



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Implementación de un huerto robotizado mediante la utilización de elementos mecánicos y electrónicos de bajo costo para mejorar la eficiencia del proceso de producción agrícola

Iza Caiza, Wendy Vanessa y Molina Gonzaga, Jordy Francisco

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica.

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en Electromecánica.

Ing. Murillo Mantilla, Luis Alejandro

Latacunga, de agosto 2021



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN AUTOMATIZACION E INSTRUMENTACION

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, **“Implementación de un huerto robotizado mediante la utilización de elementos mecánicos y electrónicos de bajo costo para mejorar la eficiencia del proceso de producción agrícola”** fue realizado por la señorita **Iza Caiza, Wendy Vanessa** y por el señor **Molina Gonzaga, Jordy Francisco** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 19 de agosto 2021



Firmado electrónicamente por:
**LUIS ALEJANDRO
MURILLO
MANTILLA**

Ing. Murillo Mantilla, Luis Alejandro

C.C.:180419672-1



REPORTE DE VERIFICACIÓN

URKUND

Urkund Analysis Result

Analysed Document: MONOGRAFÍA MOLINA-IZA.pdf (D111986898)
Submitted: 9/2/2021 7:40:00 PM
Submitted By: jc.altamiranoc@uta.edu.ec
Significance: 0 %

Sources included in the report:

Instances where selected sources appear:

0



Ing. Murillo Mantilla, Luis Alejandro

C.C.:180419672-1



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTROMECAÁNICA

RESPONSABILIDAD DE AUDITORIA

Nosotros **Iza Caiza, Wendy Vanessa**, con cedula de ciudadanía n°1727839050 y **Molina Gonzaga, Jordy Francisco** con cedula de ciudadanía n°1727408880 declaramos que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“Implementación de un huerto robotizado mediante la utilización de elementos mecánicos y electrónicos de bajo costo para mejorar la eficiencia del proceso de producción agrícola”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 19 de agosto 2021

Iza Caiza, Wendy Vanessa

C.C.: 1727809050

Molina Gonzaga, Jordy Fracisco

C.C.: 1727408880



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTROMECAÁNICA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros, **Iza Caiza, Wendy Vanessa**, con cedula de ciudadanía n°1727839050 y **Molina Gonzaga, Jordy Francisco** con cedula de ciudadanía n°1727408880, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: ***Implementación de un huerto robotizado mediante la utilización de elementos mecánicos y electrónicos de bajo costo para mejorar la eficiencia del proceso de producción agrícola***, en el Repositorio Institucional cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 19 de agosto 2021

Iza Caiza, Wendy Vanessa

C.C.: 1727809050

Molina Gonzaga, Jordy Francisco

C.C.: 1727408880

DEDICATORIA

Dedico mi tesis a mis padres porque sin su apoyo no podría haber logrado nada de lo que he hecho hasta hoy, es por eso que ellos han sido un pilar fundamental en mi crecimiento profesional y personal, gracias a que mis padres me han enseñado a plantarme metas y culminarlas he podido llegar hasta estas instancias de mi vida con este trabajo estoy eternamente agradecidos con su apoyo emocional y financiero porque sé que hacen un esfuerzo enorme en apoyarme en todo lo que me he llegado a plantear en mi vida, por eso les doy mi trabajo en ofrenda por la paciencia que me han dado en cada uno de los pasos que he dado. También agradezco a mis hermanos porque ellos en cierta forma han influido en mi dando un apoyo en los momentos más duros de mi vida es por eso que también se las dedico a usted queridos hermanos.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por brindarme la sabiduría para llegar hasta este momento tan importante en mi vida, así como el colmarme con la bendición de mi familia, pero en especial a mis padres, quiénes siempre estuvieron ahí para darme palabras de apoyo y razones reconfortantes para no desistir en el camino.

También quiero agradecer a la Universidad de las Fuerzas Armadas por brindarme todos los recursos y herramientas que fueron necesarias para llevar a cabo mi formación tanto profesional como humana, así como en los procesos de investigación mismos que no hubieran tenido éxito de no haber sido por su incondicional ayuda.

Por último, pero no menos importante a mi tutor, quien con sus conocimientos y apoyo me guió a través de cada una de las etapas de este proyecto para alcanzar los resultados deseados.

Muchas gracias a todos por su valiosa contribución en mi formación a lo largo del camino.

Gracias.

Tabla de contenidos

Carátula.....	1
Certificación.....	2
Reporte de verificación.....	3
Responsabilidad de auditoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento	7
Tabla de contenidos.....	8
Índice de figuras.....	12
Índice de tablas	14
Resumen	17
Abstract.....	18
Planteamiento del problema.....	19
Antecedentes	19
Planteamiento del problema	20
Justificación.....	20
Objetivo	21
<i>Objetivo general</i>	21
<i>Objetivos específicos</i>	21
Alcance	21
Estado del arte.....	22
Fundamentos teóricos.....	22
Estudio del estado del arte.....	22
Huerto robotizado.....	23
Elementos mecánicos y electrónicos.....	24

<i>Motor Nema 17 Modelo 17HS4401</i>	24
Especificaciones técnicas	25
<i>Perfil de aluminio</i>	26
<i>Banda dentada</i>	26
Especificaciones técnicas del perno M5X30	27
Especificaciones técnicas del perno M5x60	28
<i>Angulo de acero</i>	29
Desarrollo del tema propuesto	30
Preliminar	30
Dimensionamiento estructural	30
<i>Cálculo del eje transversal en el punto medio</i>	30
Información del modelo	33
Unidades	34
Propiedades de material	34
Información de malla – Detalles	35
Cargas y sujeciones	36
Fuerzas resultantes	38
Momentos de reacción	38
Fuerzas de cuerpo libre	38
Momentos de cuerpo libre	39
Resultado de estudio	39
Información del modelo	43
Unidades	44
Propiedades de material	44
Información de malla	48
Información de malla – Detalles	48
Fuerzas resultantes	49

Momento de reacción	49
Fuerzas de cuerpo libre.....	50
Momentos de cuerpo libre	50
Resultados del estudio.....	51
<i>Cálculo del eje longitudinal en el punto medio</i>	53
Información de modelo	56
Unidades.	57
Propiedades de material.....	57
Cargas y sujeciones	58
Información de malla	60
Información de malla- Detalles	60
Fuerzas Resultantes	61
Momentos de reacción	61
Fuerzas de cuerpo libre.....	62
Momentos de cuerpo libre	62
Resultados del estudio.....	63
<i>Cálculo del eje longitudinal de un punto distinto “x” distante ...</i>	65
Información de modelo	68
Unidades.....	69
Propiedad de estudio	69
Propiedades de material.....	71
Cargas y sujeciones	72
Información de malla	74
Fuerzas resultantes	75
Momentos de reacción	75
Fuerzas de cuerpo libre.....	76
Momentos de cuerpo libre	76

Dimensionamiento del motor longitudinal.....	78
Dimensionamiento del motor transversal	80
Diseño e implementación.....	82
Pruebas de funcionamiento.....	90
Pruebas en modo manual	90
<i>Pruebas en modo automático.</i>	<i>91</i>
Ventajas de la implementación	92
Desventajas de la implementación	92
Presupuestos	93
Conclusiones y recomendaciones	96
Conclusiones	96
Recomendaciones	97
Bibliografía.....	98
Anexos	101

Índice de figuras

Figura 1 <i>Motor Nema17 17HS4401</i>	24
Figura 2 <i>Perfil de aluminio tipo V</i>	26
Figura 3 <i>Banda dentada con alma de acero blanco GT2 6mm.</i>	27
Figura 4 <i>Perno M5x30</i>	28
Figura 5 <i>Perno M5x60</i>	29
Figura 6 <i>Angulo de acero negro 1-1/4"</i>	29
Figura 7 <i>Diagrama de cuerpo libre</i>	31
Figura 8 <i>Modelo perfil 2040</i>	35
Figura 9 <i>Análisis estático tensión nodal.</i>	40
Figura 10 <i>Eje transversal de 1.5m en un punto "x" distante.</i>	41
Figura 11 <i>Perfil 2040 análisis estático de un punto "X".</i>	45
Figura 12 <i>Analisis estatico perfil 2040</i>	49
Figura 13 <i>Perfil 2040 análisis estático de un punto x.</i>	53
Figura 14 <i>Eje longitudinal de 3m de un punto medio.</i>	54
Figura 15 <i>Análisis estático perfil 2040</i>	61
Figura 16 <i>Análisis estático</i>	64
Figura 17 <i>Eje longitudinal de un punto "x" distante</i>	66
Figura 18 <i>Análisis estático perfil 2040</i>	75
Figura 19 <i>Análisis estático tipo de malla solida</i>	78
Figura 20 <i>Análisis estático tensión nodal.</i>	78
Figura 21 <i>Diagrama de flujos, momentos del motor Nema 17</i>	79
Figura 22 <i>Diagrame de flujo del motor transversal</i>	80
Figura 23 <i>Diseño de mesa con material de madera y perfiles.</i>	82
Figura 24 <i>Ensamble perfiles.</i>	82
Figura 25 <i>Perfil con carro del eje "Y"</i>	83
Figura 26 <i>Perfil con carro del eje "Y"</i>	83
Figura 27 <i>Motor Nema 17</i>	84

Figura 28 <i>Polea GT 20T5B</i>	84
Figura 29 <i>Rueda de polietileno</i>	85
Figura 30 <i>Carro superior del eje transversal y el eje Z</i>	85
Figura 31 <i>Ensamble de motor Nema 17 con tornillo sin fin</i>	86
Figura 32 <i>Cabezal</i>	86
Figura 33 <i>Aspersor de agua</i>	87
Figura 34 <i>Aguja de bomba de vacío</i>	87
Figura 35 <i>Ensamble perfiles</i>	88
Figura 36 <i>Ensamble final del huerto robotizado</i>	88
Figura 37 <i>Espaciador excéntrico</i>	89
Figura 38 <i>Pruebas con material de madera en el eje longitudinal</i>	90
Figura 39 <i>Eje transversal se utilizó una variante de acero galvanizado</i>	91
Figura 40 <i>Pruebas con motor nema 17</i>	92

Índice de tablas

Tabla 1	Especificaciones técnicas del motor Nema 17 17HS4401	25
Tabla 2	<i>Especificaciones técnicas del perno M5x30</i>	27
Tabla 3	<i>Especificaciones técnicas del perno M5x60</i>	28
Tabla 4	<i>Información del modelo del perfil 2040.....</i>	33
Tabla 5	<i>Sistema de unidades, longitud, temperatura, velocidad angula y presión.</i>	34
Tabla 6	<i>Propiedades del material del perfil 2040.....</i>	34
Tabla 7	Información de malla con detalles	35
Tabla 8	<i>Cargas y sujeciones.....</i>	36
Tabla 9	<i>Detalles de carga</i>	37
Tabla 10	<i>Fuerzas de reacción.....</i>	38
Tabla 11	<i>Momentos de reacción.....</i>	38
Tabla 12	<i>Fuerzas de cuerpo libre.....</i>	38
Tabla 13	<i>Momentos de cuerpo libre.....</i>	39
Tabla 14	<i>Resultado de estudio.....</i>	39
Tabla 15	<i>Resultado de estudio.....</i>	40
Tabla 16	<i>Información del modelo.....</i>	43
Tabla 17	<i>Sistema de unidades del perfil.....</i>	44
Tabla 18	Propiedades de material y referencia del modelo	44
Tabla 19	<i>Cargas y sujeciones.....</i>	46
Tabla 20	<i>Cargas y sujeciones del perfil.....</i>	47
Tabla 21	<i>Información de malla.....</i>	48
Tabla 22	<i>Información de malla con detalles.....</i>	48
Tabla 23	<i>Resultado de fuerzas de reacción.....</i>	49
Tabla 24	<i>Resultado de momento de reacción.....</i>	49
Tabla 25	<i>Resultado de fuerzas de cuerpo libre.....</i>	50
Tabla 26	<i>Resultado de momento de cuerpo libre.....</i>	50

Tabla 27 <i>Resultado del estudio</i>	51
Tabla 28 Resultado del estudio de desplazamientos.....	52
Tabla 29 Resultado del estudio de deformaciones.....	52
Tabla 30 <i>Información de modelo del perfil</i>	56
Tabla 31 <i>Resultado de unidades</i>	57
Tabla 32 Resultado de propiedades de material	57
Tabla 33 <i>Cargas y sujeciones</i>	58
Tabla 34 Cargas y sujeciones	59
Tabla 35 <i>Información de malla</i>	60
Tabla 36 <i>Información de malla con detalles</i>	60
Tabla 37 <i>Resultado fuerzas de reacción</i>	61
Tabla 38 Resultado de momentos de reacción	61
Tabla 39 Resultado de fuerzas de cuerpo libre	62
Tabla 40 <i>Resultado del estudio de tensiones</i>	63
Tabla 41 <i>Resultado del estudio de desplazamientos</i>	63
Tabla 42 <i>Resultado del estudio de deformaciones</i>	64
Tabla 43 Información del modelo del perfil.....	68
Tabla 44 <i>Unidades</i>	69
Tabla 45 Resultado de propiedades de estudio	69
Tabla 46 Propiedades del material del perfil.....	71
Tabla 47 <i>Propiedades del material del perfil</i>	72
Tabla 48 <i>Cargas y sujeciones</i>	72
Tabla 49 <i>Información de malla</i>	74
Tabla 50 <i>Información de malla con detalles</i>	74
Tabla 51 <i>Resultado de fuerzas de reacción</i>	75
Tabla 52 <i>Resultado de momentos de reacción</i>	75
Tabla 53 Resultado de fuerzas de cuerpo libre	76

Tabla 54 Resultado de momento de cuerpo libre	76
Tabla 55 Resultado del estudio de desplazamientos.....	76
Tabla 56 <i>Resultado del estudio de deformaciones</i>	77
Tabla 57 <i>Presupuesto parte Mecánico</i>	93
Tabla 58 <i>Materiales parte electrónica</i>	95

Resumen

El presente documento describe la implementación de un sistema de siembra y riego de manera robotizado que actúa por control numérico computarizado, con el cual se puede mejorar el tiempo de siembra y mantenimiento de las plantas, Para su implementación fue necesario realizar un análisis de los elementos que los componen, así como las etapas de diseño CAD que nos ayudan a realizar los cortes, dimensionamiento e implementación. El diseño CAD cuenta con dos etapas las cuales son: diseño en SolidWorks que nos da parámetros para la correcta proyección de los elementos a utilizar para que no sufriera ningún daño en futuros casos, por ello se realiza varios diseños para ver cuál es con mayor vida útil y las impresiones de los diseños en 3D en plástico ABS realizados con la mayor durabilidad del material; En la segunda etapa que es el dimensionamiento correcto de los materiales para que la estructura no presente ningún fallo a la hora de la etapa de implementación y así no tener complicaciones, en la tercera etapa tenemos dos procesos de mecanizado con una cortadora láser en acero negro y acero inoxidable para los carros móviles cuyo material son de gama alta y de bajo precios, en el segundo proceso consta de los componentes CNC e implementar la máquina siguiendo el diseño preestablecido en el software SOLIDWORKS.

