

Diseño de Planta Piloto Para Tratamiento de Desechos Avícolas Bajo el Esquema de
Economía Circular

Eduard Enrique Ochoa López

Juan José Silva Márquez

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Mecánico

Director

Óscar Rodolfo Bohórquez Becerra

Ingeniero Mecánico Especialista en Evaluación y Gerencia de Proyectos

Codirector

PhD. Alberto David Pertuz Comas

Doctor en Ingeniería Mecánica

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Mecánica

Bucaramanga

2023

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada, principalmente a mi madre Ana María Márquez por su inmenso amor, por enseñarme el valor de la perseverancia, por su apoyo incondicional y esfuerzo.

A mi padre Carlos Silva por instruirme en mis decisiones y siempre tener las palabras adecuadas para aconsejarme.

A mi hermano federico por escucharme en los momentos difíciles y por ser una apoyo emocional.

A mi novia Valentina Cedeño por enseñarme el significado del amor sincero, sano e incondicional, por creer en mí y ser mi compañía durante toda esta etapa.

A mi amigo Eduard Ochoa que junto a él culminamos esta etapa de vida y por todas las experiencias vividas a través del trayecto universitario.

Y a todos mis compañeros universitarios que junto a ellos ayudaron durante esta la etapa de formación educativa.

Juan José Silva Márquez

Dedicatoria

A Dios, por guiar mi camino y poner a personas especiales que han dejado huella en mi vida.

A mis padres, Alfredo Ochoa Bastidas y Margarita Duarte Acevedo por la formación y ejemplo que me han brindado. Agradezco su amor y apoyo incondicional para alcanzar esta etapa.

A mis tíos Aura y Jheims, por su cariño y hospitalidad.

A mi hermano Dayrom, por su acompañamiento y consejos brindados.

A mi novia Angie Núñez por su paciencia, amor y comprensión a lo largo de este camino.

A mi amigo Juan José Silva por su apoyo durante esta etapa. Gracias por los momentos compartidos e instrucción en diferentes áreas.

Eduard Enrique Ochoa López

Agradecimientos

Al profesor Óscar Bohórquez Becerra, docente de la escuela de Ingeniería Mecánica por su confianza para el desarrollo de este proyecto, su orientación y apoyo durante el proceso de formación académica y profesional.

Al semillero de investigación en manufactura aplicada SIMA, que nos brindó los espacios y herramientas para garantizar el continuo aprendizaje.

A nuestro codirector PhD Alberto Pertuz Comas por guiarnos durante las etapas de este proceso.

A Robin Cristancho por su disposición a colaborarnos y sus consejos para el desarrollo del proyecto.

A todos los compañeros de carrera, por compartir conocimientos y experiencias a lo largo de este camino.

Contenido

	Pág.
Introducción.....	16
1. Planteamiento del Problema	18
2. Objetivos.....	21
2.1 Objetivo General.....	21
2.2 Objetivos Específicos	21
3. Justificación	22
4. Marco Teórico.....	23
4.1 Avicultura	23
4.1.1 Desechos Avícolas.....	24
4.2 Compost.....	25
4.2.1 Fase Mesófila.....	25
4.2.2 Fase Termófila o de Higienización.....	25
4.2.3 Fase de Enfriamiento	26
4.2.4 Fase de Maduración.....	26
4.3 Parámetros del Compost	26
4.3.1 Temperatura	26
4.3.2 Humedad.....	27
4.3.3 Índice de Acidez (pH).....	27
4.3.4 Oxígeno.....	28

4.3.5	Tamaño de Partícula	28
4.4	Mosca Soldado Negra.....	29
4.5	Antecedentes.....	30
4.5.1	Compost a Nivel Internacional	30
4.5.2	Compost a Nivel Nacional.....	31
4.5.3	Compost a Nivel Regional.....	32
4.6	Economía Circular	33
4.7	Descripción del Proceso de Compostaje.....	34
4.7.1	Trituración	36
4.7.2	Fermentación Anaerobia.....	36
4.7.3	Mezclado.....	37
4.7.4	Llenado de Camas de Alimentación, Dosificación y Almacenamiento	38
4.7.5	Separación.....	39
4.7.6	Empacado.....	40
5.	Diseño Conceptual	41
5.1	Modelo Conceptual de la Planta	41
5.2	Balance de Masa para el proceso.....	41
5.3	Modelo de planta	44
6.	Diseño en Detalle.....	46
6.1	Diseño del dosificador vibratorio de larvas	46
6.1.1	Análisis dinámico	55
6.1.2	Cálculo del Electroimán.....	56

6.2	Diseño de Camas de Alimentación.....	59
6.2.1	Camas de alimentación.....	59
6.2.2	Diseño de los racks.....	61
6.2.3	Mecanismo Sensores.....	63
6.3	Selección de Equipos.....	66
6.3.1	Trituradora.....	66
6.3.2	Transportadora.....	67
6.3.3	Tanques de Fermentación.....	69
6.3.4	Mezcladora.....	70
6.3.5	Tamizadora.....	72
6.3.6	Empacadora.....	74
6.4	Análisis Financiero.....	76
6.4.1	Inversión inicial.....	76
6.4.2	Inversión diferida.....	79
6.4.3	Inversión total.....	81
6.4.4	Ingresos.....	81
6.4.5	Costos.....	84
6.4.6	Gastos.....	88
6.4.7	Resumen de Estado Financiero.....	90
6.4.8	Valor Presente Neto (VPN).....	91
6.4.9	Tasa Interna de Retorno (TIR).....	91
6.4.10	Periodo de retorno de la inversión (PRI).....	92

7.	Conclusiones.....	93
8.	Recomendaciones	95
	Bibliografía	96
	Apéndices.....	102

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Descripción de procesos de la planta</i>	43
Tabla 2 <i>Resultados simulación EDEM</i>	50
Tabla 3 <i>Intensidad de campo</i>	58
Tabla 4 <i>Dimensiones paramétricas del mecanismo</i>	65
Tabla 5 <i>Cálculo del volumen mínimo del tanque fermentador</i>	69
Tabla 6 <i>Características de la tamizadora</i>	73
Tabla 7 <i>Especificaciones Empacadora</i>	74
Tabla 8 <i>Características cosedora de sacos</i>	75
Tabla 9 <i>Mobiliario</i>	77
Tabla 10 <i>Equipos de oficina</i>	77
Tabla 11 <i>Insectario</i>	78
Tabla 12 <i>Máquinas de la planta por etapas</i>	79
Tabla 13 <i>Inversión diferida</i>	80
Tabla 14 <i>Capital de trabajo</i>	80
Tabla 15 <i>Inversión total</i>	81
Tabla 16 <i>Precio comerciales abonos</i>	82
Tabla 17 <i>Precios comerciales larvas</i>	82
Tabla 18 <i>Proyección de producción</i>	83
Tabla 19 <i>Proyección precio de ventas</i>	83
Tabla 20 <i>Proyección de ventas</i>	84

Tabla 21 <i>Costos de Producción</i>	85
Tabla 22 <i>Costos de Producción anuales</i>	85
Tabla 23 <i>Costo Anual de Nómina</i>	86
Tabla 24 <i>Proyección Anual de Nómina</i>	86
Tabla 25 <i>Costos Variables indirectos</i>	87
Tabla 26 <i>Costos Variables indirectos</i>	87
Tabla 27 <i>Costos totales de fabricación</i>	88
Tabla 28 <i>Insumos de Limpieza</i>	88
Tabla 29 <i>Datos de préstamo</i>	89
Tabla 30 <i>Gastos totales</i>	90
Tabla 31 <i>Flujo financieros años de estudio</i>	90
Tabla 32 <i>Valor presente neto</i>	91

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 <i>Porcentaje de desechos en América latina y el caribe</i>	19
Figura 2 <i>Desechos en los galpones</i>	24
Figura 3 <i>Ciclo de vida de la mosca soldado-negra</i>	30
Figura 4 <i>Gráfica comparativa entre dos mezclas de residuos avícolas</i>	32
Figura 5 <i>Diagrama de flujo del proceso de compostaje</i>	35
Figura 6 <i>Tanque de Fermentación Plástico</i>	37
Figura 7 <i>Mezclador de paletas</i>	38
Figura 8 <i>Tamizadora vibratoria</i>	40
Figura 9 <i>Empacadora de Bultos</i>	41
Figura 10. <i>Balace de masa de la planta para 1600 kg de gallinaza diaria</i>	42
Figura 11 <i>Diagrama E.P.S de la planta de compostaje</i>	44
Figura 12 <i>Desplazamiento de la bandeja</i>	47
Figura 13 <i>Bandeja con flejes</i>	48
Figura 14 <i>Geometría de larva utilizada en software EDEM</i>	49
Figura 15 <i>Modelo Simulación Software EDEM</i>	51
Figura 16 <i>Movimiento de la bandeja</i>	53
Figura 17 <i>Diagrama de fuerzas de la bandeja</i>	56
Figura 18 <i>Electroimán vibratorio</i>	57
Figura 19 <i>Canastillas</i>	61
Figura 20 <i>Rack de almacenamiento de canastillas</i>	62

Figura 21 <i>Identificación de elementos del rack por color</i>	63
Figura 22 <i>Movimiento del mecanismo de sensores</i>	64
Figura 23 <i>Identificación de los elementos del mecanismo</i>	65
Figura 24 <i>Configuración de un trasportador tubular</i>	68
Figura 25 <i>Tanque de fermentación</i>	70
Figura 26 <i>Tamizadora</i>	73
Figura 27 <i>Empacadora</i>	75
Figura 28 <i>Cosedora de sacos</i>	76
Figura 29 <i>Distribución de planta</i>	45
Figura 30 <i>Plano planta</i>	46

Tabla de Apéndice

	Pág.
Apéndice A Requerimientos. Planteamiento y Selección de Alternativas	102
Apéndice B. Especificaciones Dosificador Vibratorio de Larvas	113
Apéndice C. Especificaciones Camas de alimentación	122
Apéndice D. Cálculos Selección Trituradora	136
Apéndice E. Cálculos. Selección Transportadora	141
Apéndice F. Cálculos. Selección Mezcladora.....	150
Apéndice G. Análisis Financiero	155
Apéndice H. Cotizaciones	157
Apéndice I. Planos Planta	167

Resumen

Título: Diseño de Planta Piloto Para Tratamiento de Desechos Avícolas Bajo el Esquema de Economía Circular *

Autor: Eduard Enrique Ochoa López, Juan José Silva Márquez **

Palabras Clave: Economía Circular, Compostaje, Mosca Soldado Negra, Desechos Avícolas.

Descripción: Como resultado del crecimiento poblacional y de los requerimientos alimenticios de proteína, se han venido fortaleciendo las capacidades productivas, especialmente en el sector avícola para responder de manera eficiente a la demanda de pollo y huevo, alimentos consolidados como los más consumidos en Colombia. Un escenario importante para tener en cuenta es el manejo de los residuos inherentes al proceso, específicamente la gallinaza como el principal foco de atención, pues se pueden presentar problemas de contaminación si no se procesa de manera adecuada. Para lo anterior, existe un modelo tradicional de compostaje de la gallinaza, sin embargo, este proceso es demorado y requiere de una logística adicional para transportar los grandes volúmenes generados. Por otra parte, con el propósito de disminuir tiempos en la gestión de los residuos, se acude a un modelo de compostaje alternativo llevado a cabo por la mosca soldado negro. Este insecto en su estado larvario tiene la capacidad de digerir la gallinaza para posteriormente obtener dos subproductos, el primero de ellos es en forma de biomasa, que puede ser reintegrada como complemento nutricional de las aves, estableciendo un modelo de economía circular. El segundo subproducto, siendo los residuos de la digestión de las larvas, se emplea como biofertilizante con propiedades benéficas en la restauración de suelos. En este proyecto se realizó el diseño de una planta modular para la obtención de compostaje. En vista que algunas de las etapas de la planta pueden ser ejecutadas con suficiencia por máquinas comerciales, se realizó el ejercicio de selección. Por otra parte, debido a requerimientos específicos de precisión, almacenamiento y monitoreo de humedad, se diseñaron el dosificador de larvas y los racks de almacenamiento. Por último, se plantea la viabilidad del desarrollo de la planta de compostaje mediante un análisis financiero.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Oscar Rodolfo Bohórquez Becerra. Ingeniero Mecánico Especialista en Evaluación y Gerencia de Proyectos. Codirector: Alberto David Pertuz Comas. Doctor en Ingeniería Mecánica.

Abstract

Title: Design of a Pilot Plant for the Treatment of Poultry Waste Under the Circular Economy Scheme *

Author(s): Eduard Enrique Ochoa López, Juan José Silva Márquez **

Key Words: Circular Economy, Composting, Black Soldier Fly, Poultry Waste.

Description: As a result of population growth and dietary protein requirements, productive capacities have been strengthening, especially in the poultry sector to respond efficiently to the demand for chicken and eggs, consolidated foods as the most consumed in Colombia. An important scenario to take into account is the management of waste inherent to the process, specifically chicken manure as the main focus of attention since contamination problems can arise if it is not processed properly. For the above, there is a traditional model of composting chicken manure, however, this process is delayed and requires additional logistics to transport the large volumes generated. On the other hand, to reduce time in waste management, an alternative composting model carried out by the black soldier fly is used. This insect in its larval stage can digest chicken manure to subsequently obtain two by-products, the first of which is in the form of biomass, which can be reintegrated as a nutritional supplement for birds, establishing a circular economy model. The second by-product, the residues from the digestion of the larvae, is used as a biofertilizer with beneficial properties in soil restoration. In this project, the design of a modular plant for obtaining composting was carried out. Because some of the stages of the plant can be sufficiently executed by commercial machines, the selection exercise was carried out. On the other hand, due to specific requirements of precision, storage, and humidity monitoring, the larvae dispenser and storage racks were designed. Finally, the viability of the development of the composting plant is proposed through a financial analysis.

* Degree Work

**Faculty of Physical-mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Director: Oscar Rodolfo Bohorquez Becerra. Engineer Specialist in Evaluation and Project Management Co-director: Alberto David Pertuz Comas PhD in Mechanical Engineering.

Introducción

La sociedad ha marcado un estado de crecimiento acelerado con requerimientos cada vez más exhaustivos de alimentos, que generan una gran cantidad de residuos sólidos, los cuales presentan un problema porque en la mayoría de los casos estos desechos no tienen un manejo adecuado, ocasionando contaminación. Unas de las áreas productivas que genera este tipo de contaminación son las avícolas, y se estima que siga en aumento. En el caso de Colombia, como lo sostiene FENAVI (Federación Nacional de avicultores) (Fenavi, 2019), la avicultura ha tenido un crecimiento por encima del 4%, siendo el pollo la carne más consumida. En el 2030 el Pollo Colombiano será la proteína preferida, logrando una ingesta anual per cápita de 50 kg ubicándose entre los 3 primeros países de Suramérica.

Con este aumento proyectado en la producción avícola, se debe disponer de un modelo de manejo de los residuos, en este caso de la gallinaza, la cual tiene entre sus componentes principales nitrógeno, fósforo y azufre; elementos que en exceso suponen un riesgo para el medio ambiente, como lo propone Arroyo et al (2019) en su artículo, siendo la gallinaza un foco de contaminación como la eutrofización de las aguas.

Existen dos formas para la gestión de la gallinaza, la primera es la realización de compost, proceso que consiste en la degradación controlada de la materia orgánica, permitiendo varias aplicaciones, entre ellas la obtención de abonos enriquecidos. La segunda forma en la que se puede disponer de la gallinaza es con el aprovechamiento de sus nutrientes remanentes para cultivar especies externas, las cuales permiten usarse como alimento complementario de las aves, estableciéndose así un modelo de economía circular. Cabe mencionar que es posible ejecutar los

dos procesos mencionados previamente utilizando larvas de mosca soldado-negra *Hermetia Illucens*. Esta especie se caracteriza por su capacidad de reducir significativamente material orgánico, el cual va a ser transformado en proteína y grasa animal para la alimentación de las mismas aves. Por otra parte, los desechos que dejan las larvas de mosca durante la bioconversión se destinan a ser utilizados como producto compostado o biofertilizante.

Es por lo anterior, que el presente proyecto tiene como propósito el diseño, selección y análisis de costos de maquinaria para evaluar la viabilidad del desarrollo de una planta piloto de biocompost a partir de residuos avícolas, que permita que las materias que son consideradas desechos reingresen nuevamente aportando valor a los procesos, generando rentabilidad al agricultor y disminuyendo el impacto ambiental.

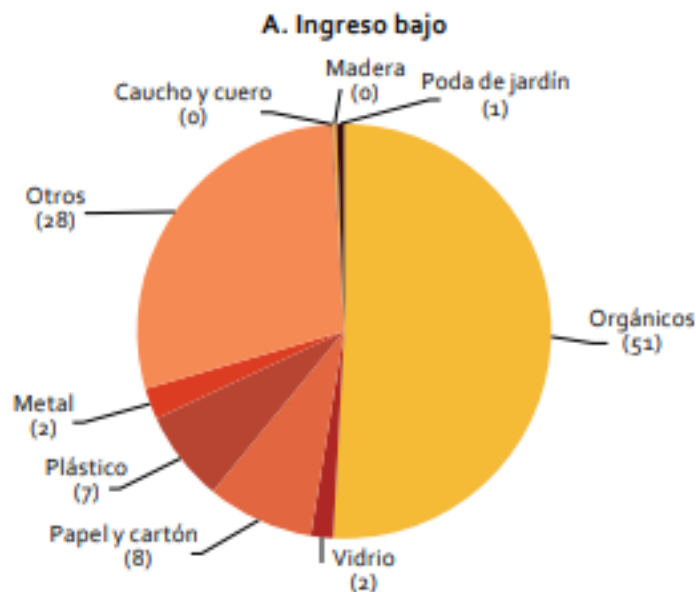
1. Planteamiento del Problema

Como resultado del crecimiento acelerado de la población mundial, de la expansión urbana, y del agotamiento progresivo de los recursos, los países utilizan cada vez de manera más intensiva los suelos para ofrecer productos y servicios. Asimismo, debido a la gran cantidad de consumo, se generan grandes volúmenes de desechos derivados de la producción de alimentos, energía, ganadería, entre otros como se muestra en la figura 1. De acuerdo con datos propuestos por el Banco Mundial (World Bank Group, 2018), para 2016 en América Latina y el Caribe se generaron 231 millones de toneladas de desechos, que significaron para la población de esa época, un promedio de 0.99 kg por persona cada día.

Se puede observar en la Figura 1 la distribución de desechos para países con ingresos bajos, la mayor cantidad de estos son de origen orgánico, además (Cepal, 2021) plantea que entre mayor sea los ingresos de un país menor será la cantidad de desechos orgánicos .

Figura 1

Porcentaje de desechos en América latina y el caribe



Nota. Economía Circular en América Latina y el Caribe [Figura], Cepal 2021, pág. 19

(https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47309/1/S2100423_es.pdf)

Un caso particular es el sector avícola, la gran parte de las proteínas alimenticias de consumo humano vienen de este sector, en específico del huevo y el pollo. Sin embargo, esta actividad genera una gran cantidad de desechos, entre ellos viruta de madera, paja, cáscara de arroz, vísceras, plumas y en mayor cantidad heces. Según la FAO (2013) las estimaciones de la cantidad de heces excretadas para 1000 aves al día (basadas en el promedio de peso diario vivo durante el ciclo de producción) son de 120 kg para gallinas ponedoras, y 80 kg para los pollos de engorde.

Estos desechos en primera medida se arrojan en terrenos cercanos con el objetivo de fertilizar cultivos, sin embargo, la gallinaza contiene una carga de nutrientes con nitrógeno y fósforo que puede contaminar las aguas superficiales y subterráneas cercanas. (FAO, 2013)

Por otro lado, los desechos avícolas generan un gasto adicional de transporte en la disposición final en los rellenos sanitarios, principalmente en aquellas granjas en las que no hay cultivos agrícolas, presentando problemas de higiene, olores molestos y contaminación de la zona.

Para tratar estos desechos se utiliza el compostaje, el cual es un proceso de descomposición biológica espontánea de materiales orgánicos en un ambiente predominantemente aeróbico. Durante el proceso, las bacterias, los hongos y otros microorganismos descomponen el material en sustancias orgánicas estables y utilizables llamadas compost. (Bernal, Albuquerque, & Moral, 2009). Este tipo de procesos de compostaje tradicional tienen como desventaja el largo tiempo de espera para ser usado nuevamente como abono. En vista de lo anterior surge la siguiente pregunta. ¿Es posible acortar los tiempos de espera para la obtención de compost a partir de los residuos avícolas mediante el diseño de una planta para el tratamiento de estos y que a su vez sea viable económicamente ?

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Contribuir en respuesta a la misión de la Universidad Industrial de Santander, con la formación de personas con calidad profesional y ética para aportar soluciones a las necesidades de la industria, diseñando una planta piloto para realizar compost a partir de desechos avícolas para procesamiento in situ de las granjas.

2.2 Objetivos Específicos

Identificar las características físicas de los desechos para su procesamiento (humedad relativa, luminosidad, temperatura, densidad).

Diseñar las máquinas para el procesamiento del compost de una planta piloto para el manejo de residuos avícolas de 200[kg/hora].

Dosificadora

Camas de alimentación

Seleccionar los equipos auxiliares y desarrollar la distribución de planta.

Transportadora

Trituradora

Mezcladora

Tamizadora

Empacadora

Estudiar la factibilidad técnica y financiera del proyecto.

3. Justificación

La resolución no.103751 artículo 7 de 2021 (Ministerio de agricultura, 2021), indica que se debe disponer de unas medidas óptimas de saneamiento dentro de los galpones. Por eso mismo se debe hablar de la problemática que existe en el transporte para deshacerse de los desechos producidos por los pollos o gallinas, ya que estos presentan un coste elevado para su eliminación.

Según Sánchez (2014) el impacto ambiental que tienen las granjas avícolas que no poseen un plan para el tratamiento de desechos es bastante alto. Estos pueden llegar a contaminar fuentes hídricas luego que el excremento del animal se filtra por los suelos hasta llegar a los acuíferos. Por otro lado, el uso de la gallinaza para nutrir los suelos es una práctica tradicional, sin embargo, su exceso puede producir algunos daños en estos. El uso constante de este fertilizante en los suelos puede producir un exceso de nitrógeno o sales como sodio, potasio, calcio, magnesio, cloro y sulfatos. Algunos de los daños debido a estos excesos son deterioro en la estructura del suelo, aumento en la compactación de estos e inducir a procesos de fitosanidad en las plantas.

Se plantea entonces darles un manejo a los desechos de las plantas avícolas, por medio de modelos similares a los de la vermicultura y con esto permitir el aprovechamiento de los desperdicios de las aves. La creación de compost a partir de los desechos es una gran solución ya que estos se podrán procesar en el mismo lugar que se produce los residuos, eliminando el transporte de la materia prima y así se da campo a un modelo económico de manera circular que se puedan aprovechar nuevamente los desechos obtenidos de la explotación avícola.

De esta manera se establece un método eficiente para la realimentación de las aves, en vista del aumento de precios de los alimentos derivados de los granos, fijándose un modelo de economía circular, el cual propende por optimizar recursos, reducir el consumo de materias primas y aprovechar los residuos, con el fin de garantizar un crecimiento económico sostenible en el tiempo.

Es por lo anterior que surge la alternativa de diseñar una planta piloto de gestión de residuos avícolas para producir compost, que permita obtener un abono estable, libre de patógenos, y que pueda ser aprovechado para mejorar la eficiencia en los procesos productivos de aves.

4. Marco Teórico

4.1 Avicultura

La avicultura es una disciplina dedicada al manejo y cuidado de especies avícolas entre las que destacan desde pollos y gallinas, hasta faisanes, codornices, pavos, patos y algunas especies silvestres como el ñandú. Se han introducido dos conceptos a partir de la producción avícola de pollos y gallinas: la avicultura tradicional y la industria avícola. (Velandia, 2016)

Según lo anterior, la avicultura tradicional está basada en un modelo de producción de aves de raza con fines de exposiciones rurales por especies, por lo cual no presenta un impacto favorable en la economía, al tratarse en muchos casos de una afición.

Por otra parte, la industria avícola está consolidada como la actividad de explotación comercial del pollo y sus derivados como alimento, es decir, la producción de carne de pollo y la producción de huevos.

4.1.1 *Desechos Avícolas*

Son subproductos de la actividad avícola considerados desechos en muchos de los casos. En las granjas y galpones se generan dos tipos de residuos sólidos: ordinarios y peligrosos. Entre los desechos de origen ordinario se encuentran la gallinaza y pollinaza, los cuales representan el mayor porcentaje de residuos. Por otra parte, se generan desechos de comida, pasto, plumas y viruta de madera como se muestra en la Figura 2. En cuanto a los desechos peligrosos se encuentran recipientes de medicamentos, bolsas plásticas y vidrios; estos deben tener un proceso cuidadoso de separación de los residuos orgánicos.

Figura 2

Desechos en los galpones



Nota. Tomado de Uno entre ríos [Fotografía], Uno, 2014 (<https://www.unoentrerios.com.ar/la-provincia/los-residuos-la-industria-avicola-el-centro-la-escena-n928407.html>)

4.2 **Compost**

El compost, según lo refieren (Célis López & Orduz Corredor, 2011) es un abono que se obtiene a partir de desechos orgánicos y utiliza un proceso aerobio de descomposición y estabilización, llevado a cabo por microorganismos. Las características que presenta son estabilidad química, ausencia de patógenos, y propiedades útiles para el aprovechamiento de suelos.

Cuando se desarrolla el proceso de compostaje se deben tener en cuenta algunos parámetros de los que va a depender que los microorganismos realicen de forma natural el proceso de descomposición, los cuales son temperatura, humedad, índice de acidez, oxígeno, relación carbono-nitrógeno y tamaño de partícula. Estos parámetros son evidenciados (Zhu, 2006)

4.2.1 *Fase Mesófila*

El material inicia su proceso a temperatura ambiente, y en poco tiempo aumenta hasta los 45°C debido a la actividad microbiana, en este punto los microorganismos toman las fuentes disponibles de carbono y nitrógeno, y como resultado se libera calor. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar hasta cerca de 4.0 o 4.5.

4.2.2 *Fase Termófila o de Higienización*

Una vez el material ha llegado a los 45°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias, es decir, microorganismos mesófilos, son reemplazados por bacterias termófilas que crecen a presencia de una temperatura mayor. Una vez allí se empieza la degradación de fuentes más complejas de carbono, como la celulosa y la lignina. Estos microorganismos transforman el nitrógeno en amoníaco, por lo que el índice de acidez eleva. A

partir de los 60 °C aparecen las bacterias que producen esporas y actinobacterias que descomponen las ceras, hemicelulosas y otros compuestos del carbono. Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según las condiciones del material de partida, las condiciones climáticas y del lugar. Esta fase también se llama fase de higienización ya que el calor generado destruye bacterias y contaminantes de origen fecal como *Escherichia Coli* y *Salmonella* spp.

4.2.3 *Fase de Enfriamiento*

Una vez se han agotado las fuentes de carbono y nitrógeno, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45 °C. Durante esta fase continúa la degradación de polímeros como la celulosa y aparecen algunos hongos visibles. Los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH desciende levemente, aunque en general se mantiene alcalino. Esta fase puede tardarse semanas y suele confundirse con la fase de maduración.

4.2.4 *Fase de Maduración*

Es un periodo que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos.

4.3 **Parámetros del Compost**

Como se menciona anteriormente en la sección 4.2 se necesita tener unos parámetros para que los microorganismos puedan desarrollarse de forma óptima, ya que estos son los encargados en gran parte de llevar a cabo el proceso de compostaje

4.3.1 *Temperatura*

La temperatura es un claro indicador de cómo se está llevando a cabo el proceso de compostaje, esto se debe a que los microorganismos empiezan a realizar su trabajo de descomposición y este trabajo resulta en un incremento de calor en el compost.

Para que los microorganismos no mueran por exceso de calor, se debe regular la temperatura en el compostaje, para llevar este proceso se necesita un rango de operación entre 15-70°C siendo el primer rango de temperaturas perteneciente a los microorganismos mesófilos 15-40°C y los termófilos 40-70°C.

4.3.2 *Humedad*

La humedad es uno de los factores más importantes para el proceso del compostaje afirma Haug (1993) " Ya que es el medio de transporte de las sustancias solubles que sirven de alimento a las células y de los productos de deshecho de las reacciones que tienen lugar durante dicho proceso".

Cabe destacar que no solo es mantener la humedad sino saber los rangos de operaciones según lo que se desee lograr, para humedades bajas (30%) la actividad biológica disminuye en grandes proporciones, entre un 50-70% es el porcentaje ideal para el crecimiento microbiano y por arriba de un 70% el agua empieza a desplazar el aire que queda en los espacios libres haciendo que se produzca una anaerobiosis.

4.3.3 *Índice de Acidez (pH)*

El parámetro de índice de acidez es importante para saber el estado de maduración del compost, pues este nos puede decir la edad que posee el mismo según el resultado obtenido en la muestra. Suler (1977) explica en su libro las escalas de pH que tiene el sustrato y estos resultados los combina con los estados de maduración del compost, para su primer resultado indica que un pH menor a 6 indica que hay condiciones anaeróbicas produciendo ácidos orgánicos, una vez avanza el tiempo el proceso de descomposición llega a un estado en el cual se produce un alza en

el pH por la alcalinización del medio y una vez se llega a la etapa final el compost se estabiliza con un pH neutro.

4.3.4 *Oxígeno*

Para que se puedan desarrollar de forma óptima las bacterias que realizan el compostaje, estas deben contar con un porcentaje de oxígeno en una correcta dosificación, el motivo de esto es que si se excede en la dosificación de oxígeno se puede disminuir la temperatura de la masa, obteniendo como resultado una disminución en la actividad metabólica microbiana.

Por otro lado, la baja dosificación de oxígeno hace que se sustituyan la clase de microorganismos pasando de aeróbicos a anaeróbicos y esto también genera malos olores, retardo en la descomposición y la aparición de sulfuro de hidrógeno (Zhu, 2006).

4.3.5 *Tamaño de Partícula*

Este parámetro es un acelerador de proceso, consiste en entregar la masa a compostar de forma triturada haciendo que exista una mayor superficie expuesta, facilitando así el ataque microbiano, haciendo que el tiempo del proceso disminuya.

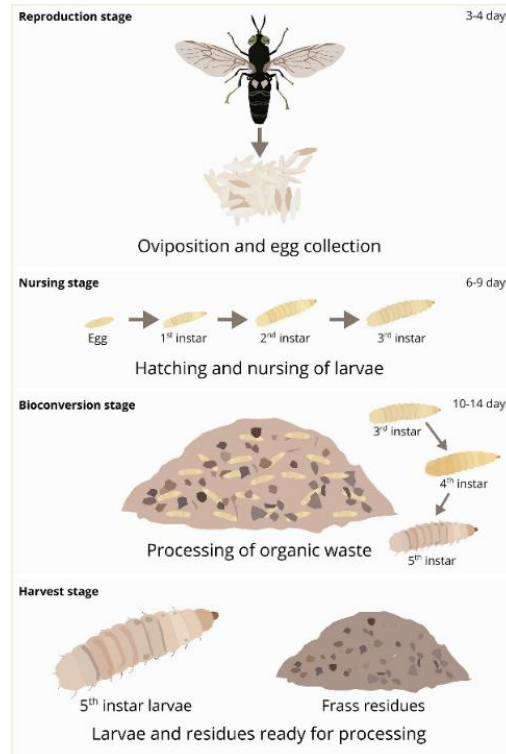
Sin embargo, existen unos parámetros para poder llegar al resultado esperado. El tamaño de la partícula no debe ser muy pequeño ya que si es demasiado pequeño será más difícil la circulación de gases dentro de la masa a compostar y lo más probable es que dé lugar a un colapso microbiano o incluso llegar a una compactación del material.

Según Haug (1993) establece unos parámetros de partícula para evitar lo anteriormente mencionado llegando a un resultado de un tamaño de partícula de 1 a 5 cm.

4.4 **Mosca Soldado Negra**

La implementación de la larva de mosca soldado-negra como alternativa para la reducción de residuos orgánicos ha resultado más eficiente en tiempo y obtención de biofertilizante que el método convencional de compostaje. (Tao, Thomas, Andrei, & Vinay, 2022)

El ciclo de vida de la larva está conformado por 4 etapas como se muestra en la Figura 3. La fase en la que se centra el proyecto corresponde a la etapa de bioconversión, la cual tiene un rango de duración de entre 10 a 14 días. Estos tiempos dependen directamente de la temperatura a la cual se desarrolla la larva, según (Bortolini et al., 2020), las temperaturas óptimas para el desarrollo de la larva oscilan entre 27 y 33 °C.

Figura 3*Ciclo de vida de la mosca soldado-negra*

Nota. Tomado de (Bortolini & Macavei, 2020)

4.5 Antecedentes

4.5.1 Compost a Nivel Internacional

4.5.1.1. Proyecto SPROUT. Este proyecto nace a partir de SLU (Universidad Sueca de Ciencias Agrícolas) y Eawag (Instituto Federal Suizo de Ciencia y Tecnología Acuática) en Indonesia, los cuales desarrollaron un libro de acceso abierto donde se implementa una planta de tratamiento de desechos orgánicos que tiene como objetivo la reducción de estos por medio de una especie llamada mosca soldado negra, en el documento se encuentra de forma explícita las diferentes maquinas que se deben usar en todo el proceso, además cuenta con las condiciones para

el desarrollo de la larva durante todo su ciclo de vida y los implementos que se deben usar a lo largo del proceso de crecimiento.

4.5.2 *Compost a Nivel Nacional*

Según el vicepresidente de Asocompost, Carlos Ordóñez (2019) en la entrevista realizada por el diario La República, la gran mayoría de personas que realizan la elaboración del compost es para su autoconsumo y mayormente esta práctica se realiza con cultivos de palma africana y caña de azúcar. Se estima una producción nacional de 950.000 toneladas de abonos orgánicos al año, siendo su función principal volver a nutrir los suelos de forma natural disminuyendo así el uso de fertilizantes.

4.5.1.1. Estudio de Prefactibilidad para la Creación de una Planta de Compostaje para la Empresa Palmas del Cesar S.A. Este trabajo de grado nace a partir de la problemática que se tiene la empresa palmas del cesar, por la gran cantidad de desperdicio que se genera en el procesamiento del fruto ya que estos desperdicios (tusas y los residuos líquidos) son procesados de manera muy artesanal y se llevan a centros de acopio donde no cuentan con especificaciones técnicas para el manejo de estos. Como consecuencia la creación de la planta de compostaje ayuda a sustituir progresivamente el uso de fertilizantes químicos, reacondicionando suelos y mejorando la calidad del fruto, también ayuda a la disminución de gas metano y CO₂ que se libera al medio ambiente (Ojeda, Ramos, & Orejarena, 2014).

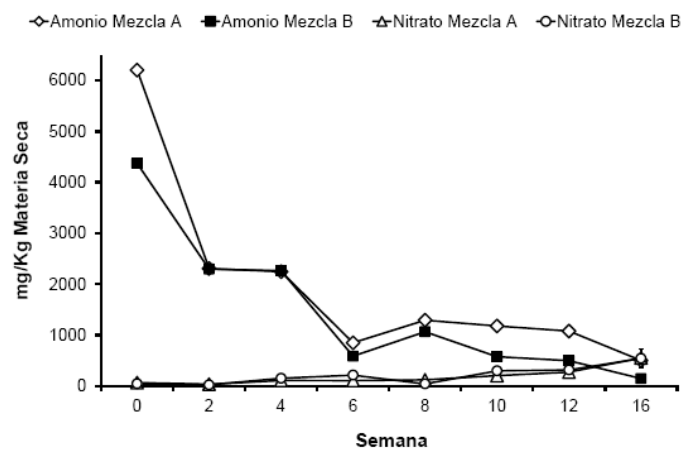
4.5.1.2. Evaluación del Proceso de Compostaje de dos Mezclas de Residuos Avícolas. Este artículo muestra una solución al problema de los desechos avícolas ya que estos pueden generar un impacto negativo al medio ambiente si no son tratados adecuadamente. En el artículo muestran una comparativa de compostaje entre dos mezclas, uno con un 81% (mezcla A) y el otro

con un 70% (mezcla B) de desechos avícolas. Dentro la evaluación se tuvo en cuenta parámetros de compostaje como, temperatura, índice de acidez, conductividad eléctrica (CE), carbono orgánico total (COT), carbono soluble (CS), humedad (H) y nitrógeno total (Nt). Otras variables evaluadas fueron: capacidad de intercambio catiónico (CIC) mediante la metodología propuesta por Harada e Inoko y la concentración de amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_3^-).

En los resultados obtenidos de las pruebas se evidencia la ventaja del compost al minimizar de gran forma los amonios presentes en los desechos avícolas como se puede evidenciar en la Figura 4, también se encontró un aumento en la capacidad de retención de nutrientes en el compost.

Figura 4

Gráfica comparativa entre dos mezclas de residuos avícolas



Nota. Tomado de (Riera & Torre, 2014)

4.5.3 Compost a Nivel Regional

Según el ICA (2021) (Instituto Colombiano Agropecuario), existen varias empresas en Santander que se dedican a la venta y procesamiento de abonos como lo pueden ser Palmixtex o Worganics, Ambas son empresas que tiene un recorrido mayor a 10 años en el mercado del procesamiento de biomasa, desarrollando productos como el compost para aplicación en suelos.

