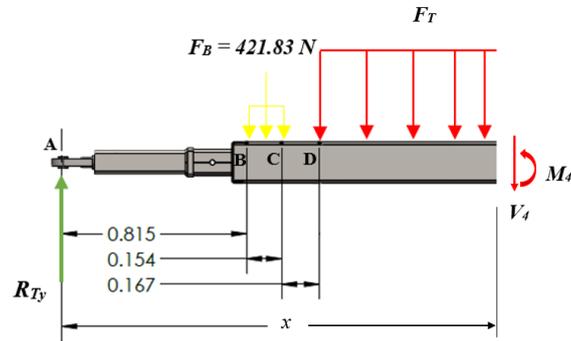
$$(R_{Ty} - F_B)x + 0.892F_B = M_3$$

$$4610.67x + 376.27 = M_3$$

Evaluando en $0.969 \leq x \leq 1.136$:

$$M_{x=0.969} = 4844.01 \text{ N.m}; M_{x=1.136} = 5613.99 \text{ N.m}$$

- De **D** a **E**.



$$\sum F_y = 0; \quad R_{Ty} - F_B(x - 0.892) - \frac{F_T}{1.39}(x - 1.136) - V_4 = 0$$

$$\left(-F_B - \frac{F_T}{1.39}\right)x + R_{Ty} + 0.892F_B + \frac{1.136}{1.39}F_T = V_4$$

$$-15592.61x + 22642.77 = V_4$$

Evaluando en $1.136 \leq x \leq 2.526$:

$$V_{x=1.136} = 4929.565 \text{ N}; V_{x=2.526} = -16744.16 \text{ N}$$

$$\sum M = 0; \quad -R_{Ty}x + F_B(x - 0.892) + \frac{F_T}{1.39}(x - 1.136)\left(\frac{x-1.136}{2}\right) + M_4 = 0$$

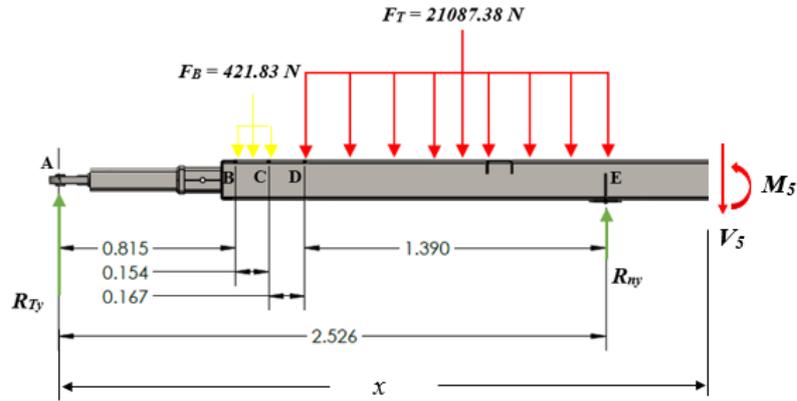
$$-\frac{F_T}{2 * 1.39}x^2 + \left(R_{Ty} - F_B + \frac{2.272}{2 * 1.39}F_T\right)x + 0.892F_B - \frac{1.29}{2 * 1.39}F_T = M_4$$

$$-7585.39x^2 + 21845.5x - 9408.9 = M_4$$

Evaluando en $1.136 \leq x \leq 2.526$:

$$M_{x=1.136} = 5618.67 \text{ N.m}; M_{x=1.78} = -2627.1 \text{ N.m}$$

- De **E** a **F**.



$$\sum F_y = 0; \quad R_{Ty} - F_B - F_T + R_{ny} - V_5 = 0$$

$$R_{Ty} - F_B - F_T + R_{ny} = V_5$$

$$V_5 = 2289.39 \text{ N}$$

$$\sum M = 0; \quad -R_{Ty}x + F_B(x - 0.892) + F_T(x - 1.831) - R_{ny}(x - 2.526) + M_5 = 0$$

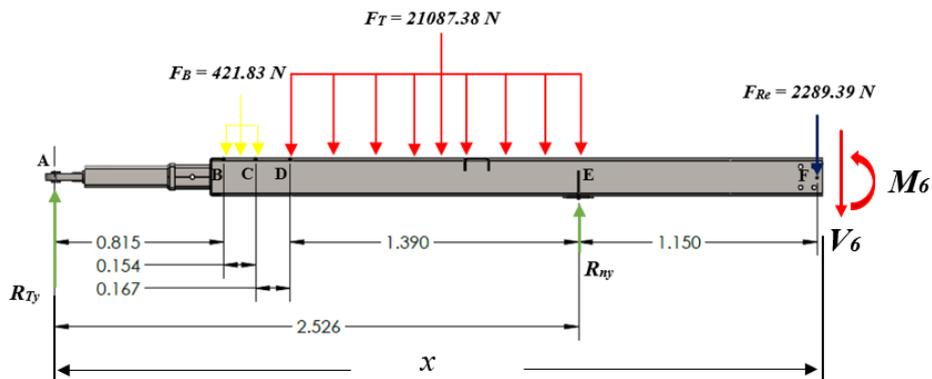
$$(R_{Ty} - F_B - F_T + R_{ny})x + 0.892F_B + 1.831F_T - 2.526R_{ny} = M_5$$

$$2289.3x - 8415.9 = M_5$$

Evaluando en $2.526 \leq x \leq 3.676$:

$$M_{x=2.526} = -2633.13 \text{ N.m}; \quad M_{x=3.676} = -0.43 \text{ N.m}$$

- De F a G.



$$\sum F_y = 0: \quad R_{Ty} - F_B - F_T + R_{ny} - F_{Re} - V_6 = 0$$

$$V_6 = 0 \text{ N}$$

$$\sum M = 0:$$

$$-R_{Ty}x + F_B(x - 0.892) + F_T(x - 1.831) - R_{ny}(x - 2.526) + F_{Re}(x - 3.676) + M_6 = 0$$

$$0 \text{ N.m} = M_6$$

DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR.

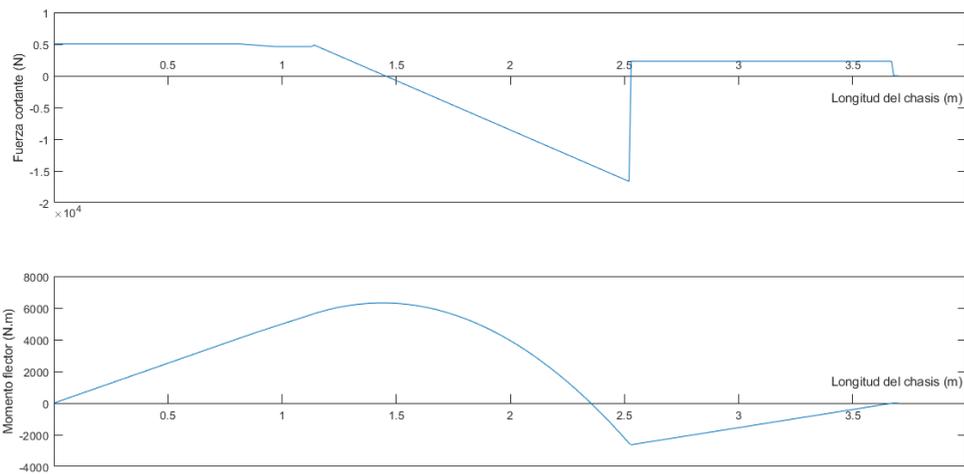


Figura 53. Diagrama de fuerza cortante y momento flector en vida principal del chasis.

CÁLCULO DE ESFUERZOS SOBRE EL CHASIS.

El cálculo de esfuerzos se determinará en dos zonas de la estructura, para determinar cuál es la que soporta mayor esfuerzo, una de ellas es $L = 1.45 \text{ m}$ entre **D** y **E** donde se ubica el esfuerzo máximo sobre las vigas principales de marco de la caja del chasis, así mismo se calcula el esfuerzo en la zona donde se encuentra el cambio de sección **B** en $L = 0.746 \text{ m}$, esta ubicación representa la ubicación donde termina el jalador del chasis y comienza el marco de caja, siendo crítico su análisis.

CÁLCULO DE ESFUERZO EN $L = 1.45 \text{ m}$

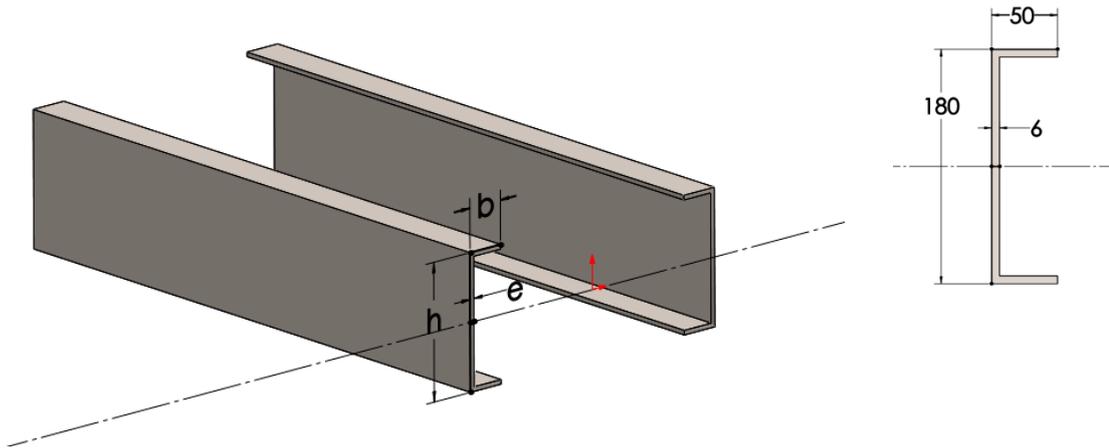


Figura 54. Sección transversal del perfil del chasis del pulverizador.