Palabras clave:

- **HUERTOS**
- **ROBÓTICA**
- **CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO (CNC)**
- **AGRICULTURA MECANIZADA**

Abstract

This document describes the implementation of a robotized sowing and irrigation system that acts by computerized numerical control, with which the planting time and maintenance of the plants can be improved. For its implementation, it was necessary to make an analysis of the elements that compose them, as well as the CAD design stages that help us to do the necessary cuts, dimensioning and implementation. In the CAD design there are two stages which are: design in SolidWorks that It gives us parameters for the correct projection of the elements to be used so that it does not suffer any damage in future cases, therefore several designs are made to see which is with the longest useful life and the printing of the 3D designs in ABS plastic made with the longest durability of the material; In the second stage which is the correct dimensioning of the materials so that the structure does not present any failure at the time of the implementation stage and thus not have complications, in the third stage we have two machining processes with a cutter laser in black steel and stainless steel for mobile trolleys whose material is high-end and low-priced, in the second process it consists of the CNC components and implement the machine following the preset design in the SOLIDWORKS software.

Key words:

- **ORCHARDS**
- **ROBOTICS**
- **COMPUTERIZED NUMERIC CONTROL (CNC)**
- **MECHANIZED AGRICULTURE**

Capítulo I

1. Planteamiento del problema

1.1. Antecedentes

Con el pasar del tiempo la implementación de sistemas robotizados han ayudado mucho al desarrollo de la sociedad, por este motivo se ha visto la necesidad de implementar un huerto robotizado para el mejoramiento y facilidad del usuario a la producción agrícola.

Según (Bernal, Gonzalez, & Ortiz, 2015) de acuerdo con el tema de su tesis “Construcción de un prototipo de robot sembrador de maíz” se describe que, el mejoramiento del cultivo con un proceso tecnológico con la cual podemos medir la humedad, además de una distribución exacta de las semillas a germinar por lo cual el avance de la tecnología en la medición de humedad ya que esto nos permite dar las condiciones óptimas para una proceso de germinación y crecimiento de las plantas.

De acuerdo a (Romero & Dunnaway, 2014) con el tema de tesis “Diseño de un sistema de riego por goteo para hortalizas en Zamorano, Honduras” se detalla que, la optimización el rendimiento e incrementar la eficiencia del recurso hídrico, por operación y monitoreo de un sistema de riego.

Desde el punto de vista (Pazos, 2019) con el tema del proyecto “Diseño de robot sembrador cartesiano para mini cultivo” que detalla, el proceso de un sembrado por un prototipo de maquina CNC de un huero de brócoli y verduras con este proceso podemos semiautomática el autocultivo para pequeñas platas en los sectores rurales.

1.2. Planteamiento del problema

Vivimos en un país donde el principal fuente de trabajo es la producción agrícola ya que este sector es el que alimenta al comercio de nuestro país, a medida que la producción va aumentando se necesita de varios factores como ya sean personal y productos para llevar una buena producción, por todo esto la producción va a necesitar un cuidado exigente dependiendo al cultivo, para un cultivo va hacer necesario la disponibilidad de tiempo de las personas, y la mayoría carece de tiempo libre donde puede a ver un descuido del cultivo, el cultivo es un trabajo que tiene años de emplearse por lo que en la mayoría de casos son realizador por gente adulta mayor donde muchas veces ya se les es complicado realizar ciertas actividades.

Para toda esta problemática se ha encontrado la solución de la implementación de un huerto robotizado con el fin del mejorar la producción agrícola, donde se realizarán varias funciones por medio de una programación y estructura apta para este trabajo.

1.3. Justificación

Con la implementación que se va a realizar del huerto robotizado se dará solución y mejoramiento del proceso de producción agrícola en cada etapa y con una especificación clara al momento de manipular el huerto robotizado.

Este sistema será implementado de manera mecánica con un sistema electrónico para la elaboración de áreas al momento de realizar un cultivo se implementará los sistemas de transmisión de potencia mecánica y de movimiento a través del cálculo mecánico de las fuerzas necesarias para asegurar la funcionalidad del dispositivo y dimensionamiento de actuadores electromecánicos a través del análisis de las funciones implementados en el sistema robotizado, se determinará los elementos electrónicos de bajo costo necesarios para el correcto funcionamiento

del sistema a través del análisis de variables controladas y manipuladas, y por último una validación del dispositivo a través de herramientas computacionales de diseño mecánico para verificar la estructura del diseño.

1.4. Objetivo

1.4.1. *Objetivo general*

- Implementar un huerto robotizado mediante la utilización de elementos mecánicos y electrónicos de bajo costo para mejorar la eficiencia del proceso de producción agrícola

1.4.2. *Objetivos específicos*

- Establecer las variables pertinentes para mejorar la eficiencia del proceso de producción agrícola a través del análisis de los factores ambientales incidentes.
- Implementar la estructura mecánica del sistema utilizando software de diseño y manufactura asistida por computador para asegurar la correcta funcionalidad de los elementos.
- Implementar los sistemas de transmisión de potencia mecánica y de movimiento a través del cálculo mecánico de las fuerzas necesarias para asegurar la funcionalidad del dispositivo.

1.5. Alcance

Dicha investigación tiene como alcance realizar un huerto robotizado que tenga como objetivo mejorar el proceso de producción agrícola, para lo cual será configurada e implementada de manera mecánica y electrónica de acuerdo a las necesidades de las personas de un huerto urbano donde no poseemos suficiente espacio para planta grandes.

Capítulo II

2. Estado del arte

2.1. Fundamentos teóricos

Este proyecto tiene como fin ayudar al mejoramiento del proceso de producción agrícola, el objetivo de este proyecto es monitorear el cultivo cualquiera de una manera fácil, teniendo en cuenta cual es el proceso respectivo de dicho producto cultivado al momento de realizar una siembra casi automática.

Con el huerto robotizado se ayudará a mejorar de mejor manera la técnica tradicional.

Se vio la necesidad de implementar nuevos sistemas como un huerto robotizado más en zonas urbanas, ya que el propósito del huerto robotizado nos brinda un mejor proceso de calidad en la producción, el huerto robotizado tiene un sistema mecánico y de control con el que se podrá trabajar para un proceso de siembra vegetales y verduras de una forma menos desgastante.

2.2. Estudio del estado del arte

Luego de realizar una investigación profunda al proceso de la implementación de un huerto robotizado para el mejoramiento en el proceso de producción agrícola se logró obtener varios diseños y escalas para la siembra con varios esquemas para llevar a cabo la implementación.

La idea de la implementación de un huerto robotizado a gran escala ayuda a muchas personas a poder cultivar sus propias plantas sin ninguna necesidad de esfuerzo físico, así como la técnica tradicional, y a largo plazo.

El huerto robotizado sería capaz de analizar el área de cultivo y plantar cada semilla a una distancia específica, además al momento del regadío volvería a

realizar en el mismo orden solo por medio de control, tendría la atención enfocada en cada cultivo acoplándose a la necesidad según sea necesario.

El huerto robotizado planifica ayudar al mundo de la agricultura y del agricultor tradicional, todo eso se llevará a cabo por medio de una maquina cnc con elementos electrónicos, mecánicos.

El arte de la producción agrícola ha sido un trabajo pesado, la implementación de la maquinaria y equipos especializados podría ayudar a cultivar grandes extensiones de manera más cómoda y con menos tiempo de trabajo.

2.3. Huerto robotizado.

El huerto robotizado vendría siendo una adaptación de una impresora 3D a una nueva forma de entenderla, tienen prácticamente muchas similitudes.

El huerto robotizado ha sido diseñado para poder cultivar con una cierta distancia, para el regado de las plantas en automático, además tendrá un software que controlará los detalles del huerto.

Para poder tener una idea de cómo se realizará el diseño del huerto robotizado tenemos como base una cortadora cnc ya que esta tiene una base y un brazo que llevara a funcionar con esta y otras funciones nuestra máquina del huerto robotizado

Los materiales utilizados para la implementación del huerto robotizado:

2.4. Elementos mecánicos y electrónicos

2.4.1. Motor Nema 17 Modelo 17HS4401

Este motor a pasos NEMA 17 es ideal para proyectos de impresoras 3D y maquinaria CNC gracias a su precisión de giro y facilidad de control. Cumple con el estándar Nema17 que define el tamaño del motor (para montaje), por lo que puede usarse en cualquier proyecto CNC o 3D que esté diseñado para usar motores que cumplan con dicho estándar. Se trata de un motor de tipo bipolar, tiene un ángulo de paso de 1.8° (200 pasos por vuelta) y cada bobinado es de 1.7A, capaz de desarrollar un torque de hasta 4Kg/cm. (Factory, Geek Factory, 2013-2021)

Este tipo de motor robusto de un dispositivo electromecánico con desplazamientos angulares es decir que puede girar una cantidad de grados en este caso $1,8^\circ$ dependiendo de sus entradas de control, con aplicaciones para mesas giratorias, tablas x, y, z o maquinas CNC para propósitos generales, además añade que son más potentes de lo recomendado para tener una eficiencia garantizada, el eje motriz tiene una parte plana para tener un mejor ajuste. (LATAM, 2021)

Figura 1

Motor Nema 17 17HS4401



Nota. Motor nema 17 tiene gran capacidad para controlar la posición de su eje; tomado de (Factory, Geek Factory, 2013-2021)

2.4.1.1. Especificaciones técnicas

En la tabla mostrada a continuación se presenta la especificación técnica del motor Nema 17 17HS4401, establecida por el fabricante, entre la que podemos mencionar los siguientes puntos:

Tabla 1

Especificaciones técnicas del motor Nema 17 17HS4401

Características	Descripción
Motor	a pasos tipo bipolar
Montaje	estándar NEMA 17
Corriente	1.7 Amperes
Voltaje de operación	12 V
Torque	4000 g/cm
Modelo	17HS4401
Ángulo del paso	1.8 grados
Pasos por vuelta	200
Conexión a través de	4 cables
Resistencia por fase	1.5 ohms
Inductancia por fase	2.8 mH
Diámetro del eje	5mm
Largo del eje	20 mm

2.4.2. Perfil de aluminio.

Es un perfil de aluminio con rieles tipo V que tienen una característica especial el cual es ayudar al ensamblaje de manera fácil y rápida. Es un material que resiste a la corrosión. (Company, 2021)

Figura 2

Perfil de aluminio tipo V



Nota. Los perfiles de aluminio con riel tipo V permiten un ensamblaje sumamente fácil y rápido. Posee rieles en cada uno de sus lados, lo que, junto con sus componentes, permiten un desplazamiento preciso y más suave; tomado de (cnc, 2021)

2.4.3. Banda dentada

La ventaja principal de la cadena de distribución es su fiabilidad. Presenta una vida útil casi ilimitada, los fabricantes dicen que dura lo mismo que el motor y por lo tanto, no es necesaria su sustitución. Es muy poco probable que llegue a romperse debido a su alma de acero blanco y su gran resistencia, evitando averías mayores.

La correa es una banda de caucho con alma de acero blanco con un estriado en su cara interior que posibilita su acoplamiento a las poleas fijadas a los elementos que deben moverse de manera sincronizada.

Figura 3

Banda dentada con alma de acero blanco GT2 6mm.



Nota. En la en la figura se observa la Banda dentada con alma de acero blanco GT2 6mm.

2.4.4. Pernos

2.4.4.1. Especificaciones técnicas del perno M5X30

Tabla 2

Especificaciones técnicas del perno M5x30

Características	Descripción
Nominal del hilo (M)	5
Longitud L(mm)	30
Forma detallada	Cabeza baja
Forma de orificio de montaje	Cabeza hexagonal
Forma basica	Estandar (Redondo)
Material	Acero inoxidable
Tipo de cresta de hilo	Métrico grueso
Aplicación	Estandar

Nota. En la tabla 2 se observa las especificaciones técnicas del perno M5x30;

tomado de (Misumi, 2021)

Figura 4*Perno M5x30*

Nota. En la figura 4 el perno M5x30; tomado de (CNC, Perfiles CNC, 2021)

2.4.4.2. Especificaciones técnicas del perno M5x60

Tabla 3*Especificaciones técnicas del perno M5x60*

Características	Descripción
Nominal del hilo (M)	5
Longitud L(mm)	60
Forma detallada	Cabeza baja
Forma de orificio de montaje	Cabeza hexagonal
Forma básica	Estándar (Redondo)
Material	Acero inoxidable
Tipo de cresta de hilo	Métrico grueso
Aplicación	Estándar

Nota. En la tabla se observa las especificaciones técnicas del perno M5x60; tomado de (Mitsumi, 2021)

Figura 5

Perno M5x60



Nota. En la figura 5 se observa el perno M5x60; tomado de (Turbosquid, 2021)

2.4.5. Angulo de acero

Los Ángulos de acero al carbón A36 son una de las formas de acero laminadas en caliente y más populares utilizadas en los proyectos de manufactura, fabricación y reparación. Tomado de (Mart, Steel Mart, 2021) .

Este Angulo nos servirá como soporte donde se encuentra ubicada la base de la maquina ya que con su ángulo de 90° nos ayudará a resistir el peso que se montará al momento de la implementación.

Figura 6

Angulo de acero negro 1-1/4"



Nota. En la figura 6 se observa el ángulo de hacer negro 1-1/4"; tomado de (Mart, Steel Mart, 2021)

Capítulo III

3. Desarrollo del tema propuesto

3.1. Preliminar

Este presente proyecto de titulación consiste en la implementación de un huerto robotizado mediante la utilización de elementos mecánicos y electrónicos para mejorar la eficiencia del proceso de producción agrícola.

A continuación, se detallará los cálculos de dimensionamiento estructural realizados para el huerto robotizado.

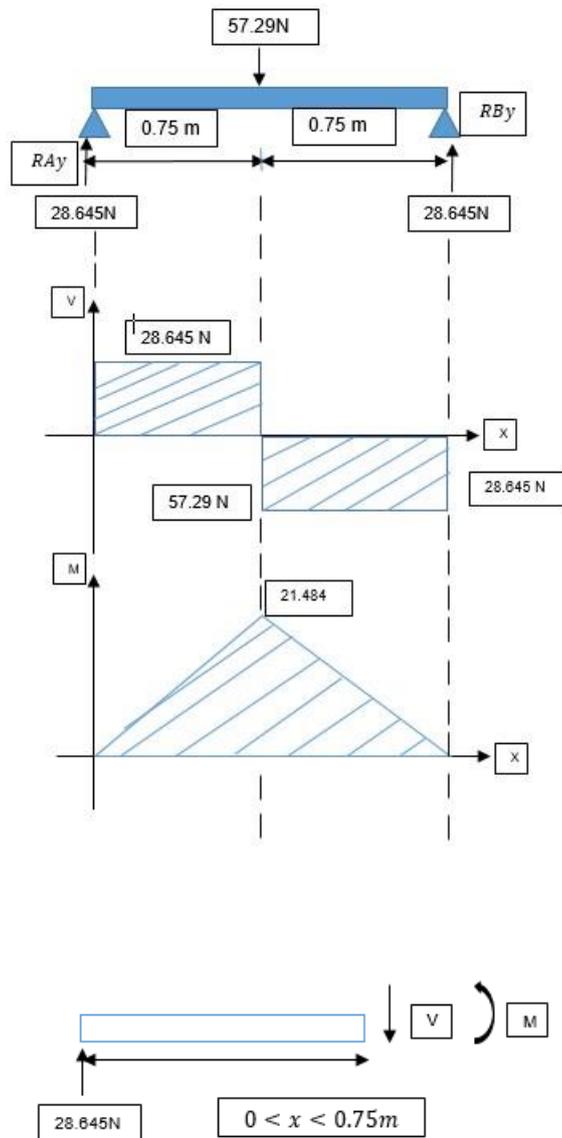
3.2. Dimensionamiento estructural

3.2.1. *Cálculo del eje transversal en el punto medio*

Como primer punto realizamos cálculos de momentos para el eje transversal que mide 1.50m en el punto medio con una fuerza de 57.29 N, en la (Figura 7) podemos observar diagramas de flujos, estos valores se obtuvieron por medio del software Solid Works al momento de realizar el diseño.