4.5.2.1. Viabilidad Técnica y Económica del Compostaje como Tratamiento de Estabilización de la Pollinaza y Gallinaza Generada por la Explotación Avícola en la Mesa de Jeridas del Municipio de Piedecuesta, Departamento de Santander. En la tesis los autores dividen el proyecto en varias fases, una de ellas es la problemática de la pollinaza o gallinaza en las granjas avícolas. A continuación, proponen un método de aprovechamiento de desechos por medio del compostaje, también las alternativas que el compostaje puede tener para su obtención como mejorador de suelos. Y finalmente llegan a las conclusiones donde se muestra que el proceso de compostaje da una solución muy acertada en el tratamiento de estos desechos teniendo en cuenta que el compost final madurado debe tener una serie de características como lo son un óptimo control del índice de acidez, el control de patógenos o fitotoxicidad, pudiendo obtener un modelo de negocio y cumpliendo con las exigencias legales ambientales (Ruiz Navarro & Mantilla Torres, 2008)

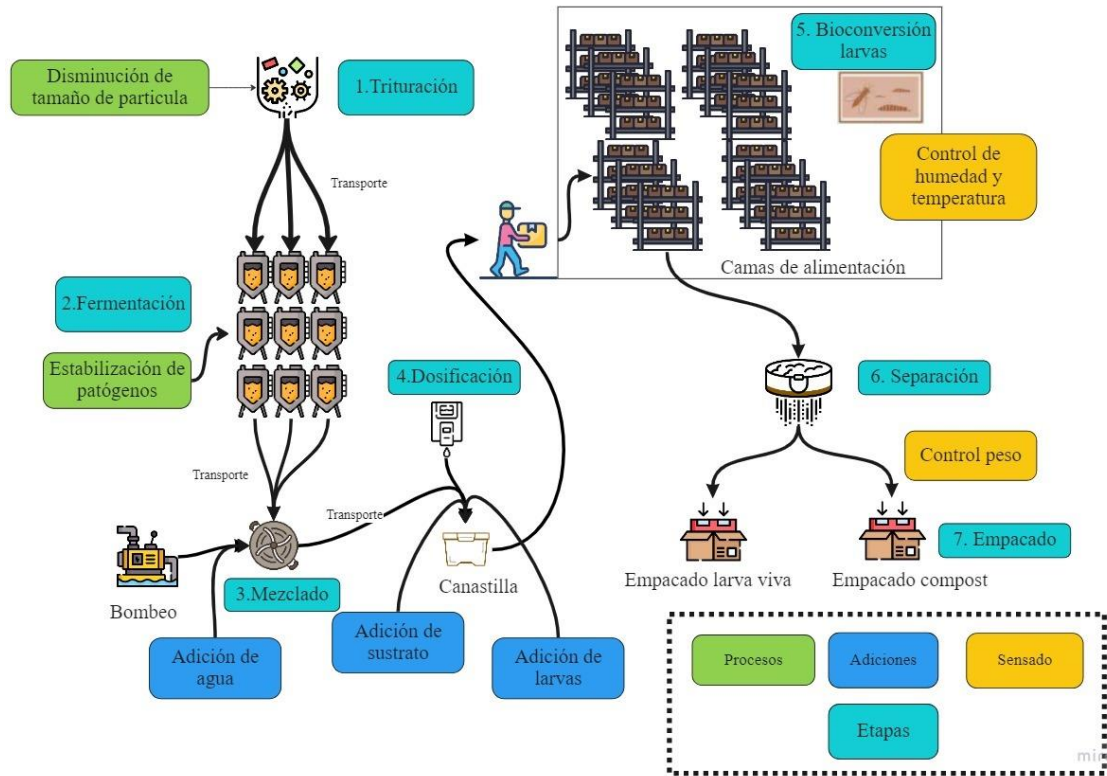
4.6 Economía Circular

La economía circular busca el máximo aprovechamiento de los recursos de una forma cíclica, dando valor incluso a los desechos para poder transformarlos en un producto, dejando atrás el antiguo modelo de economía lineal donde no se tiene en cuenta el impacto ambiental por los desechos de los procesos.

Asimismo, este modelo busca imitar a la naturaleza y cerrar el ciclo de la materia, para evitar la generación de residuos y el agotamiento de recursos. De esta forma se plantea el objetivo de convertir todos los desechos en un recurso, reintroduciéndolos en el ciclo de producción para prolongar su vida útil.

4.7 Descripción del Proceso de Compostaje

A continuación, se detallan las etapas que se involucran la planta, y como se había mencionado, su desarrollo es basado en el ámbito de la economía circular. Se usaron larvas de mosca soldado negro con el propósito de obtener doble beneficio, tanto de proteína para complementar la nutrición de las aves, como la reducción de la gallinaza para obtener biofertilizante. En la Figura 5 se presenta el proceso completo llevado a cabo especialmente para el tratamiento de residuos provenientes de sistemas de producción avícola sobre piso, en el que las etapas fueron tomadas y adaptadas teniendo en cuenta las recomendaciones hechas por el departamento de sanidad para el desarrollo de los desechos sólidos y del agua. (Sandec, 2017)

Figura 5*Diagrama de flujo del proceso de compostaje*

Con el diagrama de flujo presentado en la Figura 5, se evidencia cada una de las etapas del proceso y las variables que se deben tener en cuenta, de igual manera es importante establecer sistemas de transporte del material entre las fases intermedias.

A continuación, se describe cada etapa en el proceso productivo de la planta asociado al proyecto, en dichas fases se presentan los aspectos generales y el equipo más apropiado para dicha operación. Asimismo, los dispositivos correspondientes a trituración, fermentación, mezclado, separación, empaqueo y transporte serán seleccionados de acuerdo con los requerimientos en cada estación. Por otra parte, esta distribución obedece al conjunto de equipos disponibles en el mercado que son suficientes para la labor a desarrollar, mientras que los equipos seleccionados para diseño

son altamente específicos debido a que se deben considerar diferentes variables en el proceso como espacio, precisión en dosificación, medición de humedad y temperatura. Es por esto que los equipos relacionados a dosificación de larvas y camas de alimentación fueron diseñados y la selección y diseño de estos equipos se detallan en la sección 6.1 hasta la sección 6.3.

4.7.1 *Trituración*

El objetivo de la trituración en el proceso del compostaje es reducir el tamaño de las partículas haciendo que estas tengan una mayor área superficial y esto trae consigo un ahorro de tiempo en la transformación del compost. Al momento de ser recolectada la gallinaza, el tamaño de partícula tiene unas dimensiones aproximadas de 5 cm. Una vez hecho el proceso de trituración se desea que su tamaño esté entre 2 a 5 mm según (Liland, 2017)

Existen en el mercado diferentes tipos de maquinaria que cumplen con la función de triturar, sin embargo, se debe tener en cuenta qué tipo de material se desea procesar, es por esto por lo que el equipo más apropiado para realizar esta etapa es una trituradora de martillos, debido a que su método de trabajo es por impacto y permite reducir el tamaño de materiales fibrosos y blandos. Las características para la selección de la máquina trituradora serán detalladas en la sección 6.3.1.

4.7.2 *Fermentación Anaerobia*

Debido a que la gallinaza tiene asociados procesos digestivos que le generan una carga de patógenos, es necesario aprovechar la temperatura que se produce en el proceso de fermentación anaerobia, para asignarle un nivel de estabilización al sustrato que va a ser llevado al proceso de compostaje. Flotats et al (2016) afirman que el tener en digestión el material en las fases mesófila o termófila por cierto tiempo determinado, produce una higienización del producto debido a la

disminución de microorganismos patógenos termosensibles, así como de la inactivación de insectos y semillas ajenos al proceso.

Existen diversos tanques de fermentación, con diferentes geometrías, materiales y usos. En la Figura 6, se presenta un tanque de fermentación plástico, específicamente de polietileno, el cual es un material con buenas propiedades mecánicas, y resistencia a procesos químicos.

Figura 6

Tanque de Fermentación Plástico



Nota. Tomado de (Oliveros, 2018)

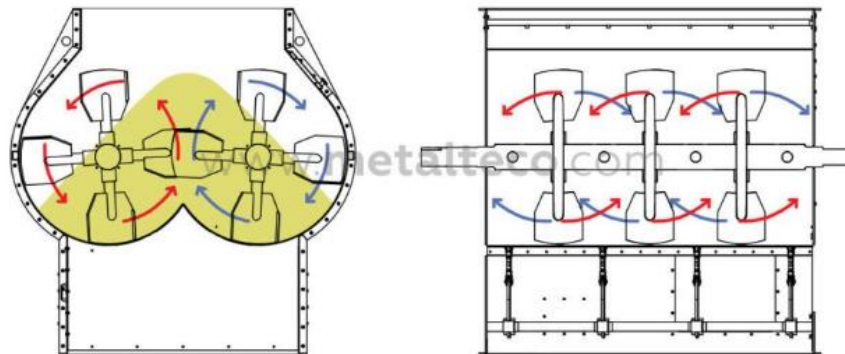
4.7.3 Mezclado

El objetivo de este proceso es homogenizar el material orgánico ya triturado, proveniente del proceso de fermentación, asimismo se le adiciona agua para asignarle el contenido de humedad necesario en el proceso posterior. Según Sandec (2017) dicho contenido de humedad debe estar entre el 80% y 90%.

Hay que contemplar que, para la selección de un mezclador, se debe tener en cuenta los tipos de material a mezclar, el recipiente en que se realiza el mezclado, y la homogeneidad del proceso, es decir, que la mezcla se realice en todos los puntos. Para este proceso se determina que la máquina más adecuada es una mezcladora de paletas como la mostrada en la Figura 7, con la que se pueden tener bajas revoluciones de trabajo y al mismo tiempo permite un buen mezclado de materiales de consistencia semejante a la tierra húmeda.

Figura 7

Mezclador de paletas



Nota. Tomado de (Metalteco, 2021)

4.7.4 *Llenado de Camas de Alimentación, Dosificación y Almacenamiento*

Las camas de alimentación son un conjunto de recipientes encargados de almacenar el material mezclado descrito en el apartado 6.2 junto con las larvas de mosca soldado negro. En esta estación es donde se realiza el proceso de bioconversión, en el que dichas larvas se alimentan durante catorce días, hasta convertirse en prepupas.

Para realizar el llenado de las camas de alimentación se requiere agregar por separado la gallinaza y las larvas mediante dos máquinas, un transportador de arrastre tubular y un dosificador vibratorio respectivamente, este último es importante debido al especial cuidado que se debe tener

con las larvas, ya que estas pueden ser aplastadas si no se cuenta con una técnica adecuada de dosificación. Dichas máquinas serán descritas en los apartados 6.3.2 y 6.1 .

Se deben almacenar los residuos y las larvas en contenedores para llevar a cabo el proceso de bioconversión, el tamaño de estos contenedores puede variar según las condiciones de espacio. La manera más económica es implementando canastillas plásticas dado que estas son fáciles de conseguir, son aislantes térmicos, resistentes a agentes corrosivos y fáciles de manipular. Sin embargo, el volumen de residuos a procesar es bastante grande, conociendo que estas camas de alimentación deben ser monitoreadas individualmente por medio de medidores de humedad y temperatura del sustrato. Esta actividad conlleva un proceso lento y extenuante, por lo tanto, se puede sistematizar y de esta manera reducir el trabajo en esta operación.

Una vez llenados los recipientes con la gallinaza y las larvas, se disponen en racks de almacenamiento, los cuales están configurados de manera que garantizan la fácil manipulación una vez concluido el tiempo de bioconversión.

4.7.5 *Separación.*

En este proceso se tiene en cuenta la diferencia de tamaños que poseen las larvas una vez concluido su proceso de bioconversión y los desechos que ellas mismas producen. De acuerdo con las características de los materiales previamente descritos y de los métodos de separación existentes, se establece que la máquina más adecuada para este proceso es una tamizadora vibratoria, como la mostrada en la Figura 8.

Figura 8*Tamizadora vibratoria*

Nota. Tomado de (EPSA, 2022)

4.7.6 Empacado

Dentro del proceso de empaque se busca individualizar el biofertilizante obtenido en sacos o bultos de un peso especificado y las larvas vivas. Por lo anterior es necesario contar con una máquina que realice la función de entregar la cantidad de producto manteniendo un rango de la medida solicitada. Normalmente la presentación comercial de compost se hace por medio de bultos o sacos de 50kg, aunque pueden existir otros tamaños para su comercialización. De igual manera las larvas pueden ser empacadas en presentaciones de 1 kg.

La Figura 9 presenta una configuración de empacadora semiautomática, la cual cumple únicamente la función de dosificar. Existen otros modelos que contemplan un subsistema adicional de sellado del saco, proceso realizado generalmente con hilo.

Figura 9*Empacadora de Bultos*

Nota. Tomado de (Felco Europa, 2016)

5. Diseño Conceptual**5.1 Modelo Conceptual de la Planta**

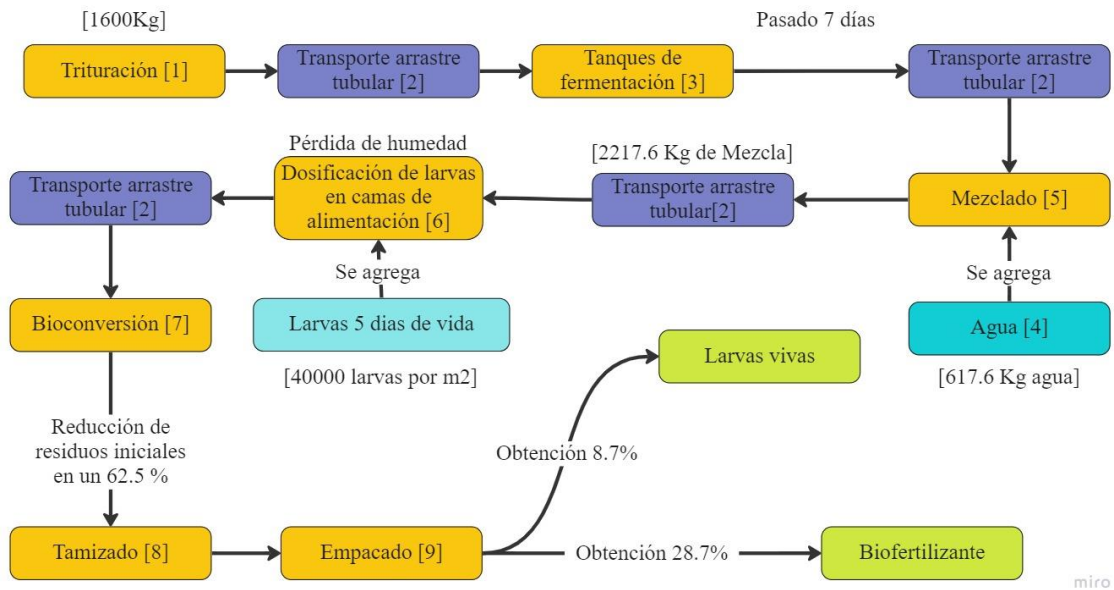
De acuerdo con cada una de las etapas descritas en el apartado 4.7 se propone el modelo conceptual de la planta presentado en la Figura 10.

5.2 Balance de Masa para el proceso

En base a la capacidad de diseño de la planta, se realiza el balance de masa para un tiempo de proceso diario de 8 horas, con una cantidad de 1600 kg de gallinaza al día. En respuesta a los datos proporcionados por (Sandec, 2017), para establecer el porcentaje de agua en el sustrato, se deben añadir 617.6 kg de agua (38.6%). Después del proceso de bioconversión se obtiene un retorno de masa de 37.5 % la cual está compuesta por biomasa larval y biofertilizante con porcentajes de 8.7 % y 28.7 % respectivamente. El balance detallado se presenta en la Figura 10.

Figura 10.

Balance de masa de la planta para 1600 kg de gallinaza diaria



En la Tabla 1 se presenta el resumen del proceso a realizar en concordancia con lo mostrado en la Figura 10, en la cual se describen cada una de las máquinas del proceso junto a la capacidad requerida por cada una. Además, se indica en negrilla las maquinas que fueron diseñadas.

Tabla 1.*Descripción de procesos de la planta*

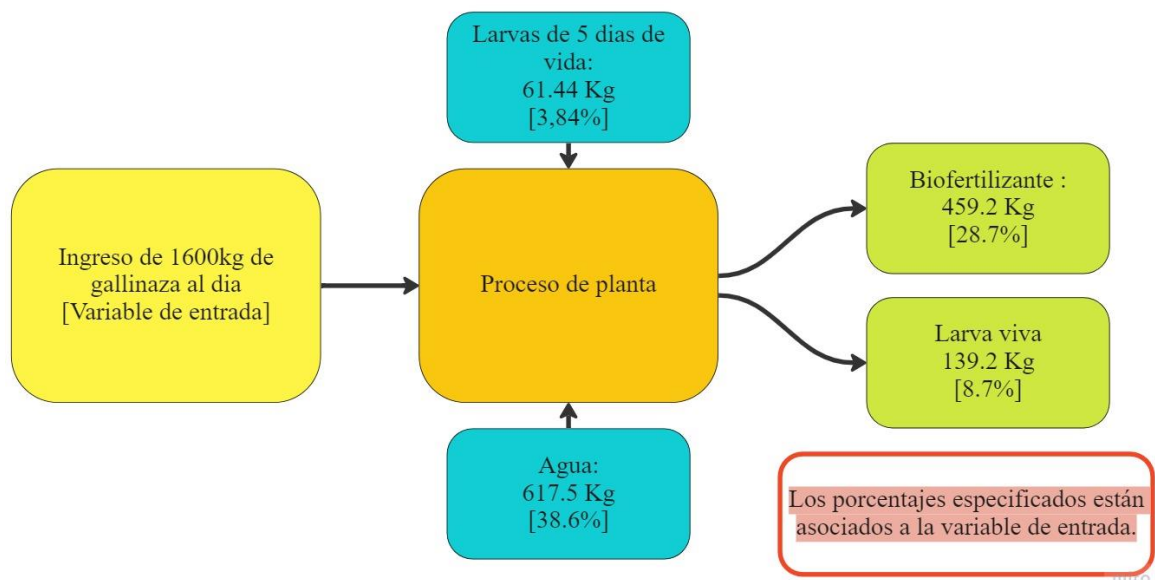
Proceso	Descripción del Proceso	Características
1	Trituración la cual consiste en disminuir el tamaño de partícula de la gallinaza recolectada en los galpones	Tamaño aproximado de partícula entre 2-5 mm
2	Transporte de material entre etapas (trituration-fermentación, fermentación-mezclado, mezclado – llenado de camas de alimentación)	Capacidad de transporte 200 kg/h
3	Fermentación anaerobia de la gallinaza. En este proceso se aprovecha la temperatura para eliminar patógenos	Tanque con capacidad diaria de 1600 kg. Duración proceso 7 días.
4	Adición de agua para ajustar la humedad del sustrato	19.23 Litros/50 kg gallinaza
5	Mezclado del material fermentado con el agua para ajustar humedad.	Humedad mínima del 80 %
6	Dosificador de larvas de mosca al sustrato a compostar	40000 larvas/m ²
7	Estación de bioconversión o camas de alimentación	Monitoreo de humedad, duración proceso 14 días.
8	Separación de la larva del sustrato compostado	Mesh entre 3-5 mm
9	Empacado del biofertilizante y larvas vivas	Bultos de 50 kg (biofertilizante) Paquete de 1Kg (larvas vivas)

A continuación, se evidencia de forma simplificada las variables que se deben adicionar al proceso para la realización del biofertilizante y la obtención de larvas. Para la planta diseñada con una capacidad de procesamiento de 1600 Kg al día, se deben agregar 61.4 Kg de larvas de 5

días de vida y 617.5 Kg de agua. De esta manera se obtiene como resultado del proceso de bioconversión 459.2 Kg de biofertilizante y 139.2 Kg de larvas vivas. Para facilidad del lector se entregan los porcentajes correspondientes del proceso en corchetes, los cuales dependerán de la variable de entrada, como se evidencian en la Figura 11.

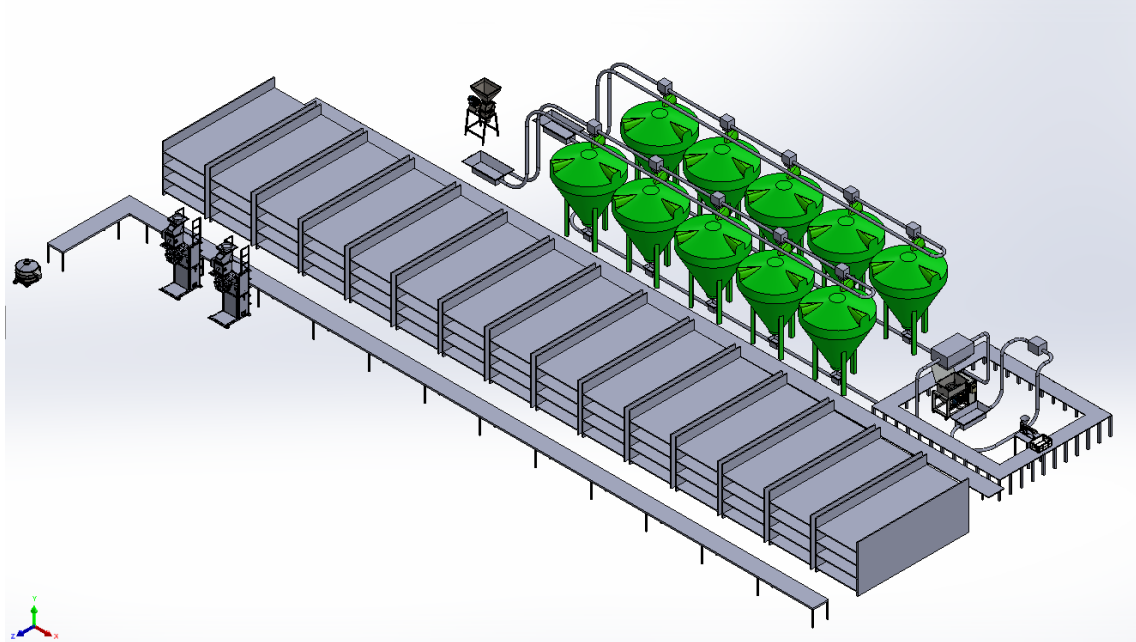
Figura 11

Diagrama E.P.S de la planta de compostaje



5.3 Modelo de planta

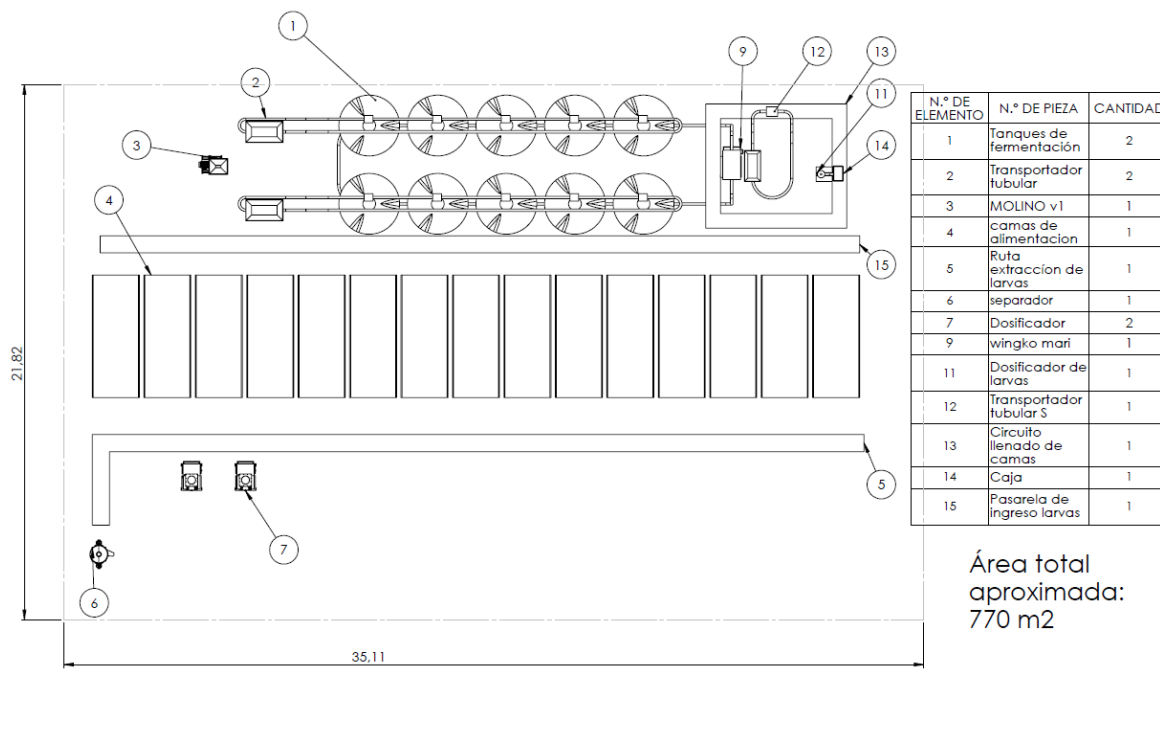
Una vez seleccionados los equipos se ordenan teniendo en cuenta el flujo de trabajo que posee la planta según lo mostrado en la sección 5.1, asimismo mediante el software SolidWorks se realiza la distribución, como se presenta en la Figura 12.

Figura 12*Distribución de planta*

El área aproximada para la instalación de planta teniendo en cuenta los espacios requeridos para cada una de las etapas es de 770 m² como se muestra en la Figura 13. Esta figura se encontrará ampliada en los planos de planta.

Figura 13

Plano planta



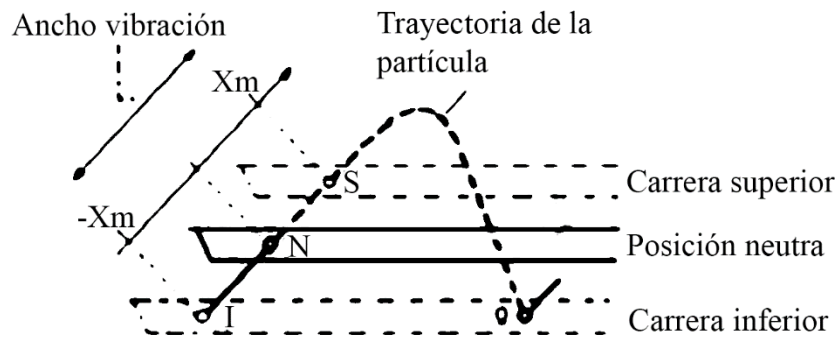
6. Diseño en Detalle

6.1 Diseño del dosificador vibratorio de larvas

Para el diseño del transportador vibratorio es necesario considerar parámetros tales como fricción del material a transportar, ángulo de vibración, velocidad de desplazamiento, capacidad de transporte y geometría del transportador. Otro aspecto por considerar es la trayectoria que describe la partícula durante su desplazamiento, este consiste en micro saltos parabólicos como se muestra en la Figura 14, producidos por oscilaciones generadas por el elemento motriz, haciendo que la bandeja se desplace alternativamente una longitud X_m .

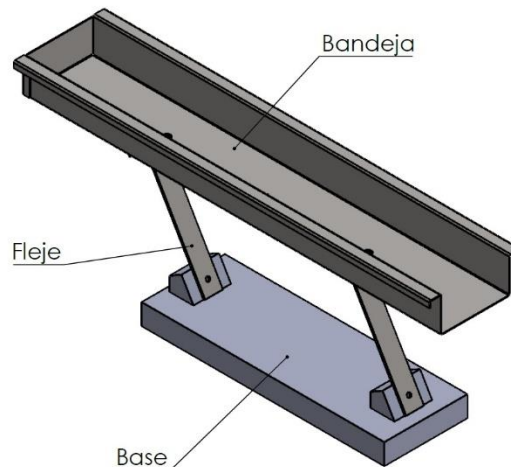
Figura 14

Desplazamiento de la bandeja



Nota. Adaptado de (Despotovic, 2015)

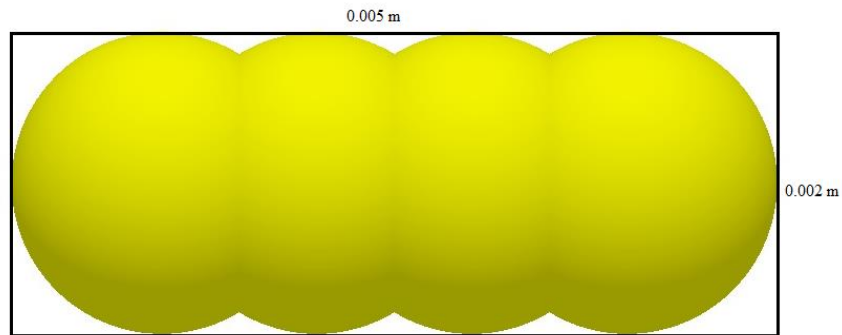
El movimiento de esta máquina es dado por un electroimán que imprime una fuerza sobre los flejes. Dichos elementos son los encargados de soportar la bandeja de transporte como se muestra en la Figura 15. Es importante que los flejes estén inclinados y dependiendo de la configuración se obtienen variaciones en los desplazamientos del material.

Figura 15*Bandeja con flejes*

Para conocer el ángulo óptimo de inclinación se realizará una simulación por medio del software Altair EDEM; para ello se establece como primer parámetro la geometría del material a transportar, para este caso son larvas de mosca soldado-negra de 5 días de vida. De acuerdo con la revista colombiana de ciencia animal Recia (Arroyave et al, 2019), para larvas de 5 días el peso aproximado es de 0.05 g y las dimensiones para largo y ancho son 5 mm y 2mm respectivamente. En la Figura 16 se presenta la forma de la larva que va a ser utilizada en el software EDEM.

Figura 16

Geometría de larva utilizada en software EDEM

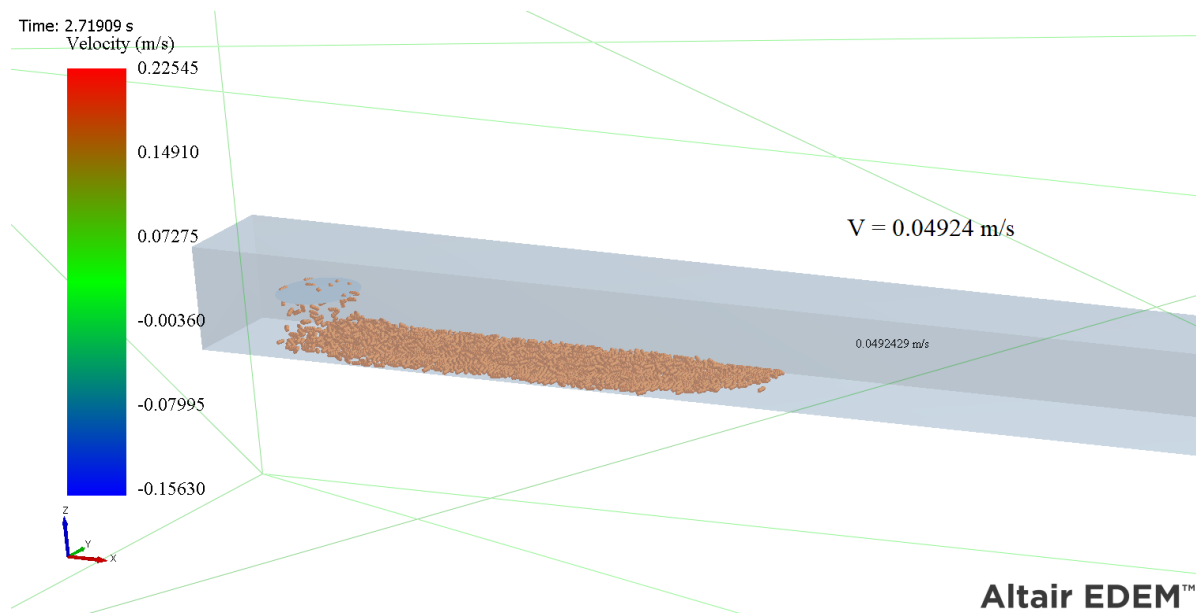


La determinación del ángulo de los flejes está relacionada con la velocidad de avance que va a tener el material en la bandeja del transportador. Según (Pineda & Rojas, 2004) los ángulos óptimos de los flejes para transportadores vibratorios granulares están en un rango de 20° a 35° para tener un avance adecuado. Para la simulación de la bandeja se utilizan ángulos que estén en el rango descrito previamente, por último, se varía la amplitud de la oscilación que va a tener la bandeja X_m . Los resultados de estas pruebas se sintetizan en la Tabla 2.

Tabla 2*Resultados simulación EDEM*

Desplazamiento total 2*Xm [mm]	Ángulos			
	20°	25°	30°	35°
2	Avance homogéneo	Avance homogéneo	Avance homogéneo	Avance homogéneo
2,4	Avance homogéneo	Avance no homogéneo	Avance homogéneo Muchos saltos	Avance homogéneo Muchos saltos
2,8	Avance desordenado	Avance homogéneo	Avance no homogéneo	Avance caótico
3,2	Avance desordenado	Avance caótico	Avance caótico	No hay avance

Nota. Dado que los avances para el desplazamiento de 2mm todos son homogéneos, se toma por criterio del diseñador el ángulo de 30°.

Figura 17*Modelo Simulación Software EDEM*

Nota: Simulación realizada para un ángulo de 30° y $2 \cdot X_m$ igual a 2 mm.

A partir de la Tabla 2 se determina que la configuración apropiada para que haya un avance homogéneo y preciso de larvas durante todo el recorrido en la bandeja es con un ángulo de flejes de 30° formado con la vertical y una deformación en los mismos de X_m de 1 milímetro. El modelo de simulación es mostrado en la Figura 17.

Es necesario contrastar los datos obtenidos mediante la simulación con un método analítico, para ello se plantea el análisis dinámico de las partículas dentro de la bandeja.

Para garantizar que el material avance en conjunto con la bandeja, es decir, para impedir que se deslice, se debe cumplir que la fuerza debida al peso y la aceleración de avance del sistema sea menor a la fuerza de adherencia, fuerzas descritas mediante las ecuaciones (1) y (2).

$$F = m_{sist} * a_{av} = \frac{W_{mat}}{g} * a_{av} \quad (1)$$

$$F_{adh} = \mu_f * W_{mat} \quad (2)$$

Donde

F_{adh} =Fuerza de adherencia entre material y bandeja

μ_f = Coeficiente de fricción entre el material y la bandeja

W_{mat} = Peso de la bandeja con el material

a_{av} = Aceleración de avance del material

De lo anterior se obtiene que la aceleración de avance depende del coeficiente de fricción estático entre el material y la bandeja, expresión presentada en las ecuaciones (3) y (4)

$$\frac{W_{mat}}{g} * a_{av} \leq \mu_f * W_{mat} \quad (3)$$

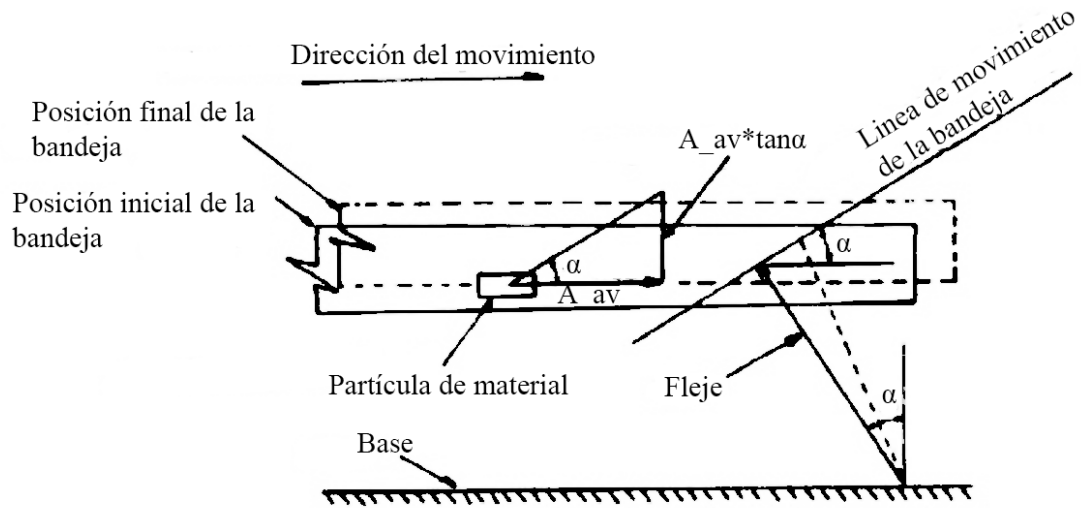
$$a_{av} \leq \mu_f * g \quad (4)$$

Sin embargo, se debe tener en cuenta el efecto que tiene el movimiento de las partículas sobre un plano de inclinación α , configuración en la que la presión del material contra la bandeja aumenta durante la subida de esta por efecto de la componente vertical de la aceleración de avance como se muestra en la Figura 18, por lo tanto, la ecuación (3) queda transformada en la ecuación (5).

$$\frac{W_{mat}}{g} * a_{av} \leq \mu_f * (W_{mat} + \frac{W_{mat}}{g} * a_{av} * \tan \alpha) \quad (5)$$

Figura 18

Movimiento de la bandeja



Nota. Adaptado de (Pineda & Rojas, 2004).