ESFUERZO POR FLEXIÓN: cajón del chasis

$$\sigma_x = \frac{M*y}{I} \quad \dots (13)$$

Donde:

σ_x : Esfuerzo normal en la viga.

M : Momento flector máximo.

y : Distancia desde la superficie al eje neutro del perfil de la viga; $y_1 = \frac{h}{2}$.

I : Momento de inercia de la sección del perfil de la viga; $I = 2 * I_1$.

$$I_1 = \frac{b * h^3}{12} + \frac{(b - e)(h - 2e)^3}{12} = 6.91 * 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$I = 2 * 6.91 * 10^{-6} = 1.382 * 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$\sigma_x = \frac{6319 * 0.09}{1.382 * 10^{-5}} = 41.15 \text{ MPa}$$

El máximo esfuerzo en el marco de la caja del chasis se ubica en la zona donde el momento flector tiene su máximo valor y la fuerza cortante es cero por lo tanto el esfuerzo de Von Mises es:

$$\sigma' = 41.15 \text{ MPa}$$

CÁLCULO DE ESFUERZO EN $L = 0.746 \text{ m}$.

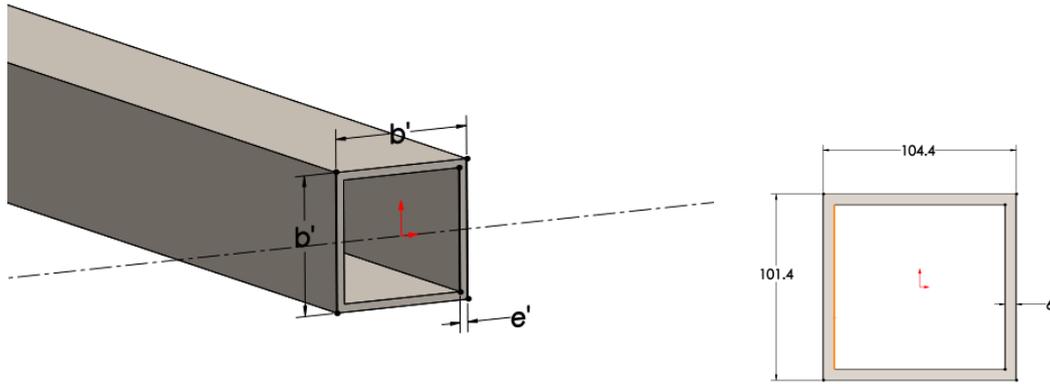


Figura 55. Sección transversal del perfil del jalador del chasis del pulverizador.

ESFUERZO POR FLEXIÓN:

$$\sigma_x = \frac{M * y}{I}$$

Donde:

σ_x : Esfuerzo normal en la viga.

M : Momento flector máximo.

y : Distancia desde la superficie al eje neutro del perfil de la viga; $y = \frac{b'}{2}$.

I : Momento de inercia de la sección del perfil.

$$I = \frac{b'^4 - (b' - 2e')^4}{12} = 3.51 * 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$\sigma_x = \frac{3774 * 0.0508}{3.51 * 10^{-6}} = 54.6 \text{ MPa}$$

ESFUERZO CORTANTE:

$$\tau_{xy} = \frac{V * Q}{I * e} \quad \dots (14)$$

Donde:

τ_{xy} : Esfuerzo cortante.

V : Fuerza cortante.

Q : Primer momento del área transversal con respecto a su eje neutro.

c : Espesor del perfil.

$$Q = (b' * e') * \left(\frac{b' - e'}{2}\right) + 2e' \left(\frac{b' - 2e'}{2}\right) \left(\frac{b' - 2e'}{4}\right) = 4.12 * 10^{-5} m^3$$

$$c = 2e' = 0.012 m$$

$$\tau_{xy} = \frac{5032 * 4.12 * 10^{-5}}{3.51 * 10^{-6} * 0.012}$$

$$\tau_{xy} = 4.9 MPa$$

CÁLCULO DEL ESFUERZO DE VON MISES.

Para el cálculo del esfuerzo de Von Mises se tomará en cuenta el factor de concentración de esfuerzo producto del cambio de la sección en la zona evaluada.

$$K_t = 1.8$$

$$\sigma_x = 1.8 * 54.6 = 98.28 MPa$$

$$\sigma' = (\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2)^{\frac{1}{2}} \quad \dots (15)$$

$$\sigma' = (98.28^2 + 3 * 4.9^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma' = 98.65 MPa$$

CÁLCULO DE FACTOR DE SEGURIDAD POR CARGA ESTÁTICA.

Para calcular el factor de seguridad mínimo η en el punto $x = 0.746 m$, donde se encuentra el máximo esfuerzo que soporta el chasis se utilizará la ecuación de diseño para la fluencia.

$$\sigma' = \frac{S_y}{\eta} \quad \dots (16)$$

Donde:

n : factor de seguridad.

S_y : resistencia a la fluencia del material.

Para el caso se empleará $S_y = 250 \text{ MPa}$, del acero ASTM A36

$$98.65 = \frac{250}{\eta}$$

$$\eta = 2.53$$

CÁLCULO DE FATIGA

El análisis de fatiga para la estructura del chasis se realizará en la zona crítica encontrada mediante el análisis estático ($L=0.746 \text{ m}$), así mismo para encontrar los esfuerzos máximos y mínimos que provocarán la fatiga se realizará un análisis dinámico.

CÁLCULO DE RESISTENCIA A LA FATIGA

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e \quad \dots (17)$$

Se utilizará las propiedades del acero ASTM A36

$$S_{ut} = 400 \text{ MPa}; S_y = 250 \text{ MPa}$$

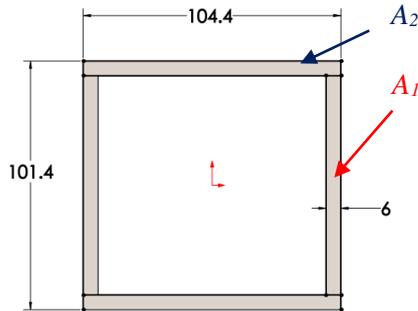
$$S'_e = 0.5 S_{ut} = 200 \text{ MPa}$$

Factor de superficie k_a

$$k_a = a S_{ut}^b; a = 57.7; b = -0.718$$

$$k_a = 0.781$$

Factor de tamaño k_b



$$A_T = 2A_1 + 2A_2 = 2294.4 \text{ mm}^2$$

$$0.95 * 2294.4 = 2016 + 2 * (101.6 - e)$$

$$e = 0.81 \text{ mm}; b'_{0.95} = 100.79; 99.2\%$$

$$A_{0.95\sigma} = 0.008b'^2$$

$$0.0766d_e^2 = 0.008b'^2; d_e = 32.83 \text{ mm}$$

$$k_b = 1.24d_e^{-0.107}; k_b = 0.853$$

Factor de temperatura k_c

$$k_c = 1; \text{ Flexión.}$$

Factor de temperatura k_d

$$k_d = \frac{S_T}{S_{RT}} = 1; \text{ Temperatura } 25^\circ\text{C}$$

Factor de confiabilidad k_e , al 99% $Z_a = 2.326$

$$k_e = 1 - 0.08Z_a = 0.814$$

Factor de efectos varios k_f

$$k_f = 1$$

Resistencia a la fatiga:

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e = 0.781 * 0.853 * 1 * 1 * 0.814 * 1 * 200 = 108.456 \text{ MPa}$$

ANÁLISIS DINÁMICO DEL EQUIPO

La operación del equipo será en los campos agrícolas, en superficies de terreno con irregularidades que producen excitación armónica, siendo la excitación de base o movimiento de soporte el modelo del análisis dinámico del equipo. El pulverizador no cuenta con sistema de suspensión, se tomará en consideración la constante de elasticidad del

neumático, calculada de manera experimental, así como las medidas aproximadas de la amplitud y el periodo de oscilación de la superficie.