Figura 7

Diagrama de cuerpo libre



$$\sum MA = 0$$

$$-(57.29)(0.75) + 1.5By = 0$$

$$By = \frac{42.96Pa}{1.5m}$$

$$By = 28.64$$

$$\sum Fy = 0$$

$$Ay - 57.29 + 28.645 = 0$$

$$= 28.645N$$

$$\sum M = 0$$

$$M - 28.645x = 0$$

$$(M - 28.645(0.75m) = 0)$$

$$M - 21.48psi = 0$$

$$M = 21.48$$

$$\sum M = 0$$

$$M + 28.645(0.75) - 42.967 = 0$$

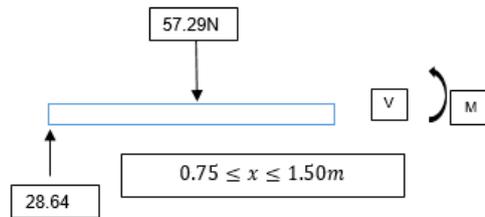
$$M = -21.483 + 42.967 = 0$$

$$M = 21.48 \sum M = 0$$

$$M - 28.64x + 57.29(x - 0.75) = 0$$

$$M - 28.64 + 57.29X - 42.967 = 0$$

$$M + 28,645x42.967 - 0$$



$$M = -28,45(1.50) + 42.967$$

$$M = -42.967 + 42.967$$

$$M = 0$$

Módulo de sección

$$I = \frac{b * h^3}{12} = c = \frac{h}{2}$$

$$S1 = \frac{\frac{b * h^3}{12}}{\frac{h}{2}} = \frac{b * h^2}{6}$$

$$S1 = \frac{1.5m(0.04m)^2}{6}$$

$$S1 = 4 \times 10^{-4}$$

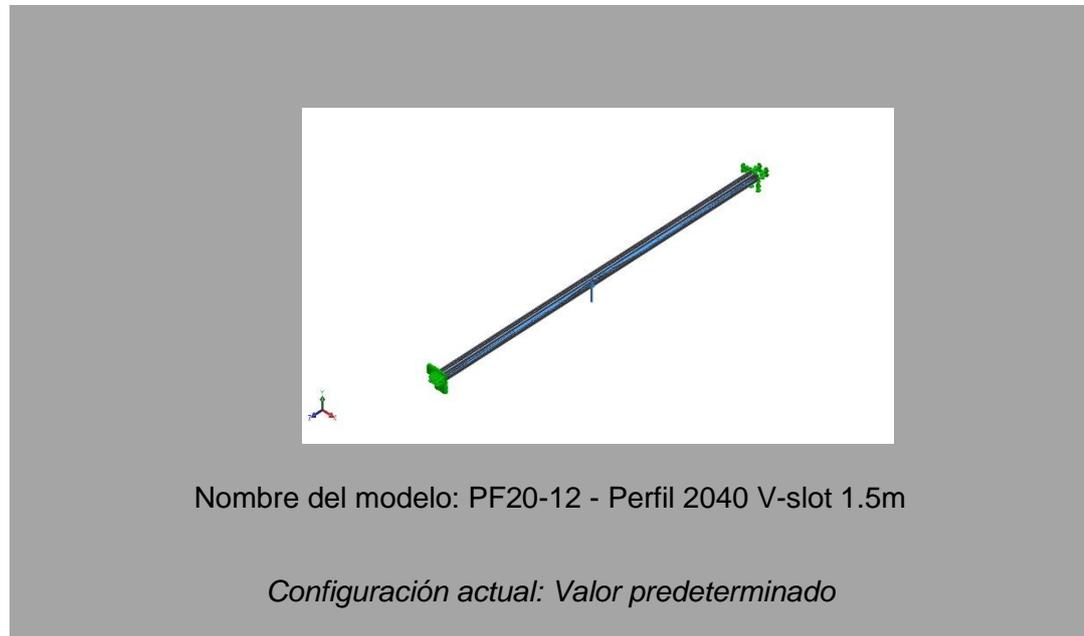
Esfuerzo permisible:

$$\tau = \frac{21.484Nm}{4 \times 10^{-4}m^3} = 53710kPa.$$

3.2.1.1. Información del modelo

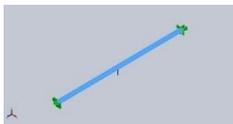
Tabla 4

Información del modelo del perfil 2040



Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/ Fecha de modificación
Cortar- Extruir4	Sólido	Masa:1,24863 kg Volumen:0,000462455 m ³ Densidad:2.700 kg/m ³ Peso:12,2366 N	C:\Users\j\Desktop\Tesis\Proyecto\PF20-12 - Perfil 2040 V-slot 1.5m.SLDPRT Jul 26 20:40:34 2021



3.2.1.2. Unidades

Tabla 5

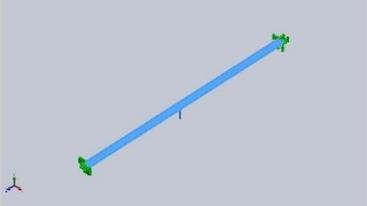
Sistema de unidades, longitud, temperatura, velocidad angular y presión.

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	Mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

3.2.1.3. Propiedades de material

Tabla 6

Propiedades del material del perfil 2040

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
 <p>Referencia de modelo</p>	Nombre:	6063-T5 Sólido
	Tipo de modelo:	Isotrópico- elástico-lineal 1(Cortar- Extruir4)(PF2
	Límite elástico:	1,45e+08N/m ² : 0-12 - Perfil
	Límite de tracción:	1,85e+08 N/m ² 2040 V-slot 1.5m)
	Módulo elástico:	6,9e+10 N/m ²
	C. de Poiss:	0,33
	Densidad:	2.700 kg/m ³
	Módulo cortante:	2,58e+10 N/m ²

3.2.1.4. Información de malla – Detalles

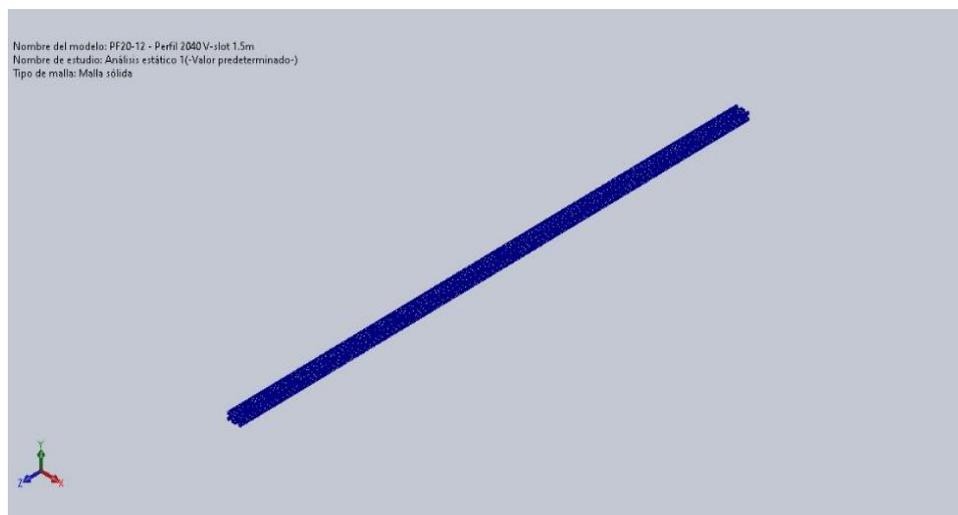
Tabla 7

Información de malla con detalles

Número total de nodos	161045
Número total de elementos	87687
Cociente máximo de aspecto	36,966
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	15,7
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0,227
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:03:10

Figura 8

Modelo perfil 2040

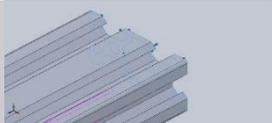


Nota. En la figura se muestra el perfil 20x40 mm el cual es del eje transversal que mide 1540 mm ya que esta máquina tiene de dimensiones internas de 1500 mm.

3.2.1.5. Cargas y sujeciones

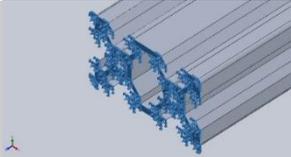
Tabla 8

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1	 <p>Sujeción de modelo fijo 1</p>	Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija

Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-5,59421e-05	-26,93	-174,16	176,23
Momento de reacción (N.m)	0	0	0	0

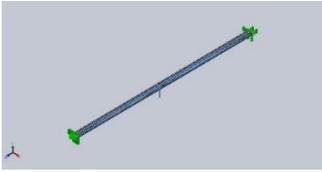
Fijo-2	 <p>Sujeción del modelo fijo 2</p>	Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija
--------	---	--

Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	5,58118e-05	-30,36	174,16	176,787
Momento de reacción (N.m)	0	0	0	0

Tabla 9

Detalles de carga

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga	
Carga/Masa remota (conexión rígida)-1	 <p>Detalla de carga de perfil</p>	Entidades: Tipo de conexión: Sistema de coordenadas: Componentes traslacionales: Componentes rotacionales: Coordenadas de referencia:	1 cara(s) Unión rígida Coordenadas cartesianas globales ---;57,29 N;--- ---;---;--- 0 0 -0,75 m

Nota. En la tabla se detalla las cargas de perfil de 1,5 metros que es del eje transversal en los detalles nos muestras en cuantas cargas se ejecutan los esfuerzos necesarios, tipo de conexión, el sistema de coordenadas que se utilizan los componentes de traslación, componentes de rotación y las coordenadas de referencia.

3.2.1.6. Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Tabla 10

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-8,50632e-08	-57,29	-1,23843e-05	57,29

Nota. Se presenta las fuerzas de reacción los ejes "X", "Y" y "Z".

3.2.1.7. Momentos de reacción

Tabla 11

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

Nota. Se presenta de momentos de reacción los ejes "X", "Y" y "Z".

3.2.1.8. Fuerzas de cuerpo libre

Tabla 12

Fuerzas de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-4,66735e-06	2,21154e-06	-1,71975e-07	5,16766e-06

Nota. Se presenta las fuerzas de cuerpo libre de los ejes "X", "Y" y "Z".

3.2.1.9. Momentos de cuerpo libre

Tabla 13

Momentos de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	1e-33

Nota. Se presenta las fuerzas de cuerpo libre de los ejes "X", "Y" y "Z".

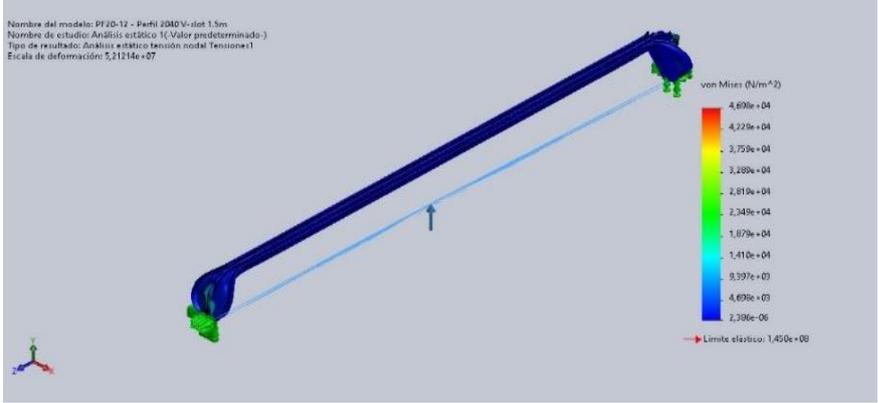
3.2.1.10. Resultado de estudio

Tabla 14

Resultado de estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	2,386e-06N/m ² Nodo: 3331	4,698e+04N/m ² Nodo: 82494

Nombre del modelo: PF20-12 - Perfil 2040 V-slot 1.5m
 Nombre de estudio: Análisis estático 1 (Valor predeterminado.)
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
 Escala de deformación: 5,21214e+07

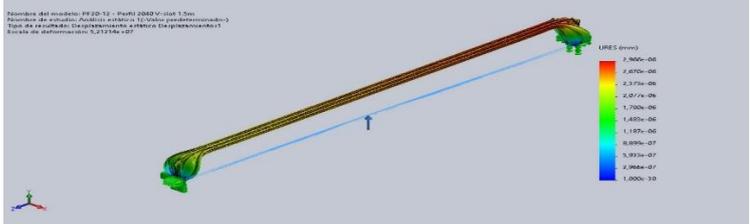


PF20-12 - Perfil 2040 V-slot 1.5m-Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1

Tabla 15

Resultado de estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES:	0,000e+00mm	2,966e-06mm
	Desplazamiento s resultantes	Nodo: 1	Nodo: 11236



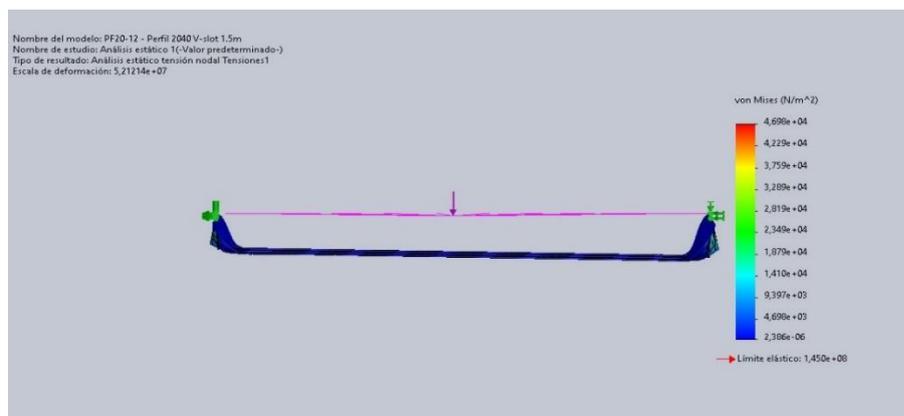
Nombre del modelo: PF20-12 - Perfil 2040 V-slot 1.5m
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Valor predeterminado-)
 Tipo de resultado: Desplazamientos y Vectores (en coordenadas)
 Escala de deformación: 5,21214e+07

PF20-12 - Perfil 2040 V-slot 1.5m-Análisis estático 1-Desplazamientos-
 Desplazamientos1

Nota. En la tabla se muestra los resultados de momento flexionante.

Figura 9

Análisis estático tensión nodal.