Aplicando la condición de no deslizamiento en la ida se tiene que la aceleración de avance está relacionada con la inclinación α del plano y del coeficiente de fricción estática entre bandeja y material, expresiones presentadas en las ecuaciones (6) y (7)

$$\frac{W_{mat}}{g} * a_{av} \leq \mu_f * (W_{mat} + \frac{W_{mat}}{g} * a_{av} * \tan \alpha) \quad (6)$$

$$a_{av} \leq \frac{\mu_f * g}{1 - \tan \alpha * \mu_f} \quad (7)$$

Al final del recorrido de ida, el material alcanza una velocidad máxima que le permite arrastrarse de forma lineal por la bandeja mientras esta retrocede, por lo tanto, el material se frena, y dicha desaceleración se calcula mediante la ecuación (8)

$$d_m = \frac{\mu_m * g}{1 + \mu_m * \tan \alpha} \quad (8)$$

Donde:

d_m = Desaceleración relativa del material con la bandeja

μ_m = Coeficiente de fricción dinámico entre el material y la bandeja

Para lograr que el material arrojado durante el frenado del canal avance lo suficiente, y con el objetivo de que el recorrido del material dure el mismo tiempo de retorno del canal, se tiene mediante la ecuación (9) la desaceleración del canal.

$$d_f = d_m^2 * \left(\frac{1}{a_{av}} + \frac{2}{d_m} \right) \quad (9)$$

Donde:

d_f = Desaceleración del canal

Por otra parte, se tiene que la velocidad máxima de avance entre material y canal en el recorrido de ida se expresa en la ecuación (10).

$$Vmax_{av} = \sqrt{2 * S * a_{av}} \quad (10)$$

Donde:

S = Recorrido del canal junto con el material en la ida

De la misma manera, el tiempo empleado por el material para frenarse se determina mediante la ecuación (11).

$$T_{mat} = \frac{Vmax_{av}}{d_m} \quad (11)$$

Con la condición de que el tiempo expresado en la ecuación (11) debe ser el mismo para que el canal retroceda, se tiene que el tiempo total del ciclo se expresa con la ecuación (12).

$$T = \frac{Vmax_{av}}{a_{av}} + \frac{Vmax_{av}}{d_m} \quad (12)$$

Por último, por medio de la ecuación (13) se puede calcular la carrera del material.

$$S_{mat} = \frac{(Vmax_{av})^2}{2} * \left(\frac{1}{a_{av}} + \frac{1}{d_m} + \frac{1}{d_f} \right) - S \quad (13)$$

Seguidamente se determina la velocidad media del material durante el tiempo del ciclo, para ello se recomienda tomar un factor adicional, como se muestra en la ecuación (14).

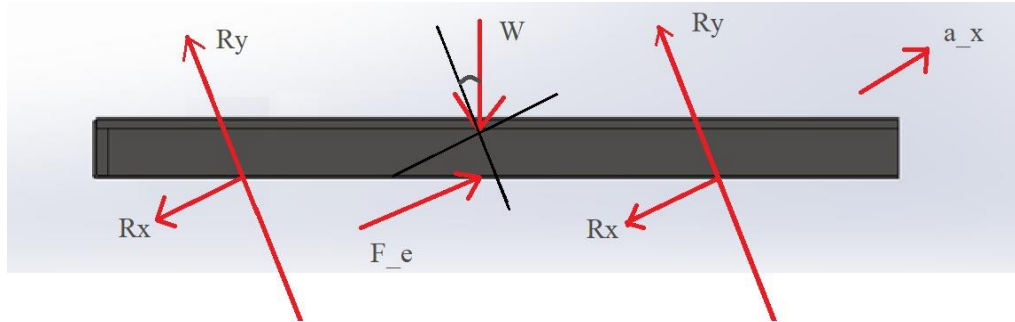
$$V_m = 0.8 * \frac{S_{mat}}{T} \quad (14)$$

De acuerdo con la geometría establecida para la bandeja, y la altura de llenado de material, se determina el área de transporte para calcular el flujo volumétrico mediante la ecuación (15).

$$\dot{V} = 3600 * \frac{S_{mat}}{T} * A \left[\frac{m^3}{h} \right] \quad (15)$$

6.1.1 *Análisis dinámico*

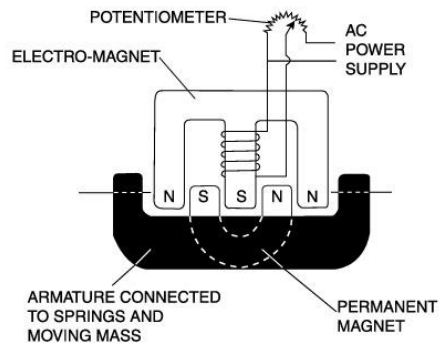
Por medio del diagrama de cuerpo libre del sistema, se puede determinar la fuerza requerida por el elemento motriz para imprimirle la aceleración de avance descrita en la ecuación (7). Las cargas a las que está sometida la bandeja son, su propio peso y la masa distribuida de las larvas. En la Figura 19 se evidencia el diagrama de fuerzas que actúan sobre la bandeja.

Figura 19*Diagrama de fuerzas de la bandeja*

Realizando el respectivo cálculo se obtiene que la fuerza que permite el movimiento de los flejes, los cuales tienen una dimensión de 180x25x3 mm; corresponde a 39.21 N. Asimismo, la frecuencia a la que el electroimán debe oscilar es 13 Hz. El detalle de los cálculos se encuentra en el apéndice B.

6.1.2 *Cálculo del Electroimán*

El elemento motriz, mostrado en la Figura 20, permite realizar el movimiento alternativo transmitido por medio de los flejes a la bandeja transportadora. Consta de un transformador con un imán permanente adaptado en su núcleo, el cual, en virtud de la variación del campo magnético genera el movimiento previamente descrito.

Figura 20*Electroimán vibratorio*

Nota. Tomado de (ERIEZ, 2007)

El interés sobre este dispositivo es poder determinar la potencia eléctrica necesaria para accionar los flejes con la fuerza calculada anteriormente.

Como primera medida se selecciona un transformador con una geometría determinada, y a partir de ella establecer la superficie de contacto entre el núcleo y el hierro móvil (imán permanente). Posteriormente con la ecuación (16) se determina la inducción magnética que se genera en el núcleo del transformador.

$$F_{atracción} = 40000 \cdot B^2 \cdot S \quad (16)$$

Donde:

$F_{atracción}$ = Fuerza que debe ejercer el electroimán sobre los flejes [Kgf]

B = Inducción en el núcleo en [T]

S = Superficie de contacto entre el núcleo y el hierro móvil [m²]

Seguidamente, seleccionando una chapa al silicio se determina la intensidad de campo H_{Chapa} mediante la Tabla 3, necesaria para calcular la fuerza magnetomotriz expresada en la ecuación (18).

Tabla 3

Intensidad de campo

B (T)	H (Av/m)		
	Hierro Forjado	Chapa Normal	Chapa al Silicio
0,1	80	50	90
0,3	120	65	140
0,5	160	100	170
0,7	230	180	240
0,9	400	360	350
1,1	650	675	530
1,3	1000	1200	1300
1,5	2400	2200	5000
1,6	5300	3500	9000
1,7	7000	6000	15500
1,8	11000	10000	27500
1,9	17000	16000	-
2	27000	32000	-

Nota. Tomado de (Alcalde, 2003)

$$\mathcal{F} = \mathcal{F}_{chapa} + \mathcal{F}_{entrehierro} \quad (17)$$

$$\mathcal{F}_{chapa} = H_{Chapa} * L_{mb} \quad (18)$$

$$\mathcal{F}_{entrehierro} = H_{aire} * L_{mb} \quad (19)$$

Donde:

\mathcal{F}_{chapa} =Fuerza magnetomotriz en el núcleo transformador

$\mathcal{F}_{entrehierro}$ =Fuerza magnetomotriz aire

L_{mb} = Longitud media de la bobina

L_{me} = Longitud media del entrehierro

Asimismo, se obtiene la intensidad de campo para el aire, mediante la ecuación (20).

$$H_{aire} = \frac{B}{\mu_0} \quad (20)$$

Donde:

μ_0 = Permeabilidad magnética del vacío

Considerando la fuerza magnetomotriz total de la ecuación (17), se calcula la intensidad de corriente que se debe suministrar al electroimán mediante la ecuación (21).

$$\mathcal{F} = N * I \quad (21)$$

Donde:

N = Número de vueltas de la bobina

I = Intensidad de corriente eléctrica

A continuación, con la ecuación (22) se determina la potencia requerida por el electroimán.

$$Pot = V * I \quad (22)$$

Finalmente se obtiene que la potencia requerida por el electroimán es de 37.98 (Volt-Amp).

El detalle del cálculo se encuentra en el apéndice B.

6.2 Diseño de Camas de Alimentación

6.2.1 Camas de alimentación

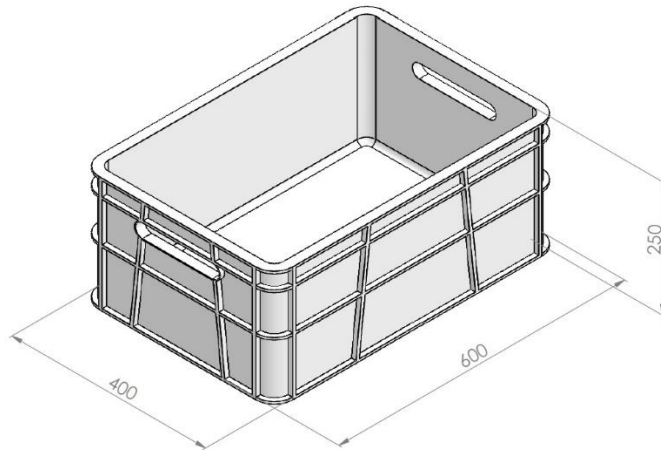
Los sistemas de producción de larvas pueden tener varias configuraciones como pueden ser camas sobre el suelo, bandejas pequeñas y grandes. Dichas configuraciones dependen de la disponibilidad de espacio, mano de obra y recursos para equipos de manipulación de bandejas

grandes. Algunas empresas como Protix, proveedoras de insumos para alimentación animal a base de insectos, emplean su proceso de producción con bandejas tipo canastilla debido a su fácil adquisición, renovación y almacenamiento.

Para garantizar un desempeño óptimo de las larvas es necesario controlar continuamente las variables que van a influir en la eficiencia de bioconversión. Estas variables son calidad del aire, temperatura y humedad del sustrato.

En cuanto a la calidad del aire se debe evacuar el dióxido de carbono emitido durante el proceso de bioconversión los cuales no deben sobrepasar 15000 ppm (Sandec, 2017), para ello las camas de alimentación se disponen de tal manera que exista un flujo de aire, y esto se logra con una adecuada separación entre camas. La temperatura depende directamente de las condiciones climáticas del lugar de ubicación de la planta.

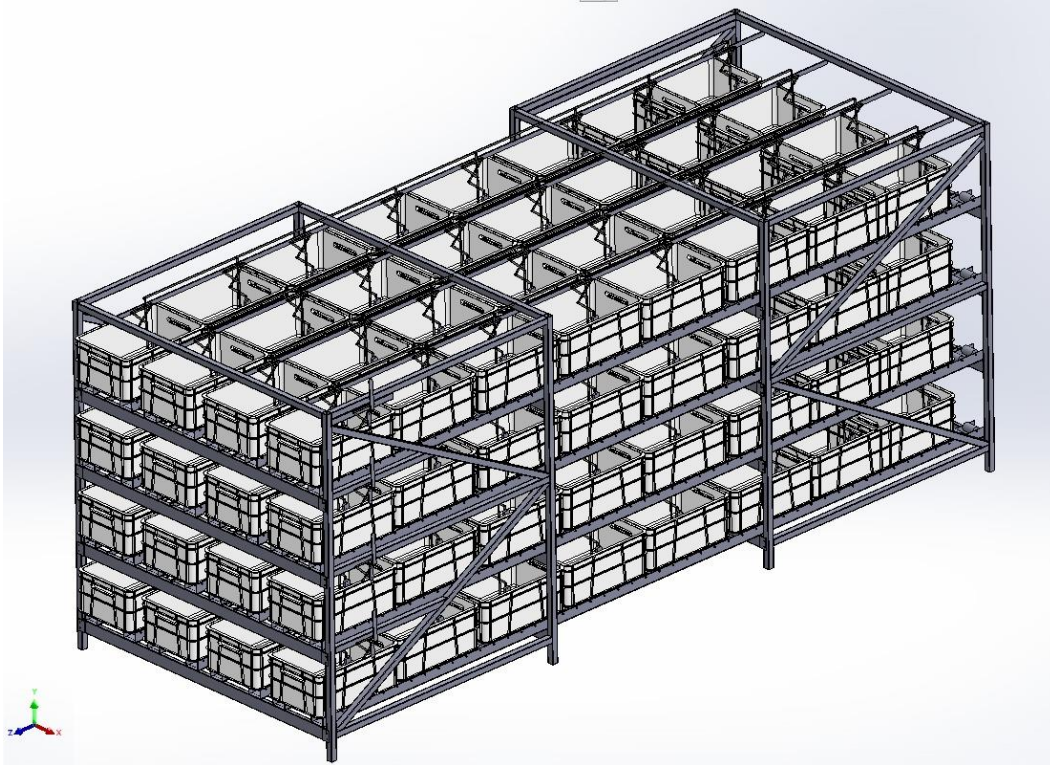
La fase de diseño comprende la adaptación de canastillas disponibles en el mercado con un conjunto de sensores de humedad que permitirán el monitoreo de las condiciones al interior de las camas de alimentación de manera independiente. Las dimensiones de las camas por lo tanto serán de 60x40x25 cm como se muestra en la Figura 21.

Figura 21*Canastillas*

Nota. Canastillas usadas en el proceso de bioconversión de la larva

6.2.2 *Diseño de los racks*

Una consideración que garantiza el orden para la descarga de las camas de alimentación desde los racks de almacenamiento es el sistema fifo (first in first out), mediante el cual se establece que los primeros productos almacenados, estarán disponibles en el mismo orden para ser evacuados, para tal fin se decide que los racks deben tener acceso por la parte anterior y posterior. En la Figura 22 se presenta la configuración del rack, que consiste en cuatro niveles de almacenamiento, donde se disponen 32 canastillas por nivel.

Figura 22*Rack de almacenamiento de canastillas*

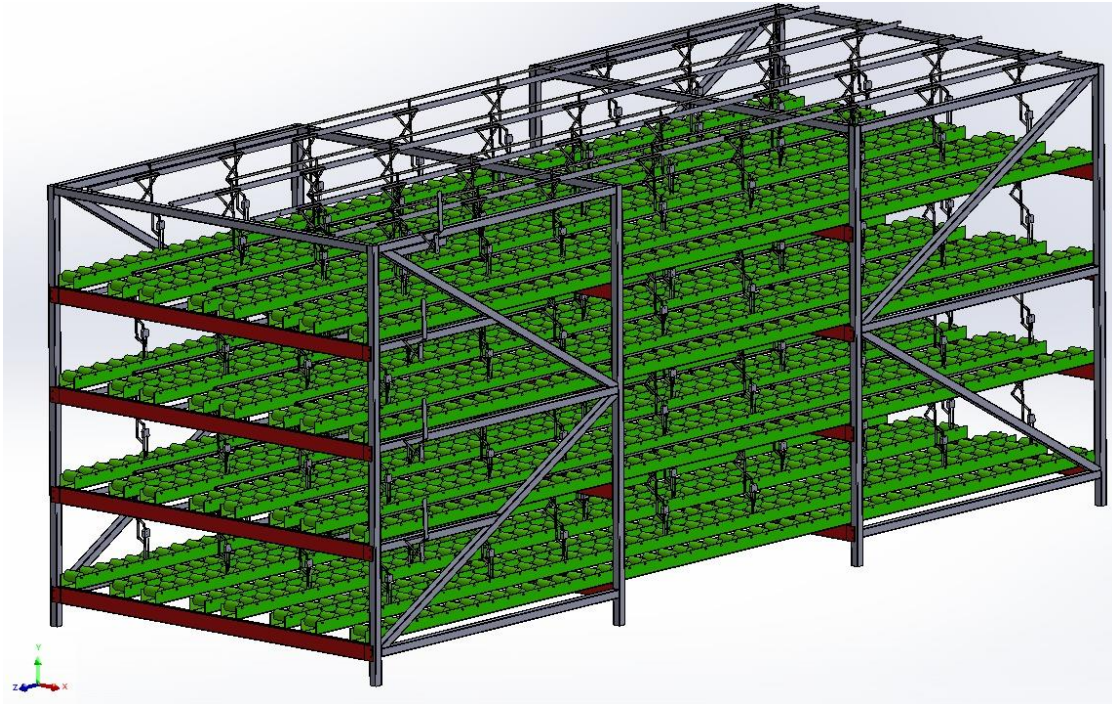
Partiendo de que cada canastilla con el sustrato tiene un peso de 20 kg, se realiza el cálculo de los elementos del rack teniendo en cuenta la Figura 23 de la que se puede observar las vigas de 5 metros en el plano y-z de color verde, las vigas de 1.91 metros en el plano x-y de color rojo, así como los elementos del marco de color gris.

Dado que las vigas cuentan con más de 2 apoyos resulta en un sistema indeterminado, por lo tanto, se utiliza el método de integración mediante la ecuación (23) de la viga para levantar las indeterminaciones.

$$E * I * Y'' = M_x \quad (23)$$

Figura 23

Identificación de elementos del rack por color



Una vez calculadas las cargas en cada uno de los elementos, se seleccionan los diferentes perfiles, para el perfil verde se utilizan pallet rail de la marca Rodavigo. Los perfiles rojos son de acero estructural con dimensión 3" x 1 1/2" x 0,8 mm. Los resultados obtenidos para la estructura del marco (color gris) indican que se pueden utilizar perfiles de 40 mm x40 mm x1.5 mm. Los detalles de cálculo y selección de perfiles se presentan en el apéndice C.

6.2.3 *Mecanismo Sensores*

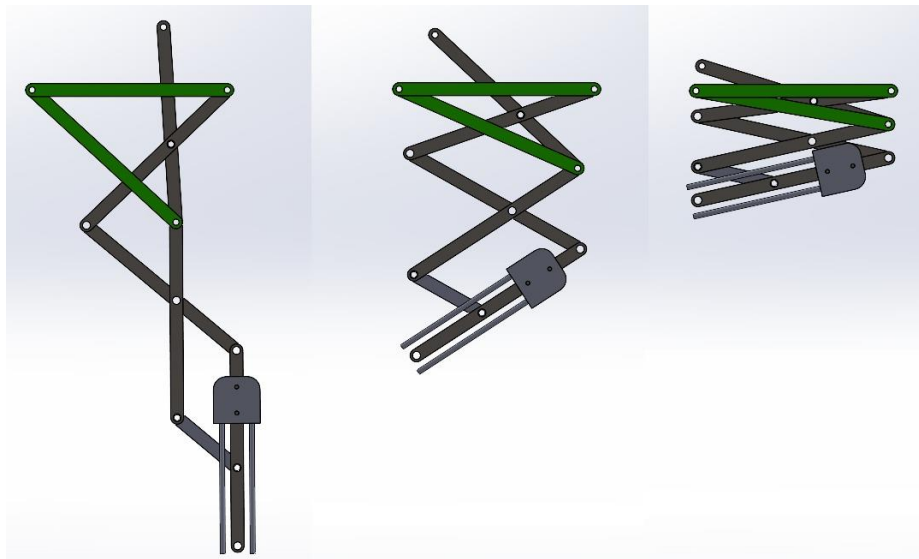
La condición más crítica en el proceso de bioconversión es la humedad en el sustrato, por lo tanto, es necesario monitorear cada cama de alimentación mediante sensores. Dado el volumen diario de procesamiento, se requieren 128 canastillas por día, y realizar el monitoreo manualmente deriva en un gasto excesivo de tiempo. Por lo tanto, se adapta un mecanismo que permita sensar

cada canastilla y además que su localización no obstruya el movimiento de estas al momento de ingresarlas o extraerlas.

En vista de las limitaciones de espacio, se requiere que el sensor quede ubicado verticalmente durante el descenso, y que al replegarse esté dispuesto de manera que no impida el movimiento de las canastillas por el mecanismo. Para este tipo de aplicaciones, emplear una modificación del eslabonamiento de Nuremberg resulta la mejor opción. La Figura 24 ilustra las posiciones que tomará el sensor durante su recorrido.

Figura 24

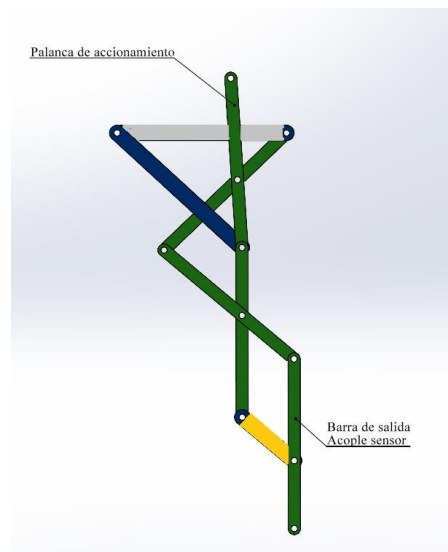
Movimiento del mecanismo de sensores



Para las proporciones entre los elementos del mecanismo se toman las recomendaciones hechas por Thang (2015), como se muestra en la Tabla 4. Asimismo, en la Figura 25 se relacionan las barras presentadas en la siguiente tabla.

Tabla 4*Dimensiones paramétricas del mecanismo*

Color barra	Longitud
Gris	a
Azul	a
Verde	$0.4*a+0.6*a$
Amarillo	$0.4*a$

Figura 25*Identificación de los elementos del mecanismo*

De acuerdo con la información presentada en la Tabla 4 y por medio del software SolidWorks se determina el valor adecuado de la longitud que se ajusta de manera correcta a las condiciones de espacio, para ello se realiza un proceso de iteración, encontrándose que el parámetro “a” debe tener un valor de 150 mm. Por otra parte, se determina que cada una de las

barras del mecanismo son de acero 1020 laminado en frío con espesor de 3 mm. Como se mencionó anteriormente, se necesita un mecanismo para cada una de las canastillas de los cuatro niveles del rack. Es por lo anterior que se utiliza un accionamiento general por cada nivel, el cual se detalla en el apéndice C.

6.3 Selección de Equipos

6.3.1 Trituradora

Como se mencionó en la sección 4.7.1 es necesario contar con una máquina que triture material fibroso y blando, razón por la cual se decide seleccionar un triturador de martillos.

Para conocer la potencia total, se requiere calcular la potencia en vacío y la potencia de trituración, ecuaciones (24) y (25) respectivamente. La potencia en vacío considera la geometría del elemento triturador y la velocidad de operación del elemento motriz; la potencia de trituración se analiza bajo la ley de Bond de trituración. El proceso detallado se encuentra en el Apéndice D.

Potencia en vacío

$$P = \frac{W * R^2 * n^3 * e * f}{8 * 100000 * \eta * \eta_m} \quad (24)$$

Donde:

W = Peso del martillo en kg

R = Diámetro del disco en m

n = Número de vueltas por minuto del rotor

e = Número de martillos

f = Factor dependiente de la velocidad de rotación de los martillos

η_m = Rendimiento del motor

η = Rendimiento mecánico por transmisión

Una vez obtenida la potencia en vacío, se determina la potencia de trituración mediante la ley de Bond, la cual establece un método muy acertado para procesos de trituración y molienda, permitiendo calcular la energía requerida para reducir el tamaño de un material desde un tamaño teóricamente infinito hasta un producto con el 80% inferior al tamaño de partícula deseado, es decir, para este caso es necesario un tamaño de partícula entre 2 a 5 mm; y está indicada mediante la siguiente ecuación (25).

$$P_{tri} = 10 * W_i * \left[\frac{1}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{F_{80}}} \right] * \dot{m} \quad (25)$$

Donde

P_{tri} =Energía requerida para la trituración [kW]

W_i = Factor de trabajo que depende del material a triturar [kWh/ton]

P_{80} = El 80 % del material procesado tiene el diámetro deseado (micras)

F_{80} = EL 80% del material de entrada posee una granulometría dada (micras)

\dot{m} = flujo [ton/h]

6.3.2 *Transportadora*

La transportadora permite desplazar de manera eficiente el material entre las etapas de la planta. De acuerdo con los requerimientos se identifican tres etapas en las que se requiere una transportadora, ellas son: entre trituración y fermentación, entre fermentación y mezclado y por último entre mezclado y camas de alimentación. La transportadora utilizada para cumplir este objetivo es la de arrastre tubular, caracterizada por su amplio rango de velocidades de

desplazamiento, además posee conductos de transporte cerrados que ayudan a controlar la emisión de olores.

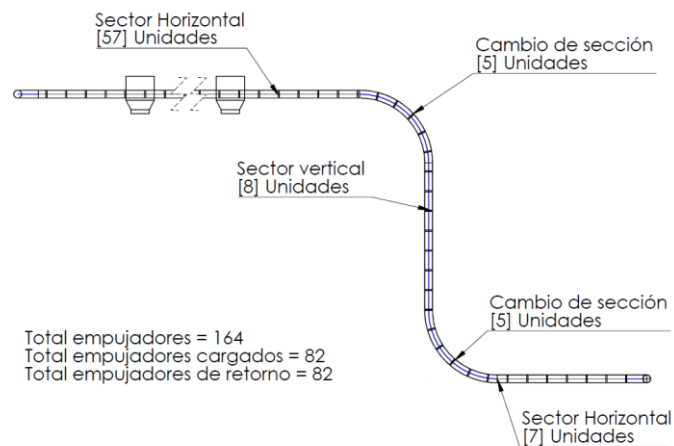
Este sistema de transporte cuenta con una rueda tensora y una conducida, un cable de acero con elementos empujadores equidistantes que desplazan el material dentro de un ducto.

Para el cálculo de la potencia es necesario conocer el diámetro y número de dientes de la rueda tensora y conducida, propiedades del material a transportar, peso de los empujadores y del cable de acero.

Para la ayuda del lector se presenta la Figura 26 donde se puede observar la unidad de transporte entre la etapa de trituración y fermentación, con los cambios de dirección y compuertas de descarga. El proceso detallado de este cálculo se encuentra en el apéndice E.

Figura 26

Configuración de un transportador tubular.



7

Nota. Elaboración propia

6.3.3 *Tanques de Fermentación*

Como se mencionó en la sección 4.7.2. es necesario contar con un proceso de fermentación de la gallinaza para higienizar y eliminar patógenos que puedan retrasar el proceso posterior de bioconversión. Los tanques deben permanecer durante siete días completamente sellados. Es pertinente determinar el volumen diario que se debe almacenar dentro de los tanques para así poder seleccionar la capacidad adecuada de los recipientes. Partiendo de la cantidad de gallinaza a procesar diariamente y su densidad se puede estimar el volumen diario que debe tener dicho contenedor. Este cálculo se puede evidenciar en la Tabla 5.

Tabla 5

Cálculo del volumen mínimo del tanque fermentador

Descripción	Cantidad
Masa diaria gallinaza	1600 Kg
Densidad de gallinaza	429 Kg/m ³
Volumen diario de gallinaza	$\frac{1600 \text{ kg}}{429 \text{ kg/m}^3} = 3.73 \text{ m}^3$

El volumen diario de producción de gallinaza es de alrededor de 3.73 metros cúbicos, y de acuerdo con la disponibilidad de tanques en el mercado y las necesidades de espacio de la planta se decide seleccionar tanques de 5.8 metros cúbicos disponibles en el mercado para cumplir con el requerimiento diario.

La empresa Rotoplast es un proveedor de tanques de plástico para todo tipo de aplicaciones, sin embargo, cuenta con una línea de tanques de fermentación comúnmente usada en otras industrias. Por lo tanto, los tanques que serán utilizados son mostrados en la Figura 27.

Figura 27

Tanque de fermentación.



Nota. Extraída de (Rotoplast, 2022)

6.3.4 Mezcladora

El rango de humedad de la gallinaza antes de ser mezclada se encuentra entre 30% y 60% para sistemas de producción en piso. Se desea llevar a una humedad mínima de 80% para garantizar que las larvas se desarrollen en condiciones óptimas en el sustrato, según (Sandec, 2017). Para ello se utiliza la ecuación (26) que relaciona la cantidad de agua que posee un material con el peso del material seco.

Los requerimientos de esta fase son el mezclado de la gallinaza fermentada con agua. Para conocer la cantidad de agua necesaria por kilogramo se realizó un cálculo práctico. Para determinar

dicha relación se inicia con una muestra de 50 kg de gallinaza fermentada mediante la ecuación (26).

$$w_w = \frac{w * w_m}{1 + w} \quad (26)$$

Donde:

w_w = Masa de agua

w_m = Masa de gallinaza con humedad

w =Fracción de agua

El resultado obtenido para ajustar la humedad de la gallinaza al 80% partiendo de un 30% es la adición de 19.23 kg de agua por cada 50 kg de gallinaza. La nueva mezcla posee una densidad de $510 \text{ kg}/\text{m}^3$. El proceso detallado de cálculo para llegar a este resultado se presenta en el apéndice E.

6.3.4.1 Cálculo de la mezcladora.

Teniendo en cuenta que los mezcladores horizontales poseen la ventaja de ejecutar tiempos cortos de mezclado se puede seleccionar una máquina de menor capacidad volumétrica para ejecutar más baches por hora y reducir los tiempos muertos durante el proceso.

Para determinar el cálculo de la mezcladora es necesario conocer cuántos kilogramos de mezcla se pueden añadir a la máquina por medio de la ecuación (27), partiendo de un tanque comercial con capacidad de mezclado de 200 litros útiles.

$$m_{mezcla\ tanque} = \rho_{mezcla} * V_{tanque} \quad (27)$$

La masa de mezcla que se puede agregar a la mezcladora corresponde a 102 kg, de los cuales el 73.23 % son de gallinaza. Para determinar cuántos baches se requieren por hora para cumplir con la cuota de 200 kg/h se utiliza la ecuación (28)

$$N_{baches} = \frac{\dot{m}_{gallinaza}}{m_{mezcla@73.23\%}} \quad (28)$$

Una vez realizado el cálculo se encuentra que son aproximadamente 3 baches por hora, lo cual es consistente ya que los mezcladores horizontales utilizan tiempos de mezclado de alrededor de 15 minutos. Finalmente, en cuanto a la potencia de la mezcladora, se determinó que se requiere un motor de 2 hp. El desarrollo del cálculo de la mezcladora se detalla en el apéndice F.

6.3.5 *Tamizadora*

Después del proceso de bioconversión es necesario separar las larvas del compost, para ello se tiene en cuenta el tamaño mínimo de las larvas adultas, siendo este tamaño de 27 mm de largo y 6mm de diámetro. Por lo cual se establece el mesh necesario siendo este menor al diámetro de la larva. Según Sandec (2017) el tamaño de mesh recomendado para la tamizadora está en el rango de 3-5 mm, tamaño con el cual se garantiza la separación de las larvas del biofertilizante. A continuación, se presenta el tamizador seleccionado mediante la Figura 28 y en la Tabla 6 se encuentra las especificaciones técnicas del equipo.

Figura 28*Tamizadora**Nota.* Extraída de (Karp, 2023)**Tabla 6***Características de la tamizadora*

Modelo	ZS-600
Capacidad	60-500kg/h
Mesh usado	12-200 mesh
Potencia motor	0.55Kw
Frecuencia de vibración	1500r/min
Peso del equipo	260 Kg
Dimensiones	800x800x1100mm

Nota: Extraída de (Chenwei, 2021)

6.3.6 *Empacadora*

Una vez separado el compost y las larvas, cada producto debe ser empacado, el compost en sacos de 50 kg y las larvas en recipientes plásticos de 1 kg para su distribución. El proceso de empacado de las larvas se realizará de forma manual y para el proceso de empacado del compost se puede realizar en dos etapas, uno de llenado y otro de sellado. Para la etapa de llenado el modelo comercial encontrado es la ensacadora mecánica de la marca WAIG. Además, esta máquina cuenta con un depósito en la parte superior de 1 m³. En la Tabla 7 se presentan las características de la máquina y en la Figura 29 se ilustra el modelo comercial.

Tabla 7

Especificaciones Empacadora

Modelo del equipo	Ensacadora WBA
Regulación de tamaño de sacos	10-60 kg
Dimensiones (Solo equipo)	0.5x0.8x1.63 [m]
Capacidad de procesamiento	4 sacos/min (saco de 60 kg)

Nota: Extraída de (Waig, 2022)

Figura 29*Empacadora.**Nota:* Extraída de (Waig, 2022)

En la segunda etapa se realiza una costura al saco para sellarlo. De acuerdo con los modelos existentes, se selecciona un sistema de costura industrial CW35 de la misma marca de la ensacadora. Especificaciones y modelo comercial son mostrados en la Tabla 8 y Figura 30 sacos respectivamente.

Tabla 8*Características coseadora de sacos*

Modelo del equipo	CW35
Velocidad de costura	15 m/min
Distancia entre puntos de costura	7.5 mm

Nota: Extraída de (Waig, 2022)

Figura 30

Cosedora de sacos.



Nota: Extraída de (Waig, 2022)

6.4 Análisis Financiero

En esta sección se presenta la evaluación financiera del proyecto, con información referente al presupuesto de inversión, costos de operación, y la proyección de ventas para establecer el tiempo de retorno de la inversión.

6.4.1 *Inversión inicial*

Corresponde a los activos que son necesarios para la puesta en marcha de la planta tanto en la parte administrativa como productiva. La Tabla 9 y la Tabla 10 describen los elementos para amoblar la sección administrativa. La Tabla 11 hace referencia a los materiales para la instalación inicial de un insectario destinado a completar el ciclo de reproducción de las larvas de mosca y obtener los insumos primordiales para realizar la bioconversión. En la Tabla 12 se presenta la inversión de la maquinaria, la cual está especificada para cada etapa del ciclo de producción.

6.4.1.1 **Mobiliario****Tabla 9***Mobiliario*

Elemento	Cantidad	Especificación	Precio
Escritorio	4	Unidad	\$ 720.000,00
Silla oficina	4	Unidad	\$ 640.000,00
Silla institucional	3	Unidad	\$ 390.000,00
Total			\$ 9.750.000,00

6.4.1.2 **Equipos de oficina****Tabla 10***Equipos de oficina*

Elemento	Cantidad	Especificación	Precio
Computador	4	Unidad	\$ 8.000.000,00
Insumos oficina	NA	NA	\$ 500.000,00
Impresora	1	Unidad	\$ 79.900,00
Teléfono inalámbrico	4	Unidad	\$ 719.600,00
Total			\$ 9.299.500,00

6.4.1.3 **Insectario****Tabla 11***Insectario*

Elemento	Cantidad	Especificación	Precio
Anjeo 1,2m	15	Metro	\$ 64.500
Mesa jaula de amor	22	Metro	\$ 657.800
Jaula oscura	14	Metro	\$ 418.600
Rejilla de ducha de cría	41	Metro	\$ 1.225.900
Biobolas	40	Unidad	\$ 40.000
Total			\$ 2.342.300

6.4.1.4 **Maquinaria****Tabla 12***Máquinas de la planta por etapas*

Etapas	Precio	Cantidad	Total
Trituración			
Trituradora	\$ 1.960.000	1	\$ 1.960.000
Transporte			
Entre trituración y fermentación	\$ 6.783.596	2	\$ 13.567.192
Entre fermentación y mezclado	\$ 6.783.596	2	\$ 13.567.192
Entre mezclado y camas de alimentación	\$ 6.783.596	1	\$ 6.783.596
Fermentación			
Tanque fermentación	\$ 18.764.920	10	\$ 187.649.200
Mezclado			
Mezcladora de paletas	\$ 29.500.000	1	\$ 29.500.000
Bombeo			
Bomba de agua y accesorios	\$ 652.922	1	\$ 652.922
Dosificación			
Transportador vibratorio		1	\$1.000.000
Camas de alimentación			
Racks, canastillas y sensores	\$ 9.628.487	15	\$ 144.427.300
Separación y empacado			
Tamizadora	\$ 16.000.000	1	\$ 16.000.000
Empacadora	\$ 4.058.000	1	\$ 4.058.000
TOTAL			\$ 419.165.402

6.4.2 *Inversión diferida*

Es el capital necesario destinado para obtener los derechos para la producción de la planta, asimismo de la publicidad y capacitación de personal, mostrado en la Tabla 13.

Tabla 13*Inversión diferida*

Elemento	Precio
Constitución legal	\$ 120.500
Registro de marca	\$ 1.335.000
Capacitación personal	\$ 1.200.000
Publicidad	\$ 2.000.000
Total	\$ 4.655.500

6.4.2.1 **Capital de trabajo**

En la Tabla 14 se describen los recursos para el transporte, montaje y adecuación de las máquinas que componen las estaciones de la planta.

Tabla 14*Capital de trabajo*

Montaje y Adecuación	Cantidad	Valor	Total
Tanques	10	\$ 2.000.000	\$ 20.000.000
Transportadores	5	\$ 1.200.000	\$ 6.000.000
Mezcladora	1	\$ 250.000	\$ 250.000
Trituradora	1	\$ 250.000	\$ 250.000
Bombeo	1	\$ 100.000	\$ 100.000
Dosificadora	1	\$ 120.000	\$ 120.000
Camas de Alimentación	15	\$ 2.100.000	\$ 31.500.000
Tamizadora	1	\$ 200.000	\$ 200.000
			\$ 58.420.000

6.4.3 *Inversión total*

En la Tabla 15 se sintetiza la inversión total destinada para la puesta en marcha de la planta.

Tabla 15

Inversión total

Ítem	Precio
Mobiliario	\$ 9.750.000
Equipo de oficina	\$ 9.299.500
Maquinaria	\$ 419.165.402
Insectario	\$ 2.342.300
Imprevistos	\$ 4.765.982
Inversión Diferida	\$ 4.655.500
Capital de Trabajo	\$ 58.420.000
Total	\$ 508.623.684

6.4.4 *Ingresos*

Haciendo una búsqueda en la web de los precios de ventas de algunos proveedores de abonos, se determina que la presentación más demandada es la de 50 kg, para ello, se decide realizar la comercialización de la misma cantidad.

Como se muestra en la Tabla 16, se calcula el promedio de los datos consultados, y se establece que el precio óptimo para competir en el mercado es 30.000 pesos.