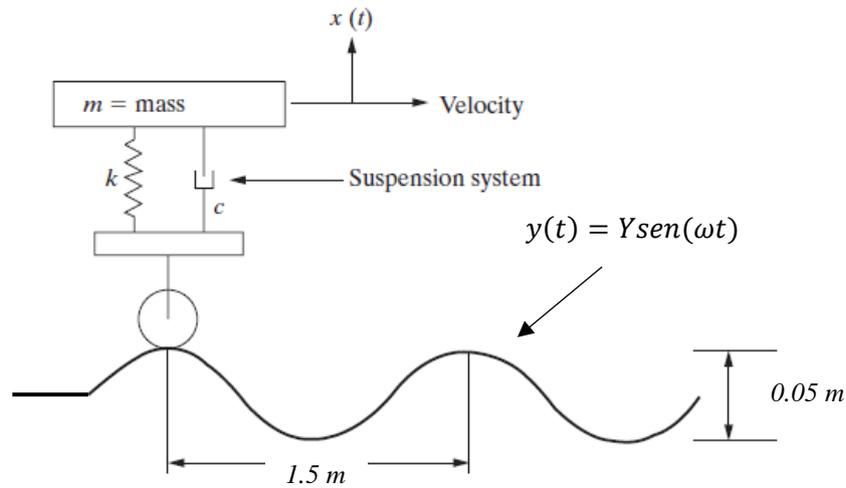


Figura 56. Modelo simple del equipo operando a velocidad constante en una superficie ondulada que se aproxima a una senoide.

ECUACIÓN DE MOVIMIENTO:

$$m\ddot{x} + cx = ky \quad \dots (18)$$

Respuesta: $x(t) = Xsen(\omega t)$, Amplitud: $X = \frac{kY}{k - m\omega^2}$, Aceleración: $\ddot{x}(t) = -X\omega^2sen(\omega t)$

La masa total de equipo cuando el tanque de almacenamiento está a su máxima capacidad es $m_{Te} = 2865.86 \text{ kg}$, la deformación del neumático bajo estas condiciones medido de manera experimental es $\delta = 0.04 \text{ m}$, entonces la constante de elasticidad del neumático es:

$$k = \frac{W_{Te}}{\delta} = \frac{2865.86 * 9.81}{0.04} = 7.03 * 10^5 \text{ N/m}$$

El equipo es operado a velocidad constante, en promedio la velocidad de aplicación debe ser de $v_i = 6 \text{ km/h} = 1.667 \text{ m/s}$, entonces la frecuencia es:

$$\omega = \frac{\pi}{l} v_i = \frac{\pi}{0.75} * 1.667 = 6.983 \text{ rad/s}$$

La amplitud:

$$X = \frac{kY}{k - m\omega^2} = \frac{7.03 * 10^5 * 0.05}{7.03 * 10^5 - 2865.86 * 6.983^2} = 0.062$$

Por lo tanto, la aceleración:

$$\ddot{x}(t) = -X\omega^2 \text{sen}(\omega t) = -0.062 * 6.983^2 \text{sen}(6.983t)$$

$$\ddot{x}(t) = -3.043 \text{sen}(6.983t)$$

Evaluando en $0 \leq t \leq 20s$ para encontrar la aceleración máxima y mínima:

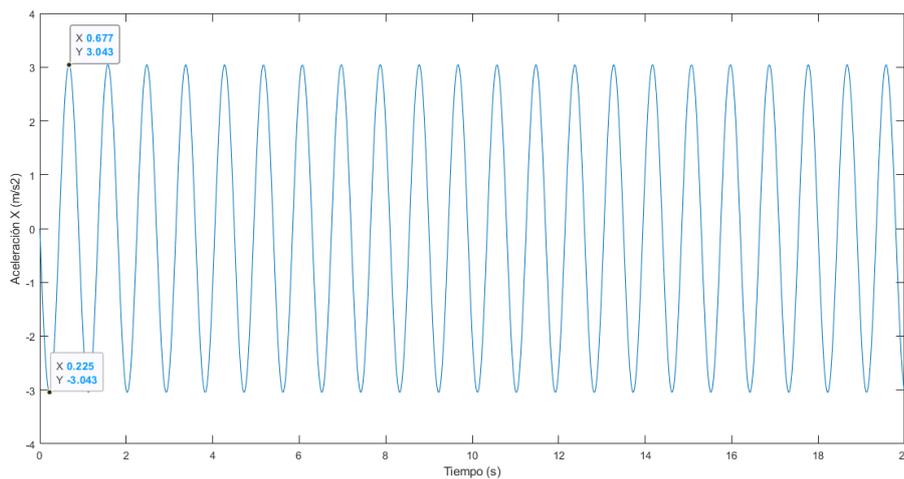


Figura 57. Valores de aceleración de la masa del equipo en $0 \leq t \leq 20s$.

Para el análisis dinámico se utilizarán los valores de aceleración máximos $\ddot{x}(t) = 3.043 \frac{m}{s^2}$ y $\ddot{x}(t) = -3.043 \frac{m}{s^2}$, que modificarán la reacción de masa de mayor incidencia en el equipo, el tanque de almacenamiento, producto de la condición del terreno, por lo tanto:

$$-F_T + N_{FT} = m_T \ddot{x} \quad \dots (19)$$

Para el caso de $\ddot{x}(t) = 3.043$:

$$N_{FT} = m_T \ddot{x} + F_T = 2149.58 * 3.043 + 21087.38 = 27628.55 \text{ N}$$

Del DCL simplificado del chasis encontramos:

$$R_{Ty} = 6832.2 \text{ N}$$

$$V_1 = 6832.2 \text{ N}$$

$$M_1 = 6832.2x = 5096.8 \text{ N.m}$$

$$K_f = 1 + q(k_t - 1) = 1 + 0.8(1.8 - 1) = 1.64$$

ESFUERZO POR FLEXIÓN: caso 1

$$\sigma_x = K_f \frac{M * y}{I} = 1.64 \frac{5096.8 * 0.0508}{3.51 * 10^{-6}} = 120.976 \text{ MPa}$$

ESFUERZO CORTANTE: caso 1

$$\tau_{xy} = \frac{V * Q}{I * e} = \frac{6832.2 * 4.12 * 10^{-5}}{3.51 * 10^{-6} * 0.012} = 6.683 \text{ MPa}$$

ESFUERZO DE VON MISES: caso 1

$$\sigma'_{max} = (\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2)^{\frac{1}{2}} = (120.976^2 + 3 * 6.683^2)^{\frac{1}{2}} = 121.529 \text{ MPa}$$

Para el caso de $\ddot{x}(t) = -3.043$:

$$N_{FT} = m_T \ddot{x} + F_T = 2149.58 * -3.043 + 21087.38 = 14546.21 \text{ N}$$

Del DCL simplificado del chasis encontramos:

$$R_{Ty} = 3232.9 \text{ N}$$

$$V_1 = 3232.9 \text{ N}$$

$$M_1 = 3232.9x = 2411.47 \text{ N.m}$$

ESFUERZO POR FLEXIÓN: caso 2

$$\sigma_x = K_f \frac{M * y}{I} = 1.64 \frac{2411.7 * 0.0508}{3.51 * 10^{-6}} = 57.243 \text{ MPa}$$

ESFUERZO CORTANTE: caso 2

$$\tau_{xy} = \frac{V * Q}{I * e} = \frac{3232.9 * 4.12 * 10^{-5}}{3.51 * 10^{-6} * 0.012} = 3.162 \text{ MPa}$$

ESFUERZO DE VON MISES: caso 2

$$\sigma'_{min} = (\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2)^{\frac{1}{2}} = (57.243^2 + 3 * 3.162^2)^{\frac{1}{2}} = 57.5 \text{ MPa}$$

CARACTERIZACIÓN DEL ESFUERZO FLUCTUANTE

$$\sigma_m = \frac{\sigma'_{max} + \sigma'_{min}}{2} \quad \dots (20)$$

$$\sigma_m = \frac{121.529 + 57.5}{2} = 89.515 \text{ MPa}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma'_{max} - \sigma'_{min}}{2} \quad \dots (21)$$

$$\sigma_a = \frac{121.529 - 57.5}{2} = 32.015 \text{ MPa}$$

El factor de seguridad de falla por fatiga se calcula mediante el criterio de falla de ASME-elíptica y de Lander mediante la fórmula:

$$\eta_f = \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{\sigma'_a}{S_e}\right)^2 + \left(\frac{\sigma'_m}{S_y}\right)^2}} \quad \dots (22)$$

$$\eta_f = \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{32.015}{108.456}\right)^2 + \left(\frac{89.515}{250}\right)^2}} = 2.155$$