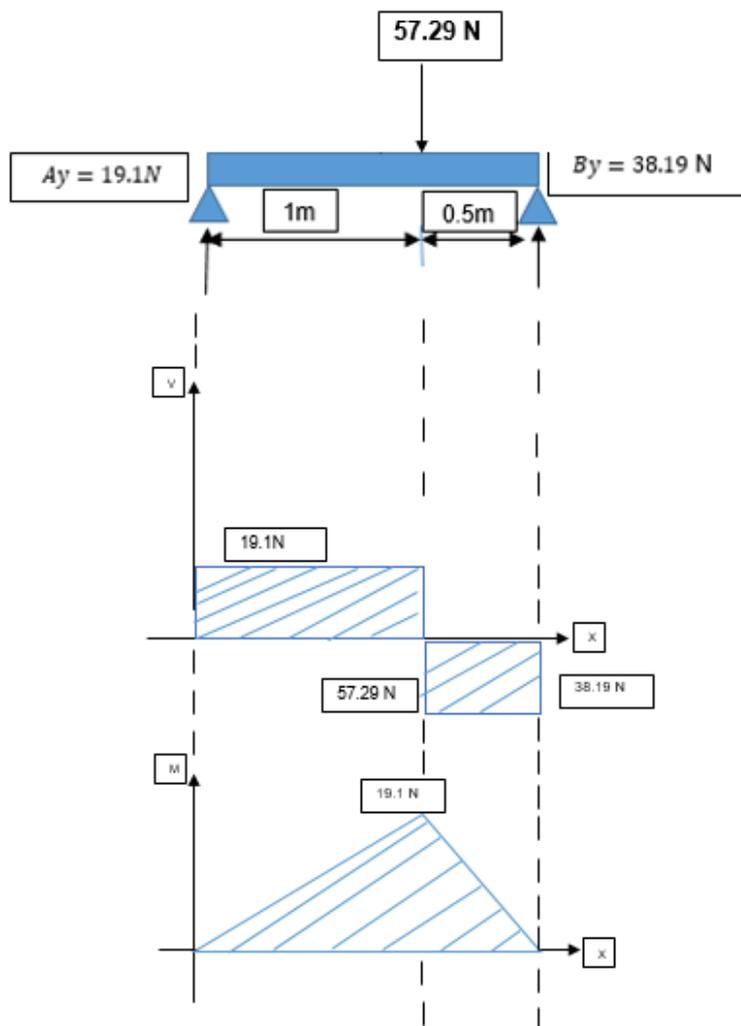
Nota. se muestra el análisis de las fuerzas ejerciendo en los puntos y si momento flexionate

3.2.2. Cálculo del eje transversal en el punto "x" distante

Continuando con los cálculos de momentos para el eje transversal en un punto "x" distante con la medida de 1.5m con una fuerza de 57.29 N, en la (Figura 17) podemos observar diagramas de flujos, estos valores se obtuvieron por medio del software Solid Works al momento de realizar el diseño

Figura 10

Eje transversal de 1.5m en un punto "x" distante.



$$\sum MA = 0$$

$$-57.29 * 1m + By * 1.5m = 0$$

$$By = \frac{57.29Nm}{1.5m}$$

$$By = 38.19N$$

$$\sum Fy = 0$$

$$Ay - 57.29N + 38.19N = 0$$

$$Ay = 19.1N$$

$$\sum M = 0$$

$$M - 19.1 = 0$$

$$(M - 19.1N * 0m = 0)$$

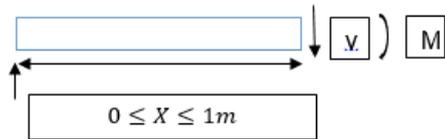
$$M = 0$$

$$M = 19.1N * 1m$$

$$\sum M = 0$$

$$M - 19.1Nx + 57.29N(x - 1m) = 0$$

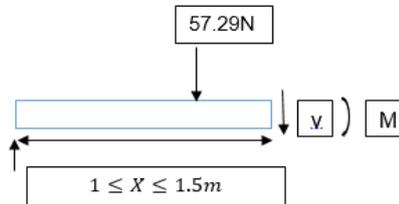
$$M - 19.1Nx + 57.29Nx - 57.29Nm = 0$$



$$M - 19.1N(1m) + 57.29N(1m) - 57.29Nm = 0$$

$$M = 19.1Nm - 57.29Nm + 57.29Nm$$

$$M = 19.1Nm$$



$$M = 19.1Nx - 57.29Nx + 57.29Nm$$

$$M = 19.1N(1.5m) - 57.29N(1.5m) + 57.29Nm$$

$$M = 28.1Nm - 85.935 + 57.29Nm$$

$$M = 0$$

Módulo de sección

$$I = \frac{b * h^3}{12} = c = \frac{h}{2}$$

$$S1 = \frac{\frac{b * h^3}{12}}{\frac{h}{2}} = \frac{b * h^2}{6}$$

$$S1 = \frac{1.5m(0.04m)^2}{6}$$

$$S1 = 4 \times 10^{-4}$$

Esfuerzo permisible:

$$\tau = \frac{19.1Nm}{4 \times 10^{-4} m^3} = 47750 \text{ kPa}$$

3.2.2.1. Información del modelo

Tabla 16

Información del modelo



Nombre del modelo: PF20-12 - Perfil 2040 V-slot 1.5m

Configuración actual: Valor predeterminado

Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Cortar-Extruir4  Corte y extrusion del perfil	Sólido	Masa:1,24863 kg Volumen:0,000462455 m ³ Densidad:2.700 kg/m ³ Peso:12,2366 N	C:\Users\j\Desktop\Tesis\Proyecto\PF20-12-Perfil-2040-V-slot 1.5m.SLDPRT-Aug 9 12:33:34 2021

3.2.2.2. Unidades

Tabla 17

Sistema de unidades del perfil

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

3.2.2.3. Propiedades de material

Tabla 18

Propiedades de material y referencia del modelo

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
Referencia del modelo	Nombre: 6063-T5	Sólido
	Tipo de modelo: Isotrópico	1(Cortar-
	elástico lineal	Extruir4)(PF20
	Límite elástico: 1,45e+08 N/m ²	-12 - Perfil
	Límite de tracción: 1,85e+08 N/m ²	2040 V-slot
	Módulo elástico: 6,9e+10 N/m ²	1.5m)
	C. de Poisson: 0,33	
	Densidad: 2.700 kg/m ³	
	Módulo cortante: 2,58e+10 N/m ²	
	C. de dilatación térmica: 2,3e-05 /Kelvin	

Figura 11

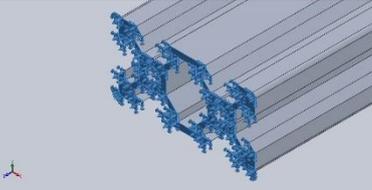
Perfil 2040 análisis estático de un punto "X".



Nota. en la figura se muestra el eje transversal con el análisis a un a 1 m de distancia de uno de los extremos del eje con esto consideramos los puntos críticos en cada uno de los puntos que se va a mover el carro móvil del eje "X", así podemos tener con certeza que va a tener un correcto dimensionamiento en la parte mas alta de la máquina del huerto robotizado.

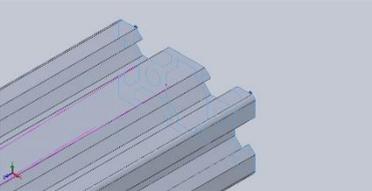
Tabla 19

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción	
Fijo-1	 <p>Sujeción de modelo fijo 1</p>	Entidades: Tipo:	1 cara(s) Geometría fija

Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	2,32421e-05	18,882	0,161103	18,8869
Momento de reacción (N.m)	0	0	0	0

Fijo-2	 <p>Sujeción de modelo fijo 2</p>	Entidades: Tipo:	1 cara(s) Geometría fija
--------	--	-----------------------------------	-----------------------------

Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-3,33041e-05	38,32	0,16105	38,3203
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Tabla 20

Cargas y sujeciones del perfil

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga	
Carga remota (conexión distribuida)- 2	 <p>Modelo con carga remota</p>	Entidades: Tipo de conexión: Factor de peso: Sistema de coordenadas: Componentes traslacionales: Componentes rotacionales: Coordenadas de referencia:	1 cara(s) Distribuida Predeterminado (constante) Coordenadas cartesianas globales ---;-57,29 N;--- ---;---;--- 0 0 -1 m

Nota. En la tabla se muestra las cargas y sujeciones del perfil 2040 con sus detalles en los cuales nos dicen las entidades que son las caras en las que se efectúan las sujeciones también nos dice sobre los factores de peso que nos dice si esta o no determinado, al igual que nos muestra el sistema de coordenadas en las que pueden ser polares o cartesianas, también podemos observar los componentes de traslación con su respectivo coeficiente que esta determinado en la tabla esto también nos muestra las coordenadas en las que se ubica el perfil.

3.2.2.4. Información de malla

Tabla 21

Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	16 Puntos
Tamaño de elementos	0,00677199 m
Tolerancia	0,000338599 m
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Nota. En la tabla nos muestra el información del mallado que se realiza en el perfil.

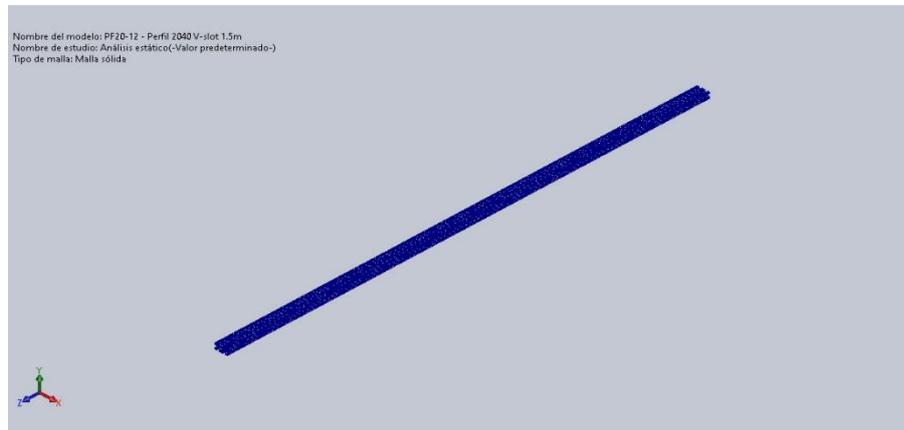
3.2.2.5. Información de malla – Detalles

Tabla 22

Información de malla con detalles

Número total de nodos	161045
Número total de elementos	87687
Cociente máximo de aspecto	36,966
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	15,7
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0,227
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:02:45

Nota. En esta tabla nos muestra la información del mallado con detalles es decir el número de nodos el total de elementos el cociente máximo y más que se muestra en la tabla.

Figura 12*Analisis estatico perfil 2040*

Nota. Se muestra el perfil de 20 x 40 que se va a utilizar en el eje "X"

3.2.2.6. Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Tabla 23

Resultado de fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-5,64754e-06	57,2062	3,32296e-06	57,2062

3.2.2.7. Momento de reacción

Tabla 24

Resultado de momento de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

3.2.2.8. Fuerzas de cuerpo libre

Tabla 25

Resultado de fuerzas de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	0,0034739	0,0074483	0,001717	0,00839624
		2	5	79	

Nota. En la tabla nos muestra los resultados de fuerza de cuerpo libre en las coordenadas "X", "Y" y "Z", también nos da todo el modelo con el coeficiente resultante.

3.2.2.9. Momentos de cuerpo libre

Tabla 26

Resultado de momento de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	1e-33

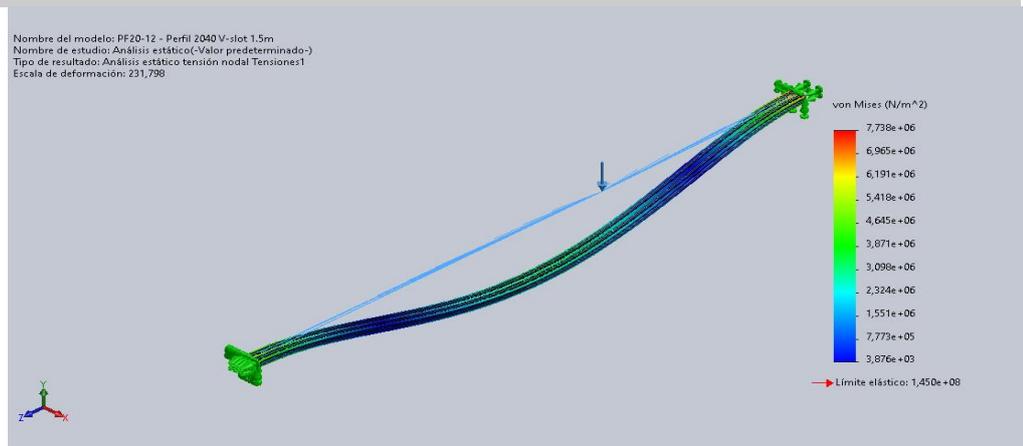
Nota. En la presente tabla nos muestra el resultado de momento de cuerpo libre en las coordenadas "X", "Y" y "Z", también nos da todo el modelo con el coeficiente del momento resultante.

3.2.2.10. Resultados del estudio

Tabla 27

Resultado del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máy.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	3,876e+03N/m ² Nodo: 51857	7,738e+06N/m ² Nodo: 2993



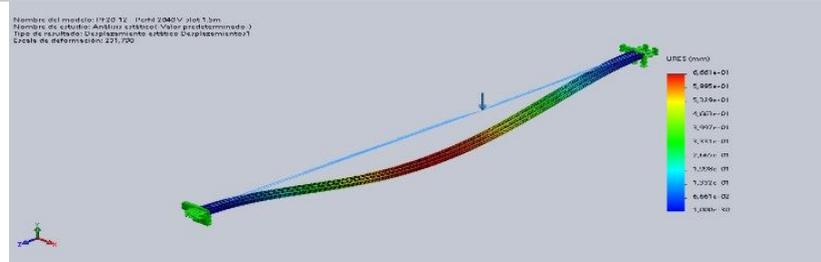
PF20-12 - Perfil 2040 V-slot 1.5m-Análisis estático-Tensiones-Tensiones1

Nota. La tabla muestra el análisis estático de tensión de los puntos máximo y mínimo en los cuales puede tener un correcto funcionamiento, también nos muestra lo contrario cuando puede llegar a fallar por sobrecargas en las vigas con ello podemos analizar la cantidad de carga que puede soportar la vida de aluminio con los respectivos cálculos de módulo de sección y esfuerzo permisible.

Tabla 28

Resultado del estudio de desplazamientos

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0,000e+00mm Nodo: 1	6,661e-01mm Nodo: 5862



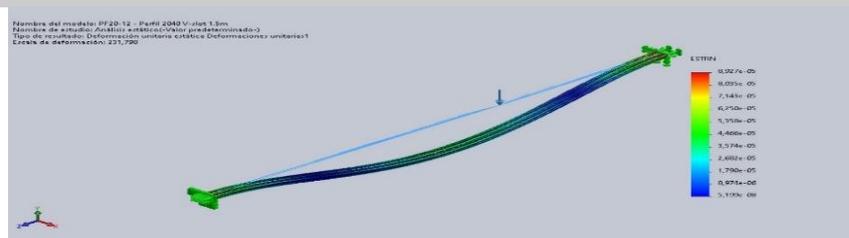
PF20-12 - Perfil 2040 V-slot 1.5m-Análisis estático-Desplazamientos-
Desplazamientos1

Nota. Se muestra el análisis estático de desplazamiento en la viga.

Tabla 29

Resultado del estudio de deformaciones

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	5,199e-08 Elemento: 3755	8,927e-05 Elemento: 1619

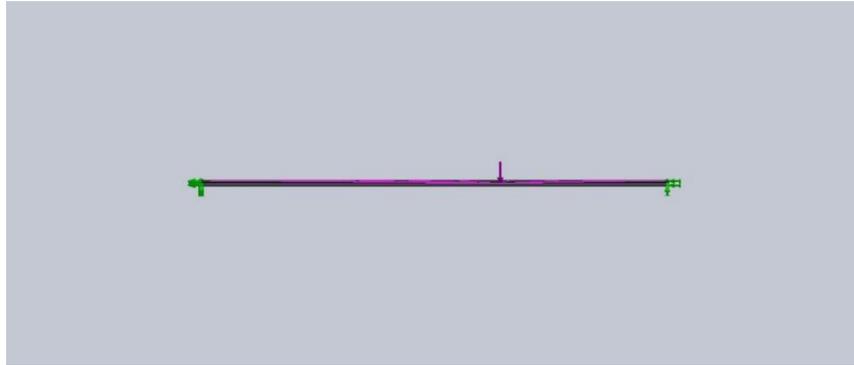


PF20-12 - Perfil 2040 V-slot 1.5m-Análisis estático-Deformaciones unitarias-
Deformaciones unitarias1

Nota. En la tabla se expresa la deformación unitaria de la viga de 1.5m.