Tabla 16*Precio comerciales abonos*

Abonos	
Proveedor	Precio Bulto (50 KG)
Finca Jardín el Limonal	\$ 30.000
Bioespacio	\$ 34.000
Wormin	\$ 27.000
Promedio	\$ 30.333

Como se muestra en la Tabla 17 se hace la consulta del precio de venta de las larvas vivas de mosca soldado-negro, para la cual se encuentra el promedio. Sin embargo, se decide que el precio de comercialización se iguala al del competidor en el rango inferior, es decir 22.000 pesos el kilo, para poder establecer una comercialización eficiente, dado que no se plantea realizar un proceso adicional a las larvas, por ejemplo, deshidratarlas.

Tabla 17*Precios comerciales larvas*

Larvas Vivas	
Proveedor	Precio kg
Entoalimentos	\$ 35.000
Bioterra	\$ 25.000
EvolutionCol	\$ 30.000
BSF illucens SAS	\$ 22.000
Promedio	\$ 28.000

Considerando un procesamiento de gallinaza inicial de 146 kg/h, se puede estimar una producción de abono y larvas de 2.410 bultos y 36.532 kg respectivamente durante el primer año; Asimismo, estimando un aumento del procesamiento de gallinaza en 11.1 % anual, se espera que

en el cuarto año se llegue a la capacidad de diseño de la planta, correspondiente a 200 kg/h . En base a lo anterior se ilustran los datos en la Tabla 18.

Tabla 18

Proyección de producción

Proyección de producción				
Ítem	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Bultos abono anual	2410	2678	2976	3306
Larvas vivas anuales [Kg]	36532	40591	45101	50112

De acuerdo con los datos proporcionados por el grupo Bancolombia (2021) para la variable macroeconómica de índice de precios al consumidor (IPC), se estima que el promedio para el final del año 2022, 2023 y 2024 será de 9.2 %, 6.4 % y 4.1 % respectivamente. A partir de los datos anteriores se realiza la proyección de los precios de ventas, como se muestra en la Tabla 19. En el Apéndice O se presentan los datos consultados.

Tabla 19

Proyección precio de ventas

Proyección Precio de ventas				
Ítem	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Precio bulto Abono(50Kg)	\$ 30.000	\$ 32.760	\$ 34.857	\$ 36.286
Precio Kg larvas vivas	\$ 22.000	\$ 24.024	\$ 25.562	\$ 26.610

En correspondencia a la cantidad de producción proyectada de acuerdo con la capacidad de la planta, y de la proyección de precios de acuerdo con el IPC para los cuatro años de estudio, se presenta en la Tabla 21 el dinero producto de la comercialización del abono y de las larvas.

Tabla 20*Proyección de producción*

Proyección de producción				
Ítem	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Bultos abono anual	2410	2678	2976	3306
Larvas vivas anuales[Kg]	36532	40591	45101	50112

Tabla 21*Proyección de ventas*

Proyección de ventas				
Ítem	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Bultos abono anuales	\$ 72.307.469	\$87.733.062	\$103.719.976	\$119.969.439
Larvas vivas anuales	\$803.696.256	\$ 975.151.457	\$1.152.845.723	\$ 1.333.458.219
Total	\$ 876.003.725	\$ 1.062.884.519	\$1.256.565.699	\$ 1.453.427.658

6.4.5 Costos

Corresponde a los costos de operación de la planta, incluyendo insumos, servicios y mantenimiento, como se muestra en la Tabla 22. De igual manera, teniendo en cuenta los datos del IPC se realiza la proyección de los costos de producción durante los años de estudio en la Tabla 23.

Tabla 22*Costos de Producción.*

Insumos	Cantidad Mensual	Relación	Precio Mensual	Costo Anual
Larvas [Kg]	1530	5000 COP/KG	\$ 7.650.000	\$ 91.800.000
Agua [m3]	13,8456	13100 COP/m3	\$ 55.009	\$ 660.109
Energía [kW]	146,61	911 COP/kWh	\$ 2.489.589	\$ 29.875.070
Internet [Mb]	200	200 megas	\$ 61.200	\$ 734.400
Mantenimiento	600000		\$ 600.000	\$ 7.200.000
Total				\$ 130.269.579

Tabla 23*Costos de Producción anuales*

Proyección de costos anuales				
Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	
\$ 130.269.579	\$ 142.254.381	\$ 151.358.661	\$ 157.564.366	

6.4.5.1 Costo de nómina.

La cantidad de operarios para la planta se determinó a partir de información suministrada por (Sandec, 2017). Por otra parte, se tiene en cuenta el personal de ventas y administrador que complementan el equipo de trabajo. En la Tabla 24 se sintetiza el costo anual de la nómina, y en la Tabla 25 la proyección de costos de esta.

Tabla 24*Costo Anual de Nómina*

Cargo	Personal De Producción	Personal De Ventas	Administrador
Salario base	\$ 1.000.000	\$ 1.250.000	\$ 1.500.000
Auxilio de transporte	\$ 117.172	\$ 117.172	\$ 117.172
Pensión	\$ 120.000	\$ 150.000	\$ 180.000
Prima servicios	\$ 83.300	\$ 104.125	\$ 124.950
ARL	\$ 5.200	\$ 6.500	\$ 7.800
Cesantías	\$ 83.300	\$ 104.125	\$ 124.950
Intereses cesantías	\$ 833	\$ 1.041	\$ 1.250
Caja compensación familiar	\$ 40.000	\$ 50.000	\$ 60.000
Vacaciones	\$ 41.700	\$ 52.125	\$ 62.550
Salud	\$ 85.000	\$ 106.250	\$ 127.500
Número de empleados	2	3	1
Costo mensual	\$ 3.153.010,00	\$ 5.824.014	\$ 2.306.171
Costo anual	\$ 37.836.120,00	\$ 69.888.177	\$ 27.674.058
Costo total		\$135.398.355	

6.4.5.1.1 *Proyección Costos de nómina***Tabla 25***Proyección Anual de Nómina*

Proyección anual nómina			
Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
\$ 135.398.355	\$ 147.855.004	\$ 157.317.724	\$ 163.767.751

6.4.5.2 **Costos variables indirectos.**

En la Tabla 26 se presentan los costos de materiales para el empaquetado de los productos, y que dependen de la cantidad de producción. De la misma manera en la Tabla 27, se estima la proyección de costos para los años de estudio de acuerdo con los datos del IPC.

Tabla 26*Costos Variables indirectos*

Ítem	Cantidad anual	Precio unitario	Total, anual
Saco 50 kg	2.410	650	1.566.500
Hilo	12	12.000	144.000
Etiqueta	38.410	300	11.523.000
Empaque	36.000	800	28.800.000
Total			42.033.500

6.4.5.3 **Proyección de Costos Variables Indirectos****Tabla 27***Costos Variables indirectos*

Proyección de costos variables indirectos			
Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
\$ 42.033.500	\$ 45.900.582	\$ 48.838.219	\$ 50.840.586

6.4.5.4 **Costos totales**

En la Tabla 28 se presenta el resumen de los costos correspondientes a la fabricación durante los años de estudio.

6.4.5.5 **Costos Totales de Fabricación****Tabla 28***Costos totales de fabricación*

Costos totales de fabricación				
Ítem	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Insumos	130.269.579	142.254.381	151.358.661	157.564.366
Mano de obra	135.398.355	147.855.004	157.317.724	163.767.751
Costo variable indirecto	42.033.500	45.900.582	48.838.219	50.840.586
Total	307.701.434	336.009.966	357.514.604	372.172.703

6.4.6 **Gastos**

Son los recursos necesarios para los elementos y actividades que permiten poner en funcionamiento la planta, entre ellos los insumos de limpieza presentados en la Tabla 29, los gastos financieros productos del préstamo para la inversión inicial presentados en la Tabla 30.

Tabla 29*Insumos de Limpieza*

Ítem	Cantidad trimestral	precio	Total
Desmanchador superficies [3,75L]	1	\$ 26.760	\$ 26.760
Ambientador piso [3,75L]	1	\$ 18.688	\$ 18.688
Gel antibacterial [0,5L]	4	\$ 8.400	\$ 33.600
Trapero	2	\$ 9.337	\$ 18.674
Escoba	2	\$ 12.000	\$ 24.000
Recogedor	1	\$ 5.800	\$ 5.800
Balde	2	\$ 18.500	\$ 37.000
Total			\$ 164.522

6.4.6.1 Gastos Financieros

De acuerdo con la información presentada en la Tabla 15 se determinó el capital requerido para poner en funcionamiento la planta, razón por la cual se realiza la consulta en simuladores de entidades financieras para poder determinar la mejor opción de préstamo, siendo esta, la presentada en la Tabla 30. En el apéndice O se muestra la información referente al préstamo. Adicionalmente en la Tabla 31 se determina el total de los gastos.

Tabla 30

Datos de préstamo

Préstamo		
Valor préstamo	\$	510.000.000
Tasa de interés anual		29,38%
Tasa de interés mensual		2,17%
Tiempo años		4
Frecuencia		12
Periodo		48
Seguro de vida	\$	588.000
Cuota mensual base	\$	17.207.069
Cuota total mensual	\$	17.795.069

Tabla 31*Gastos totales*

Ítem	Gastos totales			
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Insumos de limpieza y utensilios	\$658.088	\$ 718.632	\$ 764.625	\$ 795.974
Préstamo	\$205.443.385	\$ 198.387.385	\$198.387.385	\$ 198.387.385
Contador	\$ 6.000.000	\$6.552.000	\$ 6.971.328	\$ 7.257.152
Total	\$212.101.473	\$205.658.017	\$ 206.123.337	\$ 206.440.511

6.4.7 Resumen de Estado Financiero

Una vez determinados los ingresos y los egresos, se calcula el impuesto a la renta propuesto para las empresas para el año 2022 de 35% estipulado en la nueva reforma, y posteriormente conocer los flujos de caja para cada año del estudio, como se muestra en la última fila de la Tabla 32

Tabla 32*Flujo financieros años de estudio*

Ítem	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Ingresos totales	\$876.003.725	\$ 1.062.884.519	\$ 1.256.565.699	\$ 1.453.427.658
Costos totales	\$307.701.434	\$336.009.966	\$ 357.514.604	\$ 372.172.703
Gastos totales	\$212.101.473	\$ 205.658.017	\$ 206.123.337	\$ 206.440.511
Utilidad	\$ 356.200.818	\$ 521.216.536	\$ 692.927.757	\$ 874.814.444
Impuesto 35%	\$ 124.670.286	\$182.425.788	\$ 242.524.715	\$ 306.185.055
Flujo de caja bruto	\$231.530.531	\$ 338.790.748	\$ 450.403.042	\$ 568.629.388

6.4.8 *Valor Presente Neto (VPN)*

Es un indicador que permite traer al presente todos los flujos de caja proyectados en el futuro para hacer una comparación del dinero en diferente tiempo, ya que estos están sujetos a una tasa de interés, y a partir de ahí establecer la viabilidad del proyecto. Los resultados de aplicar la ecuación (29) se resumen en la Tabla 33.

$$VPN = -I_0 + \frac{F_1}{1+i} + \frac{F_2}{(1+i)^2} + \frac{F_3}{(1+i)^3} + \frac{F_4}{(1+i)^4} + \frac{F_5}{(1+i)^5} \quad (29)$$

Tabla 33

Valor presente neto

Valor Presente Neto	\$	270.686.661
Inversión Inicial	\$	510.000.000
Flujo Caja Año 1	\$	226.267.193
Flujo Caja Año 2	\$	333.527.410
Flujo Caja Año 2	\$	445.139.703
Flujo Caja Año 3	\$	563.366.050
Interés Anual		29,38%

6.4.9 *Tasa Interna de Retorno (TIR)*

Es un método que permite medir la rentabilidad de un negocio con la condición de que el dinero invertido retorne una tasa de interés mayor a la cual fue prestado el dinero. Este cálculo se realizó mediante la ecuación (30).

$$0 = -I_0 + \frac{F_1}{1+TIR} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \frac{F_3}{(1+TIR)^3} + \frac{F_4}{(1+TIR)^4} + \frac{F_5}{(1+i)^5} \quad (30)$$

$$TIR = 53.95\%$$

6.4.10 *Periodo de retorno de la inversión (PRI)*

Corresponde al tiempo necesario para recuperar la inversión. Se debe realizar una observación de los flujos de caja bruto y determinar en qué periodo ocurre el retorno de capital. Una vez encontrado el momento en que ocurre, se toman los periodos anteriores y se calcula el número de meses transcurridos del año en que se salda la deuda. De acuerdo a la Tabla 33 se encuentra que en el año 2 se excede el monto que se debe cancelar, por lo tanto, se utiliza la ecuación (31) para conocer el número de meses en el cual se cancela la deuda.

B= Flujo de efectivo acumulado del año inmediatamente anterior donde se recupera la inversión

C= flujo de efectivo del año donde se recupera la inversión

$$N_{meses} = \frac{(Total\ prestamo - B)}{C} * 12 \quad (31)$$

$$N_{meses} = \frac{(510.000.000 - 226.267.192)}{333.527.409} * 12 = 10.2meses$$

El total de retorno de la inversión se estima en un periodo de 1 año y 10.2 meses .

7. Conclusiones

Se desarrolló el diseño y selección de equipos para la implementación de una planta de procesamiento de desechos avícolas. En el ejercicio de diseño se decidió que los racks de almacenamiento demandan especial atención debido al monitoreo de temperatura y humedad que requiere para el proceso de bioconversión, por otra parte, el dosificador vibratorio permite la entrega precisa de larvas a cada cama de alimentación y el proceso de transformación de desechos se realice con una mejor eficiencia.

Se indentificaron los parámetros de los residuos para su ágil procesamiento mediante el proceso de bioconversión.

Para la selección de equipos se emplearon modelos de cálculo para establecer los requerimientos de potencia para cada una de las etapas y de igual manera se tuvo en cuenta la capacidad de los equipos para evitar cuellos de botella o tiempos muertos.

Las características de los desechos se tuvieron en cuenta para regiones con clima templado y cálido, dado que en zonas frías se requiere una adecuación extra para la temperatura del ambiente y así el agente bioconversor (BSF) pueda desempeñarse de forma óptima.

Por otra parte, para garantizar que el proceso de bioconversión se ajuste a un tiempo de 15 días aproximadamente el tamaño de partícula no debe superar los 5mm, el sustrato debe tener un rango de humedad de 70-80 %, y un ambiente con poca luz.

Se seleccionaron transportadores tubulares con el objetivo de mitigar olores durante el movimiento de desechos entre cada una de las etapas de la planta.

Por medio del software SolidWorks se diseñó y se modeló el mecanismo de sensores permitiendo conocer la función de la fuerza requerida según el ángulo de posición del sensor, además mediante el software Altair EDEM, se modeló el desplazamiento de las larvas sobre la bandeja y analizar su velocidad.

La planta está diseñada para que tenga un crecimiento anual de un 11% en la producción y se estabiliza en el cuarto año en la producción total de 200 Kg/h, con una operación de planta de 8 horas diarias durante 7 días a la semana, así mismo, la mano de obra requerida es de dos operarios para su funcionamiento.

Se estipularon precios de comercialización inferiores respecto a los demás competidores del sector, con el objetivo de adquirir una mejor acogida en los años iniciales, cabe recalcar que aun teniendo precios más bajos que los competidores, la TIR del proyecto sigue presentando buenos resultados con un valor de 53.95%.

8. Recomendaciones

Se propone la ejecución de la planta en climas predominantemente cálidos, en los que se puede prescindir de controles de temperatura, sin embargo, es posible situar la planta en sitios fríos, aunque el tiempo de desarrollo de las larvas puede verse aumentado. Para mitigar este efecto es importante mantener el sustrato de alimentación a una temperatura y humedad óptima. Por otra parte, el terreno requerido para la localización de la planta se considera disponible, por lo que no se ve reflejada la inversión para este caso.

La gallinaza obtenida de sistemas de galpones de piso, en la mayoría de los casos viene acompañada de viruta de madera y otros materiales celulósicos, se aconseja aislar estos materiales, los cuales no son transformados por las larvas de manera eficiente.

9. Bibliografía

- 911 Metallurgist. (2015). *911 Metallurgist*. Obtenido de <https://www.911metallurgist.com/blog/table-of-bond-work-index-by-minerals>
- Alcalde, P. (2003). *Electrotecnia*. Madrid: Thomson.
- Arroyave, O. J. (2019). *Crecimiento de Larvas de Mosca Soldado Alimentadas con Gallinaza, Porcinaza y Alimento para Ponedoras*. Sucre: Revista Colombiana de Ciencia Animal.
- Bernal, M. P., Albuquerque, J., & Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review [Compostaje de abonos animales y criterios químicos para la evaluación de la madurez del abono. Una revisión]. *Elsevier*, *100*, 10.
- Bortolini et al., S. (2020). *Hermetia illucens (L.) larvae as chicken manure management tool for circular economy*. *Science Direct*.
- Bortolini, S., & Macavei, L. (20 de Julio de 2020). *Hermetia illucens (L.) larvae as chicken manure management tool for circular economy*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121289>
- Carbide depot. (s.f.). *Carbide depot*. Obtenido de <http://www.carbidedepot.com/formulas-frictioncoefficient.htm>
- Célis López, W., & Orduz Corredor, I. F. (2011). *Diseño y fabricación de un tanque digester para la producción de compost mediante el aprovechamiento de residuos orgánicos sólidos*. Bucaramanga: Uis. Escuela de ingeniería mecánica.
- Chenwei. (2021). *Alibaba*. Obtenido de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Wanda-baobab-pulp-powder-sieve-processing-62597479591.html>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2021). *Cepal*. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47309/1/S2100423_es.pdf

Delgado Arroyo, M. d., Mendoza López, K. L., González, M. I., Tadeo Lluch, J. L., & Sánchez, J. M. (Noviembre de 2019). *Revista internacional de contaminación ambiental*. (Revista internacional de contaminación ambiental) Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992019000400965&script=sci_arttext

Despotovic, Z. V. (2015). *SOME SPECIFICS OF VIBRATORY CONVEYOR DRIVES*.

Duda, W. (1977). *Manueal tecnológico del cemento*. Obtenido de <https://elibro-net.bibliotecavirtual.uis.edu.co/es/lc/uis/titulos/183527>

ElectronicLab. (2022). *ElectronicLab*. Obtenido de <https://electronilab.co/tienda/sensor-de-humedad-de-suelo-anticorrosivo-higrometro/>

Engineering ToolBox. (2004). *Engineering ToolBox*. Obtenido de https://www.engineeringtoolbox.com/friction-coefficients-d_778.html

EPSA. (2022). *EPSA*. Obtenido de <https://epsa.mx/cribas/cribas-vibratorias/>

ERIEZ. (2007). *HOW TO CHOOSE AND USE VIBRATORY FEEDERS & CONVEYORS*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcgclclefindmkaj/https://frq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/4870/mod_resource/content/1/Transportadores%20vibratorios.pdf

Evans. (2022). *Evans*. Obtenido de <https://www.evans.com.co/producto/bomba-periferica-0-5hp/>

FAO. (2013). *Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2021, de <https://www.fao.org/3/i3531s/i3531s.pdf>

- Felco Europa. (2016). *Youtube*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=ukrCy1x-WCg>
- Fenavi. (7 de Noviembre de 2019). *Federación nacional de avicultores*. Obtenido de <https://fenavi.org/wp-content/uploads/2019/11/TR-Campania-2020-Prog-Pollo-Creatividad-Digital-y-medios.pdf>
- Flexicon. (2020). *Flexicon*. Obtenido de <https://www.flexicon.es/Equipos-y-Sistemas-de-Manejo-de-Materiales-a-Granel/Transportadores-de-Cable-Tubular/Cable-Discos-Tuberia.html>
- Flotats, X., & et al. (2016). *De residuo a recurso*. España: Mundi prensa.
- Grupo Bancolombia. (2021). *Actualización de proyecciones económicas*. Bogotá: Bancolombia.
- Harada, Y., & Inoko, A. (1980). *The measurement of the cation-exchange capacity of composts for the estimation of the degree of maturity*. Tokyo: Taylor & Francis.
- Haug, R. T. (1993). *The practical handbook of compost engineering*. Boca Raton: Routledge.
- ICA. (2021). *Instituto Colombiano Agropecuario*. Obtenido de https://www.ica.gov.co/getdoc/90935cf8-c4c1-4093-85ad-5ad06fbfda5d/base_de_datos_empresas.aspx
- Karp. (2023). *alibaba*. Obtenido de <https://spanish.alibaba.com/p-detail/Metal-1600190210469.html?spm=a2700.themePage.order.32.796743a8U9wN4D>
- Liland, N. S. (2017). *Modulation of nutrient composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae by feeding seaweed-enriched media*.
- Liu, T. (2019). *Performance of black soldier fly larvae (*Diptera: Stratiomyidae*) for manure composting and production of cleaner compost*. *Journal of Environmental Management*, 251, 109593–10959.

- Metalteco. (2020). *Mezcladora: tipos, ventajas y funcionamiento (Parte 1)*. Obtenido de <https://metalteco.com/mezcladora-tipos-ventajas-funcionamiento-1/>
- Metalteco. (2021). *Metalteco*. Obtenido de <https://metalteco.com/mezcladoras-cintas-paletas-ventajas-desventajas/>
- Metalteco. (2021). *Metalteco*. Obtenido de <https://metalteco.com/mezcladoras-cintas-paletas-ventajas-desventajas/>
- Ministerio de agricultura. (20 de agosto de 2021). *Fenavi*. Obtenido de https://fenavi.org/wp-content/uploads/2021/09/Resolucion-103751_2021.-Actualiza-Medidas-Sanitarias-Newcastle-18-agosto-2021.pdf
- Ojeda, S. J., Ramos, M., & Orejarena, R. A. (2014). *Estudio de prefactibilidad para la creación de una planta de compostaje para la empresa Palmas del Cesar S.A.* Bucaramanga: Tesis (Especialista en Evaluación y Gerencia de Proyectos) - UIS. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, 2014.
- Oliveros. (2018). *Federación Nacional de Cafeteros*. Obtenido de Tanque de Fermentación Fabricado en Plástico [Fotografía], Oliveros et al. 2018, (<https://sioc.minagricultura.gov.co/Cafe/Normatividad/Boletines/avance%20t%C3%A9cnico%20496%20cenicaf%C3%A9.pdf>): <https://sioc.minagricultura.gov.co/Cafe/Normatividad/Boletines/avance%20t%C3%A9cnico%20496%20cenicaf%C3%A9.pdf>
- Ordoñez, C. (13 de Febrero de 2019). El lombricompost representa solo el 10% del abono orgánico que se genera en Colombia.

- Pareja, M. M. (2005). Manejo y procesamiento de la gallinaza. *Revista Lasallista de Investigación*, 2(1), 43-48.
- Penagos Hermanos. (2022). *Penagos*. Obtenido de <https://www.penagos.com/productos/triturador-picador-tp-8r/>
- Pineda, E., & Rojas, E. (2004). *Sistema Vibratorio para Transporte y Clasificación de Material Granular*. Bucaramanga: UIS.
- Pregón agropecuario. (17 de Julio de 2017). *Pregón agropecuario*. Obtenido de <https://www.pregonagropecuario.com/cat.php?txt=9826>
- Riera, N. I., & Torre, V. D. (1 de Enero de 2014). *Scopus*. Obtenido de <https://tinyurl.com/2hg2fclj>
- Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013). *La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf>
- Rotoplast. (2022). *Rotoplast*. Obtenido de <https://www.rotoplast.com.co/es/producto/silo>
- Ruiz Navarro, G. A., & Mantilla Torres, J. R. (2008). *Viabilidad Técnica y económica del compostaje como tratamiento de estabilización de la gallinaza y pollinaza generada por la explotación avícola en la mesa de Jeridas del municipio de Piedecuesta, departamento de Santander*. Bucaramanga: Tesis (Especialista en Ingeniería Ambiental) - UIS. Escuela de Ingeniería Química.
- Sánchez, J. O. (2014). Contaminación del suelo. En *Formulación de un plan de buenas prácticas* (págs. 32-38). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Sandec, D. o. (2017). *Black soldier fly biowaste processing*. Switzerland: Eawag.
- Suler. (1977). *Effect of Temperature, Aeration, and Moisture on CO2 Formation in Bench-Scale, Continuously Thermophilic Composting of Solid Waste*.

- Sztern, D. (1999). *Manual para la elaboración de compost*. Uruguay: Oficina de Planeamiento y Presupuesto.
- Tao, L., Thomas, K., Andrei, M. D., & Vinay, K. (2022). Black soldier fly larvae for organic manure recycling and it's potential for circular bioeconomy. *Science Direct*.
- Vallejo, B. A. (2022). *Diseño y fabricación de una máquina mezcladora de paletas*. medellín.
- Velandia, M. (18 de Febrero de 2016). *Agronegocios e industria de alimentos*. Obtenido de <https://agronegocios.uniandes.edu.co/2016/02/18/la-avicultura-en-colombia-parte-1/>
- Waig. (2022). *Waig.com.br*. Obtenido de <https://www.waig.com.br/ensacadeira-mecanica/#orcamento>
- WEG Equipamentos Elétricos S.A. (s.f.). Catálogo General Weg. En WEG, *Catálogo General Weg* (pág. 47). Jaraguá do Sul.
- World Bank Group. (2018). Regional Snapshots- Latin America and the Caribbean. En *What a waste 2.0* (págs. 53-58). Washington: The World Bank.
- Zhu, N. (2006). *Composting of high moisture content swine manure with corncob in a pilot-scale*.

Apéndices

Apéndice A Requerimientos. Planteamiento y Selección de Alternativas Requerimientos del Proyecto

A continuación, se establece una lista con los requerimientos básicos del proyecto para el diseño de la máquina dosificadora de larvas y camas de alimentación:

Eficiencia de producción

Bajo costo

Dimensiones

Facilidad de manejo

Mantenibilidad

Seguridad

Requerimientos del Diseñador

Diseño Tiempo de trabajo Fácil ensamblaje

Automatización Repuestos

Materiales Bajo consumo energético

Matriz de Calidad del Dosificador.

La determinación de los criterios más relevantes en el proceso de diseño se identifican según el grado de relación que tienen los requerimientos del proyecto con los del diseñador, para esto se asigna arbitrariamente los valores que establecen dicho indicador, como se observa en la Tabla A 3. En la Tabla A 1 se destacan los criterios que se tienen en cuenta para el análisis de alternativas.

Tabla A 1*Matriz de Calidad del Dosificador*

QFD	Importancia	Diseño		Manejo delicado de larvas		Materiales		Tiempo de trabajo		Repuestos		Bajo consumo energético		Fácil ensamblaje		Bajo costo	
Eficiencia de producción	7	21	3	70	10	7	1	70	10	21	3	70	10	0	0	0	0
Mantenibilidad	4	40	10	12	3	40	10	40	10	40	10	12	3	40	10	40	10
Fácil operación	5	50	10	50	10	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Seguridad de larvas	6	18	3	60	10	6	1	0	0	6	1	0	0	18	3	60	10
Bajo costo	3	9	3	3	1	30	10	0	0	30	10	9	3	3	1	30	10
Dimensión	2	6	3	2	1	20	10	0	0	2	1	0	0	0	0	20	10
Limpieza	1	10	10	3	3	1	1	3	3	0	0	0	0	0	0	3	3
TOTAL		154		200		104		118		99		91		61		153	

En la Tabla A 2 están consignados los componentes que se tienen en cuenta al momento de evaluar y determinar la alternativa ganadora de la dosificadora.

Tabla A 2*Criterios Seleccionados para Dosificador*

Criterio	Valor	%
Diseño	154	21%
Manejo delicado de larvas	200	27%
Materiales	104	14%
Tiempo de trabajo	118	16%
Bajo costo	153	21%
TOTAL	729	100%

A continuación, se presentan los valores de calificación utilizados en las matrices de calidad, presentadas en la Tabla A 1 y Tabla A 4

Tabla A 3

Valores de Calificación

Calificación	Valor
Alta	10
Media	3
Baja	1
Nula	0

6.1.1.2. Matriz de Calidad de Camas de Alimentación. De igual manera como en el apartado anterior, en la Tabla A 4 se evalúan los criterios de diseño más importantes. Se utilizan los valores de la Tabla A 3 para asociar la relación que tienen los criterios entre sí.

Tabla A 4

Matriz de Calidad de Camas de Alimentación

Una vez hecha la matriz de calidad, se diferencian los criterios que van a ser tomados en cuenta para determinar la alternativa ganadora de las camas de alimentación con la ayuda de la Tabla A 5.

Tabla A 5

Criterios Seleccionados para el Diseño de las Camas

Criterio	Valor	%
Modular	100	34%
Fácil extracción	51	17%
Materiales	93	31%
Capacidad de almacenamiento	52	18%
TOTAL	296	100%

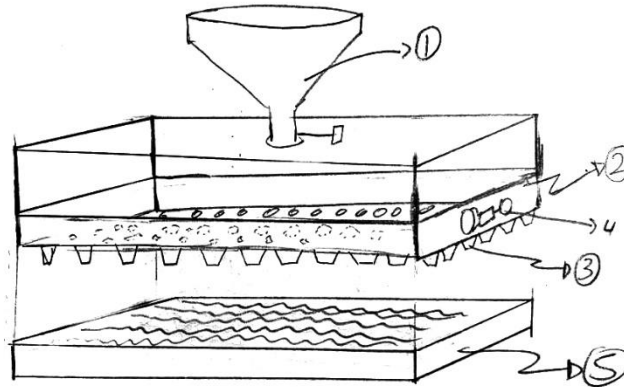
Planteamiento de Alternativas

Dosificador

Alternativa 1. La alternativa consta de una máquina que distribuirá las larvas de forma homogénea sobre toda la cama de alimentación, se ilustrará el concepto en la Figura A 1

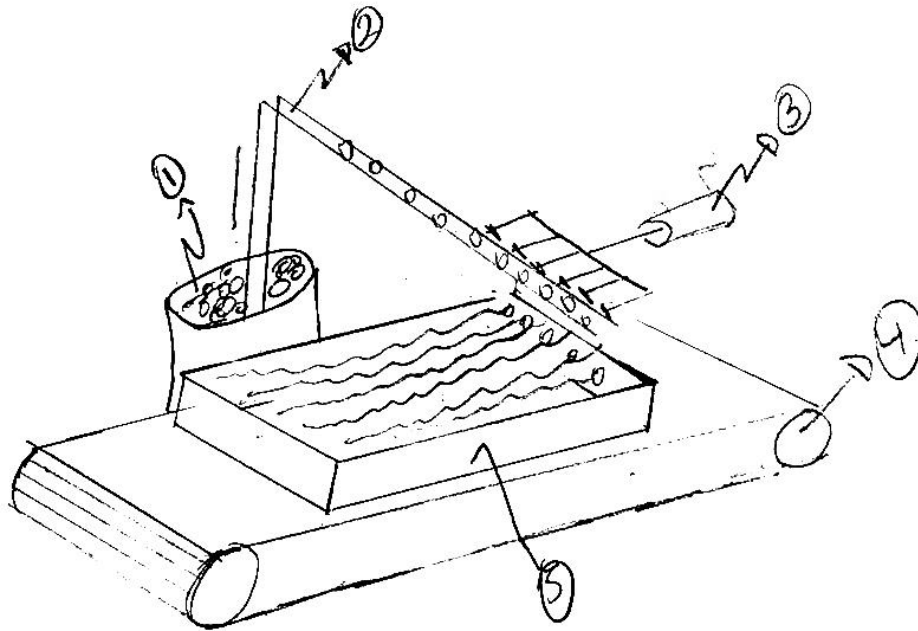
El proceso de dosificación consta de una primera etapa donde se llena una tolva (1), luego esta por medio de un mecanismo se abre y cierra para dejar caer una cantidad sobre la bandeja (2) que homogenizará las larvas por medio de un motor vibratorio (4) y estas caerán en unas mini tolvas (3) que dejarán caer la carga completa de las larvas una vez estas estén distribuidas por toda la zona.

Figura A 1

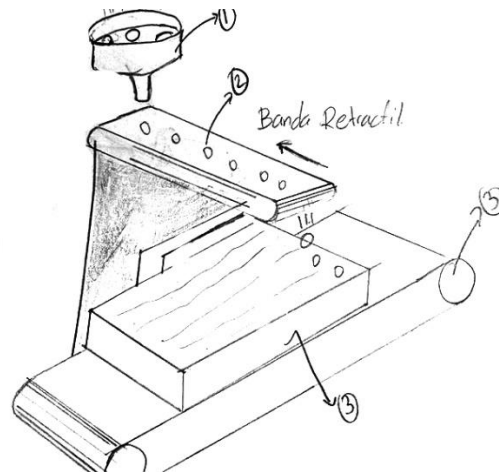
Alternativa 1 Dosificador

Alternativa 2. Es un mecanismo de elevación el cual transporta en pequeños paquetes las larvas y una vez hayan llegado al final de la banda, un mecanismo de empuje los hará caer como se observa en la Figura A 2

El proceso empezará por un tanque (1) donde se depositará las larvas, luego por un mecanismo de elevación (2) se desplazarán las larvas hasta estar en la parte superior de la cama de alimentación (5), una vez ubicadas un pistón las empujará haciéndolas caer sobre las camas, este proceso se realizará repetidamente con la ayuda de la banda transportadora (4) hasta que se haya llenado la cama.

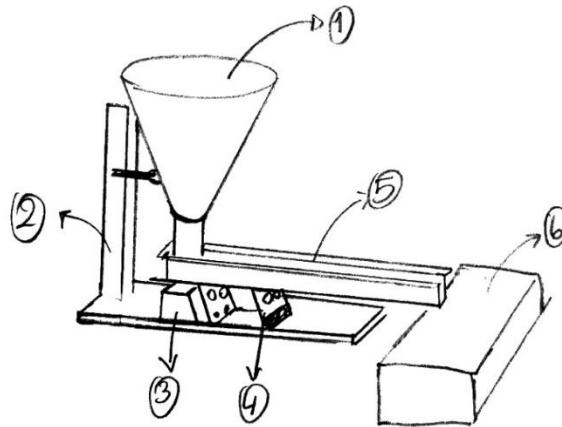
Figura A 2*Alternativa 2 Dosificador*

6.1.2.1.3. Alternativa 3. Esta alternativa consta de dos partes un dosificador volumétrico (1) y una banda transportadora retráctil (2), para la primera parte, el dosificador volumétrico depositará sobre la banda los elementos a dosificar y estos al caer quedarán distribuidos de forma homogénea, la función de la banda será llevarlos a una posición adecuada para luego retraerse rápidamente haciendo que estos simplemente caigan y con la ayuda de la banda transportadora (3) se irán ubicando por filas las larvas a dosificar, el modelo gráfico de la alternativa 3 se podrá ver en la Figura A 3

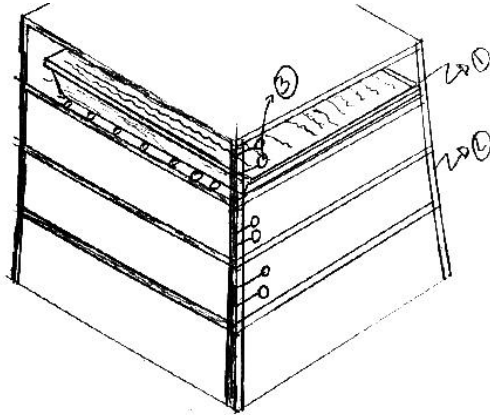
Figura A 3*Alternativa 3 Dosificador*

6.1.2.1.4. Alternativa 4. Es un equipo vibratorio que consta de una tolva (1) la cual alimenta al canal de transporte (5) por donde van a avanzar las larvas hasta llegar a la cama de alimentación (6) y cuenta con un bastidor (2) que soporta todo el equipo.

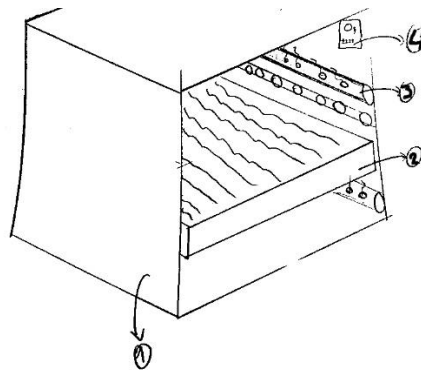
El equipo consiste en un mecanismo que hace vibrar al canal de transporte por medio de un transformador (3), el cual tiene dos etapas, cuando se energiza y cuando se obstruye la energía. En la primera etapa, el transformador funciona como un electroimán haciendo que las placas (4) se deformen y acumulen una energía en forma de resorte. Para la etapa en la cual se obstruye la energía, las placas entregan su energía almacenada haciendo que las larvas realicen un pequeño salto hacia adelante y así se realiza el movimiento, de esta manera logra avanzar la larva sin ningún tipo de maltrato. El concepto de la máquina se evidenciará en la Figura A 4.

Figura A 4*Alternativa 4 Dosificador***Camas de Alimentación.**

Alternativa 1. Es una estructura en acero (2), cuenta con unos rodillos para facilitar el almacenamiento de las camas de alimentación (1), también posee sensores de humedad (3) en cada nivel para monitorear los parámetros de operación, esta alternativa se puede observar en la Figura A 5.

Figura A 5*Alternativa 1 Camas*

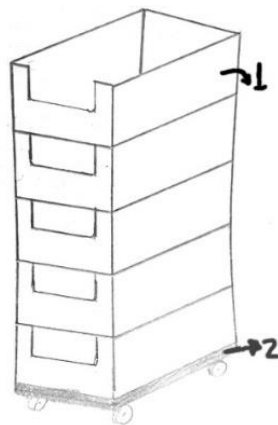
Alternativa 2. Es una especie de gran cajón (1), posee unos rieles laterales para introducir fácilmente las camas de alimentación (2), también incluye sensores (4) y un sistema de tubería para la circulación de aire (3) como se muestra en la Figura A 6.