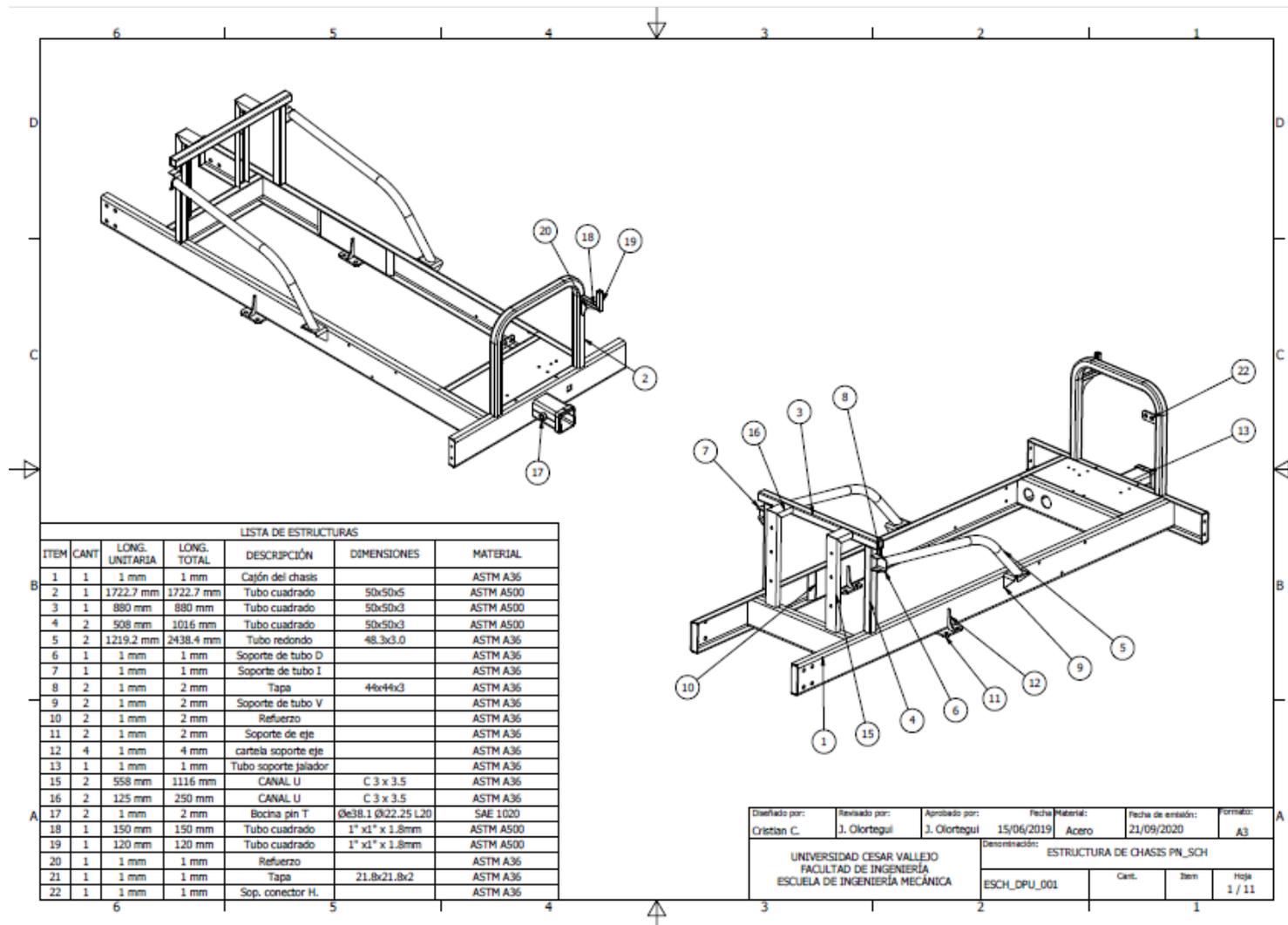
ANEXO E: PROGRAMACIÓN PARA EL DISEÑO PARAMÉTRICO DEL CHASIS DEL PULVERIZADOR USANDO LA GUI MATLAB.