Figura 13

Perfil 2040 análisis estático de un punto x.



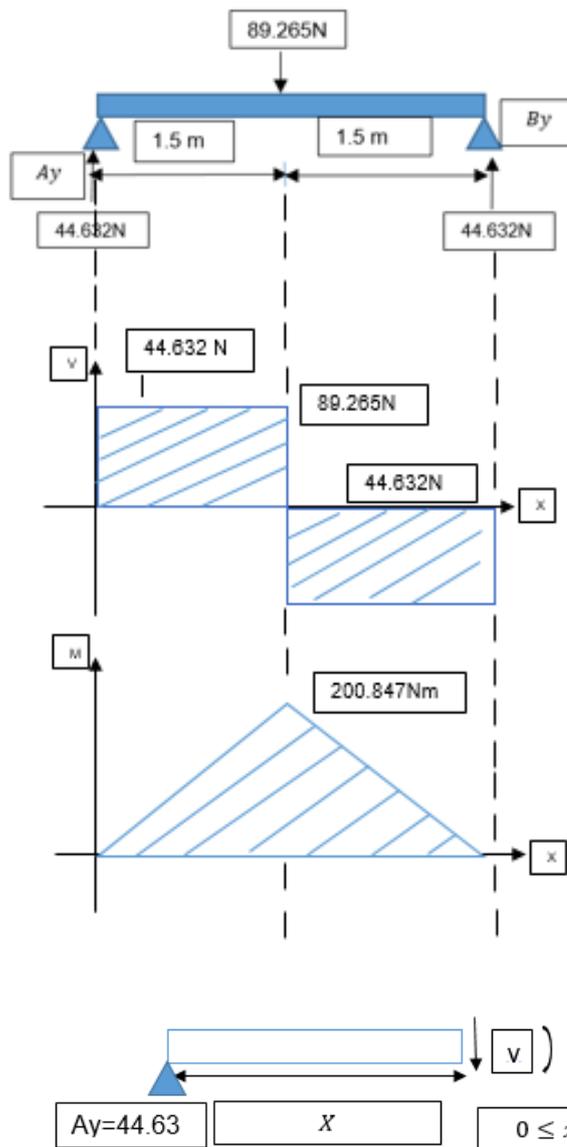
Nota. Perfil 2040 análisis estático de un punto x con las fuerzas del que va a soportar el eje.

3.2.3. Cálculo del eje longitudinal en el punto medio

Continuando con los cálculos de momentos para el eje longitudinal en el punto medio con la medida de 3 con una fuerza de 89.265 N, en la (Figura 27) podemos observar diagramas de flujos, estos valores se obtuvieron por medio del software Solid Works al momento de realizar el diseño

Figura 14

Eje longitudinal de 3m de un punto medio.



$$\sum MA = 0$$

$$-(89.265N)(1.5m) + By(3m) = 0$$

$$133.897 + By(3m) = 0$$

$$By = \frac{133.897Pa}{3m}$$

$$By = 14.632N$$

$$\sum Fy = 0$$

$$Ay - 89.265N + 44.632N = 0$$

$$Ay = 44.632N$$

$$\sum M = 0$$

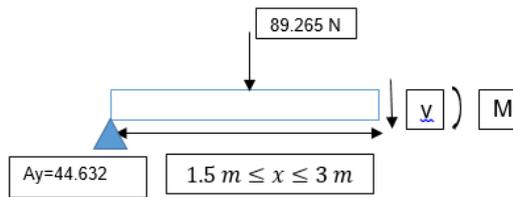
$$M - 44.635x = 0$$

$$M - 44.635(0) = 0$$

$$(M = 0)$$

$$M - 44.632(1.5m) = 0$$

$$M = 66.948Nm$$



$$\sum M = 0$$

$$M - 44.632 + 89.265(x - 1.5\text{m}) = 0$$

$$M - 44.632x + 89.265x - 133.88 = 0$$

$$M = 66.948\text{Nm}$$

$$M = 44.632x - 89.265x\text{N} + 133.88\text{Nm}$$

$$M = 0$$

Módulo de sección

$$I = \frac{b * h^3}{12} = c = \frac{h}{2}$$

$$S1 = \frac{\frac{b * h^3}{12}}{\frac{h}{2}} = \frac{b * h^2}{6}$$

$$S1 = \frac{3\text{m}(0.04\text{m})^2}{6}$$

$$S1 = 8 \times 10^{-4}$$

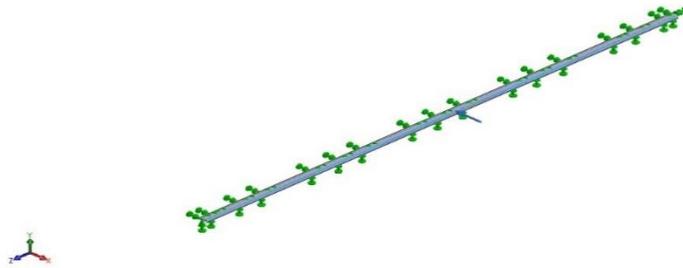
Esfuerzo permisible:

$$\tau = \frac{200.847\text{Nm}}{8 \times 10^{-4}\text{m}^3} = 251.05875\text{kPa}.$$

3.2.3.1. Información de modelo

Tabla 30

Información de modelo del perfil



Nombre del modelo: PF20-12 - Perfil 2040 V-slot 3,246

Configuración actual: Valor predeterminado

Sólidos				
Nombre de documento referencia	de Tratado y como	Sólido	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Cortar-Extruir14		Sólido	Masa:2,42721 kg Volumen:0,000898966 m ³ Densidad:2.700 kg/m ³ Peso:23,7866 N	C:\Users\j\Desktop\Tesis\Proyecto\PF20-12 - Perfil 2040 V-slot 3,246.SLDPRT Jul 13 20:38:29 2021
Corte y extruir perfil				

3.2.3.2. Unidades

Tabla 31

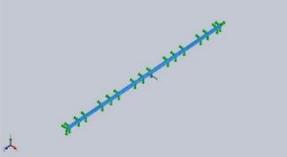
Resultado de unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

3.2.3.3. Propiedades de material

Tabla 32

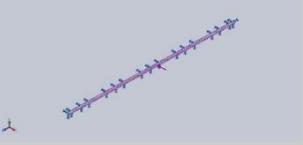
Resultado de propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes	
 <p>Referencia del modelo</p>	Nombre:	6063-T5	Sólido
	Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal	1(Cortar- Extruir14)
	Límite elástico:	1,45e+08 N/m ²	(PF20-12 -
	Límite de tracción:	1,85e+08 N/m ²	Perfil 2040 V-
	Módulo elástico:	6,9e+10 N/m ²	slot 3,246)
	C. de Poisson:	0,33	
	Densidad:	2.700 kg/m ³	
	Módulo cortante:	2,58e+10 N/m ²	
	C. de dilatación térmica:	2,3e-05 /Kelvin	

3.2.3.4. Cargas y sujeciones

Tabla 33

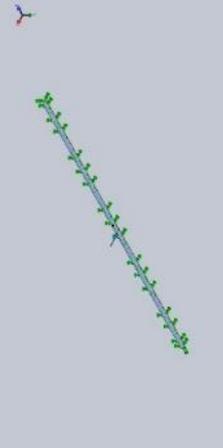
Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-2	 <p>Sujeción del modelo fijo 1</p>	Entidades:	1 cara(s)	
		Tipo:	Geometría fija	
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	89,2694	0,000473395	0,000182465	89,2694
Momento de reacción (N.m)	0	0	0	0

Nota. En la tabla se muestra las fuerzas que se ejercen en los ejes "X", "Y" y "Z" con la fuerza de reacción la fuerza resultante como también el momento de reacción que con ello podemos realizar el respectivo análisis para poder llegar a ver el punto de inflexión donde este puede llegar a fallar.

Tabla 34

Cargas y sujeciones

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga	
Carga remota (conexión distribuida)-1	 <p data-bbox="555 1025 823 1126">Sujeción del modelo fijo 2</p>	Entidades:	4 cara(s)
		Tipo de conexión:	Distribuida
		Factor de peso:	Predeterminado (constante)
		Sistema de coordenadas:	Coordenadas cartesianas globales
		Componentes traslacionales:	-89,27 N;---;---
		Componentes rotacionales:	---;---;---
		Coordenadas de referencia:	0 0 1,5 m

Nota. Muestra la cargas y sujeciones de la viga con los detalles de las cargas para con esto podemos realizar las sujeciones que se pueden llegara a utilizar al momento de realizar las cargas de por los materiales que llagan a utilizar sobre la viga que es un medio para deslizar por ella.

3.2.3.5. Información de malla

Tabla 35

Información de malla

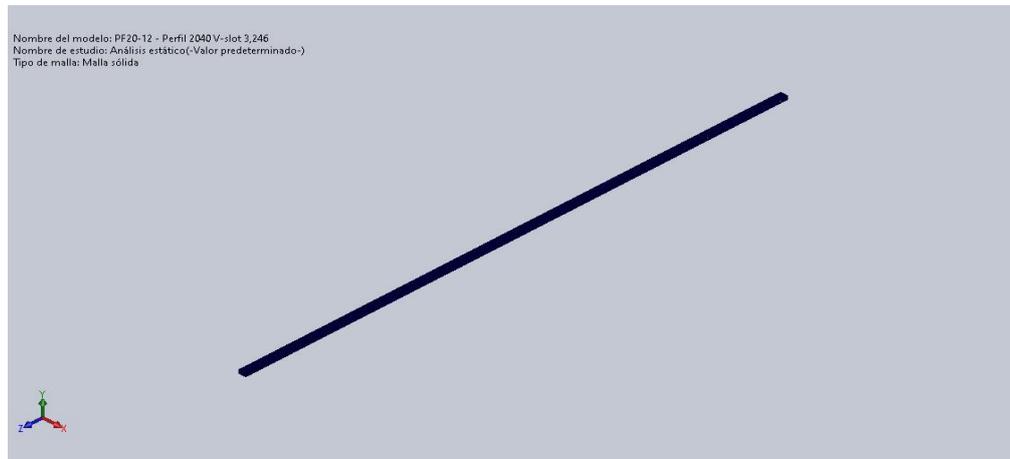
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	16 puntos
Tamaño de elementos	0,00943575 m
Tolerancia	0,000471788 m
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

3.2.3.6. Información de malla- Detalles

Tabla 36

Información de malla con detalles

Número total de nodos	284396
Número total de elementos	167372
Cociente máximo de aspecto	47,035
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	14,5
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	11,3
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:07:11

Figura 15*Análisis estático perfil 2040.**Nota: Se muestra el perfil de una vista isométrica***3.2.3.7. Fuerzas Resultantes***Fuerzas de reacción***Tabla 37***Resultado fuerzas de reacción*

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	89,2694	0,000473395	0,000182465	89,2694

3.2.3.8. Momentos de reacción**Tabla 38***Resultado de momentos de reacción*

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	89,2694	0,000473395	0,000182465	89,2694

3.2.3.9. Fuerzas de cuerpo libre

Tabla 39

Resultado de fuerzas de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0,00639169	0,00695236	0,000859362	0,00948301

Nota. En la tabla nos muestra el resultado de fuerza de cuerpo libre en las respectivas.

3.2.3.10. Momentos de cuerpo libre

Tabla 38

Resultado de momentos de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	1e-33

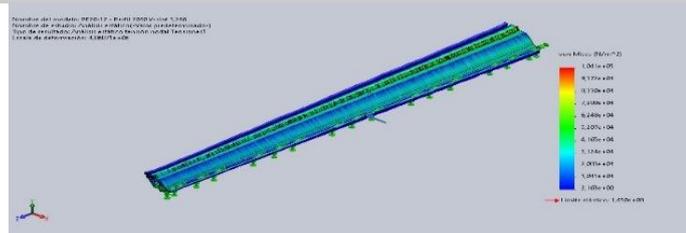
Nota. La tabla nos muestra el resultado de momento de cuerpo libre con las coordenadas "X" "Y" y "Z" con su respectivo resultado de momento de cuerpo libre.

3.2.3.11. Resultados del estudio

Tabla 40

Resultado del estudio de tensiones

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	2,163e+00N/m ² Nodo: 200922	1,041e+05N/m ² Nodo: 152877

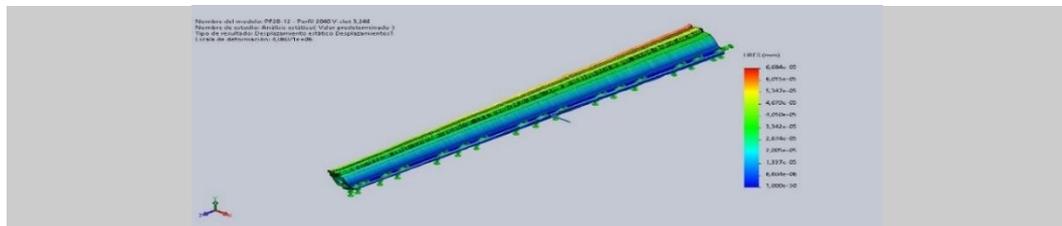


PF20-12 - Perfil 2040 V-slot 3,246-Análisis estático-Tensiones-
Tensiones1

Tabla 41

Resultado del estudio de desplazamientos

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0,000e+00mm Nodo: 19506	6,684e-05mm Nodo: 200135

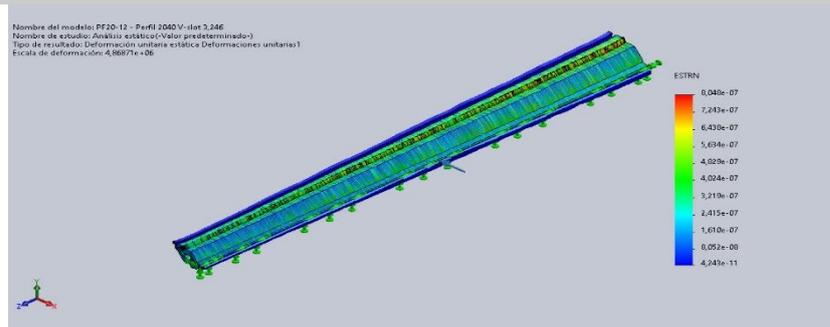


PF20-12 - Perfil 2040 V-slot 3,246-Análisis estático-Desplazamientos-
Desplazamientos1

Tabla 42

Resultado del estudio de deformaciones

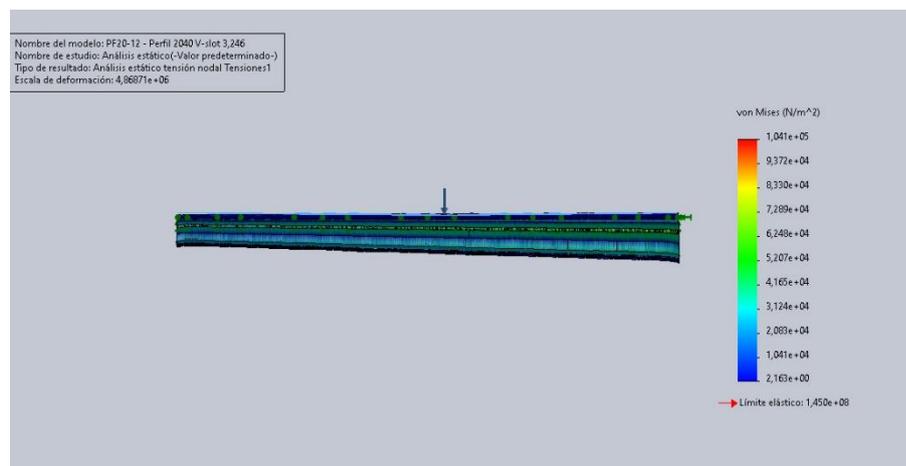
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	4,243e-11	8,048e-07
		Elemento: 110333	Elemento: 95008