Figura A 6*Alternativa 2 Camas*

Alternativa 3. Consiste en unas cajas de plástico (1) las cuales cuentan con un sistema de apilamiento haciéndolas muy practicas a la hora de almacenar las larvas ya que estas no requieren de un estante para organizarlas, además posee unos orificios que ayudan a la aireación de las camas de alimentación permitiendo eliminar el aire viciado con facilidad. Para ayudar al sistema de organización se propone usar una base (2) con ruedas para poder mover las camas de alimentación de una forma fácil como lo muestra la Figura A 7.

Figura A 7

Alternativa 3 Camas



Evaluación de Alternativas.

Dosificadora. Para determinar la alternativa ganadora, se identifica que tanto se relacionan los criterios ganadores de la matriz de calidad con cada una de las alternativas propuestas para las máquinas. En la **Tabla A 6** y Tabla A 7 se destaca el modelo que va a ser tenido en cuenta para el

diseño de la dosificadora y las camas de alimentación respectivamente. Se tiene en cuenta los valores de calificación presentados en la Tabla A 3.

Tabla A 6

Evaluación de Alternativas Dosificador Vibratorio de Larvas

Criterio	%	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		Alternativa 4	
Diseño	21	210	10	210	10	210	10	210	10
Automatización	27	81	3	81	3	270	10	81	3
Materiales	14	42	3	42	3	42	3	140	10
Bajo costo	22	224	10	67	3	22	1	224	10
Tiempo de trabajo	16	48	3	48	3	160	10	160	10
TOTAL	100	605		448		704		815	

Camas de alimentación

Tabla A 7

Evaluación de Alternativas Camas de Alimentación

Criterio	%	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
Modular	34	340	10	340	10	340	10
Fácil extracción	17	170	10	51	3	51	3
Materiales	31	310	10	93	3	310	10
Capacidad de almacenamiento	18	180	10	180	10	54	3
TOTAL	100	1000		664		755	

Apéndice B. Especificaciones Dosificador Vibratorio de Larvas

Asumiendo el coeficiente de fricción estático entre las larvas y la bandeja con un valor de 0.4 se obtiene la aceleración de avance del conjunto bandeja larvas.

$$a_{av} = \frac{0.4 * 9.81 [m/s^2]}{1 - \tan 30 * 0.4} = 5.102 [m/s^2]$$

La desaceleración de las larvas mientras la bandeja retrocede se calcula asumiendo el coeficiente de fricción dinámico de 0.3.

$$d_m = \frac{0.3 * 9.81 [m/s^2]}{1 + \tan 30 * 0.3} = 2.509 [m/s^2]$$

La desaceleración del canal por lo tanto es:

$$d_f = (2.509 \frac{m}{s^2})^2 * \left(\frac{1}{5.102 \frac{m}{s^2}} + \frac{2}{2.509 \frac{m}{s^2}} \right) = 6.25 m/s^2$$

La velocidad máxima de avance del conjunto bandeja larvas corresponde a:

$$Vmax_{av} = \sqrt{2 * [0.002 * \cos(30) m] * 5.102 m/s^2} = 0.1329 m/s$$

El tiempo empleado por el material para frenarse es:

$$T_{mat} = \frac{0.1329 \text{ m/s}}{2.509 \text{ m/s}^2} = 0.0529 \text{ s}$$

El tiempo total del ciclo corresponde a:

$$T = \frac{0.1329 \text{ m/s}}{5.102 \text{ m/s}^2} + \frac{0.1329 \text{ m/s}}{2.509 \text{ m/s}^2} = 0.07901 \text{ s}$$

A partir del dato del tiempo total del ciclo calculado anteriormente se determina la frecuencia del sistema con un valor de 13 Hz.

A continuación, se determina la carrera del material:

$$S_{mat} = \frac{(0.1329 \text{ m/s})^2}{2} * \left(\frac{1}{5.102 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} + \frac{1}{2.509 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} + \frac{1}{6.25 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \right) - 0.00173 = 0.00493 \text{ m}$$

Seguidamente se determina la velocidad media del material durante el tiempo del ciclo:

$$V_m = 0.8 * \frac{0.00493 \text{ m}}{0.07901 \text{ s}} = 0.04991 \text{ m/s}$$

De acuerdo con el ancho de canal de transporte de 10 cm y con una capa de larvas de 5 mm, se obtiene un área transversal de 0.0002 m^2 . Por último, el flujo volumétrico corresponde a:

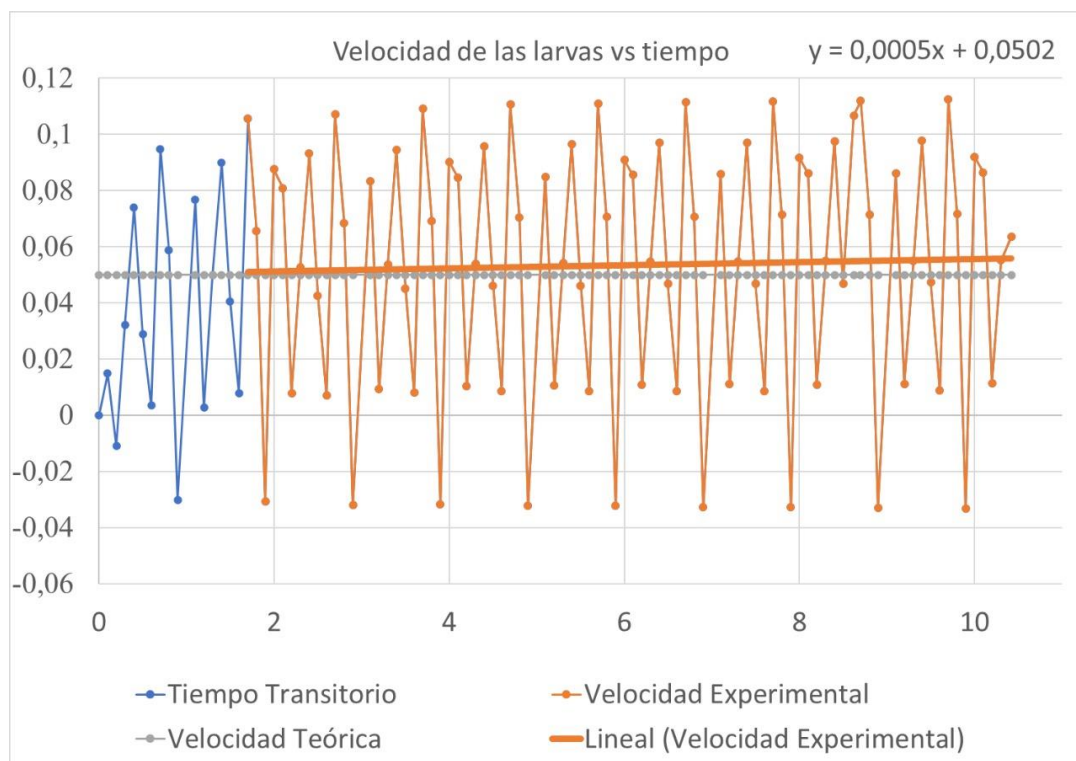
$$\dot{V} = 3600 * \frac{0.00493 \text{ m}}{0.07901 \text{ s}} * 0.0005 \text{ m}^2 = 0.1123 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

Con este flujo volumétrico obtenido, se estima que cada canastilla tendrá un tiempo de dosificación de larvas de 4 segundos.

Con el software Edem se obtienen los datos de la velocidad de las larvas en la bandeja transportadora como se muestra en la Figura B 1. El trazado azul corresponde a la etapa de transición, es decir, el ingreso de las larvas sobre la bandeja; el trazado naranja indica la velocidad de las larvas después de la etapa de transición. Por otra parte, la línea recta de color naranja representa el promedio de la velocidad de las larvas durante la simulación, el cual se acerca al valor de velocidad obtenido teóricamente mostrado con el trazado gris.

Figura B 1

Resultados Simulación Velocidad de las Larvas Software EDEM

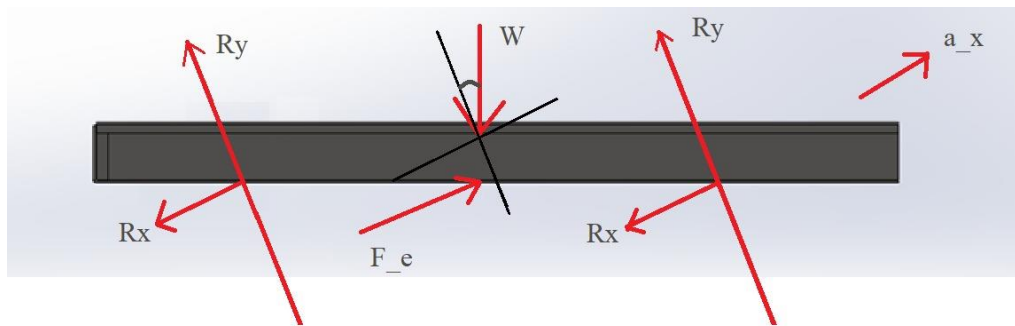


Análisis dinámico

Con el diagrama de cuerpo libre de la bandeja mostrado en la figura Figura B 2 se calcula la fuerza requerida para generar el movimiento. Mediante un estudio estático previo, se establece que la fuerza R_x corresponde a un valor de 11.42 N.

Figura B 2

Diagrama de Fuerzas Bandeja



$$\sum F_y = 0$$

$$2 * R_y - W * \cos(30) = 0$$

$$R_y = 6.95 \text{ N}$$

$$\sum F_x = m * a_x$$

$$-2 * R_x - W * \text{sen}(30) + F = m * a_x$$

$$-2 * (11.42 \text{ N}) - 16.05 \text{ N} * \text{sen}(30) + F = \frac{16.05 \text{ N}}{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} * 5.102 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F = 39.21 N$$

El valor de fuerza obtenido será el que debe aplicar el electroimán para generar el movimiento.

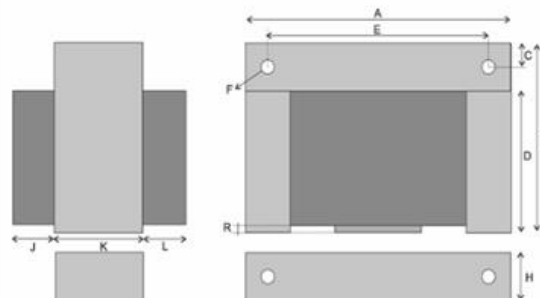
Cálculo del electroimán

Se selecciona la geometría de un electroimán con el que se puede suministrar la fuerza requerida por los flejes en el movimiento de la bandeja transportadora. En la Figura B 3 se muestran las dimensiones características con las que se realiza el cálculo.

Figura B 3

Geometría del Electroimán

Modelo	Potencia (VA)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	K (mm)	H (mm)	J (mm)	L (mm)
ELEE-1	30	60	40	5	30	50	5	20	10	15	20
ELEE-2	75	75	50	6,25	37,5	62,5	5	25	12,5	18	22
ELEE-3	120	84	56	7	42	70	5	28	14	20	25
ELEE-4	220	96	64	8	48	80	6	32	16	25	28
ELEE-5	400	108	72	9	54	90	6	36	18	25	31
ELEE-6	600	126	84	10,5	63	105	6	42	21	28	35
ELEE-7	1200	150	100	12,5	75	125	6	50	25	32	40



Calculo de superficie de contacto

Se toma como referencia el área de contacto, lugar en el que existe la interacción entre el imán permanente y el electroimán. Por lo tanto las dimensiones para esta superficie corresponden a la profundidad K y R de la Figura B 3.

$$S = 9mm * 25mm = 0.000225 m^2$$

Fuerza para mover la carga

La fuerza del electroimán se ve reflejada en el movimiento de los flejes para una deflexión de 1mm, la fuerza aplicada en los flejes corresponde a 39.21 N (4 kgf).

$$B = \sqrt{\frac{F}{40000 * S}} = \sqrt{\frac{4 \text{ Kgf}}{40000 * 0.000225m^2}} = 0.66667 T$$

Del resultado anterior se obtiene el valor de intensidad de campo para la inducción magnética en un material de chapa al silicio, como se muestra en la Tabla B 1

Tabla B 1

Interpolación de intensidad de campo

H [Av/m]	
B[T]	Chapa al silicio
0,5	170
0,66667	228.33
0,7	240

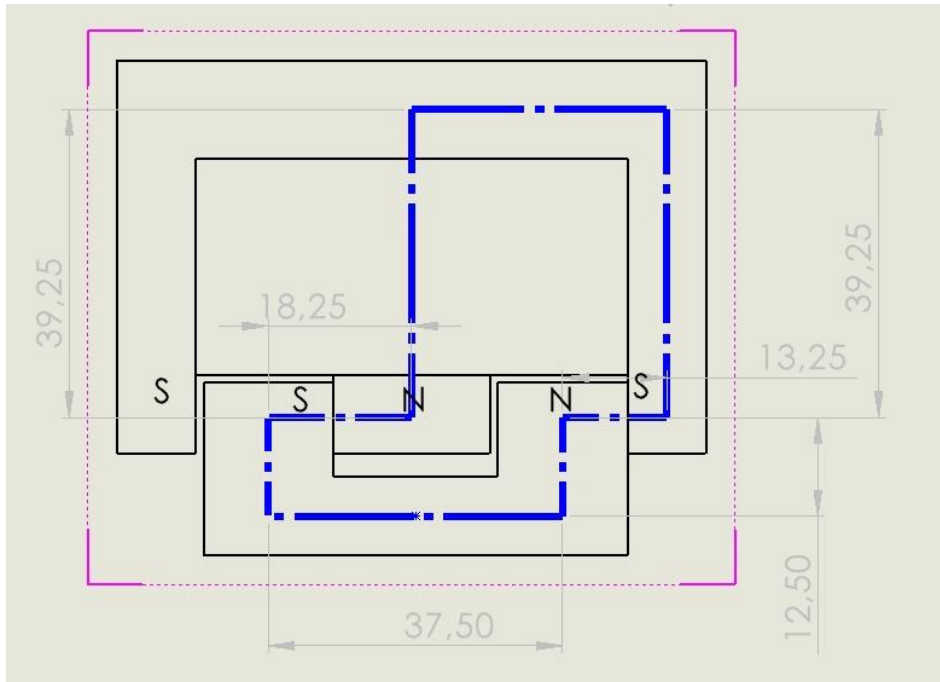
Nota: Adaptado de (Alcalde, 2003).

Longitud Media de la Bobina

La Figura B 4 presenta la longitud media de la bobina, por donde circula el flujo magnético.

Figura B 4

Esquema flujo magnético.



$$L_{mb} = 37,5 + 12,5 + 13,25 + 39,25 + 32,5 + 39,25 + 18,25 + 12,5 = 205 \text{ mm} = 0,205 \text{ m}$$

La fuerza magnetomotriz es la capacidad que posee la bobina de generar líneas de fuerza en un circuito magnético.

Fuerza Magnetomotriz para la Chapa

$$\mathcal{F}_{chapa} = H_C * L_{mb}$$

Donde

$$\mathcal{F} = \text{Fuerza magnetomotriz}$$

$$H_C = \text{Intensidad de campo} \left[\frac{Av}{m} \right]$$

$$\mathcal{F} = 228.33 \frac{Av}{m} * 0.205 m = 46.8 \text{ Amp} - \text{vuelta}$$

Intensidad de Campo en el Aire

$$H_{\text{aire}} = \frac{B}{\mu_0}$$

$$H_{\text{aire}} = \frac{0.6667 T}{4 * \pi * 10^{-7}} = 530516 \left[\frac{\text{Amp} - \text{vuelta}}{m} \right]$$

Longitud media del entrehierro, es decir la distancia de separación entre el electroimán y el imán permanente.

$$L_{me} = 1mm + 1mm = 0.002m$$

Fuerza Magnetomotriz del Entrehierro

$$\mathcal{F}_{\text{entrehierro}} = H_{\text{aire}} * L_{me}$$

$$\mathcal{F}_{\text{entrehierro}} = 530516 \left[\frac{Av}{m} \right] * 0.002m = 1061.03 [\text{Amp} - \text{vuelta}]$$

Fuerza Magnetomotriz Total

$$\mathcal{F} = \mathcal{F}_{\text{chapa}} + \mathcal{F}_{\text{entrehierro}} = 1107 [\text{Amp} - \text{vuelta}]$$

Calculo intensidad de corriente

$$\mathcal{F} = N * I$$

$$I = \frac{\mathcal{F}}{N} = \frac{1107 [\text{Amp} - \text{vuelta}]}{3500 \text{ vueltas}} = 0.316 A$$

Potencia del Electroimán

$$Pot = V * I$$

$$Pot = 120 V * 0.316 A = 37.98 [Voltio - Amp]$$

La potencia de este equipo se da en unidades de voltio amperio debido al circuito RL que posee, este tendrá un factor de potencia y podrá ser corregido con un capacitor, dado que el equipo es pequeño no se considera el capacitor.

Apéndice C. Especificaciones Camas de alimentación

Cálculo de elementos

Se analizan los elementos que componen el rack, los cuales son las vigas de 5 m, las vigas de 1.91 m y los elementos del marco. Se inicia el estudio con las vigas de 5 m, para conocer las reacciones y posteriormente trasladarlas a los demás elementos del rack.

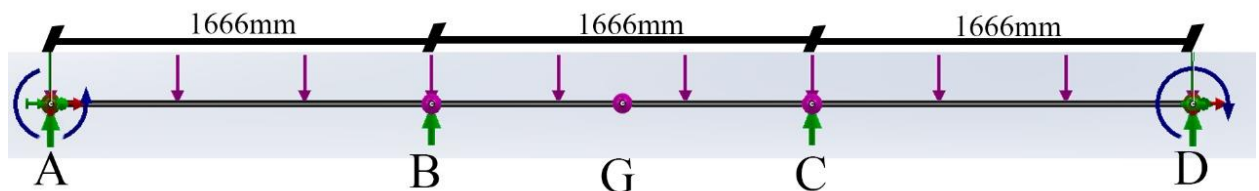
Cálculo Vigas 5m

A lo largo de estas vigas van a estar dispuestas 8 canastillas con un peso de 20 kg cada una, sin embargo, el peso de dichas canastillas va a estar soportado por 2 vigas, por lo tanto, la carga que está aplicada en cada viga será:

$$W_{viga} = \frac{8 * 20 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/s}^2}{2} = 784.8 \text{ N}$$

Quedando la carga distribuida a lo largo de la viga con un valor de 156.96 N/m. El análisis de cargas de la viga se presenta en la Figura C 1.

Figura C 1



$$\sum F_y = 0$$

$$R_A + R_B + R_C + R_D = 784.8 \text{ N}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-M_A - 1.66 * R_B - 3.32R_C + 5 * R_D + M_B + 2.5 * 784.8 \text{ N} = 0$$

Se realiza el método de integración para poder encontrar las ecuaciones que permitan resolver el sistema, mediante la ecuación de la viga.

$$EIY'' = -M_A \langle x \rangle^0 + R_A \langle x \rangle^1 + R_B \langle x - 1.66 \rangle^1 + R_C \langle x - 3.33 \rangle^1 - \frac{156.96}{2} \langle x \rangle^2$$

$$EIY' = -M_A \langle x \rangle^1 + \frac{R_A}{2} \langle x \rangle^2 + \frac{R_B}{2} \langle x - 1.66 \rangle^2 + \frac{R_C}{2} \langle x - 3.33 \rangle^2 - \frac{156.96}{6} \langle x \rangle^3 + C_1$$

$$EIY = \frac{-M_A}{2} \langle x \rangle^2 + \frac{R_A}{6} \langle x \rangle^3 + \frac{R_B}{6} \langle x - 1.66 \rangle^3 + \frac{R_C}{6} \langle x - 3.33 \rangle^3 - \frac{156.96}{24} \langle x \rangle^4 + C_1 \langle x \rangle + C_2$$

Al tratarse de una viga empotrada en sus extremos, inmediatamente las constantes de integración C1 y C2 toman un valor de cero. Posteriormente se validan las ecuaciones en los puntos de apoyo donde se conoce que la deflexión es cero.

$$\text{Si } x = 5 \text{ m} \rightarrow Y_D = 0$$

$$0 = -12.5 * M_A + 20.83 * R_A + 6.1732 * R_B + 0.7718 * R_C - 4087.5$$

$$\text{Si } x = 1.666 \text{ m} \rightarrow Y_B = 0$$

$$0 = -1.388 * M_A + 0.7715 * R_A - 50.4549$$

$$\text{Si } x = 3.333 \text{ m} \rightarrow Y_C = 0$$

$$0 = -0.555 * M_A + 6.1721 * R_A + 0.7715 * R_B - 807.2782$$

$$\text{Si } x = 5 \text{ m} \rightarrow Y'_D = 0$$

$$0 = -5 * M_A + 12.5 * R_A + 5.5558 * R_B + 1.3891 * R_C - 3270$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones se obtienen los siguientes resultados. Por otra parte, mediante el software SolidWorks se comprueban los cálculos realizados, mostrados en la Figura C 2.

$$R_A = 131 \text{ N}$$

$$R_B = 262 \text{ N}$$

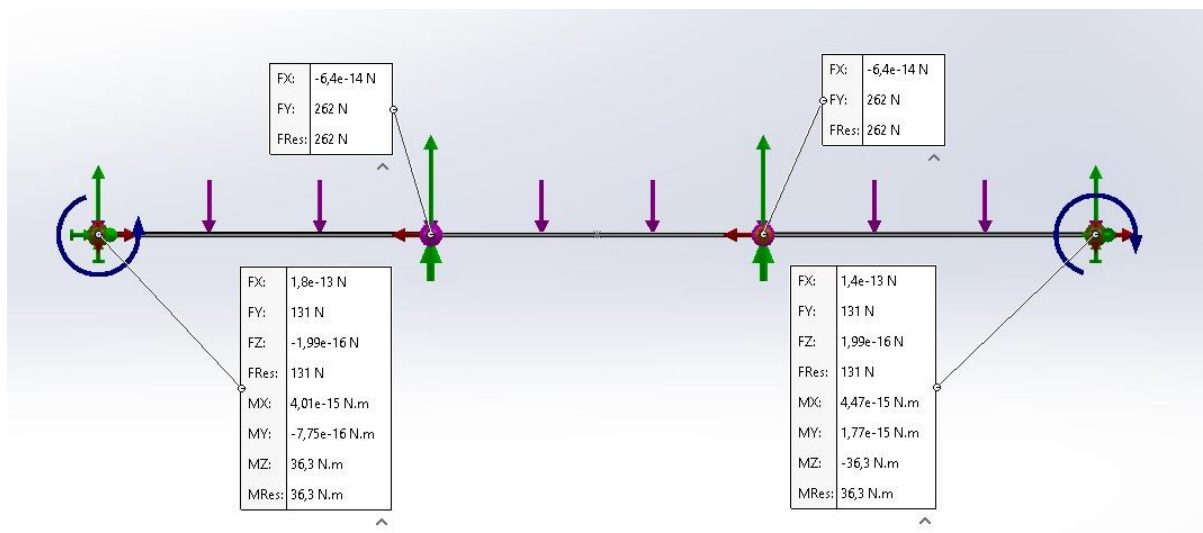
$$R_C = 262 \text{ N}$$

$$R_D = 131 \text{ N}$$

$$M_A = 36.3 \text{ Nm}$$

$$M_B = 36.3 \text{ Nm}$$

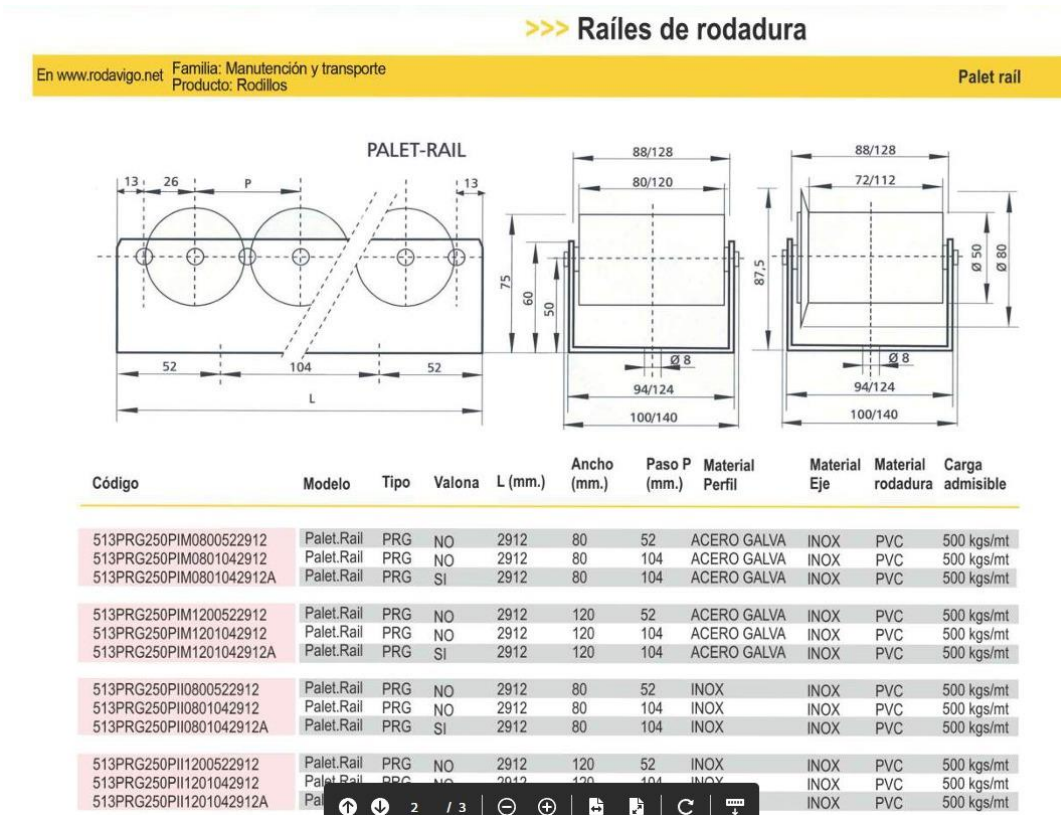
Figura C 2



Como se había mencionado en el apartado 6.2.2 se utiliza un sistema fifo, para ello se tiene en cuenta un perfil con rieles que soporte las cargas calculadas. De acuerdo con el catálogo

Rodavigo se selecciona el modelo pallet rail, el cual tiene una carga admisible de 500 kg/m, como se muestra en la Figura C 3.

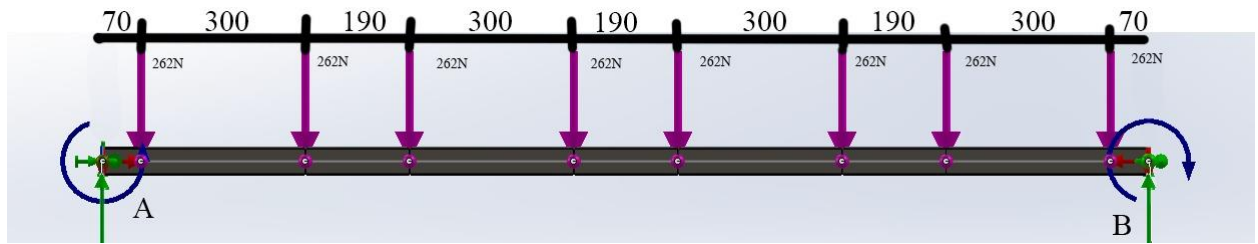
Figura C 3



Cálculo vigas 1.91 m

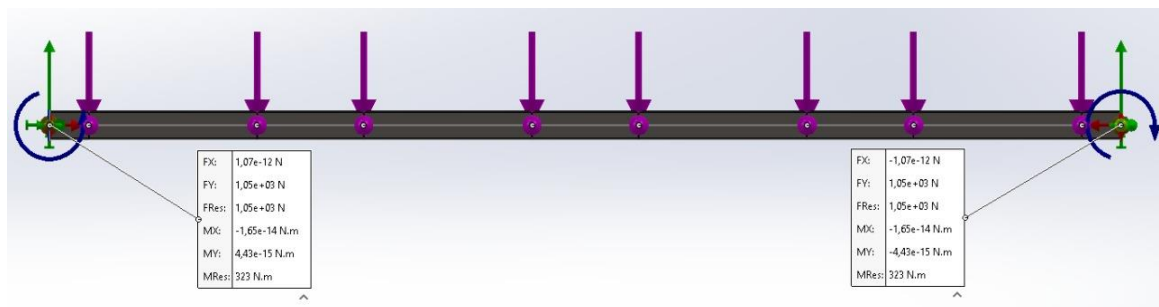
Estas vigas son las que brindan soporte a las vigas de 5 m, y de acuerdo con la Figura C 5, se toman los puntos donde hay más carga, es decir, 262 N para posteriormente establecer el diagrama de cuerpo libre de la viga de 1.91 m como se muestra en la Figura C 4.

Figura C 4



El cálculo de las cargas se ejecuta siguiendo el proceso anterior, es decir, con las ecuaciones de equilibrio y la ecuación de la viga. Mediante el software SolidWorks se realiza la simulación bajo estas condiciones de carga, mostrándose los resultados en la Figura C 5.

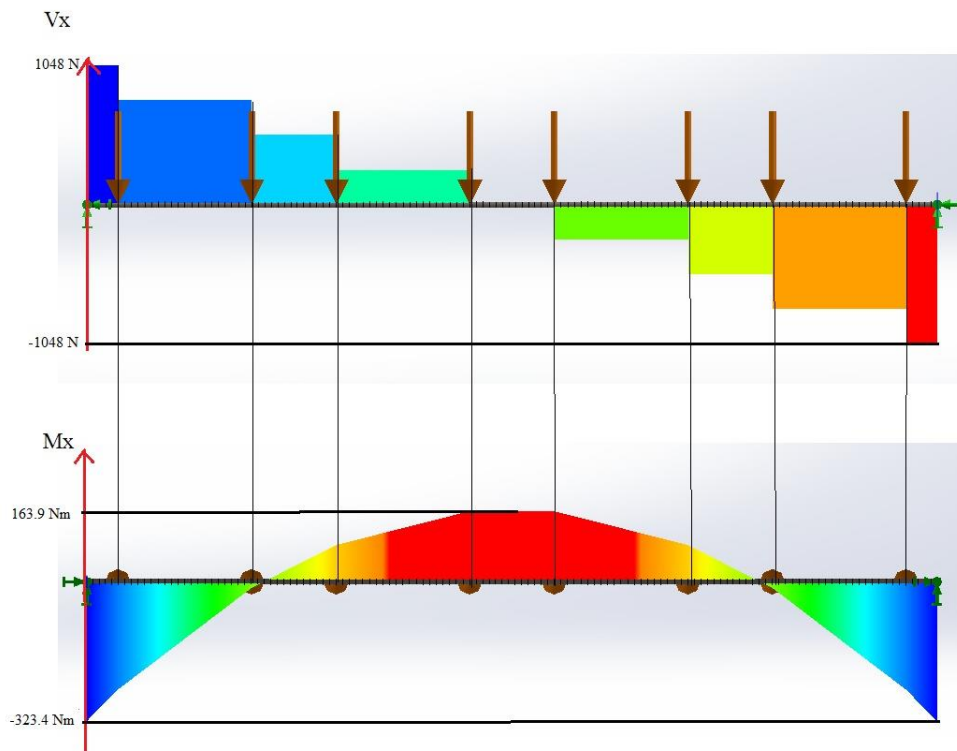
Figura C 5



$$R_A = 1050 \text{ N} \quad R_B = 1050 \text{ N} \quad M_A = 323 \text{ Nm} \quad M_B = 323 \text{ Nm}$$

Seguidamente se realiza el diagrama de cortante y momento flector como se muestra en la Figura C 6, de donde se obtiene el valor de momento máximo con el que se realiza el estudio de flexión.

Figura C 6



Después de realizar una búsqueda de los perfiles comerciales, se realiza un proceso iterativo en el que se involucra el esfuerzo de flexión de la viga de tal manera que se obtenga un factor de seguridad conservativo, y poder seleccionar el perfil más adecuado mediante la siguiente ecuación.

$$\sigma = \frac{M_{\text{máx}} * C}{I}$$

Tomando un material AISI 1010 laminado en frío, cuyo S_y es 200 MPa, su geometría corresponde a la presentada en la Figura C 7 y a partir de ella se calcula la inercia con un valor de $1.399 \times 10^{-7} m^4$.

Figura C 7

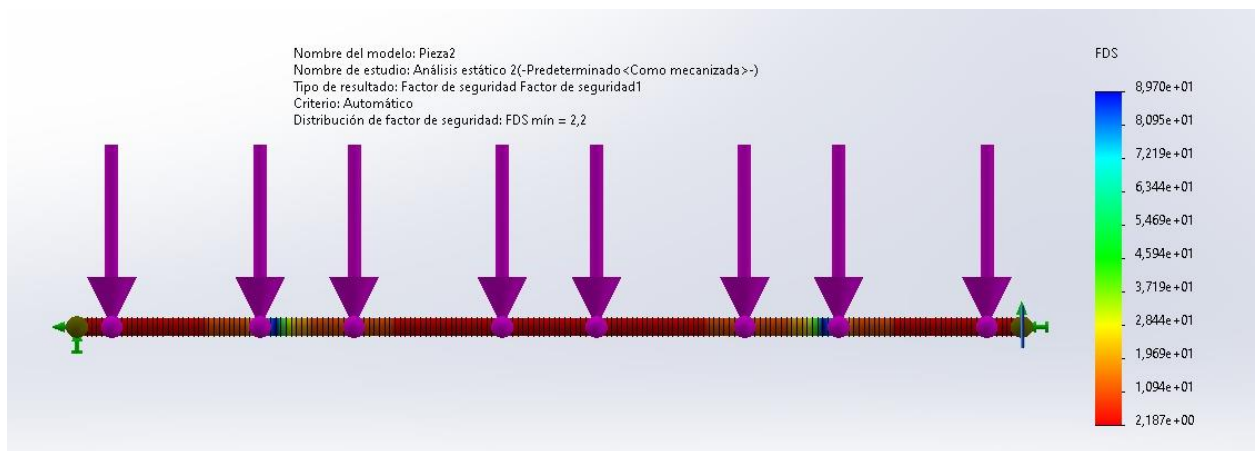


$$\sigma_{adm} = \frac{323.4 \text{ Nm} * 0.0381 \text{ m}}{1.399 \times 10^{-7} \text{ m}^4} = 88 \text{ MPa}$$

$$N = \frac{200 \text{ MPa}}{88 \text{ MPa}} = 2.27$$

Por último, en la Figura C 8 se presenta el resultado de la simulación con el software SolidWorks, donde se obtiene que el factor de seguridad mínimo para las condiciones de carga de esta viga corresponde a 2.2.

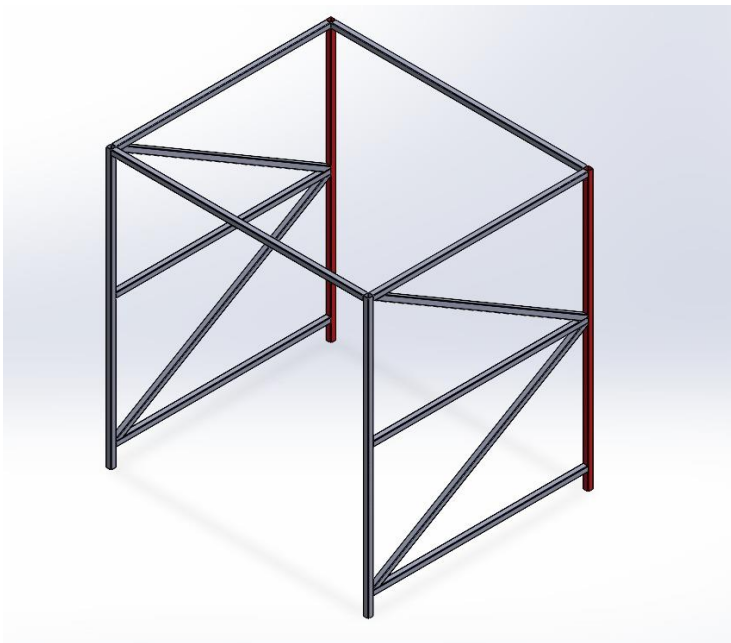
Figura C 8



Cálculo elementos del marco

Mediante SolidWorks se realiza el análisis estático para determinar las barras del marco más cargadas, se obtiene un resultado el cual indica que las barras centrales son las críticas, mostradas en la Figura C 9 de color rojo, para ello se estudia este elemento de manera individual para poder establecer la geometría de los perfiles.

Figura C 9



De la misma manera, mediante los diagramas de cortante y flector en la Figura C 10, se procede a realizar el análisis para obtener el factor de seguridad de acuerdo con el material seleccionado, en este caso, corresponde a acero ASTM A500 grado B cuyo S_y es 317 MPa; encontrándose que el factor de seguridad mínimo para esta configuración es de 2.5, como se evidencia en la Figura C 11.