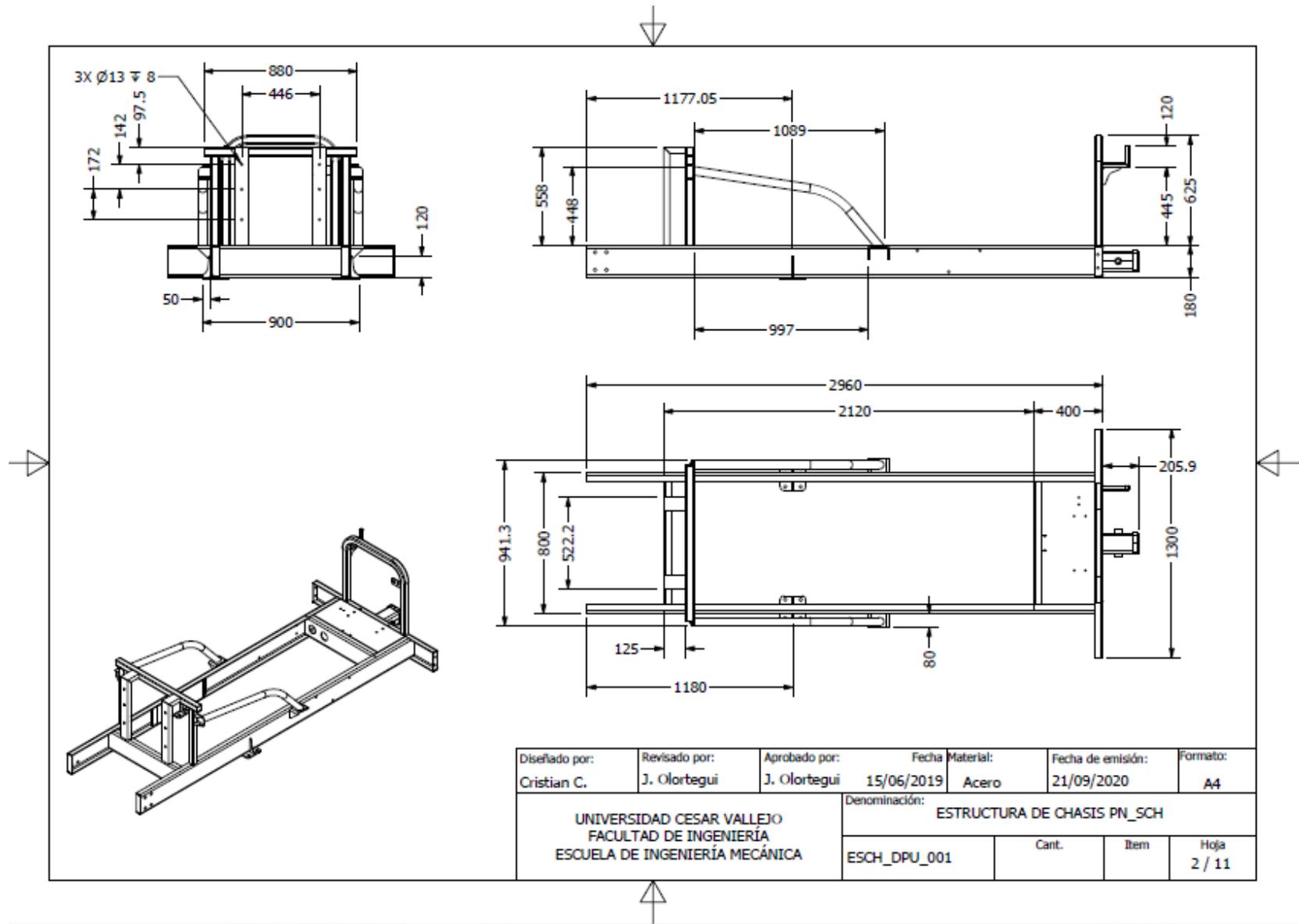
```
function varargout = untitled1(varargin)
% UNTITLED1 MATLAB code for untitled1.fig
% UNTITLED1, by itself, creates a new UNTITLED1 or raises the existing
% singleton*.
%
% H = UNTITLED1 returns the handle to a new UNTITLED1 or the handle to
% the existing singleton*.
%
% UNTITLED1('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the local
% function named CALLBACK in UNTITLED1.M with the given input arguments.
%
% UNTITLED1('Property','Value',...) creates a new UNTITLED1 or raises the
% existing singleton*. Starting from the left, property value pairs are
% applied to the GUI before untitled1_OpeningFcn gets called. An
% unrecognized property name or invalid value makes property application
% stop. All inputs are passed to untitled1_OpeningFcn via varargin.
%
% *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows only one
% instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES
%
% Edit the above text to modify the response to help untitled1
%
% Last Modified by GUIDE v2.5 30-Aug-2020 13:08:51

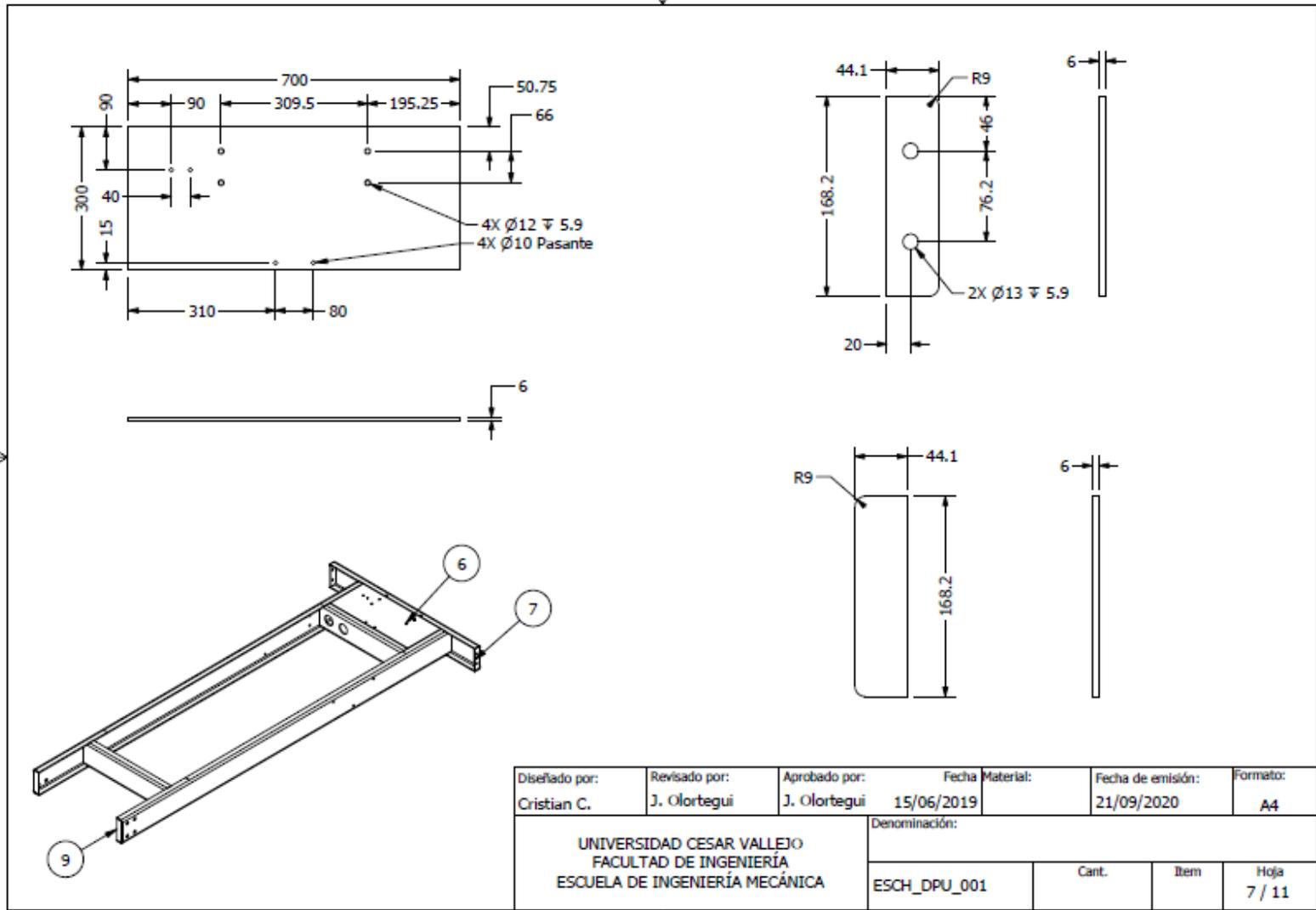
% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @untitled1_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @untitled1_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                  'gui_Callback',    []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

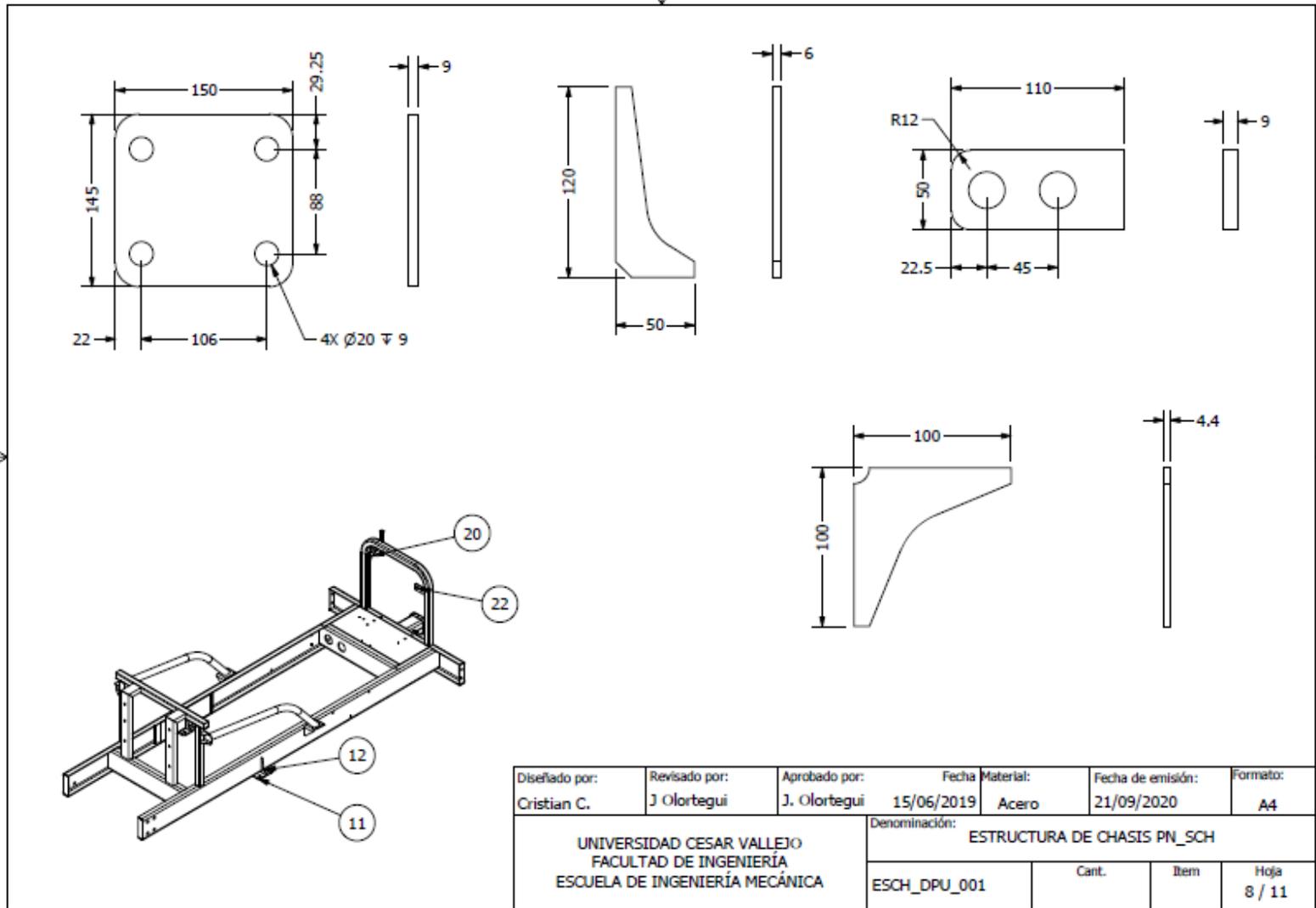
if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT
```

ANEXO F: PLANOS GENERALES DEL CHASIS.