PF20-12 - Perfil 2040 V-slot 3,246-Análisis estático-Deformaciones unitarias-
Deformaciones unitarias1

Figura 16

Análisis estático



Nota. Análisis del eje empotrado del eje longitudinal

3.2.4. Cálculo del eje longitudinal de un punto distinto "x" distante

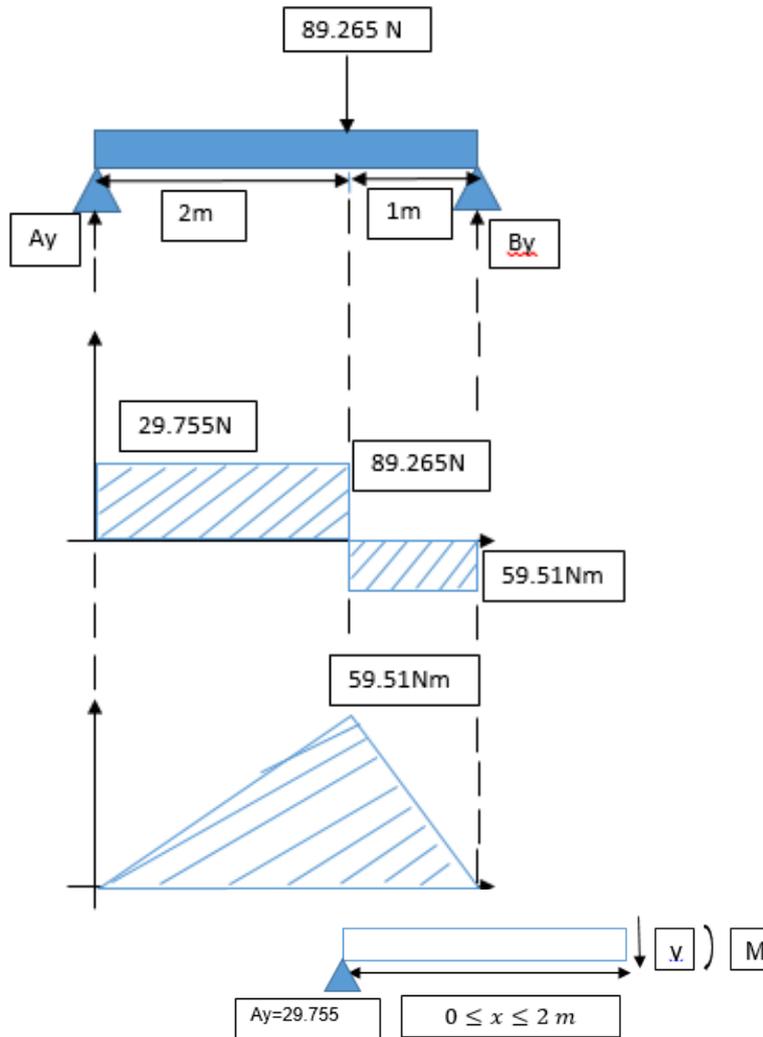
Como primer punto realizamos cálculos de momentos para el eje longitudinal que mide 3 en un punto distinto al medio con una fuerza de 89.265 N, en la (Figura 17) podemos observar diagramas de flujos, estos valores se obtuvieron por medio del software SolidWorks al momento de realizar el diseño.

Realizamos los cálculos de fuerzas de flector y momento flexionante para el correcto dimensionamiento de la máquina, para con ello no tener problemas al momento de la implementación, por lo que también se realiza el módulo de sección y el esfuerzo permisible, que con eso datos podemos saber el punto de fallo de la viga.

A continuación de realizar los cálculos del eje longitudinal con los parámetros ya planteados.

Figura 17

Eje longitudinal de un punto "x" distante



$$\sum M_y = 0$$

$$-(89.265N)(2m) + B_y(3m) = 0$$

$$-178.53 + B_y(3m) = 0$$

$$B_y = \frac{178.53Pa}{3m}$$

$$B_y = 59.51N$$

$$\sum F_y = 0$$

$$A_y - 89.265N + 59.51N = 0$$

$$A_y = 89.265N - 59.51N$$

$$A_y = 29.755N$$

$$\sum M = 0$$

$$M - 29.755(x) = 0$$

$$M = 29.755N(0)$$

$$M = 0Nm$$

$$M = 29.755(2m)$$

$$M = 59.51Nm.$$

$$\sum M = 0$$

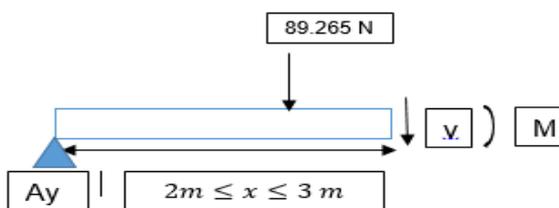
$$M - 29.755N(x) + 89.265N(x - 2m) = 0$$

$$M + 59.51N(x) + 89.265N(x) - 178.53N = 0$$

$$M + 59.51N(x) - 178.53N = 0$$

$$M + 59.51N(2m) - 178.53N = 0$$

$$M = 59.51Nm$$



$$M + 59.51(3m) - 178.53N = 0$$

$$M = 0 \text{ Nm}$$

Módulo de sección

$$I = \frac{b * h^3}{12} = c = \frac{h}{2}$$

$$S1 = \frac{\frac{b * h^3}{12}}{\frac{h}{2}} = \frac{b * h^2}{6}$$

$$S1 = \frac{3m(0.04m)^2}{6}$$

$$S1 = 8 \times 10^{-4}$$

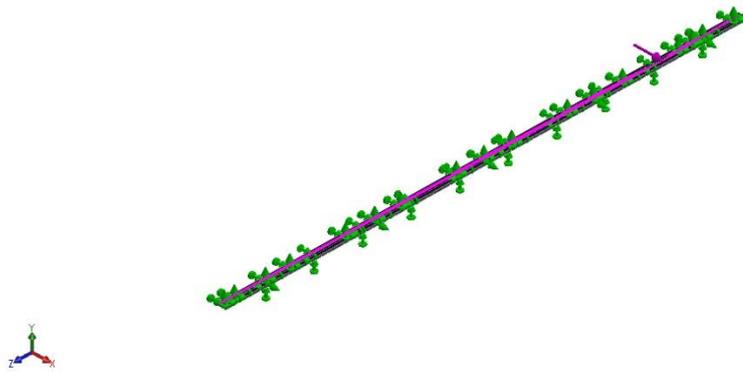
Esfuerzo permisible:

$$\tau = \frac{59.51Nm}{8 \times 10^{-4}m^3} = 74.3875kPa.$$

3.2.4.1. Información de modelo

Tabla 43

Información del modelo del perfil



Nombre del modelo: PF20-12 - Perfil 2040 V-slot 3,246

Configuración actual: Valor predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/ Fecha de modificación
 Cortar-Extruir	Sólido	Masa:2,42721 kg Volumen:0,000898966 m ³ Densidad:2.700 kg/m ³ Peso:23,7866 N	C:\Users\j\Desktop\Tesis\Proyecto\PF20-12 - Perfil 2040 V-slot 3,246.SLDPRT Aug 9 15:47:16 2021

3.2.4.2. Unidades

Tabla 44

Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Nota. En la tabla se muestra las unidades en el sistema internacional con el que se realizó el dimensionamiento de la estructura y para esto podemos darnos cuenta en todo el proceso y cálculos de la estructura.

3.2.4.3. Propiedad de estudio

Tabla 45

Resultado de propiedades de estudio

Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar

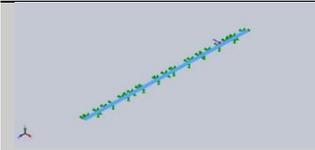
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\j\Desktop\ Tesis\Proyecto)

Nota. Esta tabla nos muestra los tipos de estudio que utilizamos en la viga para comprender que tan segura puede llegar hacer en su implementación y así poder trabajar sin que nos pueda llagar a problema alguno, con estos estudios podemos determinar toda su utilización en el proyecto realizado.

3.2.4.4. Propiedades de material

Tabla 46

Propiedades del material del perfil

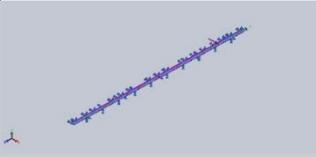
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
 Referencia del modelo	Nombre:	6063-T5 Sólido 1(Cortar-Extruir14)
	Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal (PF20-12 - Perfil 2040 V-slot)
	Límite elástico:	1,45e+08 N/m ²
	Límite de tracción:	1,85e+08 N/m ² 3,246)
	Módulo elástico:	6,9e+10 N/m ²
	C. de Poisson:	0,33
	Densidad:	2.700 kg/m ³
	Módulo cortante:	2,58e+10 N/m ²
	C. de dilatación térmica:	2,3e-05 /Kelvin

Nota. Esta tabla nos muestra las propiedades de los materiales para que no tengamos ningún problema al momento de comprar los materiales a utilizar y estos tenga el mismo respaldo del estudio si no podría a llagar a fallar la maquina en si proceso de funcionamiento si no se ocupa los materiales ya dimensionados.

3.2.4.5. Cargas y sujeciones

Tabla 47

Propiedades del material del perfil

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción	
Fijo-1	 <p><i>Sujeción de modelo fijo 1</i></p>	Entidades:	2 arista(s), 4 cara(s)
		Tipo:	Geometría fija

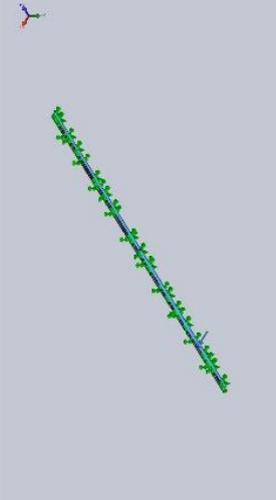
Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-89,2535	-0,00447202	0,00744698	89,2535
Momento de reacción (N.m)	0	0	0	0

Nota. En la presente tabla detalles de la ubicación de las fuerzas en la viga, al igual que la fuerza de reacción que actúan sobre el material a estudiar de la misma forma que vemos el momento de reacción y con las unidades que vamos que se están midiendo en el estudio que sin del sistema internacional.

Tabla 48

Cargas y sujeciones

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga	
Carga remota (conexión distribuida)-1	 <p><i>Sujeción de modelo fijo 2</i></p>	Entidades: 2 cara(s) Tipo de conexión: Distribuida Factor de peso: Predeterminado (constante) Sistema de coordenadas: Cartesianas globales Componentes traslacionales: 89,27 N;---;--- Componentes rotacionales: ---;---;--- Coordenadas de referencia: 0 0 0,5588 m	

Nota. Podemos observar en la imagen de la tabla donde están situadas las fuerzas, al igual que la tabla nos muestra con detalle en que caras se sitúan las cargas, los factores de peso de como van a interactuar en la viga que tipo de coordenadas se están utilizando los componentes traslacionales y las coordenadas de referencia.

3.2.4.6. Información de malla

Tabla 49

Información de malla

Información de malla – detalles

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	16 Puntos
Tamaño de elementos	0,00943575 m
Tolerancia	0,000471788 m
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

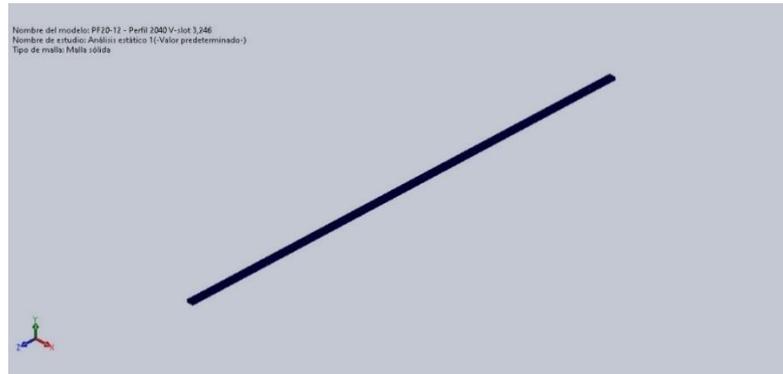
Nota. Describe el tipo de mallado que se utilizo para el estudio con cuantos puntos de jacobianos esto nos muestra el coeficiente de deformación.

Tabla 50

Información de malla con detalles

Número total de nodos	284396
Número total de elementos	167372
Cociente máximo de aspecto	47,035
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	14,5
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	11,3
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:05:26

Nota. La tabla presenta la información de mallado con detalles

Figura 18*Análisis estático perfil 2040*

Nota. Se muestra el perfil de 20mm x 40 mm de 3000 mm.

3.2.4.7. Fuerzas resultantes*Fuerzas de reacción***Tabla 51**

Resultado de fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-89,2535	-0,00447202	0,00744698	89,2535

Nota. La tabla nos muestra el resultado de fuerzas de reacción que de emplea en la viga

3.2.4.8. Momentos de reacción**Tabla 52**

Resultado de momentos de reacción.

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

Nota. En la tabla podemos observar el resultado de momentos de reacción.

3.2.4.9. Fuerzas de cuerpo libre

Tabla 53

Resultado de fuerzas de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0,527579	-0,939511	0,352089	1,13357

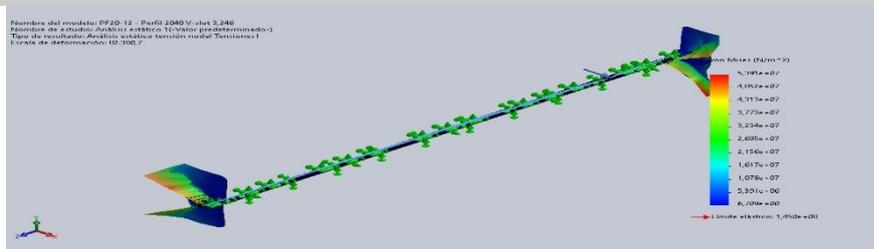
Nota. La presente tabla muestra el resultado de las fuerzas de cuerpo libre.

3.2.4.10. Momentos de cuerpo libre

Tabla 54

Resultado de momento de cuerpo libre

Nombre	Tipo	Mín.	Máy.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	6,709e+00N/m ² Nodo: 61900	5,391e+07N/m ² Nodo: 17907



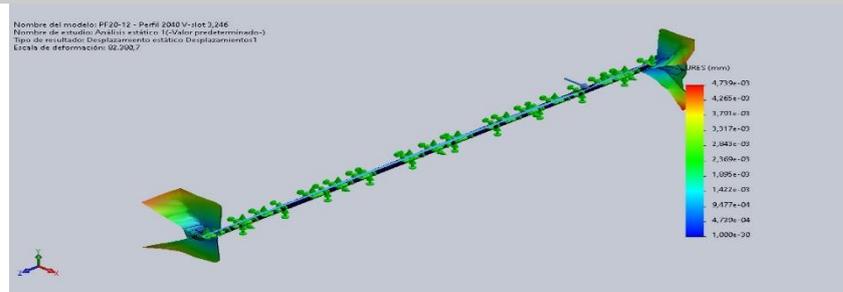
PF20-12 - Perfil 2040 V-slot 3,246-Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1

Nota. Presente tabla nos muestra la tensión de Von Mises que es una magnitud física que es proporcional a la energía de distorsión con esto podemos ver el criterio de fallo elástico, gracias este estudio podemos ver sus valores máximos y mínimos con los que podemos trabajar.