Figura C 10

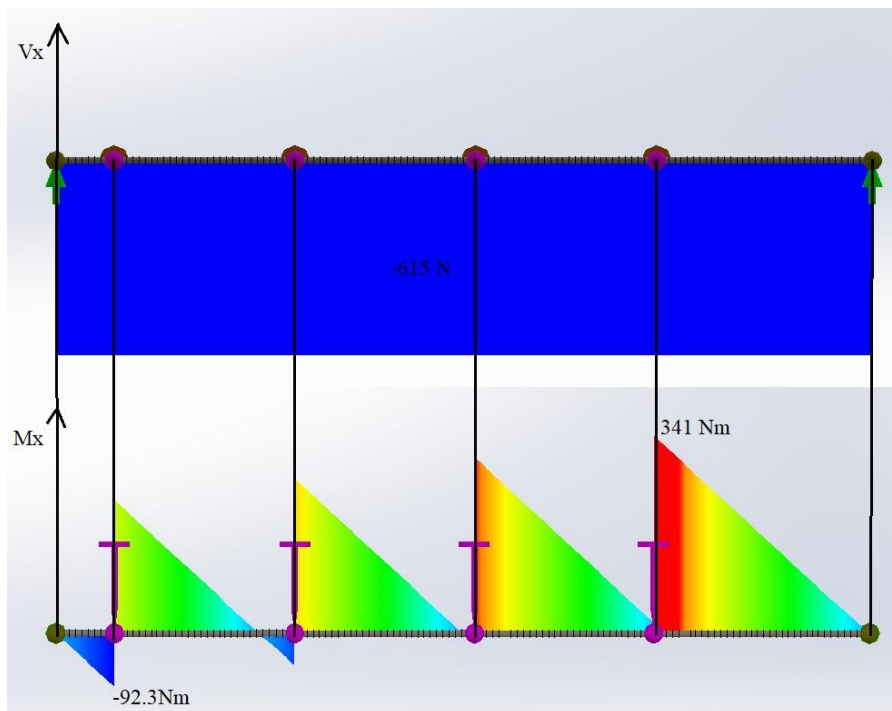
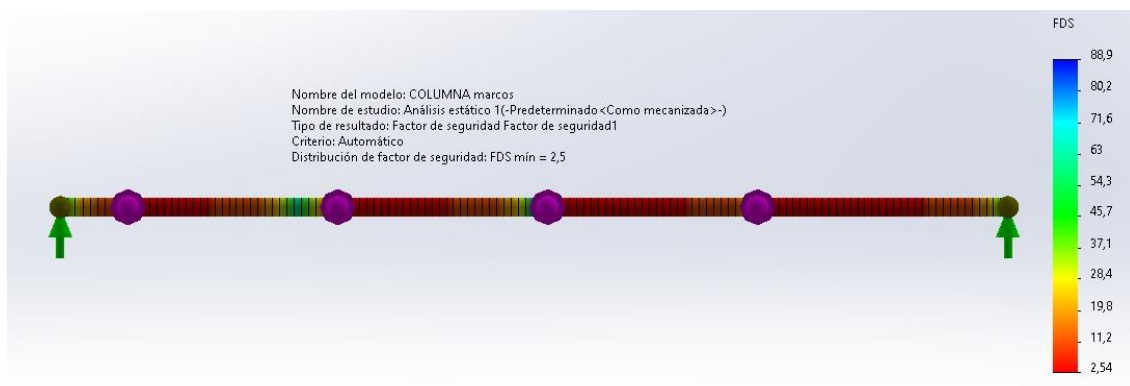


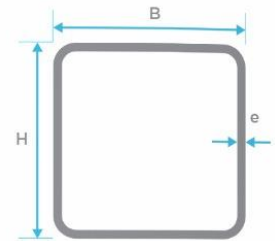
Figura C 11



Por último, se ilustra en la Figura C 12 el perfil seleccionado para los marcos con medidas de 40 x 40 x 1.5 mm. Este perfil es tomado del catálogo de Corpaceros.

Figura C 12

Tubería Estructural Cuadrada				
B = H (mm)	Espesor nominal e(mm)	Longitud (m)	Peso teórico* (kg/und)	Unidades por paquete
40	1,5	6,0	11,21	100
40	2,0	6,0	14,72	100
40	2,5	6,0	18,12	100
40	3,0	6,0	21,40	100
50	1,5	6,0	14,04	64
50	2,0	6,0	18,49	64
50	2,5	6,0	22,83	64
50	3,0	6,0	27,05	64

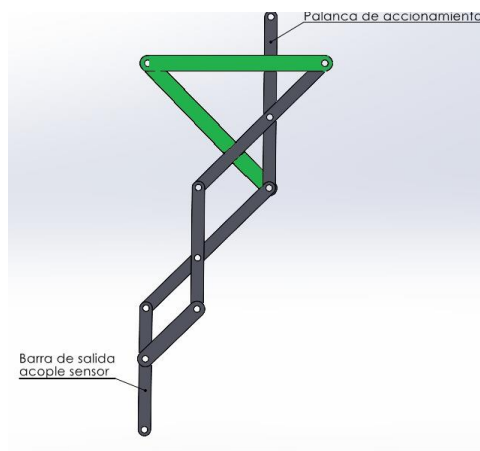


Mecanismo de Sensores

Para realizar el mecanismo se tienen ciertas restricciones en el diseño, razón por la cual se acude a un sistema que tenga apoyos en la parte superior, por lo tanto, la síntesis de mecanismos de cuatro barras no es una opción. Otra limitación es el espacio disponible, es por esto por lo que se adapta un mecanismo de tijera (Nuremberg) modificado, el cual es accionado por medio de una palanca, como se muestra en la Figura C 13. La modificación del mecanismo consiste en prescindir del sistema de corredera, reemplazándolo con el sistema de palanca antes mencionado.

Figura C 13

Mecanismo de sensor



La barra de salida debe contar con un sensor de humedad, el cual es una sonda con dos terminales metálicas y un módulo de tratamiento de datos que entrega una salida análoga. El sensor seleccionado es mostrado en la Figura C 14.

Figura C 14

Sensores de humedad del sustrato

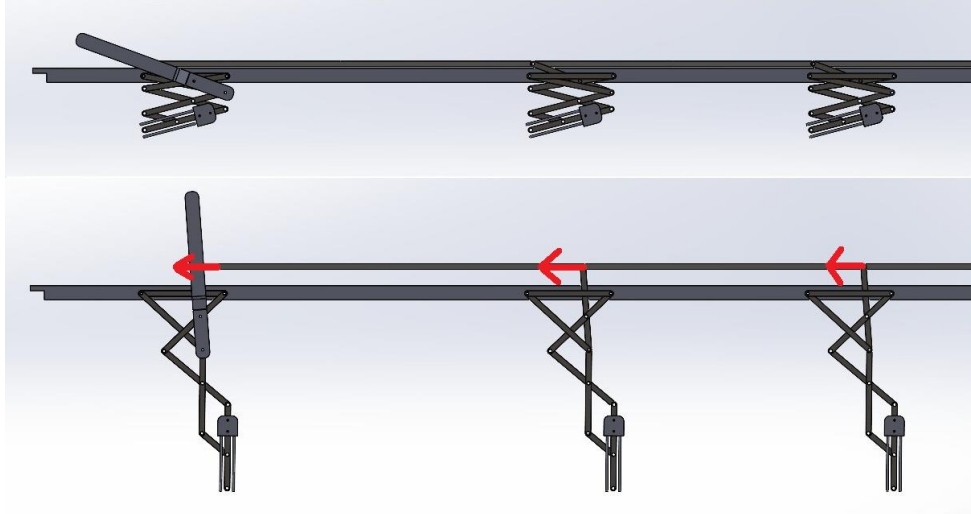


Nota. extraído de (ElectronicLab, 2022)

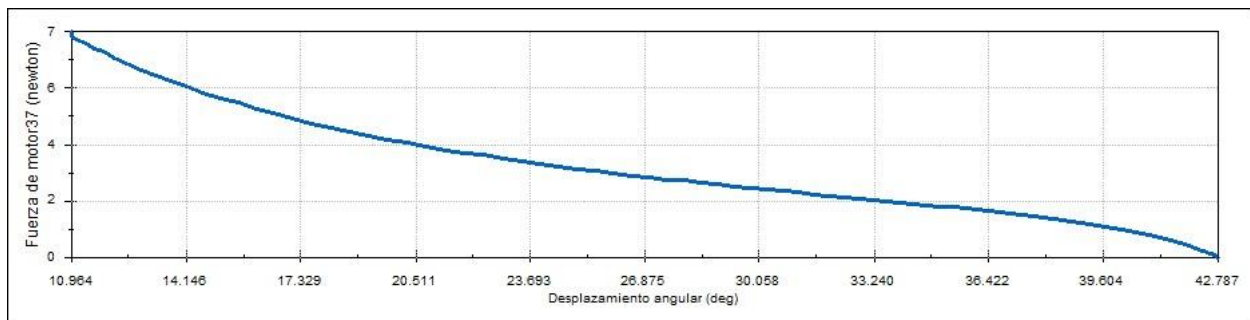
Una vez adecuado el sensor en el mecanismo, es conveniente adaptarle un sistema de accionamiento para todo el nivel de canastillas, consistente en barras que permitan acoplar cada una de las palancas de los 32 mecanismos existentes por nivel en el rack, tal como se muestra en la Figura C 15. De la misma manera se replica el sistema anterior para cada uno de los cuatro niveles que compone el rack de almacenamiento.

Figura C 15

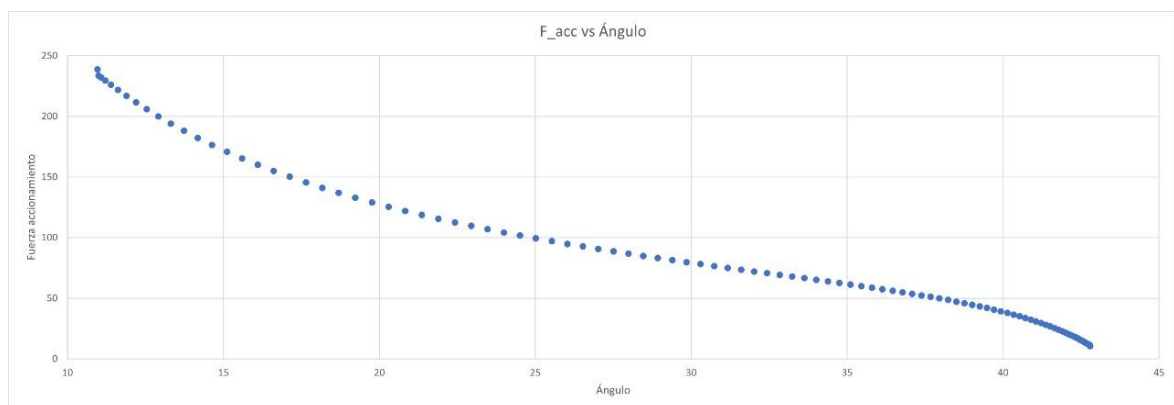
Mecanismo de accionamiento accionado y replegado



Es necesario calcular la fuerza de accionamiento de un único mecanismo, para así poder determinar la fuerza global que permite accionar todos los elementos de manera sincronizada en cada nivel del rack. Dado que la fuerza debe aplicarse de manera horizontal representada con el vector rojo en la Figura C 15; esta no será constante durante todo el movimiento. Por medio del software SolidWorks es posible obtener un perfil de fuerza para el accionamiento del mecanismo, como se muestra en la Figura C 16. Se puede evidenciar que la fuerza máxima aplicada durante todo el recorrido es de 7 N y ocurre cuando el mecanismo está contraído. En el eje x de la Figura C 16 se analiza el ángulo entre las dos barras de color verde presentes en la Figura C 13, durante todo su movimiento, iniciando con un ángulo de 42.787 grados y finalizando con uno de 10.964 grados.

Figura C 16

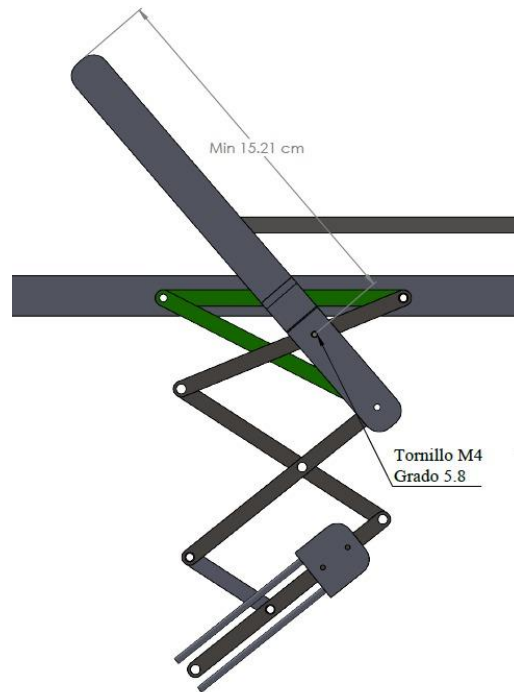
De la misma manera se realiza la simulación para el conjunto de mecanismos por nivel del rack, encontrándose los resultados en la Figura C 17. De dicha figura se obtiene que la fuerza máxima requerida de accionamiento para todo el nivel corresponde a 238.73 N.

Figura C 17

Para las condiciones de carga previamente descritas se diseña el sistema de accionamiento, encontrando que el nodo con mayor esfuerzo requiere de un tornillo M4 grado 5.8, y la palanca de accionamiento necesita una longitud de pivote mínima de 15.21 cm mostrado en la Figura C 18.

Figura C 18

Vista en detalle de mecanismo de accionamiento de las barras y palanca de accionamiento.



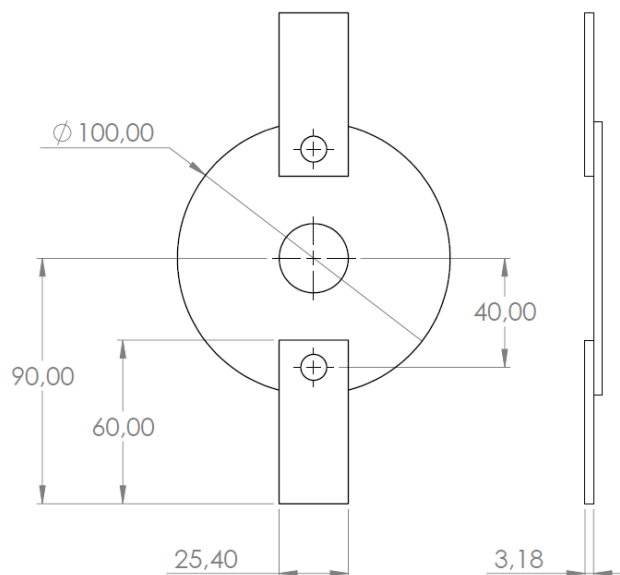
Apéndice D. Cálculos Selección Trituradora

Para calcular la potencia de la trituradora primero se tiene en cuenta la potencia en vacío, que corresponde a la energía necesaria para mover la máquina sin carga. En base a esto se toma como referencia un modelo comercial de trituradora de la empresa Penagos, para conocer la geometría de construcción de los martillos, presente en la Figura D 1.

Geometría martillo

Figura D 1

Geometría del martillo



Adicionalmente, en la Tabla D 1 se presentan los demás datos necesarios, de los cuales el peso del martillo se obtuvo mediante el software SolidWorks.

Tabla D 1*Características del elemento triturador*

Descripción	Cantidad
Número de martillos	2
Diámetro del disco	10 cm
Volumen de un martillo	4.85 x10-6 m ³
Masa de un martillo ($\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$)	0.03783 kg
Peso de un martillo	0.370734 N
Rendimiento mecánico por transmisión	0.95
Rendimiento del motor	0.8

Nota. Adaptado de (Penagos Hermanos, 2022)

A partir de la geometría de la siguiente ecuación se calcula la velocidad tangencial del martillo, y con ella se determina el factor requerido para la potencia en vacío.

$$V_{tang} = w * r$$

$$V_{tang} = 3400 \text{ RPM} \left(\frac{2 * \pi}{60} \right) * 0.09 \text{ [m]} = 32.04 \text{ m/s}$$

Tabla D 2

Velocidad tangencial [m/s]	Factor f
17	0.022
20	0.016
23	0.01
26	0.008
30	0.003
40	0.0015

Nota. Extraído de (Duda, 1977)

$$P = \frac{0.370734N * (0.1m)^2 * (3400)^3 * 2 * 0.00269}{8 * 100000 * 0.95 * 0.8}$$

$$P = 1.28 HP$$

En cuanto a la potencia de trituración se debe conocer un parámetro llamado índice de trabajo y depende del tipo de material. Dado que los índices de trabajo están calculados para minerales, la arcilla es un material que se asemeja mucho a la gallinaza, sin embargo, las propiedades de la arcilla son superiores, es por esta razón que se asume el valor de la arcilla para asegurar que existe energía suficiente para triturar la gallinaza. En la Tabla D 3 se presenta el valor del índice de trabajo seleccionado.

Tabla D 3*Índice de trabajo*

Material	Rango índice de trabajo [kWh/ton]
Arcilla	4-23

Nota. Adaptado de (911 Metallurgist, 2015)

$$P_{tri} = 10 * 4 * \left[\frac{1}{\sqrt{2000 \mu m}} - \frac{1}{\sqrt{50000 \mu m}} \right] * 0.2 \text{ ton/h}$$

$$P_{tri} = 0.143 \text{ Kw} = 0.2 \text{ HP}$$

$$P_{TOTAL} = P_{tri} + P$$

$$P_{TOTAL} = 0.2 \text{ HP} + 1.28 \text{ HP}$$

Se decide tomar una potencia superior a la calculada asumiendo que la potencia total de trabajo corresponde al 80 % de la potencia nominal del motor eléctrico a seleccionar. De acuerdo con lo anteriormente expuesto y con la disponibilidad de motores en el mercado, se determina que la potencia es de 2 HP. Del catálogo de motores eléctricos Weg se selecciona el motor requerido para esta aplicación mostrada en la Figura D 2.

Figura D 2

Selección del motor para trituradora.

W22 - Standard Efficiency - 60 Hz
Exceeds IE1 ⁽¹⁾ - EFF2 ⁽²⁾

Potencia		Carcasa	Par nominal Tn (Nm)	Corriente con rotor trabado I/ In	Par con rotor trabado TV/Tn	Par máximo Tb/Tn	Momento de Inercia J (kgm ²)	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB (A)	380 V							
kW	HP							% de la potencia nominal						RPM	Corriente nominal In (A)				
								Rendimiento				Factor de potencia							
		50		75		100		50		75		100							
11 Polos - 3600 rpm - 60 Hz																			
0,12	0,16	63	0,337	4,2	2,5	2,8	0,00010	13	29	6,5	56	3400	45,0	54,0	58,5	0,51	0,61	0,73	0,368
0,18	0,25	63	0,510	4,3	2,4	2,6	0,00012	13	29	6,5	56	3370	52,0	58,0	62,0	0,53	0,65	0,76	0,500
0,25	0,33	63	0,715	4,0	2,2	2,4	0,00013	9	20	7,0	56	3340	53,0	60,0	63,0	0,54	0,68	0,79	0,660
0,37	0,5	63	1,06	4,3	2,4	2,4	0,00019	9	20	7,5	56	3340	59,0	65,0	66,0	0,54	0,69	0,79	0,930
0,55	0,75	71	1,56	5,1	2,4	2,6	0,00034	8	18	10,0	60	3370	64,0	68,5	70,0	0,64	0,77	0,85	1,22
0,75	1	71	2,12	6,4	3,1	3,2	0,00044	12	26	8,0	60	3380	75,0	77,0	77,1	0,70	0,81	0,88	1,46
1,1	1,5	80	3,16	6,0	2,6	2,6	0,00060	14	31	11,0	62	3330	76,0	78,0	78,6	0,69	0,80	0,86	2,14
1,5	2	80	4,28	6,4	3,0	2,9	0,00076	13	29	13,5	62	3350	79,5	81,0	81,2	0,68	0,79	0,85	2,85
2,2	3	90S	6,09	6,7	3,0	3,0	0,0019	8	18	18,0	68	3450	80,0	81,9	82,2	0,66	0,77	0,84	4,18

Nota: Extraído de (WEG Equipamentos Eléctricos S.A.)

Finalmente, del catálogo de Penagos Hermanos se seleccionan la trituradora de martillos TP-8SM la cual cuenta con un procesamiento de 50-300 kg/h para material seco.

Figura D 3



Nota. Extraído de (Penagos Hermanos, 2022) (Penagos Hermanos, 2022).

Apéndice E. Cálculos. Selección Transportadora

Este sistema consta de un ducto con un cable interno, el cual tiene empujadores que desplazan el material. Su capacidad está determinada por tres factores principales, el diámetro de la tubería, la separación entre los empujadores y la velocidad del cable. Asimismo, este sistema es versátil debido a que permite hacer cambios de dirección sin la necesidad de un elemento adicional. En la Figura E 1 se presenta una sección de la configuración tubería-cable-empujador.

Figura E 1

Vista de sección de transportadores tubulares



Nota. Tomado de (Flexicon, 2020)

Rueda tensora y conductora

Para saber el número de dientes de esta rueda, se utiliza la siguiente ecuación.

$$N_{dientes} = \frac{360^\circ}{60^\circ} = 6$$

Posteriormente se determina la separación entre los empujadores, condicionada por la longitud de arco en la rueda tensora mediante la siguiente ecuación.

$$S = r * \theta$$

$$S = 0.24[m] * \frac{\pi}{3} = 0.251[m]$$

Para la selección del cable, se debe conocer su tensión máxima de trabajo, para ello se realiza un diagrama de cuerpo libre del empujador en cada configuración de la dirección de transporte.

De acuerdo con las características corrosivas de la gallinaza, se determina que el material de los empujadores es de polietileno, posteriormente se calcula el peso que desplaza cada empujador.

Para este ejercicio de cálculo, se tuvo en cuenta el procedimiento hecho por Espitia y Parra (2021)

$$P_e = V_e * \rho * J$$

Donde

V_e =Volumen entre empujadores

ρ = Densidad del material

D = Diámetro del empujador

S =Separación entre empujadores

J = Capacidad de llenado [entre 0.6 y 0.9]

$$P_e = \frac{\pi * (0.1[m])^2}{4} * 0.25 [m] * 429 \left[\frac{kg}{m^3} \right] * 0.75 = 0.63 \text{ kg/empujador}$$

Para la realización del diagrama de cuerpo libre de las configuraciones de los eslabones, se requiere el coeficiente de fricción entre los empujadores y la tubería, que corresponde a polietileno con acero. Información presentada en la Tabla E 1.

Tabla E 1

Material 1	Material 2	μ
Polietileno	Acero	0.2

Nota. adaptado de (Engineering ToolBox, 2004)

Figura E 2

Diagrama de cuerpo libre del empujador horizontal



Cálculos para la gallinaza

$$\sum Fy = 0$$

$$F_{normal} - W_{carga} = 0$$

$$F_{normal} = 0.63[kg] * 9.8 \left[\frac{m}{s^2} \right] = 6.174 [N]$$

Cálculos para el empujador

$$\sum Fy = 0$$

$$F_{normal\ Disco} - W_{Disco} = 0$$

$$F_{normal\ Disco} = 0.11[kg] * 9.8 \left[\frac{kg}{m^2} \right] = 1.078 [N]$$

$$F_{f\ Disco} = (\mu_{Disco} * F_{normal\ Disco})$$

$$F_{f\ Disco} = 0.2 * 1.078 [N] = 0.2156 [N]$$

$$\sum Fx = 0$$

$$T_h - F_{f\ Disco} - F_{f\ carga} = 0$$

Para determinar la fricción entre la gallinaza y la tubería de acero se asumen las propiedades de la gallinaza similares a las de la madera para aproximar el coeficiente de fricción como lo muestra la Tabla E 2.

Tabla E 2

Combinación de materiales	Coficiente de fricción
Madera con acero	0.4

Nota. Adaptado de (Carbide depot)

$$T_h = 0.2156 [N] + 0.4 * 6.174[N] = 2.68 [N]$$

Figura E 3

Diagrama de cuerpo libre del empujador vertical



$$\sum F_y = 0$$

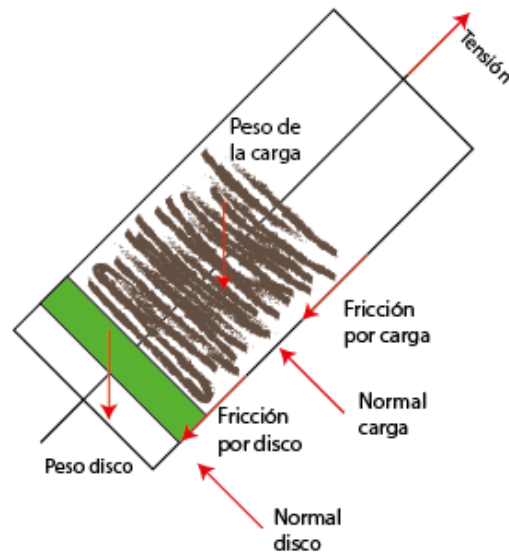
$$T_v - W_{Disco} - W_{carga} - F_f Disco - F_f Carga = 0$$

$$T_v = 1.098 N + 6.174 N + 0.2156 + 2.4696$$

$$T_v = 9.9572 [N]$$

Figura E 4

Diagrama de cuerpo libre del empujador inclinado



Para los cambios de sección se toma un promedio del ángulo, con un valor de 45°

$$\sum F_x = 0$$

$$T_i - F_{f \text{ Disco}} - F_{f \text{ Carga}} - W_{\text{Disco}} * \text{Cos}(45) - W_{\text{Carga}} * \text{Cos}(45) = 0$$

$$T_i - \mu_{\text{Disco}} * F_{\text{Normal Disco}} - \mu_{\text{Carga}} * F_{\text{Normal Carga}} - W_{\text{Disco}} * \text{Cos}(45) - W_{\text{Carga}} * \text{Cos}(45) = 0$$

$$T_i = 0.2156 + 2.4696 + 0.763 + 4.36 = 7.80 \text{ [N]}$$

Seguidamente se determina la tensión total del cable:

$$T_{\text{total}} = N_{\text{empuj horizontal}} * T_h + N_{\text{empuj vertical}} * T_v + N_{\text{empuj inclinado}} * T_i + N_{\text{empuj vacio}} * F_{f \text{ Disco}} + W_{\text{cable}} * L_{\text{Cable}}$$

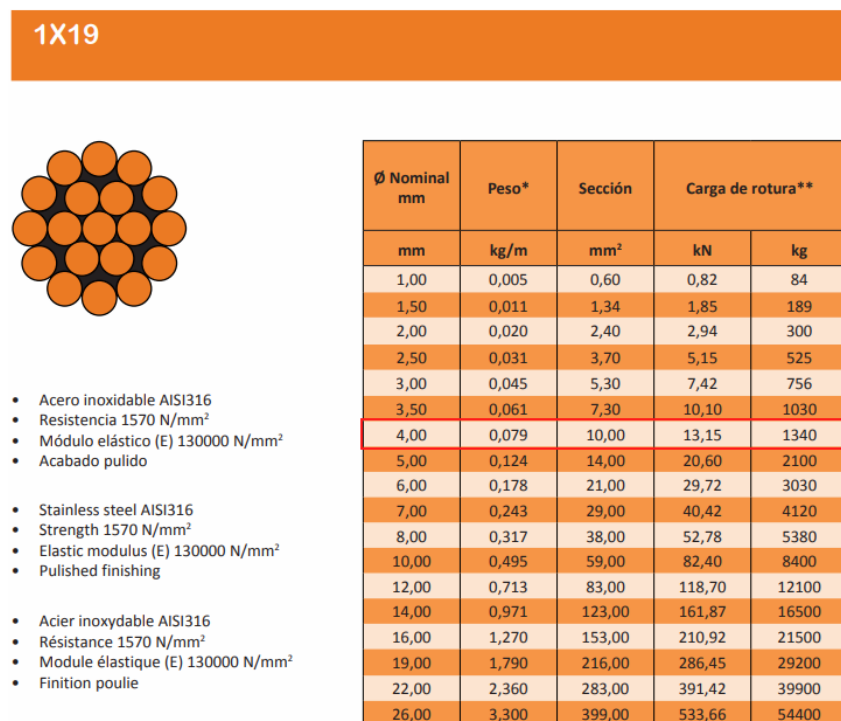
$$T_{total} = 64 * 2.68[N] + 8 * 9.9572[N] + 10 * 7.80[N] + 82 * 0.2156[N] + 0.079 \left[\frac{kg}{m} \right] * 9.8 \left[\frac{m}{s^2} \right] * 42 [m] = 379.31[N]$$

Considerando un factor adicional para el arranque de la máquina se tiene la tensión total corregida:

$$T_{total_corregido} = T_{total} + T_{total} * 0.3 = 493.103 N$$

El cable va a permanecer en un ambiente con propiedades degradantes, para ello el material indicado es un acero inoxidable 304, mostrado en la Figura E 5.

Figura E 5



Determinación de la potencia

$$Torque = Tensión * r = 493.103[N] * 0.24[m] = 118.34[N * m]$$

Se escoge una velocidad de tal manera que el material transportado tenga un tiempo de operación no mayor a cinco minutos.


$$P = 118.34 [N.m] * \frac{0.35 \left[\frac{m}{s} \right]}{0.24 [m]} = 172.58 Watt \quad (32)$$

Es necesario asumir un factor de seguridad para el motor, debido a que un motor no puede trabajar a su potencia máxima en todo momento. El valor de la potencia anteriormente calculada se establece como el 80% de la potencia del motor a seleccionar.

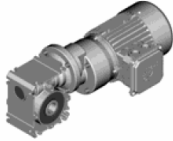
$$P_{corregida} = 215.72 Watt$$

Del catálogo de motorreductores Nord se selecciona el motor con su caja de 0.25 kW mostrada en la Figura E 6.

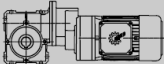
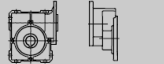
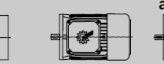



Figura E 6



**Motorreductores de sinfín
UNIVERSAL con engranaje cilíndrico
4 polos, 60Hz**



0,25kW

P ₁ [kW]	n ₂ [min ⁻¹]	M ₂ [Nm]	f _B	i _{ges}	i _{sch}	i _{vor}	F _R [N]	F _{RF} [N]	Modelo		Módulos del motorreductor								
															alternativa				
									62 - 67 + 70	62 - 67	70	73	74	74					
0,25									Números de pedido de los módulos										
34	57	1,1		50	5	10	3200	1790	SK 1SI 40/H10 - IEC71 - 71S/4						60491050	60494000	60495020	32010020	32010044
23	81	0,9		75	7,5	10	3200	1730							60491080	"	"	"	"
									Números de pedido de los módulos										
34	58	1,8		50	5	10	4800	3730	SK 1SI 50/H10 - IEC71 - 71S/4						60591050	60494000	60495020	32010020	32010044
23	82	1,6		75	7,5	10	4800	3710							60591080	"	"	"	"
17	105	1,2		100	10	10	4800	3680							60591100	"	"	"	"
14	125	0,9		125	12,5	10	4800	3650							60591130	"	"	"	"
11	138	1,0		150	15	10	4800	3630							60591150	"	"	"	"
8,5	172	0,8		200	20	10	4800	3560							60591200	"	"	"	"

El proceso anterior está determinado para la sección de transporte entre la etapa de trituración y el llenado de tanques de fermentación, y este mismo modelo de cálculo se utiliza para determinar las otras dos secciones de transporte restantes, es decir entre fermentación-mezclado, y mezclado-llenado de camas de alimentación.

Apéndice F. Cálculos. Selección Mezcladora

Asumiendo una humedad mínima inicial de la gallinaza después del proceso de fermentación del 30%, se calcula la cantidad de agua presente por cada 50 kg:

$$w_w = \frac{0.3 * 50kg}{1 + 0.3}$$

$$w_w = 11.54 \text{ kg de agua}$$

Sabiendo que $w_m = w_w + w_s$, donde w_s es la masa de la gallinaza sin humedad.

$$w_s = w_m - w_w$$

$$w_s = 50 \text{ kg} - 11.54 \text{ kg}$$

$$w_s = 38.46 \text{ kg de gallinaza seca}$$

La humedad de salida de la gallinaza desde la mezcladora debe ser de 80% de contenido de agua. Por lo tanto, se debe conocer la adición en kilogramos de agua para alcanzar la humedad requerida.

$$w_{\%} = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

$$80 = \frac{W_w}{38.46} * 100$$

$$W_w = 30.77 \text{ Kg de agua}$$

Ahora, la cantidad adicional de agua a agregar durante el proceso de mezclado es

$$W_{adic} = W_{w@80\%} - W_{w@30\%}$$

$$w_{adic} = 30.77 \text{ kg} - 11.54 \text{ kg} = 19.228 \text{ kg de agua}$$

Con estos 19.228 kg de agua, el sustrato cuenta con suficiente humedad para un desarrollo óptimo de las larvas. Asimismo, se puede conocer la densidad de la nueva mezcla mediante la siguiente ecuación.

$$\rho = \frac{\text{masa}_{gallinaza} + \text{masa}_{agua}}{\text{Volumen}_{gallinaza} + \text{Volumen}_{agua}}$$

$$\rho = \frac{50\text{Kg} + 19.228 \text{ Kg}}{0.1165\text{m}^3 + 0.019\text{m}^3} = 510 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Mezcladora

Se procede a calcular los baches para cumplir una cuota de 200 kg/h, teniendo en cuenta la capacidad máxima del tanque de la mezcladora seleccionada.

$$m_{mezcla \text{ tanque}} = 510 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 0.2\text{m}^3 = 102 \text{ Kg de mezcla}$$

$$m_{gallinaza} = 102 \text{ kg mezcla} * 72.23\%$$

$$m_{gallinaza} = 73.67 \text{ kg}$$

$$Baches_{hora} = \frac{200 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{73.67 \frac{\text{kg}}{\text{bache}}} = 2.71$$

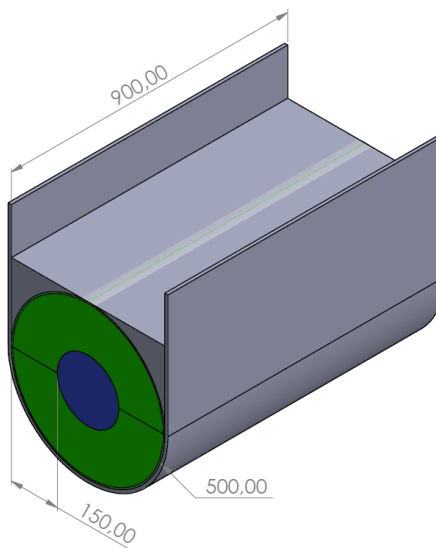
$$Baches_{hora} \cong 3 \frac{\text{baches}}{\text{hora}}$$

Potencia

La estimación de la potencia de accionamiento de la mezcladora se puede determinar por medio del cálculo del peso del volumen efectivo que desplazan las paletas durante su trayectoria circular, mostrado en la Figura F 1 por medio del color verde. Para este caso se toma un tamaño de paleta de 150 mm y se conoce el diámetro del tanque el cual corresponde a 500 mm, como se muestra en la siguiente figura.

Figura F 1

Dimensiones de la mezcladora



Nota. Adaptado de (Vallejo, 2022)

$$\text{Volumen efectivo} = \frac{\pi * (d_1^2 - d_2^2) * L}{4}$$

Donde:

d_1 = Diámetro total del mezclador

d_2 = Diámetro zona muerta (azul)

$L = \text{Longitud del mezclador}$

$$\text{Volumen efectivo} = \frac{\pi * (0.5m^2 - 0.2m^2) * 0.9m}{4} = 0.1484m^3$$

Tomando un factor que permita incluir la influencia del peso en las zonas no efectivas de mezclado, se adiciona un 15% extra al volumen efectivo, dando como resultado un nuevo volumen efectivo corregido de $0.1707m^3$. Posteriormente, se calcula el peso que desplaza continuamente las paletas de la mezcladora.

$$W_{mezcla} = V_{efectivo\ corregido} * \rho * g$$

$$W_{mezcla} = 0.1707m^3 * 510 \frac{Kg}{m^3} * 9.81 \frac{m}{s^2} = 854.02 N$$

Una vez obtenida el peso efectivo que desplazan las paletas, se puede determinar el torque necesario para la operación.

$$T = W_{mezcla} * \frac{d_1}{2}$$

$$T = 854.02 N * \frac{0.5 m}{2} = 213.5 Nm$$

Cálculo de potencia

$$\text{Potencia} = \frac{T * n}{9550} = \frac{213.5 Nm * 45 rpm}{9550} = 1.006 Kw \approx 1.34 HP$$

En la práctica común los motores no deben trabajar a su máxima capacidad, por lo que la potencia calculada debe ser el 80% de la potencia total. La potencia corregida será de 1.675 HP.

Bomba de agua

Conociendo que se deben agregar 28.33 Kg de agua por cada bache, se selecciona una bomba adecuada para que pueda suministrar dicha cantidad en un corto periodo de tiempo. La Figura F 2 muestra el equipo que cumple con el requerimiento, bombeando 20 litros por minuto.