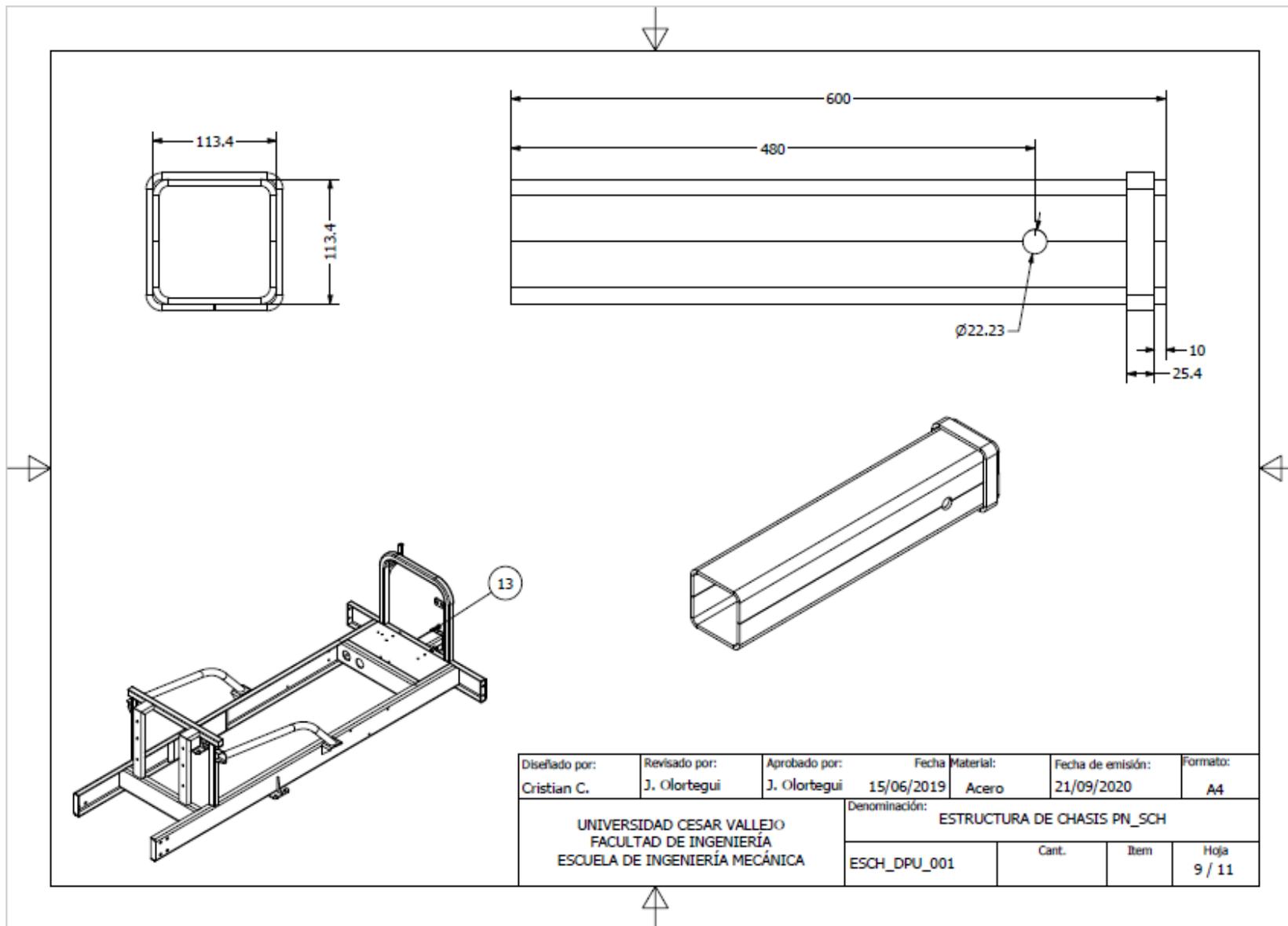


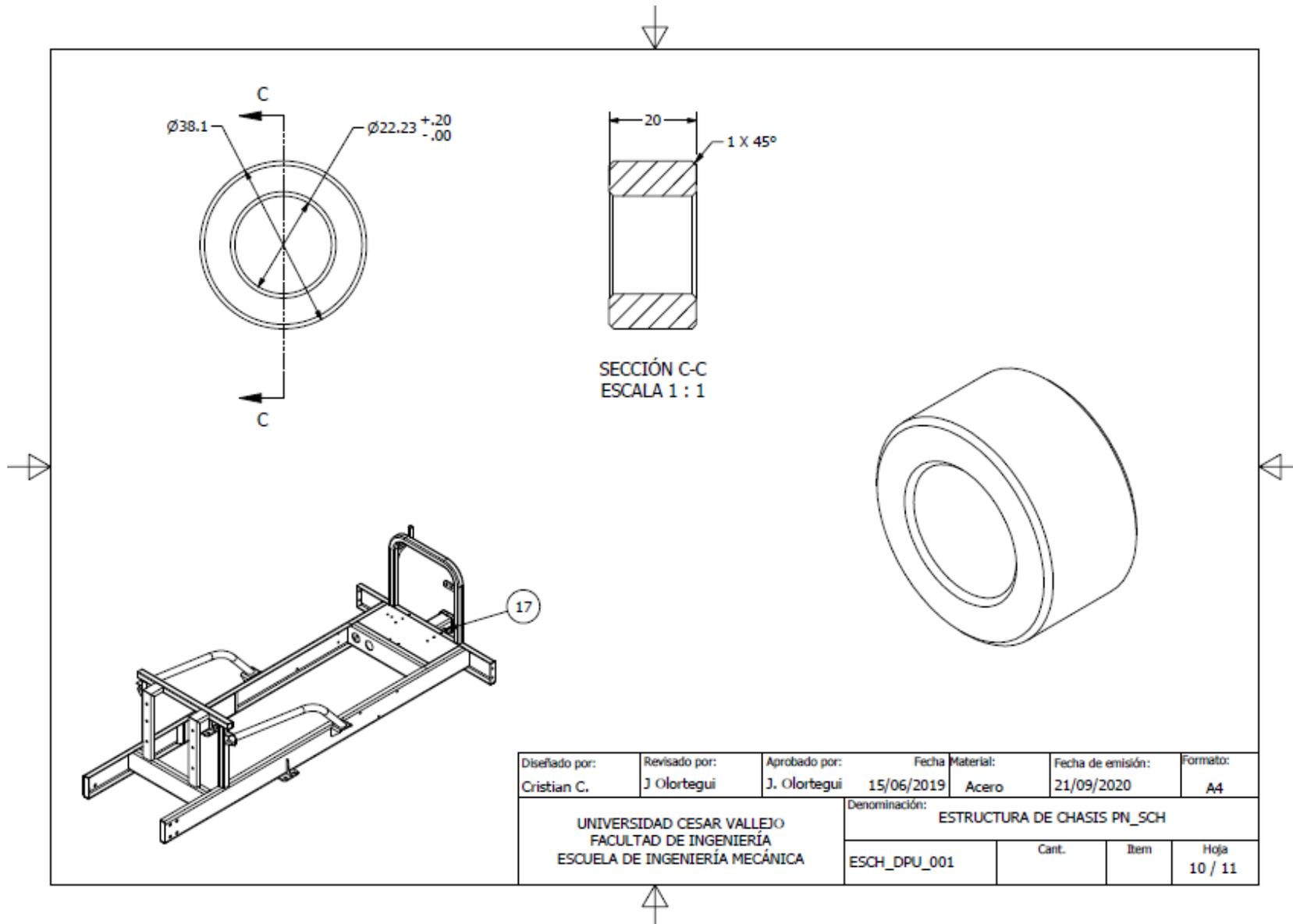




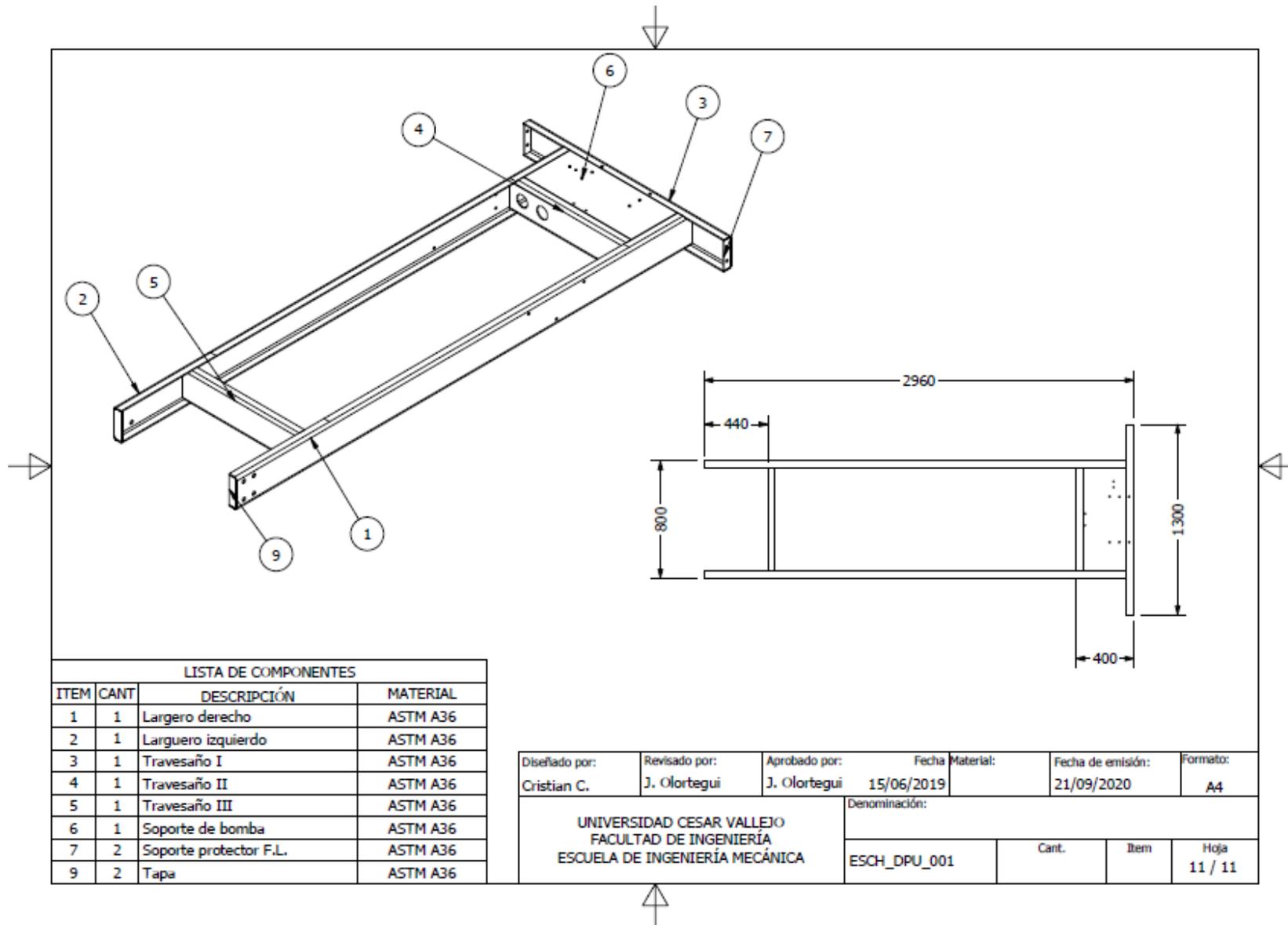


| | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------|----------------------|--------------------|---------------------------------|----------------|
| Diseñado por: Cristian C. | Revisado por: J. Olortegui | Aprobado por: J. Olortegui | Fecha: 15/06/2019 | Material: Acero | Fecha de emisión: 21/09/2020 | Formato: A4 |
| UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA | | Denominación: ESTRUCTURA DE CHASIS PN_SCH | | | | |
| | | ESCH_DPU_001 | Cant. | Item | Hoja 8 / 11 | |