Tabla 55

Resultado del estudio de desplazamientos

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0,000e+00mm Nodo: 23021	4,739e-03mm Nodo: 17907

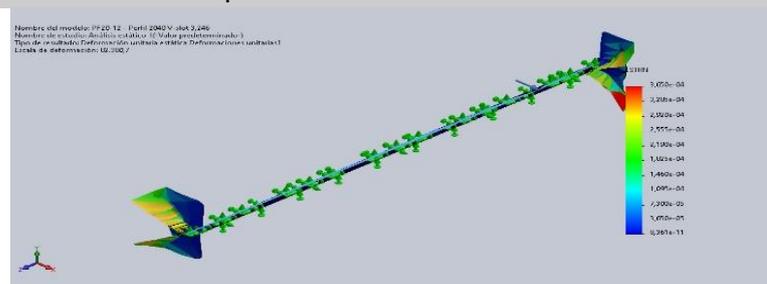


PF20-12 - Perfil 2040 V-slot 3,246-Análisis estático 1-Desplazamientos-
Desplazamientos

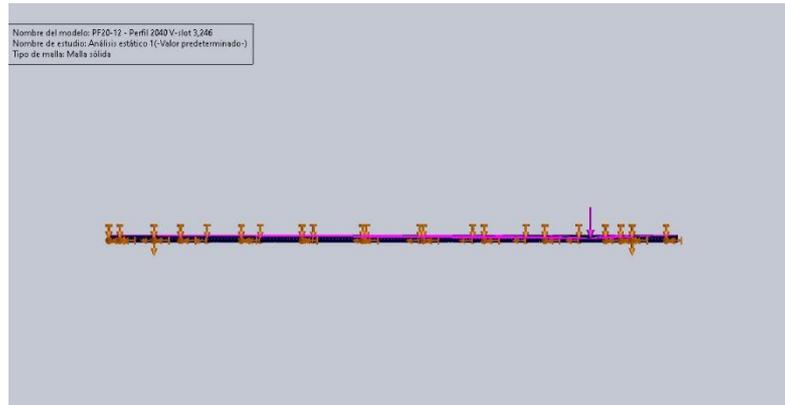
Tabla 56

Resultado del estudio de deformaciones

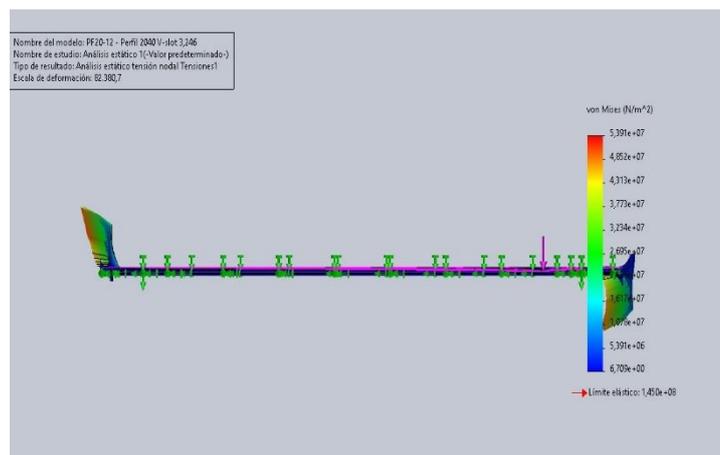
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	8,361e-11 Elemento: 27367	3,650e-04 Elemento: 131142



PF20-12 - Perfil 2040 V-slot 3,246-Análisis estático 1-Deformaciones unitarias-
Deformaciones unitarias1

Figura 19*Análisis estático tipo de malla solida*

Nota. Podemos ver los puntos en donde se van a realizar las cargas.

Figura 20*Análisis estático tensión nodal.*

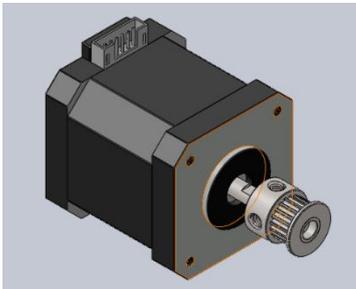
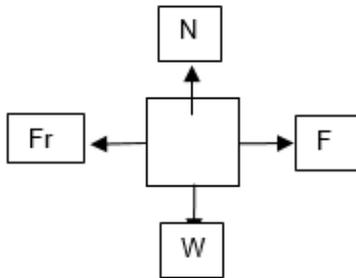
Nota. Podemos observar los puntos criticos y los puntos en el cual se puede llagar a deformar por la fuerza maxima que soporta.

3.3. Dimensionamiento del motor longitudinal

Los cálculos de momentos para el dimensionamiento fueron los siguientes, en la (Figura 21) podemos observar diagramas de flujos, estos valores se obtuvieron por medio del software Solid Works al momento de realizar el diseño.

Figura 21

Diagrama de flujos, momentos del motor Nema 17



$$\sum F_y = 0$$

$$W - N_y = 0$$

$$\sum F_x = 0$$

$$F - Fr = 0$$

$$\sum F_x = 0$$

$$F = Fr$$

$$F = \mu N$$

$$\sum F_y = 0$$

$$W - N = 0$$

$$W = 0$$

$$F = (0.25)(89.265)$$

$$F = 22.316N$$

$$T_m = F \times d$$

$$T_m = (22.316N)(0.36m)$$

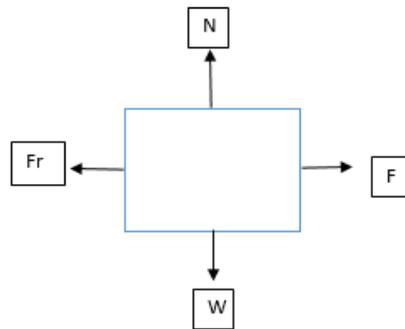
$$T_m = 6.6948Nm.$$

3.4. Dimensionamiento del motor transversal

Se realizó cálculos de sumatoria de fuerzas con sus respectivos diagramas como se observa en la (Figura 21).

Figura 22

Diagrama de flujo del motor transversal



$$\sum F_x = 0$$

$$F = Fr$$

$$F = N\mu$$

$$\sum F_y = 0$$

$$W - N = 0$$

$$W = N$$

$$F = (0.25)(57.29N)$$

$$F = 14.3225N$$

$$T_m = F \cdot d$$

$$T_m = (14.3225N)(0.03cm)$$

$$T_m = 4.2966 \text{ Ncm}$$

$$\tan(\alpha) = \frac{P}{\pi dm}$$

$$\tan(\alpha) = \frac{2mm}{\pi 7mm}$$

$$\tan(\alpha) = 0.0909$$

$$\alpha = \tan^{-1}(0.0909)$$

$$\alpha = 5.1939^\circ$$

$$P = \frac{[F \sin(\alpha) + \mu(\cos \alpha)]}{\cos(\alpha) - \mu \sin(\alpha)}$$

$$P = \frac{3.4335[\text{sen}(5.1939^\circ)] + 0.25[\text{cos}(5.1939^\circ)]}{\text{cos}(5.1939^\circ) - 0.25[\text{sen}(5.1939^\circ)]}$$

$$P = 0.575 N$$

$$T = P \left(\frac{dm}{2} \right)$$

$$T = 0.575mm \left(\frac{7mm}{2} \right)$$

$$T = 2.0125mm$$

$$N = \frac{F}{\text{cos}(\alpha) - \mu \text{sen}(\alpha)}$$

$$N = \frac{3.4335}{\text{cos}(5.1939^\circ) - 0.25 \text{sen}(5.1939^\circ)}$$

$$N = 3.5278 N$$

$$T = \frac{F * dm}{2} * \frac{P + \pi * \mu * dm}{\pi * dm - \mu * P}$$

$$T = \frac{3.4335N * 7mm}{2} * \frac{2mm + \pi * 0.25 * 7mm}{\pi * 7mm - 0.25 * 2mm}$$

$$T = 0.004192$$

$$T_{\text{descenso cargo}} = \frac{F * dm}{2} * \frac{\pi * \mu * dm - P}{\pi * dm + \mu P}$$

$$T_{\text{descenso cargo}} = \frac{3.433N * 0.007m}{2} * \frac{\pi * 0.25 * 0.007m - 0.575N}{\pi * 0.007m + 0.25 * 0.575N} = -0.04126Nm.$$

3.5. Diseño e implementación

Figura 23

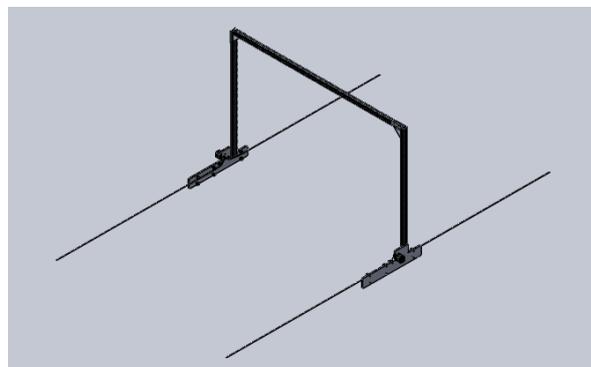
Diseño de mesa con material de madera y perfiles.



Nota. Caja con perfiles del eje longitudinal con dimensión de 20mm x 40mm x 3000mm, en esta caja se va a los elementos como tierra, la siembra y en los perfiles del eje longitudinal estarán perfiles como: superior y transversal con el carro del eje.

Figura 24

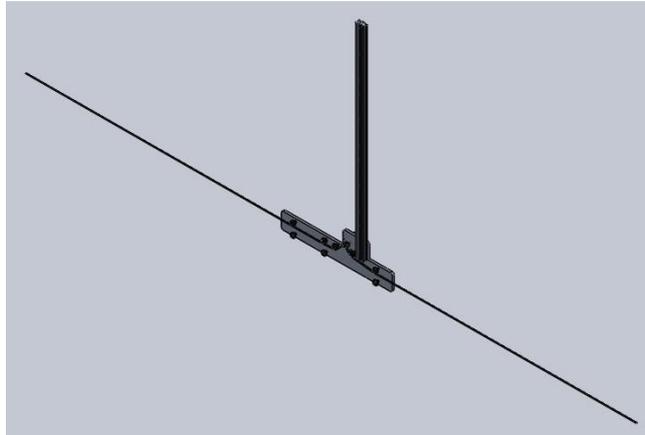
Ensamble perfiles.



Nota. Cuadro superior está conformado por los carros en el eje y o eje longitudinal, con una dimensión del eje superior de 20mm x 40mm x 1000mm, y en eje trasversal consta con una medida de 20mm x 40mm x 1500mm.

Figura 25

Perfil con carro del eje "Y"



Nota. Carro del eje "y" con el eje superior del derecho, esta conformados por ocho ruedas con una medida de 2.5mm.

Figura 26

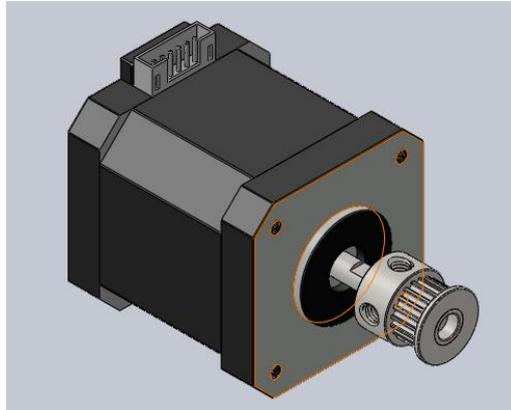
Perfil con carro del eje "Y"



Nota. Carro del eje "y" con el eje superior del lado izquierdo con el eje superior del derecho, esta conformados por ocho ruedas con una medida de 2.5mm, diseño de manera "modo espejo".

Figura 27

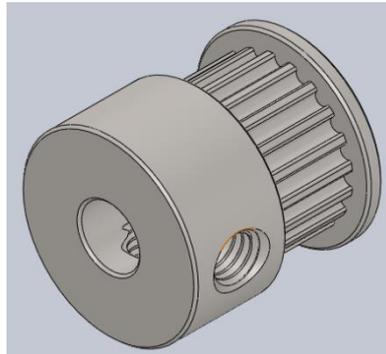
Motor Nema 17



Nota. Motor nema 17, este motor será utilizado durante todo el proceso del modelo del huerto robotizado al momento de realizar la implantación.

Figura 28

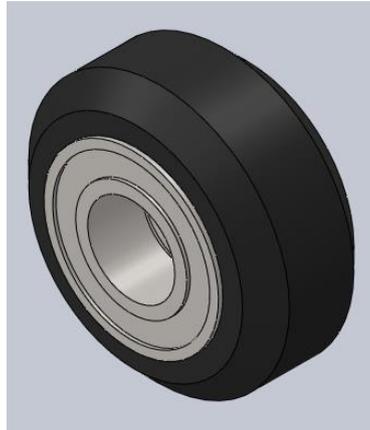
Polea GT 20T5B



Nota. Polea GT 20T5B, tiene un función de ayudar a la transmisión de los ejes "X", "Y" mediante la correa dentada que está ubicada en los tres motores que se ultiman en los ejes "X" y "Y".

Figura 29

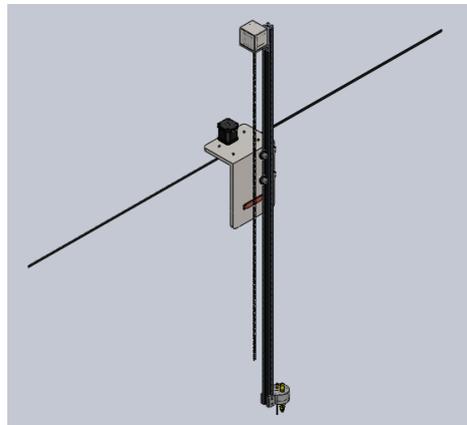
Rueda de polietileno.



Nota. Rueda del polietileno de 2.5 cm de diámetro con dos rodamientos de 3mm, estas ruedas se encuentran ubicadas en los ejes X,Y Z que ayuda a la translación de los ejes cuando estos se encuentren funcionando.

Figura 30

Carro superior del eje trasversal y el eje Z.



Nota. Carro superior del eje trasversal y el eje Z, es un perfil negro cuyas dimensiones son 20mm x 20mm x 1500mm, tiene un tornillo de potencia que ayuda a subir o bajar el cabezal que se encarga del proceso de riego, siembra.

Figura 31

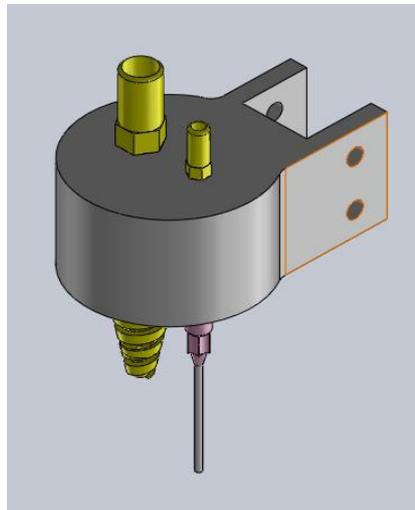
Ensamble de motor Nema 17 con tornillo sin fin.



Nota. Motor con tornillo de potencia (tornillo sin fin), tiene una función de subir o bajar el eje "Z", este tornito tiene una rosa rectangular que se encuentra acoplada al motor Nema 17.

Figura 32

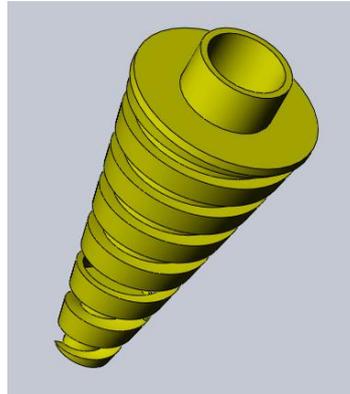
Cabezal



Nota. Este diseño tiene como propósito la aspersion de agua para el sistema de riego de las plantas, está compuesto por un aspersor además de un tubo que servirá para las colocaciones de las semillas al momento de la siembra.