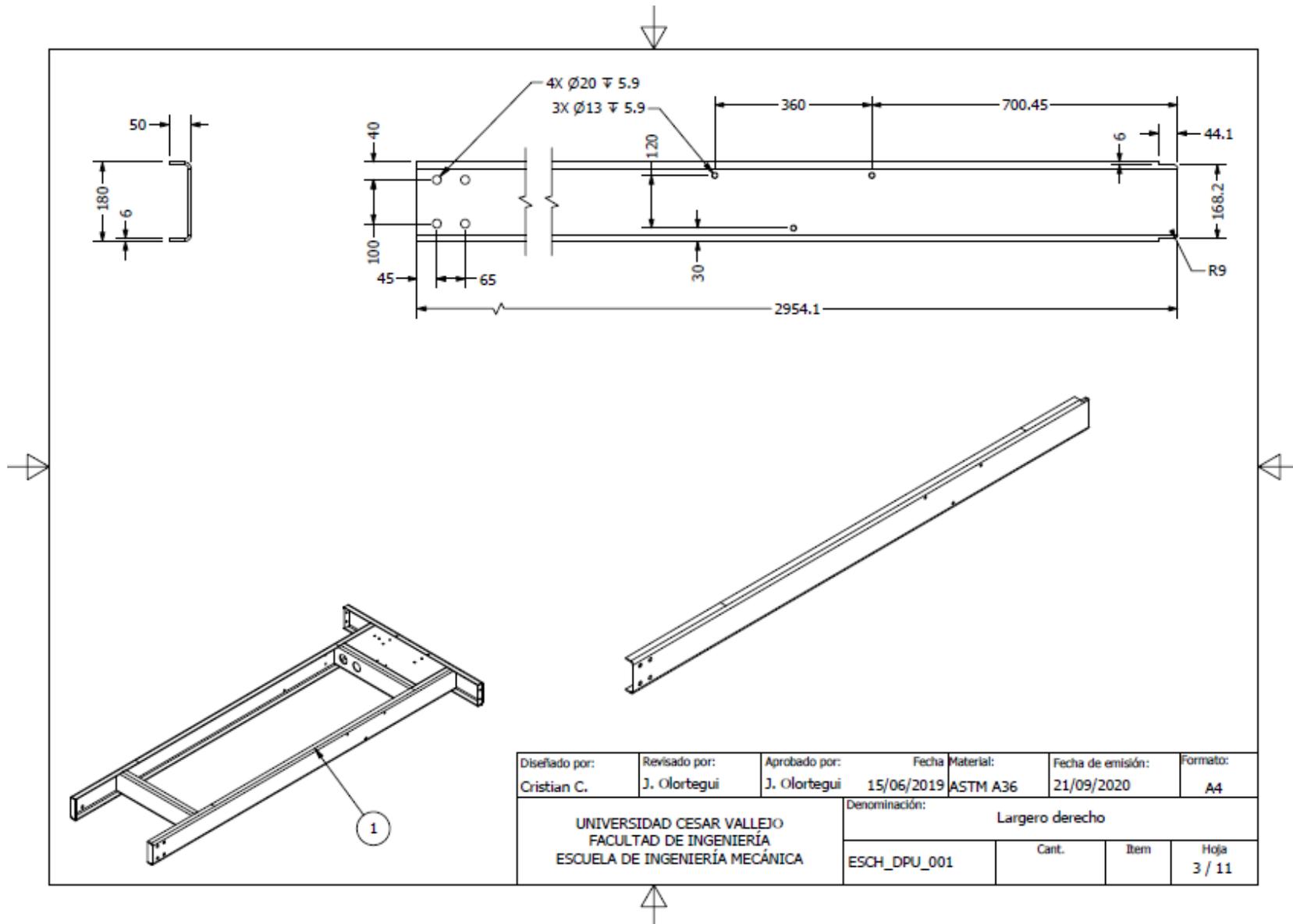
| | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------|--------------------|---------------------------------|-----------------|
| Diseñado por: Cristian C. | Revisado por: J. Olortegui | Aprobado por: J. Olortegui | Fecha: 15/06/2019 | Material: Acero | Fecha de emisión: 21/09/2020 | Formato: A4 |
| UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA | | | Denominación: ESTRUCTURA DE CHASIS PN_SCH | | | |
| | | | ESCH_DPU_001 | Cant. | Item | Hoja 10 / 11 |

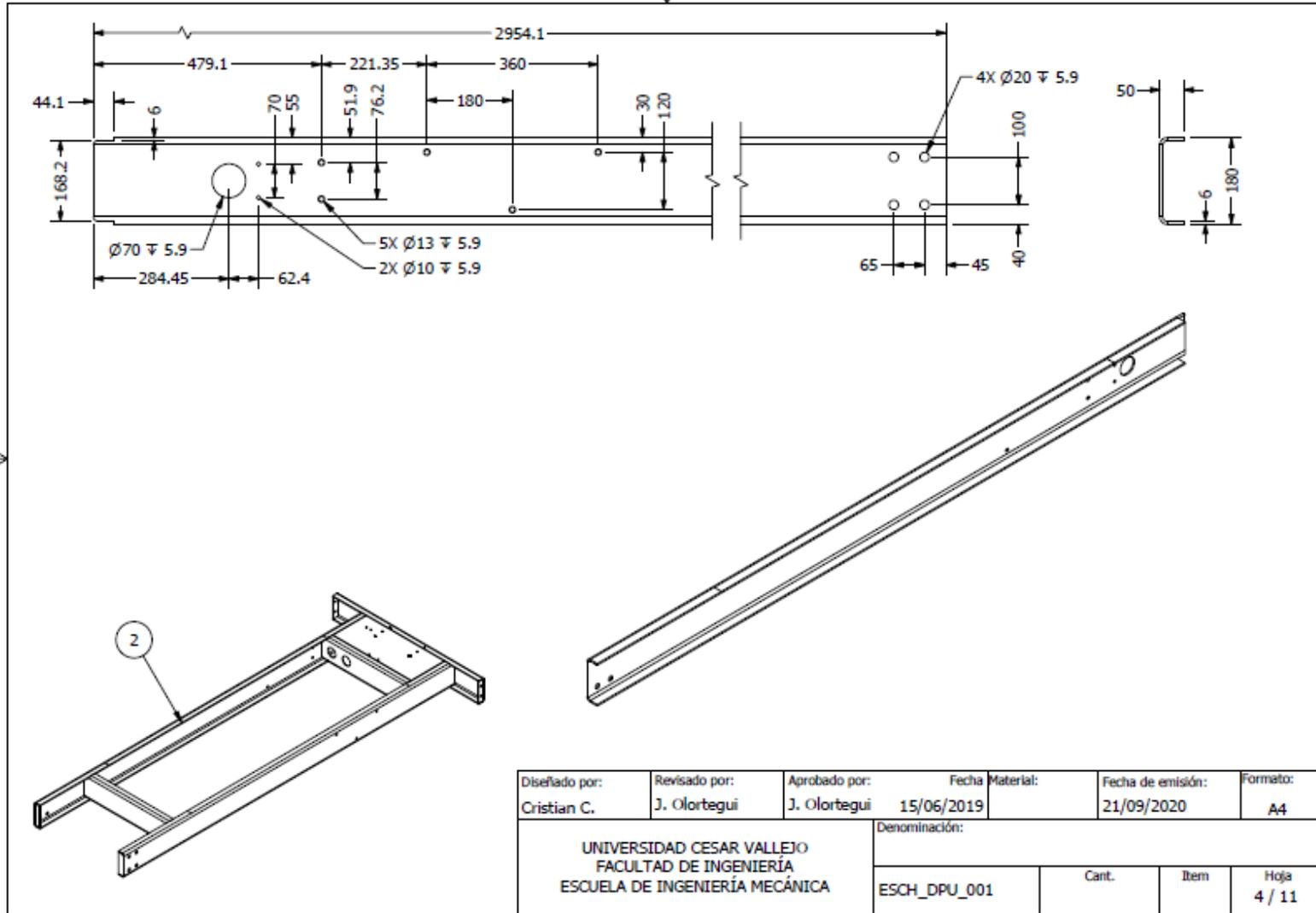


LISTA DE COMPONENTES

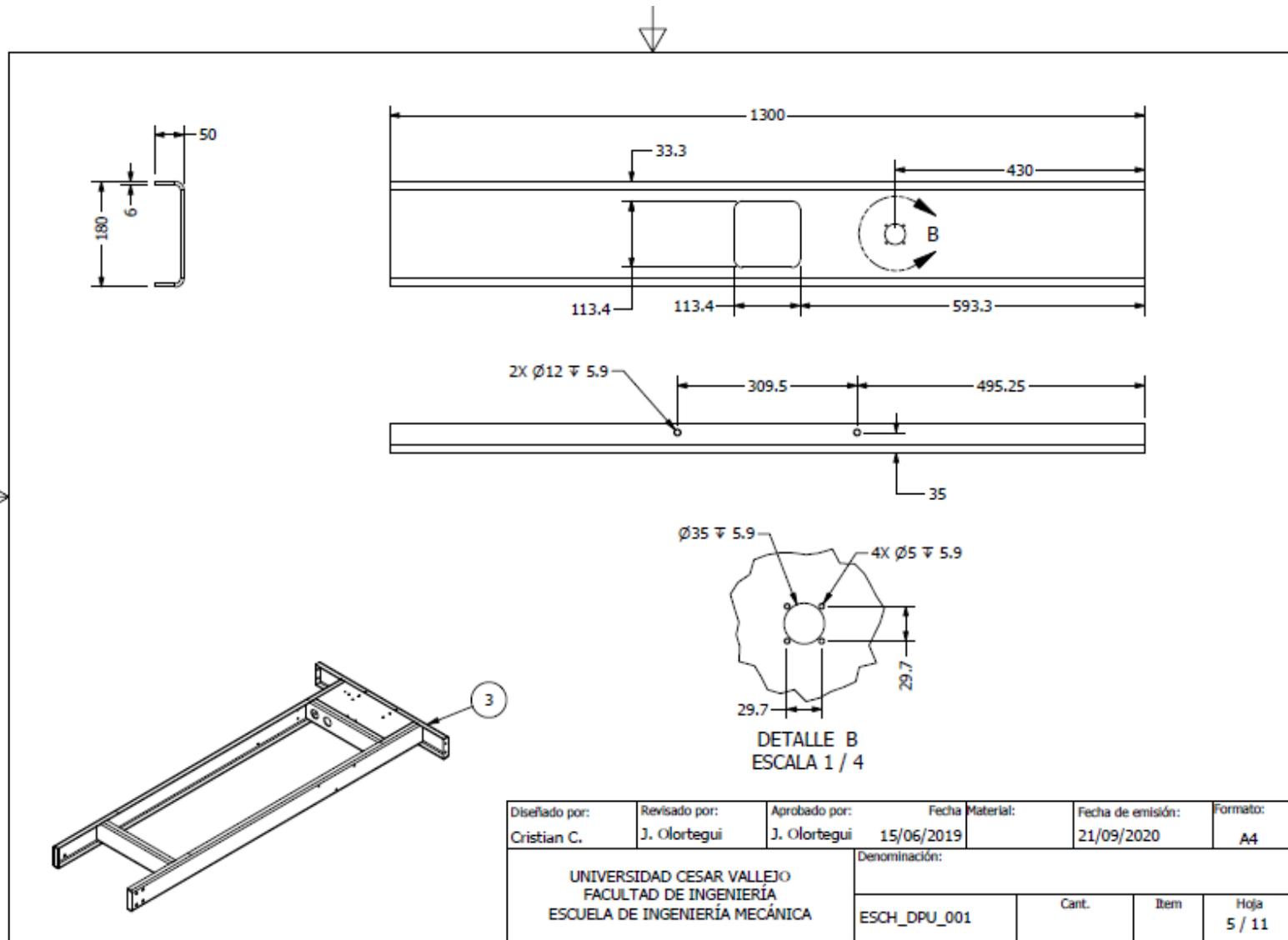
| ITEM | CANT | DESCRIPCIÓN | MATERIAL |
|------|------|------------------------|----------|
| 1 | 1 | Largero derecho | ASTM A36 |
| 2 | 1 | Largero izquierdo | ASTM A36 |
| 3 | 1 | Travesaño I | ASTM A36 |
| 4 | 1 | Travesaño II | ASTM A36 |
| 5 | 1 | Travesaño III | ASTM A36 |
| 6 | 1 | Soporte de bomba | ASTM A36 |
| 7 | 2 | Soporte protector F.L. | ASTM A36 |
| 9 | 2 | Tapa | ASTM A36 |

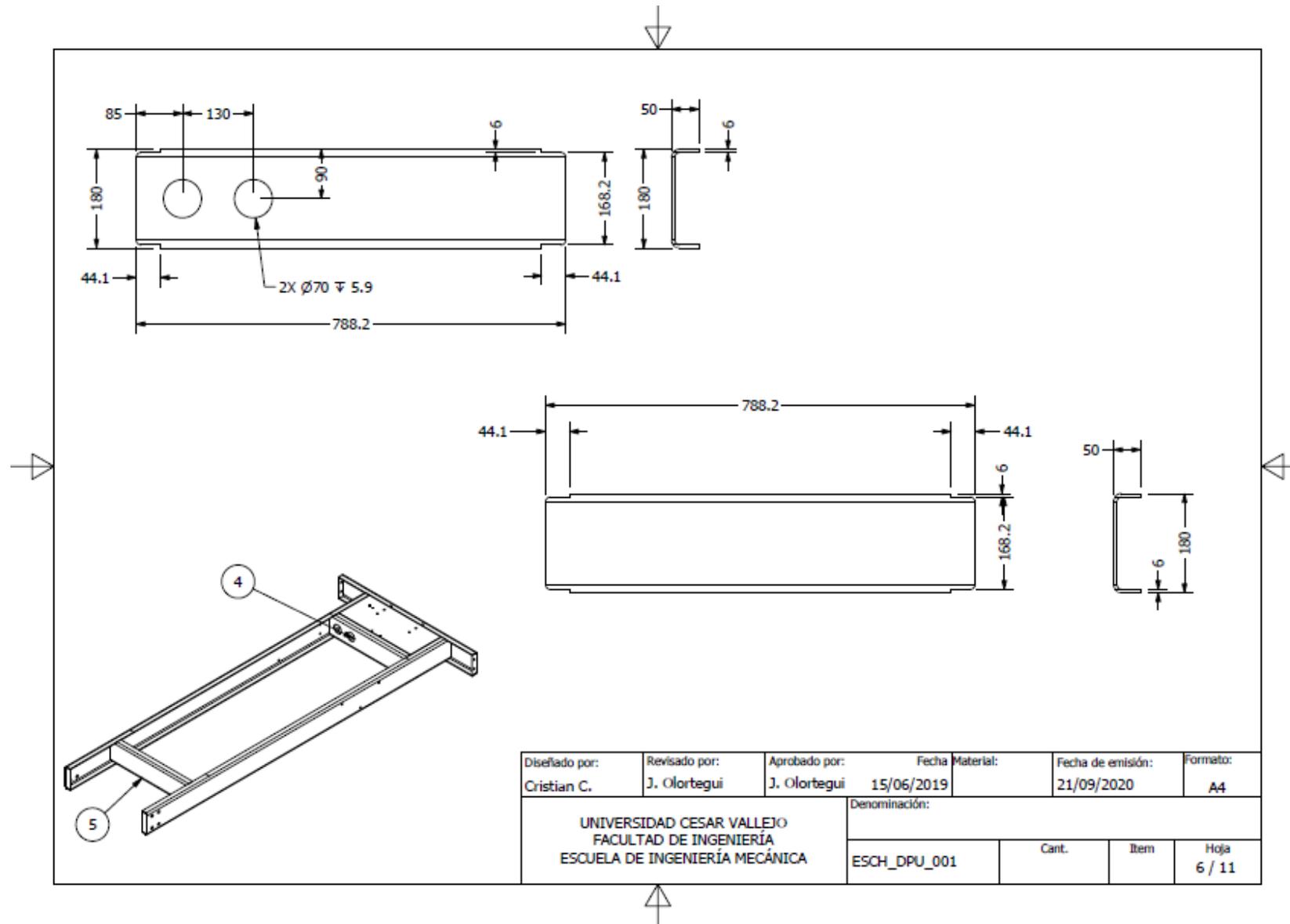
| | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------|---------------------------------|-----------------|
| Diseñado por: Cristian C. | Revisado por: J. Olortegui | Aprobado por: J. Olortegui | Fecha: 15/06/2019 | Material: | Fecha de emisión: 21/09/2020 | Formato: A4 |
| UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA | | | Denominación: | | | |
| | | | ESCH_DPU_001 | Cant. | Item | Hoja 11 / 11 |





| | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------|---------------------------------|----------------|
| Diseñado por: Cristian C. | Revisado por: J. Olortegui | Aprobado por: J. Olortegui | Fecha: 15/06/2019 | Material: | Fecha de emisión: 21/09/2020 | Formato: A4 |
| UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA | | | Denominación: | | | |
| | | | ESCH_DPU_001 | Cant. | Item | Hoja 4 / 11 |





| | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------|---------------------------------|----------------|
| Diseñado por: Cristian C. | Revisado por: J. Olortegui | Aprobado por: J. Olortegui | Fecha: 15/06/2019 | Material: | Fecha de emisión: 21/09/2020 | Formato: A4 |
| UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA | | | Denominación: | | | |
| | | | ESCH_DPU_001 | Cant. | Item | Hoja 6 / 11 |