Figura 33

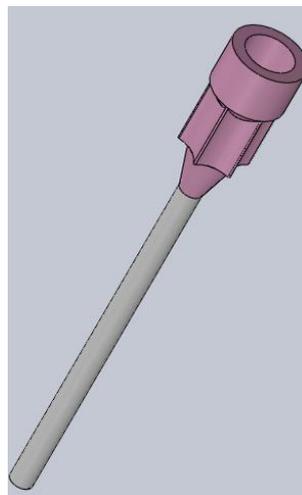
Aspersor de agua.



Nota. Aspersor de agua, este elemento está impreso con un filamento ABS, el aspersor se encuentra ubicado en el cabeza con el acompañamiento de la aguja de la bomba de vacío.

Figura 34

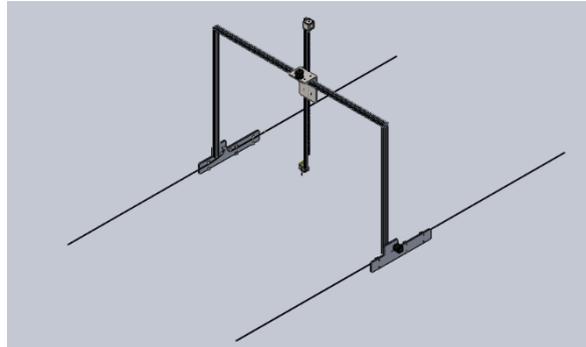
Aguja de bomba de vacío.



Nota. Aguja para bomba de vacío, tiene su funcionalidad de colocar las semillas donde corresponda durante el proceso de la siembra.

Figura 35

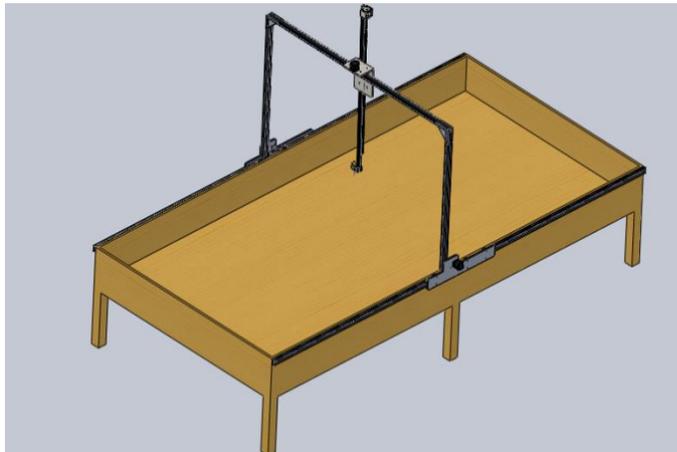
Ensamble perfiles.



Nota. El cuadro superior móvil ensamblado con los carros del eje longitudinal izquierdo y derecho, el carro del eje “Z” y “X, motores de los carros móviles, placas mecanizadas en CNC de acero.

Figura 36

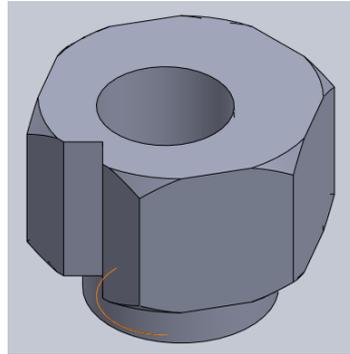
Ensamble final del huerto robotizado.



Nota. Maquina modelo, en esta máquina se llevará acabo la implementación del huerto robotizado que tiene una dimensión de 3m x 1.50m.

Figura 37

Espaciador excéntrico.



Nota. Espaciador excéntrico 6 mm , este espaciador se encuentra ubicado en el lado superior de los carros móviles que tiene como objetivo dar una mayor precisión.

Capítulo IV

4. Pruebas de funcionamiento

4.1. Pruebas en modo manual

- **Descripción:**

Prueba 1: Esta prueba se realizó con material de madera en el eje longitudinal, para comprobar el recorrido del carro.

Valoración: La extinción del fuego fue ejecutada al 100% y efectiva en áreas cortas.

Figura 38

Pruebas con material de madera en el eje longitudinal



Prueba 2: La prueba se realizó con los mismos carros del eje longitudinal y en el eje transversal se utilizó una variante de acero galvanizado de 0.7 mm

Valoración: Durante las pruebas se evidenció:

- Se trabajó con la placa de acero galvanizado la cual no resistió las pruebas de torsión con el tornillo de potencia para el eje "Z".
- Se optó por cambiar la placa por una de acero inoxidable de 1mm, ya que este material tiene una dureza brinell recocido hrb/con deformación en frío

130150/180330 y dureza rockwell re cocido hrb/con deformación en frío 7088 / 1035, esto nos quiere decir que el acero va a soportar la torsión del tornillo de potencia, esta prueba fue 100% exitosa.

Figura 39

Eje transversal se utilizó una variante de acero galvanizado



4.1.1. Pruebas en modo automático.

Dentro de la prueba en modo automático la parte electrónica nos ayuda a poder realizar las pruebas mediante los motores Nema17 como se muestra en la figura 67, ya que estos mueven toda la estructura mediante stepper driver a4988, los cuales nos ayuda con los comandos de movimiento a pasos en el eje longitudinal donde se utiliza los motores, para el eje “Z” o superior nos avalamos por el tornillo de potencia que se mueve atreves de un motor a pasos receptando la señal del arduino mega.

Figura 40

Pruebas con motor nema 17



4.2. Ventajas de la implementación

- La implementación favorece principalmente a las personas que se encuentren en actividades de cultivo, brindando un mejor ambiente, y restando el esfuerzo físico, puede llegar a hacer un método fácil para personas de tercera edad, incluso favoreciendo a personas que carecen del tiempo para mantener el cuidado necesario del cultivo.
- Esta implementación ayuda a regular la cantidad de agua que sea necesario para cada planta que se llegara a sembrar, evitando pérdidas de agua y daños en el cultivo, restando la probabilidad de una asfixia radicular en la siembra.
- La implementación del huerto robotizado se encargara desde el primer paso como la siembra del producto hasta el cuidado como el regadío de agua, cada que sea necesario, ya que cuenta con una extensión no tan grande que será muy fácil de manipular.

4.3. Desventajas de la implementación

- Esta implementación tiene una desventaja como el consumo de energía eléctrica e hídrica por los elementos electrónicos que se llegan a ocupar ya que son varios y tendrían un consumo significativo.

- Por el hecho de tener una tierra será necesario en cada siembra usar diferentes elementos, ya que si existe un monocultivo la tierra llegará a perder nutrientes y minerales, por lo cual las plantas no llegarían a crecer en un ambiente óptimo, sería necesario tener una siembra variada y abonar nutrientes cada cierto tiempo.
- Por no ser un huerto de gran altura, tienden a que se limite el tipo de plantas que se podrán sembrar, por ese motivo solo se llegaría a sembrar verduras y hortalizas ya que estas son plantas pequeñas.

4.4. Presupuestos

Tabla 57

Presupuesto parte Mecánico.

Elementos Eléctricos			
Cant.	Descripción	P. Unitario	P. Total
2	Perfil de aluminio V 20x40 serie 20 negro 3mm	50.09	100.19
2	Perfil de aluminio V 20x40 serie 20 negro 1mm	16.70	33.40
1	Perfil de aluminio V 20x40 serie 20 negro 1.6m	26.72	26.72
1	Acople flexible 8 mm a 5 mm	4.02	4.02
1	Tornillo sinfín 8mm T8 1.20m	24.75	24.75
20	Perno M5x30	0.09	1.79
Cant.	Descripción	P. Unitario	P. Total
20	Ruedas con rodamiento	2.68	53.57
20	Tuerca hexagonal de seguridad M5	0.09	1.79
10	Espaciadores excéntricos 6mm	1.12	11.16

10	Espaciador 6mm	0.27	2.68
20	Arandela de precisión-cnc-5.3x8	0.09	1.79
1	Perfil de aluminio V 20x20 serie 20 negro 1.5m	11.91	11.91
11 m	Banda dentada con alma de acero blanco GT2 6mm	5	55
26	Pernos M30X100 con tuerca y rodela	2.6	10
20	Pernos M5x80 con tuerca de seguridad y rodela 5		
2	Tiplex 489 C	24.81	49.62
5	Tablas de monte	2.24	11.20
1	Listón de 6x6	3	3
1	Broca de	4	4
1	Angulo de acero negro 1 1/4"	10	10
8	Placas esquineras	0.63	5
5	Placas de acero negro (carro del eje longitudinal y trasversal)	4.	20
20	Pernos para el moto nema17	0.05	1
12	Pernos M5x60 con rodelas y tuerca	0.25	3
Cant.	Descripción	P. Unitario	P. Total
1	Impresión 3D de cabezal	30	30
4	Polea plástica en V diámetro 5mm	3.50	14
2	Polea GT2 20 dientes diámetro 5mm	2.59	5.18

1	Tuerca de bronce diámetro 8mm	2.68	2.68
1	Camisa diámetro 8mm	2.68	2.68
1	Acople flexible 5mm a 8mm	2.59	2.59
		P. Total	\$
			500.04

Nota: Materiales y equipos parte mecánica.

Tabla 58

Materiales parte electrónica

Material Mecánico

Cant.	Descripción	P. Unitario	P. Total
2	Motores Nema17 17HS4401	18	36
2	Motores Nema17 17HS3401	15	30
1	Bomba de vacío R385	8	8
1	Válvula solenoide electroválvula 12V	10	10
		P. Total	\$ 84

Capítulo V

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

- Se ha considerado las variables pertinentes de proceso de producción agrícola a través de este diseño robotizado de siembra y riego, para así poder optimizar la cantidad de agua necesaria para cada siembra evitando una asfixia radicular en cada planta.
- A través de este proyecto pudimos observar que la industria agrícola puede mejorar su sistema de producción mediante un diseño CAD, gracias a esto hemos constatado el huerto robotizado
- Se ha comprobado la viabilidad de este proyecto mediante un software de diseño asistido por computadora, con esto hemos asegurado el correcto funcionamiento de los elementos implementados, ya que hemos podido manufacturar piezas de diseño CAD que se utilizó para cortar piezas en acero e imprimirlas en 3D.
- El análisis expuesto nos indica que el sistema de transmisión de potencia mecánica y movimiento de las fuerzas necesarias nos asegura el correcto funcionamiento del dispositivo mediante cálculos, esto nos asegura que las piezas y el tipo de material seleccionado se lo dimensiono de una forma correcta.

5.2. Recomendaciones

- La implementación del huerto robotizado se basa principalmente en la innovación de un sistema de siembra, con el fin de mejorar las actividades y dar una facilidad de tiempo en las personas que carecen de ella, incluso evitar el maltrato físico durante el cultivo.
- Para la implementación de este tipo de estructuras se recomienda realizar el análisis de las cargas efectuadas en cada uno de los puntos críticos en cada viga por la relación de fuerzas de transmisión ya que si no están bien dimensionadas pueden llegar a presentar problemas de deformación.
- Para la manufactura de las piezas se recomienda la implantación de pizas solidas ya que al momento de imprimirlas pueden tener pequeñas complicaciones de puntos críticos al momento de realizar el proceso de impresión.

Bibliografía

Bernal, J. C., Gonzalez, J. C., & Ortiz, J. A. (2015). *CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE ROBOT SEMBRADOR DE MAÍZ*. BOGOTÁ.

Recuperado el 15 de 05 de 2021

CNC, P. (2021). Recuperado el 12 de 06 de 2021, de

<https://perfilesnc.com/?product=perfil-de-aluminio-tipo-v-20x20-1metro-riel-lineal>

CNC, P. (2021). *Perfiles CNC*. Recuperado el 14 de 06 de 2021, de

<https://perfilesnc.com/?product=tornillos-m5>

cnc, P. (2021). *Perfiles cnc*. Recuperado el 17 de 05 de 2021, de

<https://perfilesnc.com/?product=perfil-de-aluminio-tipo-v-20x20-1metro-riel-lineal>

CNC, P. (2021). *Perfiles CNC*. Recuperado el 20 de 07 de 2021, de

<https://perfilesnc.com/?product=perfil-de-aluminio-tipo-v-20x20-1metro-riel-lineal>

CNC, P. (s.f.). *Perfiles CNC*. Recuperado el 15 de 07 de 2021, de

<https://perfilesnc.com/?product=perfil-de-aluminio-tipo-v-20x20-1metro-riel-lineal>

Company, J. W. (2021). *JW Winco Company*. Recuperado el 27 de 07 de

2021, de <https://www.jwwinco.com/es-mx/technical/engineering-tips/pros-and-cons-of-aluminum>

Factory, G. (2013). *Geek Factory*. Recuperado el 01 de 08 de 2021, de <https://www.geekfactory.mx/tienda/motores-actuadores-servos-y-accesorios/motor-a-pasos-nema-17-17hs4401/>

Factory, G. (2013-2021). *Geek Factory*. Obtenido de <https://www.geekfactory.mx/tienda/motores-actuadores-servos-y-accesorios/motor-a-pasos-nema-17-17hs4401/>

Factory, G. (2013-2021). *Geek Factory*. Recuperado el 05 de 08 de 2021, de <https://www.geekfactory.mx/tienda/motores-actuadores-servos-y-accesorios/motor-a-pasos-nema-17-17hs4401/>

LATAM, M. (2021). *Mecatronic LATAM*. Recuperado el 8 de 07 de 2021, de <https://www.mecatronicalatam.com/es/tutoriales/motor/motores-electricos/motor-de-corriente-continua/motor-paso-a-paso/>

Mart, S. (2021). *Steel Mart*. Obtenido de https://www.steelmart.com.mx/site/resize/image.php?picture=TCdePro dNue_00JMY_3.jpg&h=640&w=640

Mart, S. (2021). *Steel Mart*. Obtenido de https://www.steelmart.com.mx/site/resize/image.php?picture=TCdePro dNue_00JMY_3.jpg&h=640&w=640

Mart, S. (2021). *Steel Mart*. Recuperado el 20 de 08 de 2021, de <https://steelmartusa.com/web2017/?page=productstable&category=41&fam=77&fam3=0>

Misumi. (2021). *Misumi*. Recuperado el 22 de 08 de 2021, de
<https://mx.misumi-ec.com/es/vona2/detail/221000237692/?HissuCode=SSHS-M5X30-FT>

Misumi. (2021). *Misumi*. Recuperado el 25 de 08 de 2021, de
<https://mx.misumi-ec.com/es/vona2/detail/221000236253/?HissuCode=SNSS-M5X60-FT>

Pazos, R. V. (2019). *DISEÑO DE ROBOT SEMBRADOR CARTESIANO PARA MINI*. Quito. Recuperado el 27 de 08 de 2021

Perfiles. (2021). *Perfiles CNC*. Recuperado el 27 de 08 de 2021, de
<https://perfilescnc.com/?product=perfil-de-aluminio-tipo-v-20x20-1metro-riel-lineal>

Romero, C. R., & Dunnaway, A. M. (2014). *Diseño de un sistema de riego por goteo para hortalizas en Zamorano, Honduras*. Zamorano, Honduras.
Recuperado el 28 de 07 de 2021

Turbosquid. (2021). *Turbosquid*. Recuperado el 28 de 08 de 2021, de
<https://www.turbosquid.com/es/3d-models/hex-bolt-m5x60-3d-1384754>

Anexos