Figura F 2

Bomba de agua



Nota. Extraído de (Evans, 2022)

Apéndice G. Análisis Financiero

Para realizar la proyección de los precios de ventas, se tiene en cuenta el índice de precios al consumidor (IPC), dato que es analizado periódicamente, para poder hacer estimaciones del comportamiento a mediano y largo plazo. A partir de lo anterior se tiene en cuenta la información suministrada por el grupo Bancolombia para este indicador, mostrado en la Figura G 1

Figura G 1

Perspectivas de mediano plazo

Principales variables macroeconómicas proyectadas para los próximos años

Año	2017	2018	2019	2020	2021	2022py	2023py	2024py	2025py	2026py
Crecimiento del PIB (var. % anual)	1.4%	2.6%	3.2%	-7.0%	10.7%	7.2%	2.3%	2.6%	2.7%	2.7%
Balance del Gobierno Nacional (% PIB)	-3.7%	-3.1%	-2.5%	-7.8%	-7.1%	-6.1%	-4.4%	-3.5%	-3.5%	-3.8%
Balance en cuenta corriente (% PIB)	-3.2%	-4.2%	-4.6%	-3.4%	-5.6%	-5.0%	-4.2%	-4.0%	-3.9%	-3.8%
Tasa de desempleo urbano (% PEA, promedio año)	10.7%	10.8%	11.2%	18.4%	15.2%	11.5%	11.9%	11.6%	11.5%	11.4%
Inflación al consumidor (var. % anual, fin de año)	4.1%	3.2%	3.8%	1.6%	5.6%	9.2%	5.2%	4.2%	3.9%	3.7%
Inflación al consumidor (var. % anual, promedio de año)	4.2%	3.2%	3.6%	2.4%	3.8%	9.2%	6.4%	4.1%	3.9%	3.7%
Tasa de referencia BanRep (% anual, fin de año)	4.75%	4.25%	4.25%	1.75%	3.00%	8.75%	6.75%	5.50%	5.50%	5.50%
DTF 90 Días (% anual, fin de año)	5.28%	4.54%	4.52%	1.93%	3.08%	9.72%	7.51%	5.98%	5.91%	5.91%
IBR Overnight (% E.A, fin de año)	4.69%	4.24%	4.26%	1.74%	2.99%	8.72%	6.73%	5.48%	5.48%	5.48%
Tasa de cambio USDCOP (promedio de año)	\$ 2,951	\$ 2,956	\$ 3,281	\$ 3,693	\$ 3,744	\$ 4,080	\$ 4,200	\$ 4,270	\$ 4,290	\$ 4,360
Tasa de cambio USDCOP (promedio 4T)	\$ 2,987	\$ 3,164	\$ 3,411	\$ 3,661	\$ 3,880	\$ 4,220	\$ 4,190	\$ 4,270	\$ 4,310	\$ 4,380
Devaluación nominal (% promedio año)	-3.4%	0.2%	11.0%	12.6%	1.4%	9.0%	2.9%	1.7%	0.5%	1.6%
Precio promedio del petróleo (Ref. Brent, USD por barril)	\$ 54.2	\$ 71.1	\$ 64.4	\$ 41.8	\$ 70.7	\$ 110	\$ 99	\$ 81	\$ 79	\$ 74

Fuente: Grupo Bancolombia, DANE, Ministerio de Hacienda, Banco de la República, Eikon Reuters.

Préstamo para la inversión inicial

Del simulador de préstamo de libre inversión de Bancolombia, se puede conocer el plan de pagos que dicha entidad ofrece para el préstamo requerido, condicionado a tasa de interés fija y cuotas mensuales fijas. De acuerdo con lo anterior, se evidencia en la Figura G 2 las características de la solicitud.

Figura G 2

Cotización de Crédito.

The image shows a digital interface for a credit quote. At the top, a dark header reads "Tasa fija - Cuota fija" with a help icon. Below this, it states "Por un crédito de:" followed by a large "\$ 510,000,000" with a dollar sign icon. A subsequent section indicates "Pagarías 48 cuotas mensuales por un valor aproximado de" followed by a large "\$17,921,170". A section titled "Tasas y tarifas" with an upward arrow contains two items: "Tasa mes vencido" at 2.39% and "Seguro de vida" at \$600,000. Below this is a link "Conocer el plan de pagos" and a prominent yellow button labeled "SOLICITAR CRÉDITO".

Tasas y tarifas	
Tasa mes vencido	2.39%
Seguro de vida	\$600,000

Apéndice H. Cotizaciones

De acuerdo con los equipos que van a ser seleccionados, se realiza el ejercicio de cotización, de esta manera se tiene un panorama que complementa los datos presentes en el presupuesto.

Figura H 1

Cotización Trituradora de Martillos









Tan versátiles, que sirven para lo que necesita, una combinación de triturador y picapastos

Pican, Trituran y Pulverizan

Están diseñados para triturar granos y forrajes (pastos verdes y secos, caña dulce, mazorca de maíz, tusas etc.). Al trabajar como picapastos brindan la mezcla ideal de forraje, grano concentrado, y caña de azúcar que garantiza la completa ingestión para el ganado.

- Trituran: tubérculos (papa, plátano, yuca)
- Muelen: granos de maíz, sorgo, soya, arroz, trigo, cebada, frijol, cereales secos o hueso de pescado, produciendo harinas gruesas o finas según la criba utilizada
- Pican: todo tipo de pastos, cañas, leguminosas y especias forrajeras

F  Y el TP-24 Poseen una tolva para granos con puerta de dosificación, que facilita imentación según la potencia usada en el equipo.

Triturador Picador PENAGOS TP-8SM sin motor

\$1.959.000

Picador de pasto para ganado

- Capacidad : 300 a 800 (Forr. Kg/h)
- Producción granos secos : 50 a 300 Kg/h
- Número de martillos : 8
- Cuchillas : 2 móviles / 1 fija
- Motor eléctrico : 2 a 3 HP
- Motor diésel o gasolina : 5 a 6Hp
- RPM del volante : 3.200 a 3.500
- Incluye base para motor eléctrico, diésel o gasolina.
- Peso 32kg
- Dimensiones (LxAxH) 660 x 550 x 1.200 mm.












Figura H 2

Cotización Motor Trituradora



MOTORES TRIFASICOS W22
CARCARA EN HIERRO - SEVERE DUTY
IEC IE3 EFICIENCIA PREMIUM

Referencia	Potencia		RPM	Carcasa	Eficiencia (%)	Factor de Potencia	Corriente Nominal (A)			Factor de Servicio	Masa Aprox. (Kg)	Código	Precio COP \$
	HP	kW					220V	380V	440V				
SD.50363CQA	0,5	0,37	3600	63	73,4	0,83	1,59	0,92	0,9	1,25	7,7	16621301	\$ 1.301.000
SD.50183CQA			1800	71	78,2	0,72	1,78	-	0,89	1,25	8,5	16621304	\$ 1.340.000
SD.50123CQA			1200	80	75,3	0,75	1,72	-	0,86	1,25	12,5	Consultar	\$ 1.902.000
SD.50093CQA			900	90S	72	0,6	2,24	-	1,12	1,25	19,5	Consultar	\$ 2.623.000
SD.75363CQA	0,75	0,55	3600	71	76,8	0,88	2,14	1,24	1,17	1,25	7,5	16620894	\$ 1.321.000
SD.75183CQA			1800	80	81,1	0,79	2,25	1,3	1,29	1,25	14,3	16621298	\$ 1.290.000
SD.75123CQA			1200	90S	81,7	0,67	2,63	-	1,32	1,25	19	Consultar	Consultar
SD.75093CQA			900	90L	74	0,6	3,26	-	1,63	1,25	23	Consultar	Consultar
SD001363CQA	1	0,75	3600	71	80,5	0,84	2,92	1,69	1,46	1,25	9	15331096	\$ 1.571.000
SD001183CQA			1800	90S	84	0,72	3,26	1,89	1,63	1,25	19,9	15331270	\$ 1.691.000
SD001123CQA			1200	90L	82,5	0,68	3,5	-	1,75	1,25	23	15332307	\$ 2.359.000
SD001093CQA			900	L90L	75,5	0,6	4,34	2,51	2,17	1,25	25	15331708	\$ 2.874.000
SD1.5363CQA	1,5	1,1	3600	80	84	0,83	4,15	2,4	2,07	1,25	14	15331094	\$ 1.705.000
SD1.5183CQA			1800	L90S	86,5	0,8	4,18	2,42	2,09	1,25	22	15331310	\$ 2.077.000
SD1.5123CQA			1200	L100L	87,5	0,65	5,08	2,94	2,54	1,25	38	15331620	\$ 2.984.000
SD1.5093CQA			900	100L	81,4	0,6	5,92	3,43	2,96	1,25	33	15331626	\$ 3.596.000
SD002363CQA	2	1,5	3600	L80	85,5	0,85	5,42	3,41	2,71	1,25	16,3	15331093	\$ 2.179.000
SD002183CQA			1800	90L	86,5	0,8	5,68	3,29	2,84	1,25	23	15331311	\$ 2.189.000
SD002123CQA			1200	112M	88,5	0,68	6,54	3,79	3,27	1,25	42	15331392	\$ 3.778.000
SD002093CQA			900	112M	84,5	0,66	7,06	4,09	3,53	1,15	42	15331709	\$ 4.985.000

Figura H 3


Cotización Tanque de Fermentación

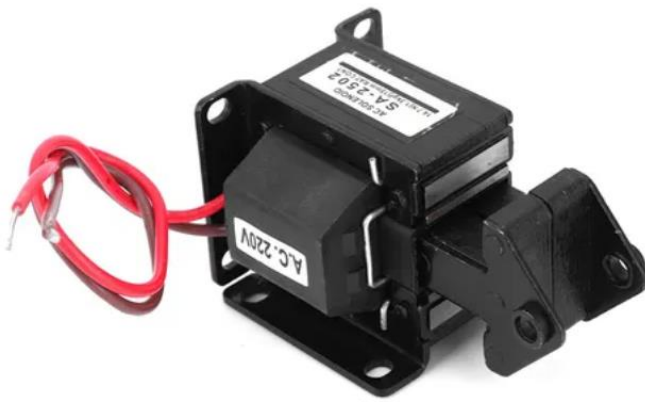
PRODUCTO	VALOR TOTAL CON IVA INCLUIDO
SILO 5.8 M3 C.ACC. VERDE ACIDO	\$ 18.676.492

Figura H 5

Cotización Vibrador Electromagnetico

Volver al listado | [Herramientas](#) > [Herramientas Industriales](#) > [Repuestos](#) > [Imanes de Neodimio](#) [Compartir](#) | [Vender uno i](#)





Nuevo

Electroimán Ac Tractive Imán Para Automatización Industrial ♥

\$ 183.366
en 12x \$ 15.280 sin interés
[Ver los medios de pago](#)

COMPRA INTERNACIONAL v

Envío internacional gratis
Llega entre el 7 y 16 feb. desde China

Sin costos de importación

Cantidad: **1 unidad** (100 disponibles)

Puedes comprar solo 1 unidad

Comprar ahora

Figura H 6*Cotización Bomba de Agua*

Disponibilidad:
Hay existencias

Comparar

Descripción: Bomba Periférica 0.5 HP

Característica especial: La mayor presión y flujo de su categoría.

Descripción comercial: Bomba Periférica 1/2 HP

Marca: EVANS

\$242.427 ~~\$303.034~~ IVA incluido

Hay existencias

MOTOR	—
Tipo de Motor	Eléctrico
Marca del motor	Evans
Potencia del Motor	0.50 hp
RPM del Motor	3450 RPM

Figura H 7*Cotización Canastillas*

	Producto	Precio	Cantidad	Subtotal
	 Canastilla Industrial Plástica Cerrada 25 cm	\$ 27.900	<input type="text" value="1920"/>	\$ 53.568.000
<input type="text" value="Código de cupón"/>		<input type="button" value="Aplicar cupón"/>		<input type="button" value="Actualizar carrito"/>

Total del carrito


Subtotal	\$ 53.568.000
Envío	<input checked="" type="radio"/> Recoger al Local <input type="radio"/> Envío Medellín: \$ 10.000 <input type="radio"/> Fuera de Medellín (acordar el precio del envío con el vendedor) Enviar a Antioquia . Cambiar dirección 
Total	\$ 53.568.000

Figura H 8*Cotización Sensores*

[Inicio](#) > [Modulo Sensor Humedad del suelo Resistente a Corrosion](#)



Modulo Sensor Humedad del suelo Resistente a Corrosion

Por Ferretrónica

\$25.000,00

Modulo Sensor Humedad del suelo Resistente a Corrosion Higrometro, está pensado para el control de humedad del suelo o tierra de plantas. Las puntas del sensor están tratadas para resistir mejor la oxidación y alargar su vida útil.

Consiste en una sonda con dos terminales metalicas separadas adecuadamente y un módulo que realiza el tratamiento de datos entregando una salida Analoga y una salida Digital.


Ideal para producir un dispositivo de riego automático, para que así las plantas en su jardín no tengan a personas administrándolas. Además, cuenta con sensibilidad ajustable por medio del potenciómetro.

Principales Características:

- Modelo: Modulo Higrometro Sensor de Humedad del suelo Resistente a Corrosion HD-30 Sonda Metalica


Figura H 9

Cotización Racks




Q
Bogotá D.C.
537
MI Cuenta


Carro de compras 537




¡Recibe un bono o cashback de **\$45.000** en esta compra por solicitar tu Tarjeta de Crédito **CMR Banco Falabella** 100% online! [SOLICÍTALA AQUÍ >](#)

[Ver términos & condiciones](#)

	<p>Multimarcas Platina 6m x 1 x 1/8 pulg Multimarcas Hierro y Fierro Código 89276</p> <p>✓ Envío a domicilio ✓ Retiro en tienda</p>	<input type="button" value="-"/> 432 <input type="button" value="+"/>	<p>\$23.550 und \$3.925,00 m</p> <p>Eliminar</p>
Total producto:			\$10.173.600

	<p>Multimarcas Tubo rectangular 76 x 38 x 1.1mm x 6m cerrajería Multimarcas Construcción Código 24446</p> <p>✓ Envío a domicilio ✓ Retiro en tienda</p>	<input type="button" value="-"/> 45 <input type="button" value="+"/>	<p>\$63.000 und \$10.500,00 m</p> <p>Eliminar</p>
Total producto:			\$2.835.000

	<p>Multimarcas Tubo Cuadrado 40 x 40 x 1.5mm C16 x 6m COLMENA Construcción Código 270003</p> <p>✓ Envío a domicilio ✓ Retiro en tienda</p>	<input type="button" value="-"/> 60 <input type="button" value="+"/>	<p>\$101.800 und \$16.966,67 m</p> <p>Eliminar</p>
Total producto:			\$6.108.000

Resumen de tu compra







Sub total \$19.116.600

Total a pagar **\$19.116.600**

El costo del envío no está incluido en el total.

Continuar

Precios y opciones de entrega basados en tu ubicación actual: Bogotá D.C.

Compra segura [Ver más](#)

Tus datos personales se mantienen bajo estricta confidencialidad y están protegidos.

Satisfacción Garantizada [Ver más](#)

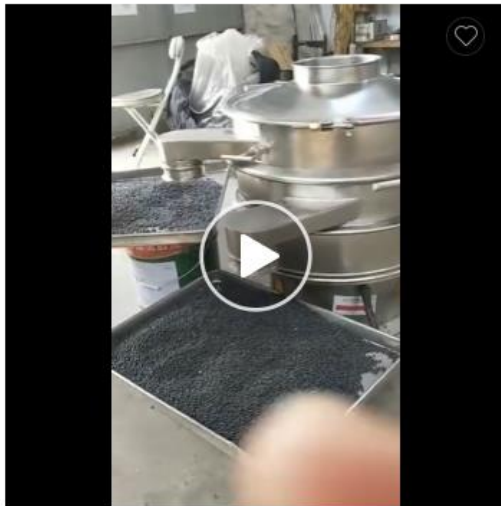
Puedes devolver tu compra en un plazo máximo de 30 días, el producto debe estar en perfecto estado: sin uso, tener todos sus accesorios, manuales y embalaje original. Si tienes dudas, comunícate a nuestra línea de atención al cliente desde Bogotá 3077115 o a la línea nacional 320 889 9933.

¿Necesitas ayuda?

Si necesitas ayuda para completar tu compra llámanos al 320 889 9933

Figura H 10

Cotización Tamizadora



[View larger image](#)

ZS Series good efficiency vibration sieve

1 - 4 sets	>= 5 sets
\$2,200.00	\$2,000.00

PayPal OFFER Save up to US \$30 off with PayPal


Benefits: Quick refunds on orders under US \$1,000

Model Number

Power

Samples: ZS-600 , 550
\$75.00/set | Min. order : 1 set | [Get samples](#)

Figura H 11 Cotización*Empacadora y Cosedora de Sacos*

	WAIG INDUSTRIAL LTDA	ORÇAMENTO							
	CNPJ: 51.491.785/0001-83 I.E.: 417.020.643.118 AV DAVID DOS SANTOS , 36 - JARDIM NOVA LIMEIRA LIMEIRA - SP CEP: 13486-251 FONE/FAX : (19) 3446-6400/ EMAIL : faturamento@waig.com.br	N: 0036103 Tipo (F)echado Dt.Ped.: 19/12/2022 Enviado: 19/12/2022							
Cliente: 15067 - EDUARD OCHOA LÓPEZ									
Endereço: , -		C.E.P.: 00000-000							
Cidade: BUCARAMANGA - EX		C.N.P.J/CPF: .../-							
Fone: +57 320 3512371		Insc. Est.:							
Contato: EDUARD									
Prazo entrega: 0 dia(s)									
	Material/Serviço	Qtde. Un	Unitário	SubTotal	%ICM	%IPI	Valor IPI	ST	Total
	WAIG.300.00002 - ENSACADEIRA MANUAL ABERTA (WBA) - NCM: 84233019	1,00 UN	3.219,30	3.219,30	0	0	0,00	0,00	3.219,30
<ul style="list-style-type: none"> * Tipo queda livre * Capacidade de 10 Kgsate 60 Kgs * Capacidade de até 5 sacos/min - sacos de boca aberta * C/ Braço da balança e um bico de ensaque * Cadeira dos sacos fixa (p/ sacos de boca aberta) * Produtos ensacados pelo princípio de gravidade * Sistema de pesagem mecânica por contra peso de alta sensibilidade * Precisão de pesagem de + / - 0,3% do peso ajustado * Estrutura de ferro para as partes em contato com o produto (em aço carbono) 									

Apéndice I. Planos Planta

Los planos están adjuntos al presente documento

Plano 1. Vista isométrica de la planta

Plano 2. Vista superior planta

Plano 3. Vista explosionada por subsistemas del rack de alimentación

Plano 4. Vista isométrica del subsistema del marco

Plano 5. Vista posiciones subsistema del marco

Plano 6. Vista explosionada subsistema viga-riel

Plano 7. Subsistema viga-riel. Pieza 1. Viga transversal

Plano 8. Subsistema viga-riel. Pieza 2. Viga con rodillos

Plano 9. Vista explosionada subsistema mecanismo de sensores

Plano 10. Vista isométrica del mecanismo de sensores

Plano 11. Vista explosionada del mecanismo de sensor

Plano 12. Subsistema mecanismo de sensor. Pieza 1. Barra 150 mm

Plano 13. Subsistema mecanismo de sensor. Pieza 2. Barra 60 mm

Plano 14. Subsistema mecanismo de sensor. Pieza 3. Barra 3 puntos

Plano 15. Subsistema mecanismo de sensor. Pieza 4. Sensor

Plano 16. Subsistema mecanismo de sensor. Pieza 5. Palanca sensor

Plano 17. Subsistema mecanismo de sensor. Pieza 6. Bujes

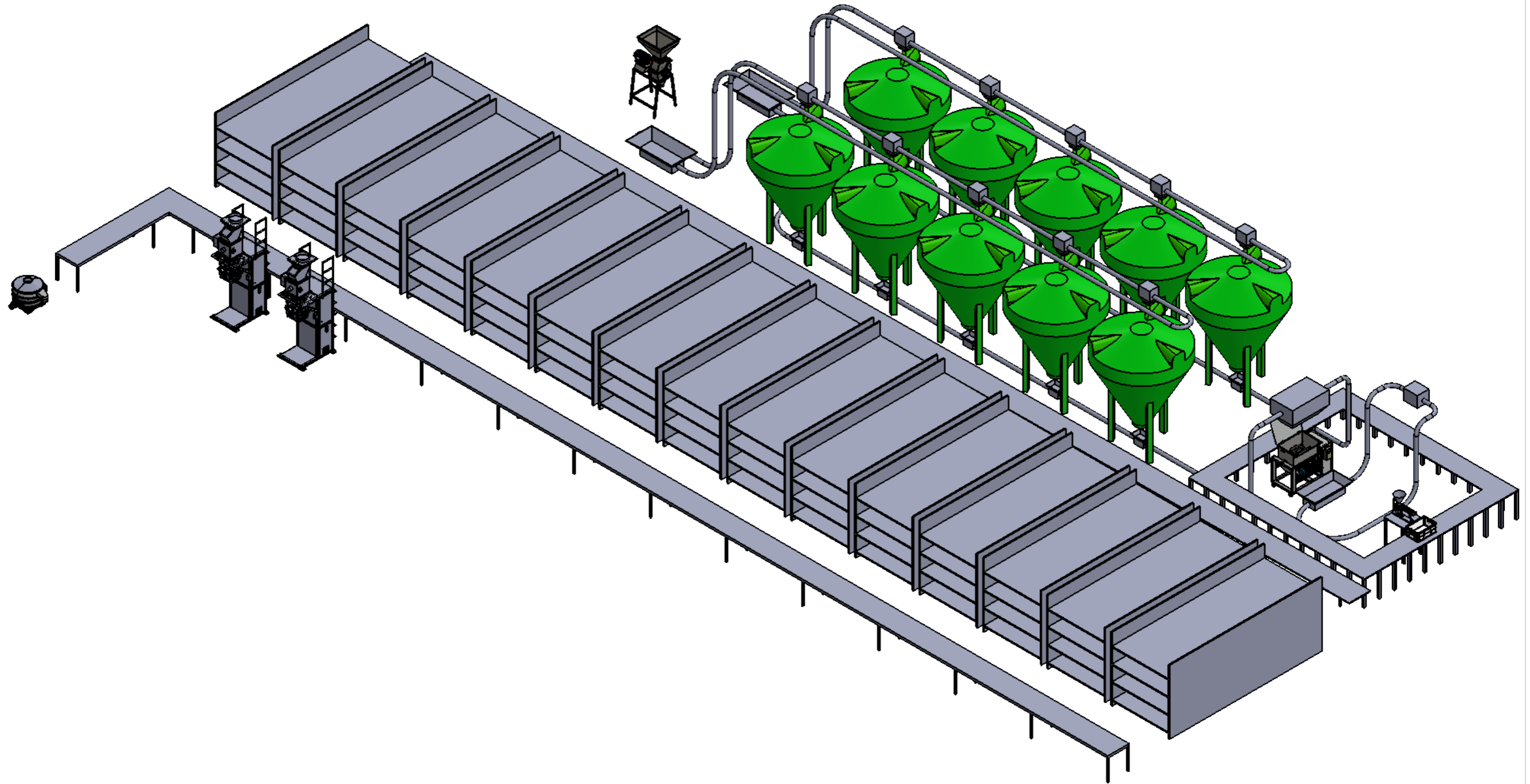
Plano 18. Subsistema mecanismo de sensor. Pieza 7. Canastilla



Plano 19. Subsistema mecanismo de sensor. Pieza 8. Barra soporte mecanismo

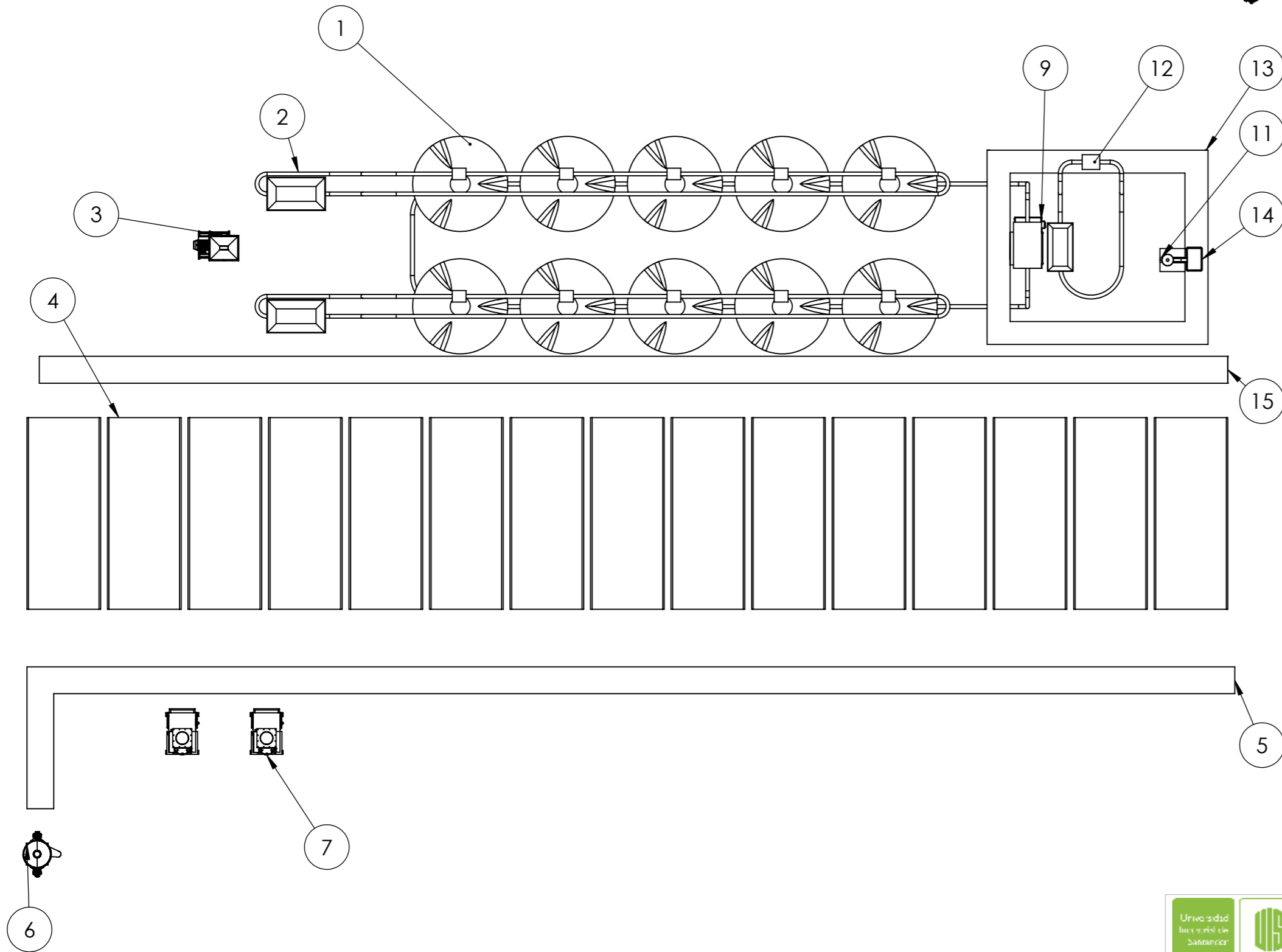
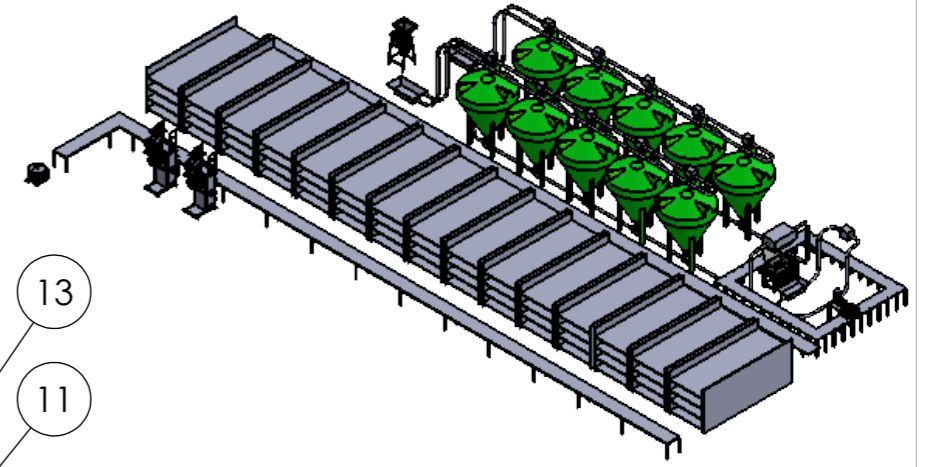
Plano 20. Subsistema mecanismo de sensor. Pieza 9. Barra de movimiento

Plano 21. Vista explosionada del mecanismo de accionamiento

- Plano 22. Subsistema mecanismo de accionamiento. Pieza 1. Barra 150 mm
- Plano 23. Subsistema mecanismo de accionamiento. Pieza 2. Barra 3 puntos
- Plano 24. Subsistema mecanismo de accionamiento. Pieza 3. Palanca de accionamiento
- Plano 25. Subsistema mecanismo de accionamiento. Pieza 4. Varilla mecanismo
- Plano 26. Vista explosionada por subsistemas del dosificador vibratorio
- Plano 27. Vista explosionada del subsistema base flejes
- Plano 28. Subsistema base flejes. Pieza 1. Base
- Plano 29. Subsistema base flejes. Pieza 2. Fleje
- Plano 30. Subsistema base flejes. Pieza 3. Soporte bandeja
- Plano 31. Subsistema base flejes. Pieza 4. Bandeja
- Plano 32. Vista explosionada del subsistema motriz
- Plano 33. Subsistema motriz. Pieza 1. Vibrador magnético
- Plano 34. Subsistema motriz. Pieza 4. Base vibrador magnético
- Plano 35. Vista explosionada del subsistema de alimentación
- Plano 36. Subsistema de alimentación. Pieza 1. Soporte tolva
- Plano 37. Subsistema de alimentación. Pieza 2. Tolva



		ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
ESCALA: 1:90		PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS AVICOLAS	
		DIBUJADO POR: JUAN JOSÉ SILVA MÁRQUEZ EDUARD OCHOA LÓPEZ	2023-01-12
FORMATO A3		REVISADO POR:	PIEZA N°:
MEDIDAS EN: MMGS		MATERIAL:	HOJA: 1/1 PL. N°: 03-00-00



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Tanques de fermentación	2
2	Transportador tubular	2
3	MOLINO v1	1
4	camas de alimentacion	1
5	Ruta extracción de larvas	1
6	separador	1
7	Dosificador	2
9	wingko mari	1
11	Dosificador de larvas	1
12	Transportador tubular S	1
13	Circuito llenado de camas	1
14	Caja	1
15	Pasarela de ingreso larvas	1



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESCALA: 1:120

PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS AVICOLAS



DIBUJADO POR:
JUAN JOSÉ SILVA MÁRQUEZ
EDUARD OCHOA LÓPEZ

2023-01-12

PIEZA N.º:

FORMATO
A3

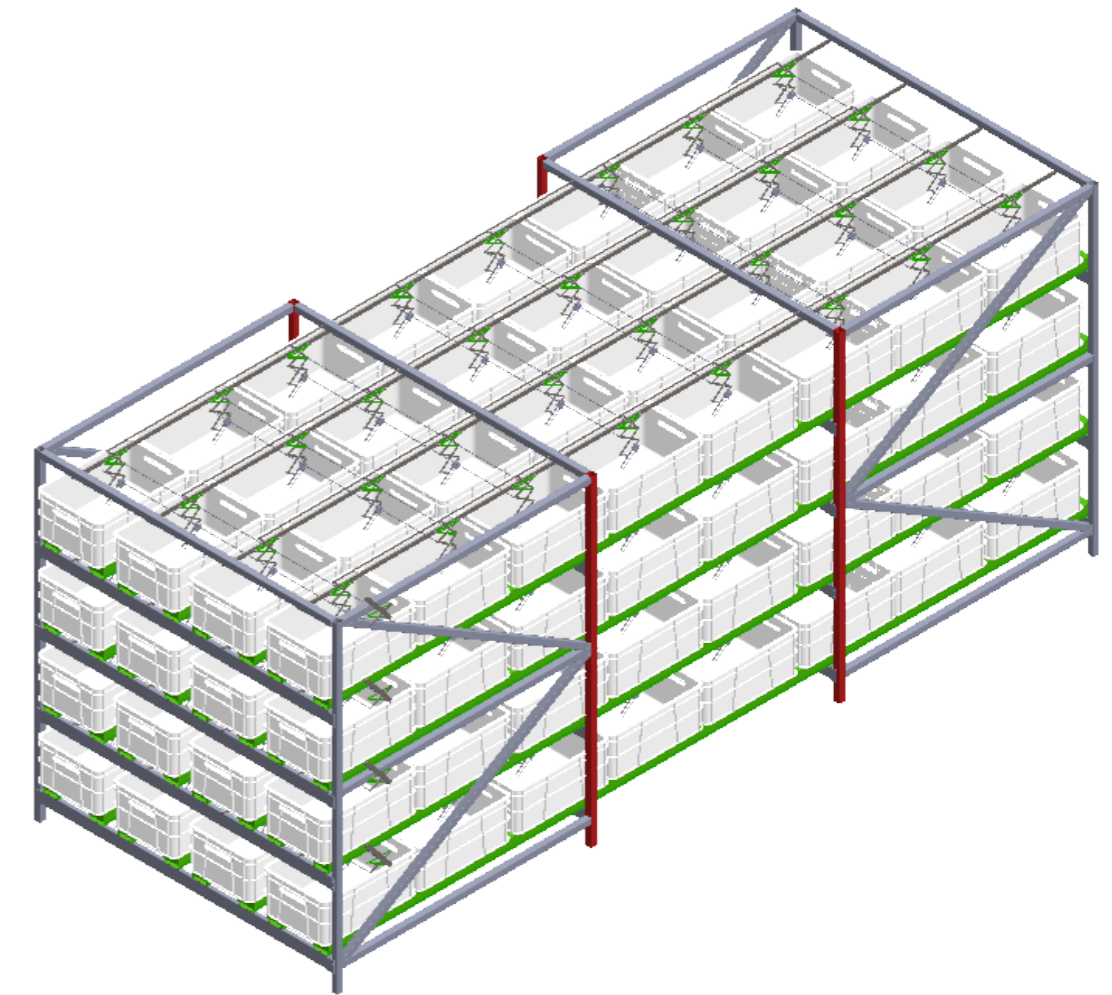
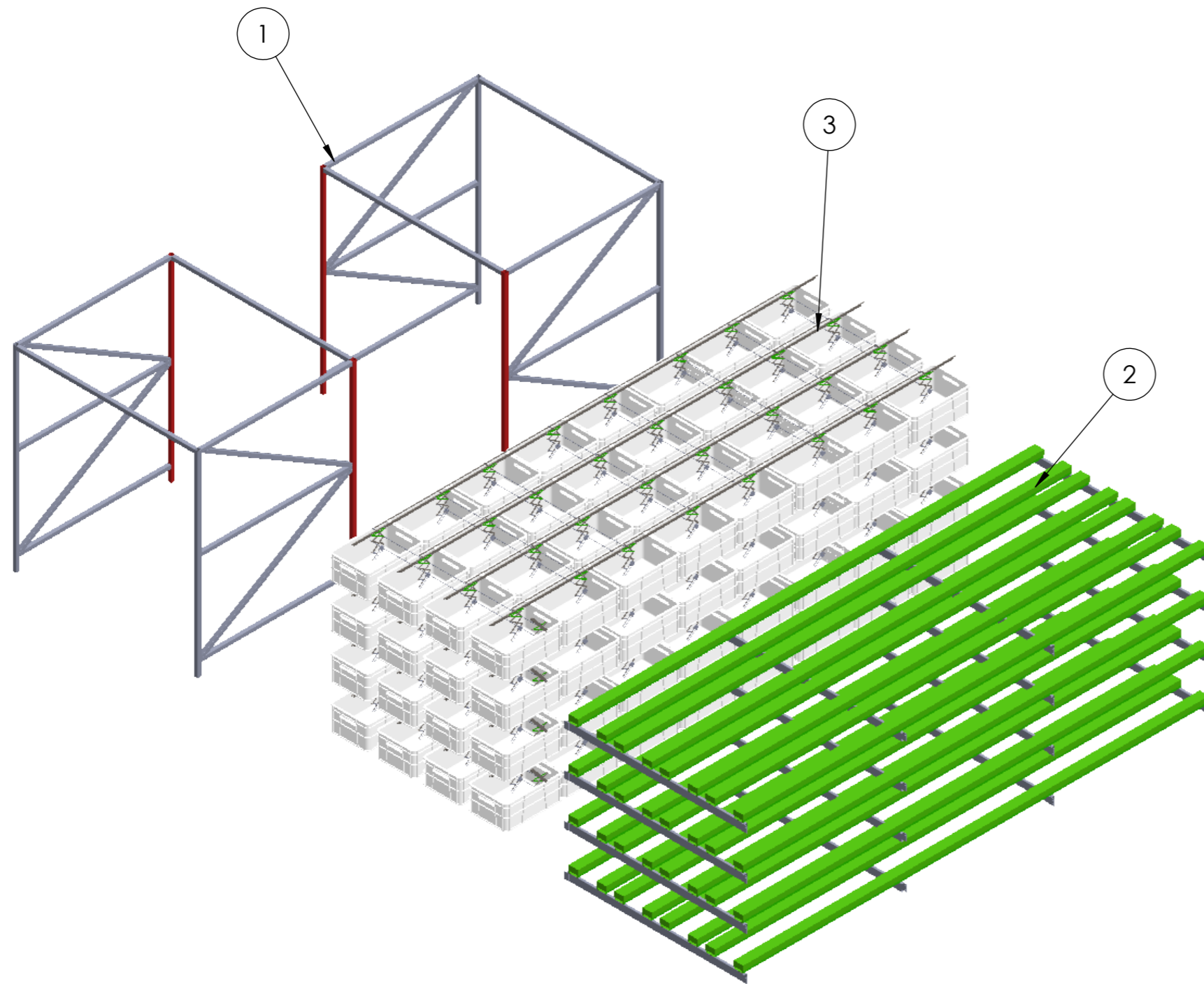
REVISADO POR:

HOJA: 1/1

MEDIDAS EN:
MMGS

MATERIAL:


PL. N.º: 03-00-00

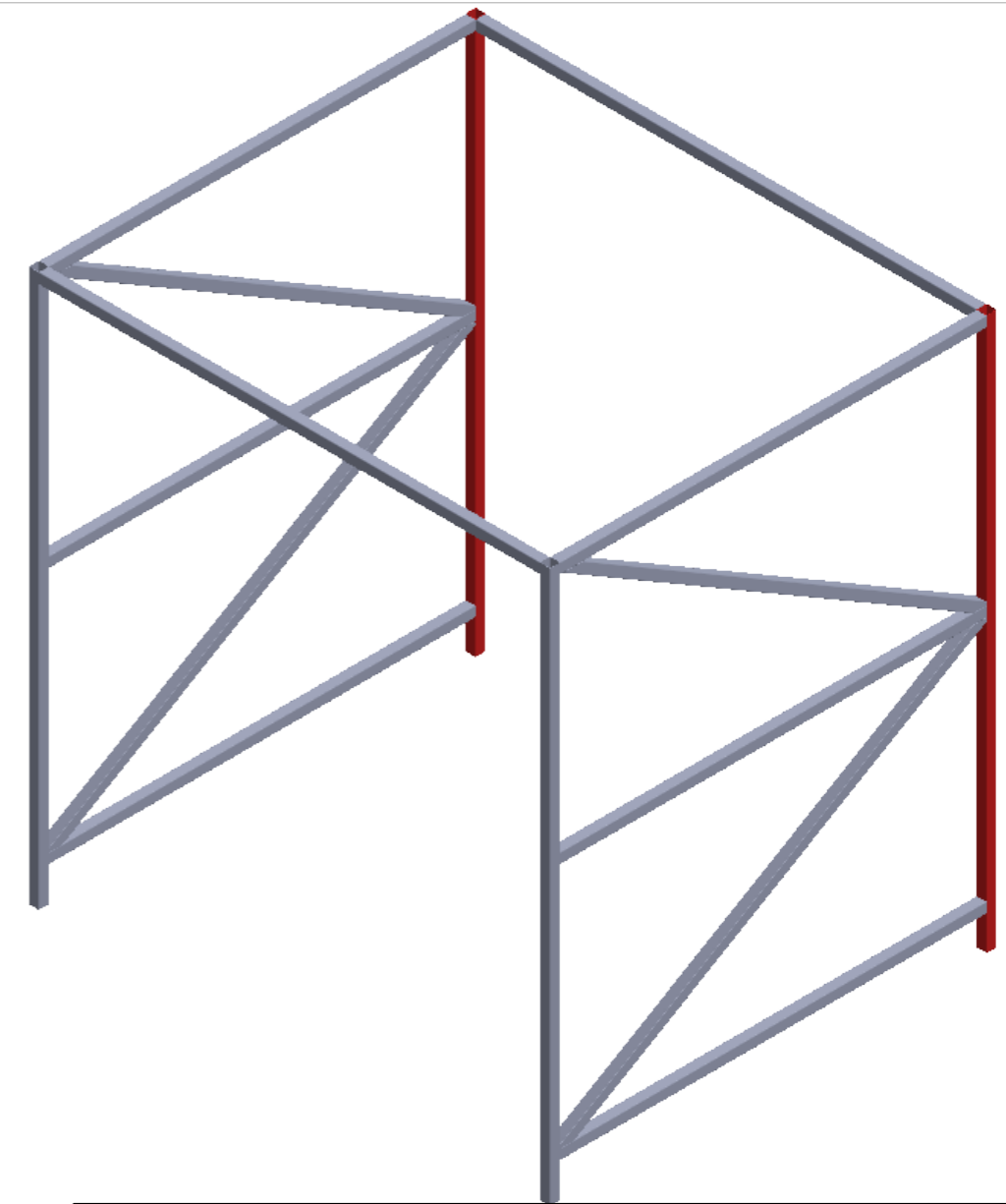
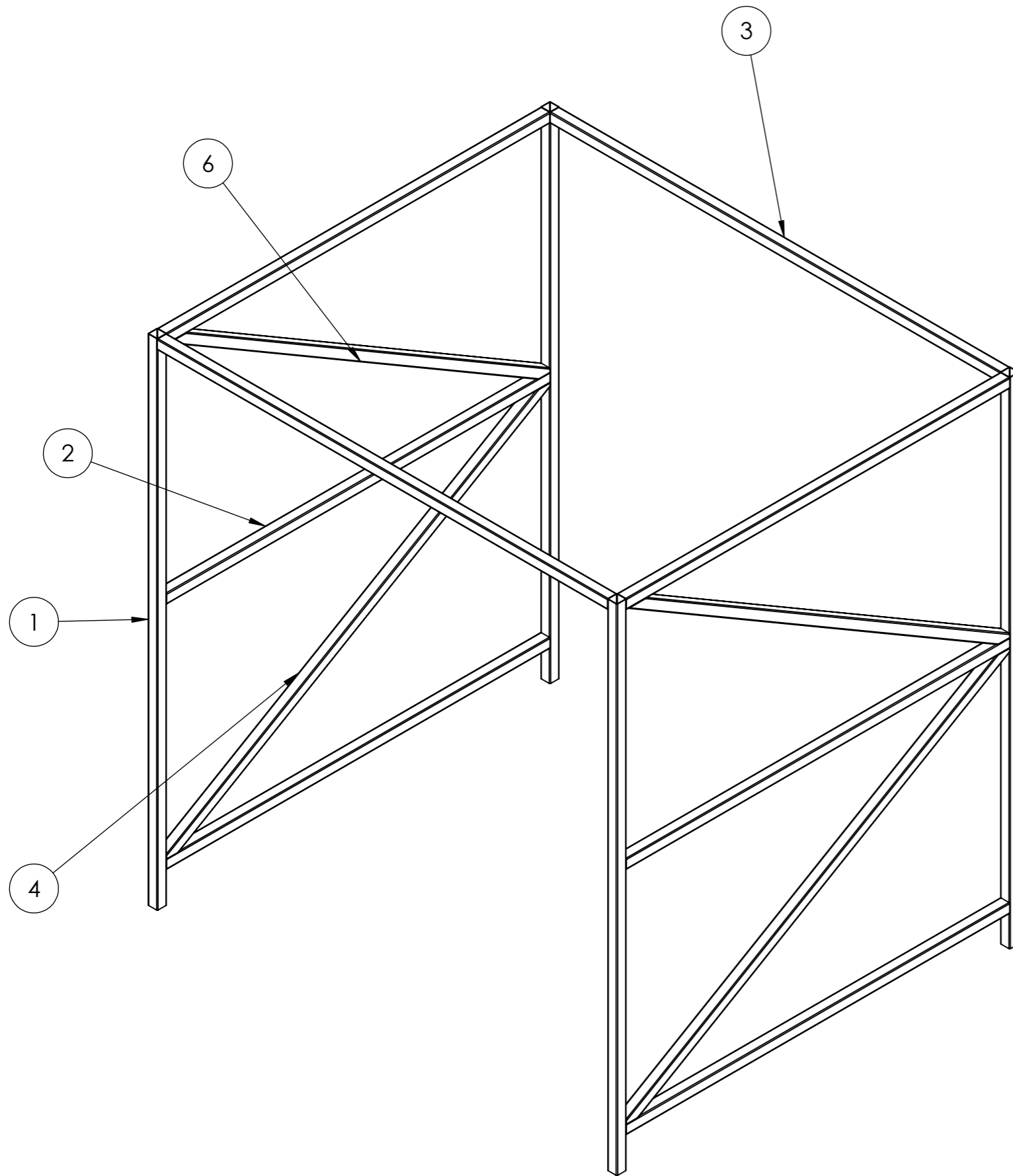


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Marco	2
2	Viga-riel	4
3	Mecanismo sensores	4



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESCALA: 1:40	Racks de alimentación		
 FORMATO A3 MEDIDAS EN: MMGS	DIBUJADO POR: JUAN JOSÉ SILVA MÁRQUEZ EDUARD OCHOA LÓPEZ	2023-01-12	PIEZA N.º:
	REVISADO POR:		HOJA: 1/23
MATERIAL:			PL. N.º: 01-00-00



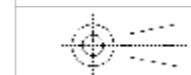
N° de elemento	Cantidad	Descripción	LONGITUD
1	4	40x40x1.6 SHS C350	2100
2	6	40x40x1.6 SHS C350	1626
3	2	40x40x1.6 SHS C350	1910
4	2	40x40x1.6 SHS C350	1875.61
5	2	40x40x1.6 SHS C350	846.02
6	2	40x40x1.6 SHS C350	1857.95
7	1	40x40x1.6 SHS C350	372.05



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESCALA: 1:15

MARCO



DIBUJADO POR:
JUAN JOSÉ SILVA MÁRQUEZ
EDUARD OCHOA LÓPEZ

2023-01-12

PIEZA N°:

FORMATO
A3

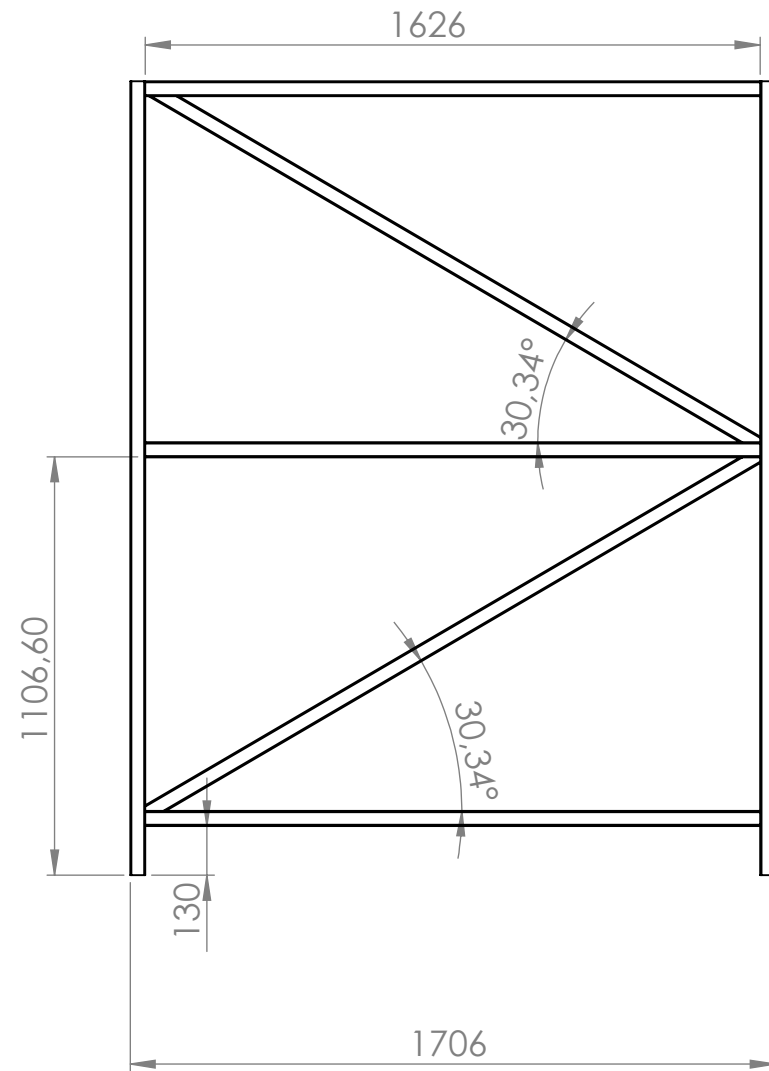
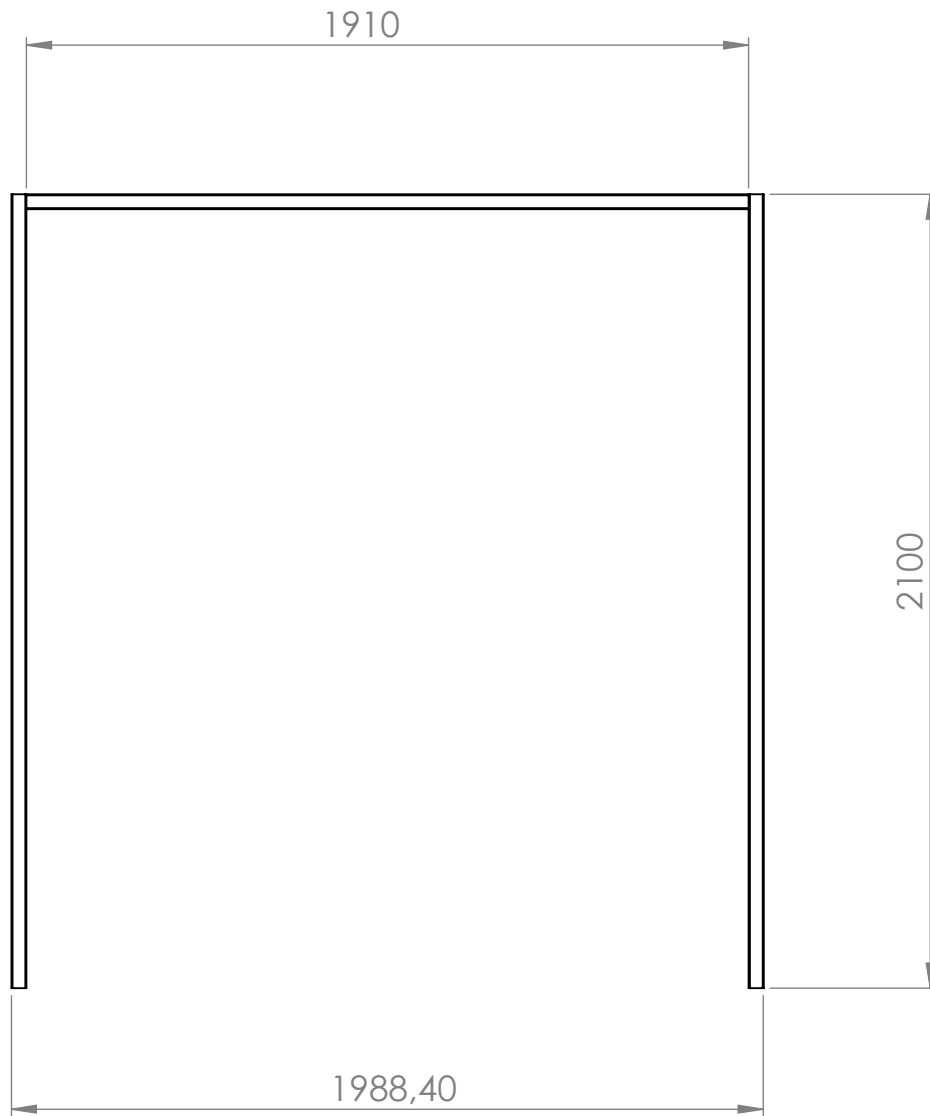
REVISADO POR:

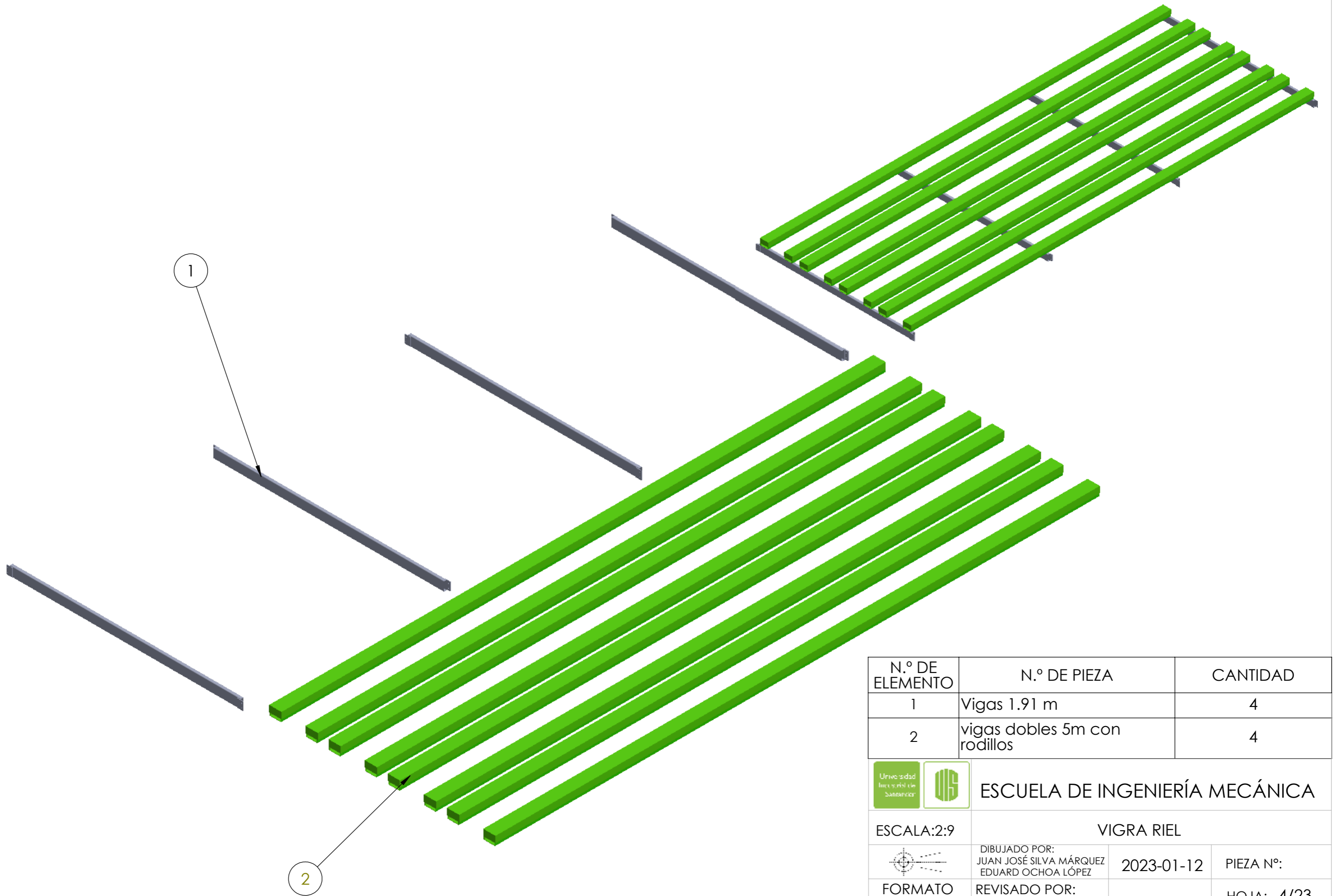
HOJA: 2/23

MEDIDAS EN:
MMGS




MATERIAL: ASTM A500 GRADO B

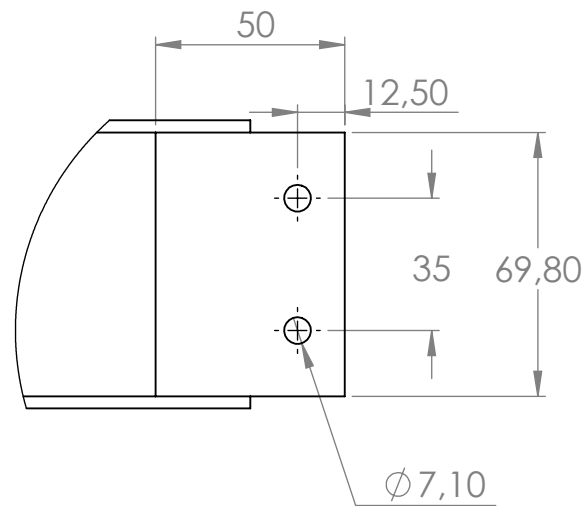
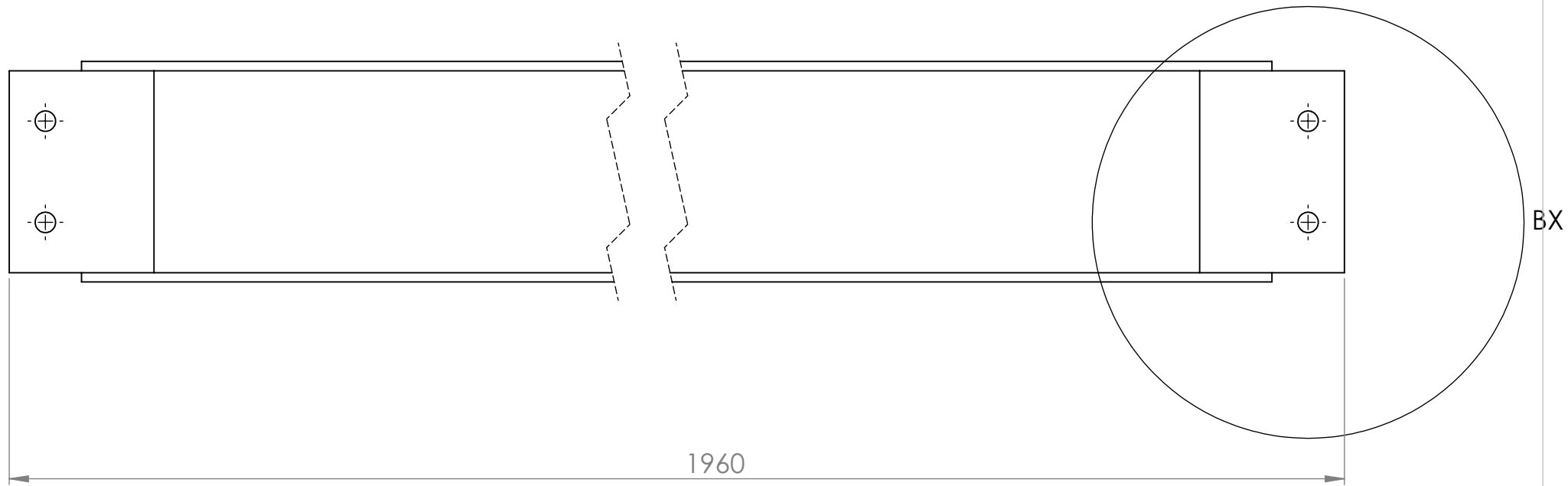
PL. N°: 01-01-00





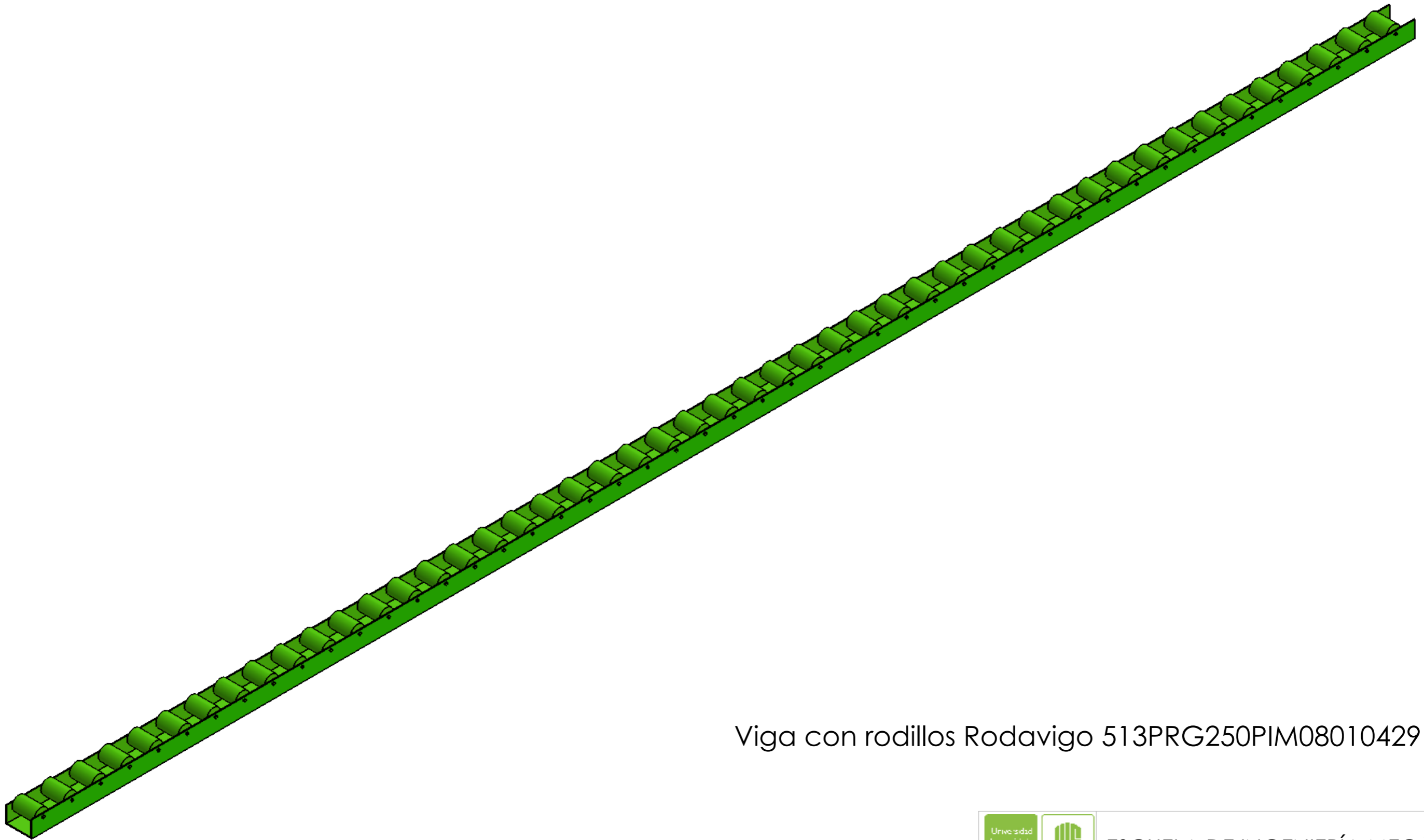
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Vigas 1.91 m	4
2	vigas dobles 5m con rodillos	4

 	ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
ESCALA: 2:9	VIGRA RIEL		
	DIBUJADO POR: JUAN JOSÉ SILVA MÁRQUEZ EDUARD OCHOA LÓPEZ	2023-01-12	PIEZA N.º:
FORMATO A3	REVISADO POR:		HOJA: 4/23
MEDIDAS EN: MMGS	MATERIAL: ASTM A500 GRADO B		PL. N.º: 01-02-00




DETALLE BX
ESCALA 1 : 2

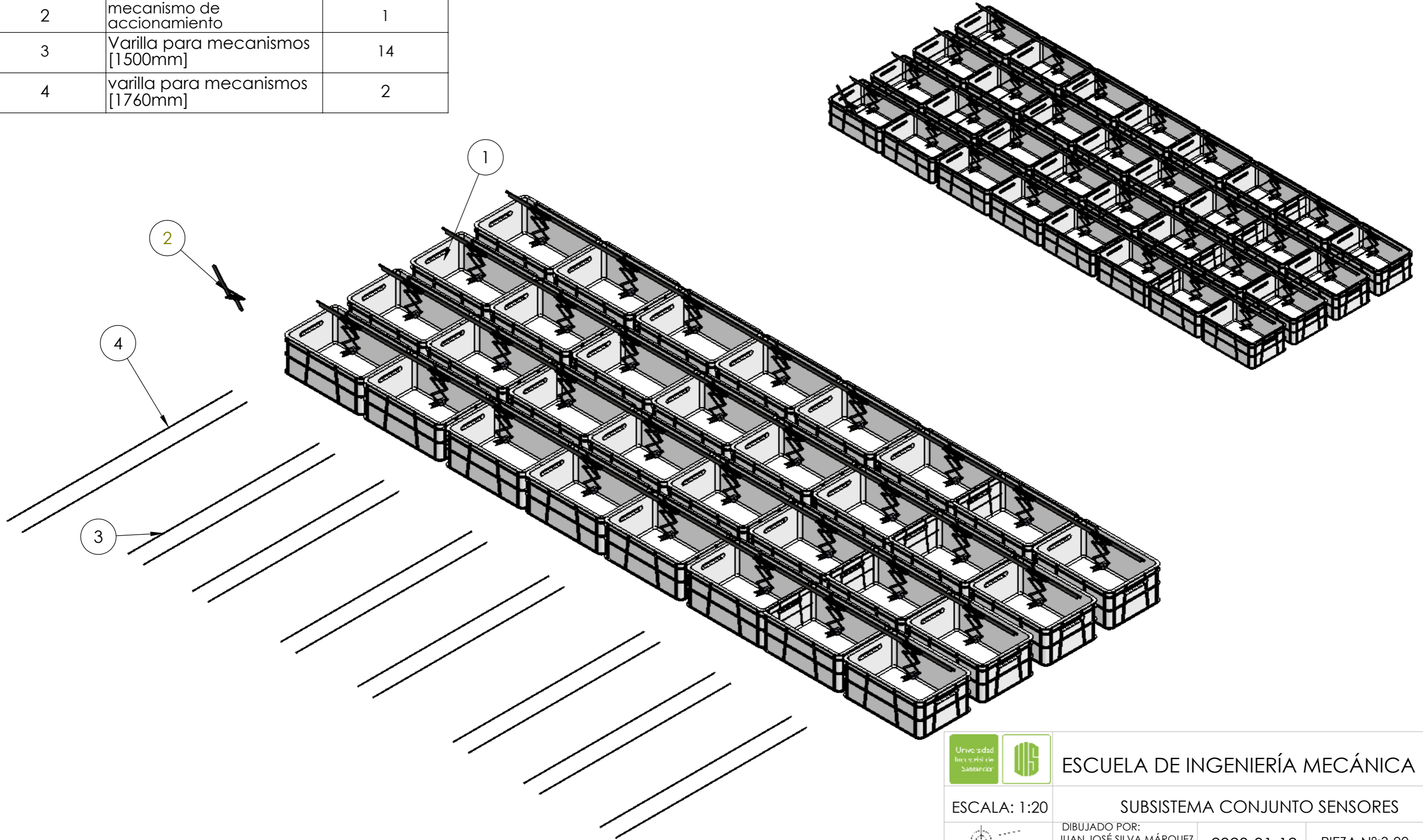
Perfil 3x1.1/2 in espesor 0.8mm



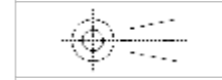
Viga con rodillos Rodavigo 513PRG250PIM0801042912A

		ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
ESCALA: 1:10		VIGA CON RODILLOS		
	DIBUJADO POR: JUAN JOSÉ SILVA MÁRQUEZ EDUARD OCHOA LÓPEZ	2023-01-12	PIEZA N°: 2	
FORMATO A3	REVISADO POR:		HOJA: 6/23	
MEDIDAS EN: MMGS	MATERIAL: Cold rolled NTC 1986		PL. N°: 01-02-02	

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	sensores con barras sin accionamiento	4
2	mecanismo de accionamiento	1
3	Varilla para mecanismos [1500mm]	14
4	varilla para mecanismos [1760mm]	2



ESCALA: 1:20



FORMATO A3

MEDIDAS EN: MMGS



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

SUBSISTEMA CONJUNTO SENSORES

DIBUJADO POR:
JUAN JOSÉ SILVA MÁRQUEZ
EDUARD OCHOA LÓPEZ

2023-01-12

PIEZA N°:3-00

REVISADO POR:

HOJA: 7/23

MATERIAL:

PL. N°: 01-03-00

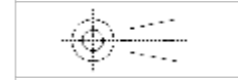
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Mecanismo sensor	8
2	cajas	8
3	Barra soporte mecanismos	1
4	Barra movimiento	1



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESCALA: 1:15

SUBSISTEMA SENSORES



DIBUJADO POR:
JUAN JOSÉ SILVA MÁRQUEZ
EDUARD OCHOA LÓPEZ

2023-01-12

PIEZA N°:3-01

FORMATO
A3

REVISADO POR:

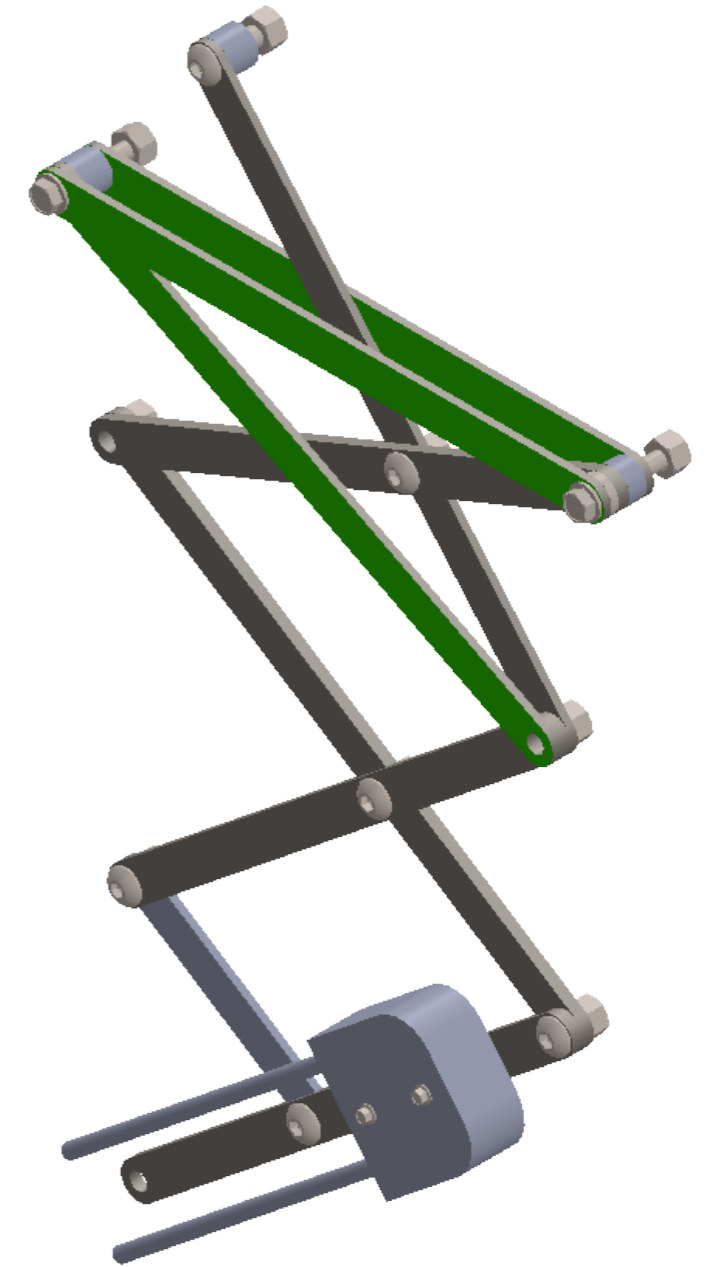
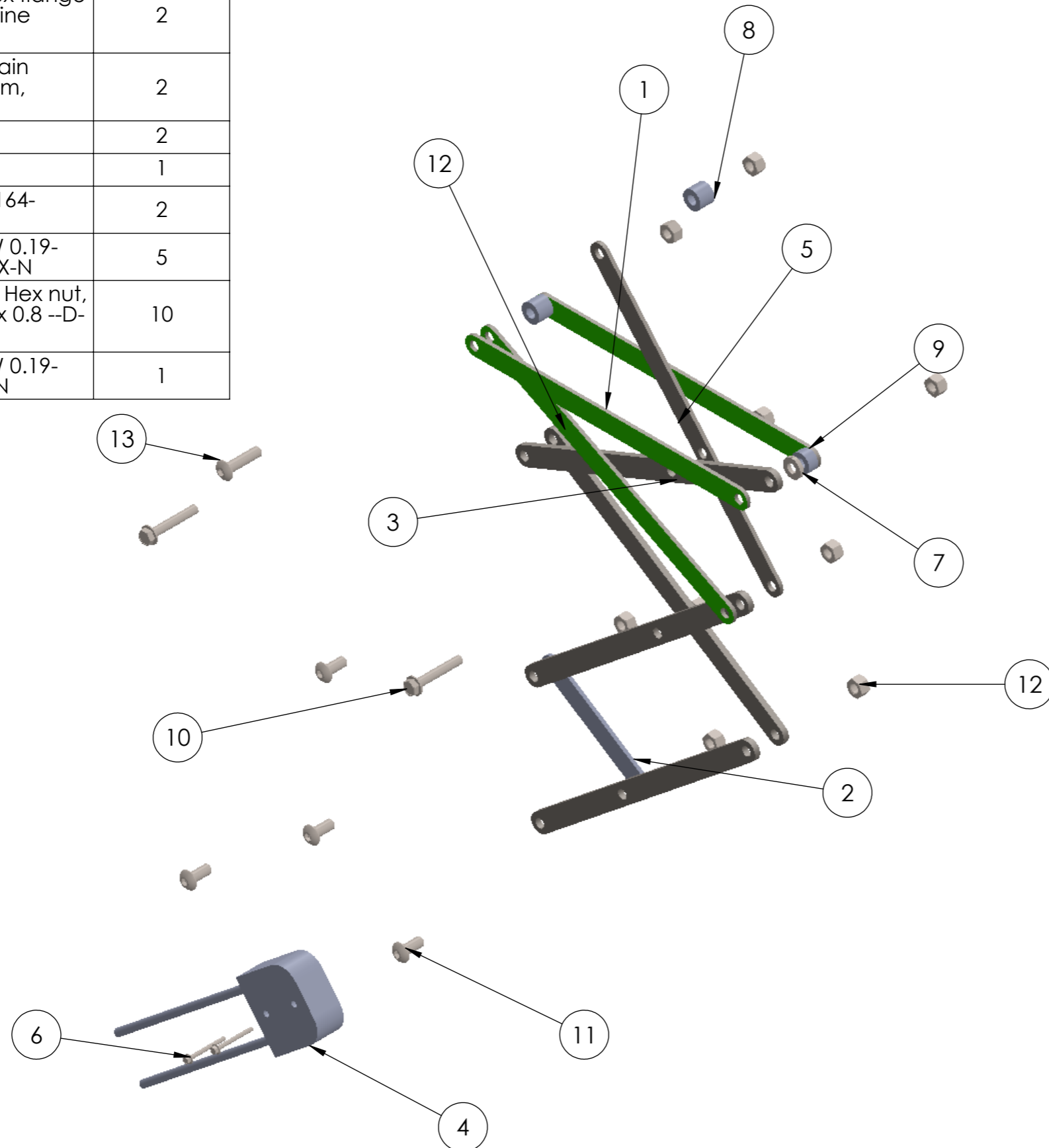
HOJA: 8/23

MEDIDAS EN:
MMGS

MATERIAL:

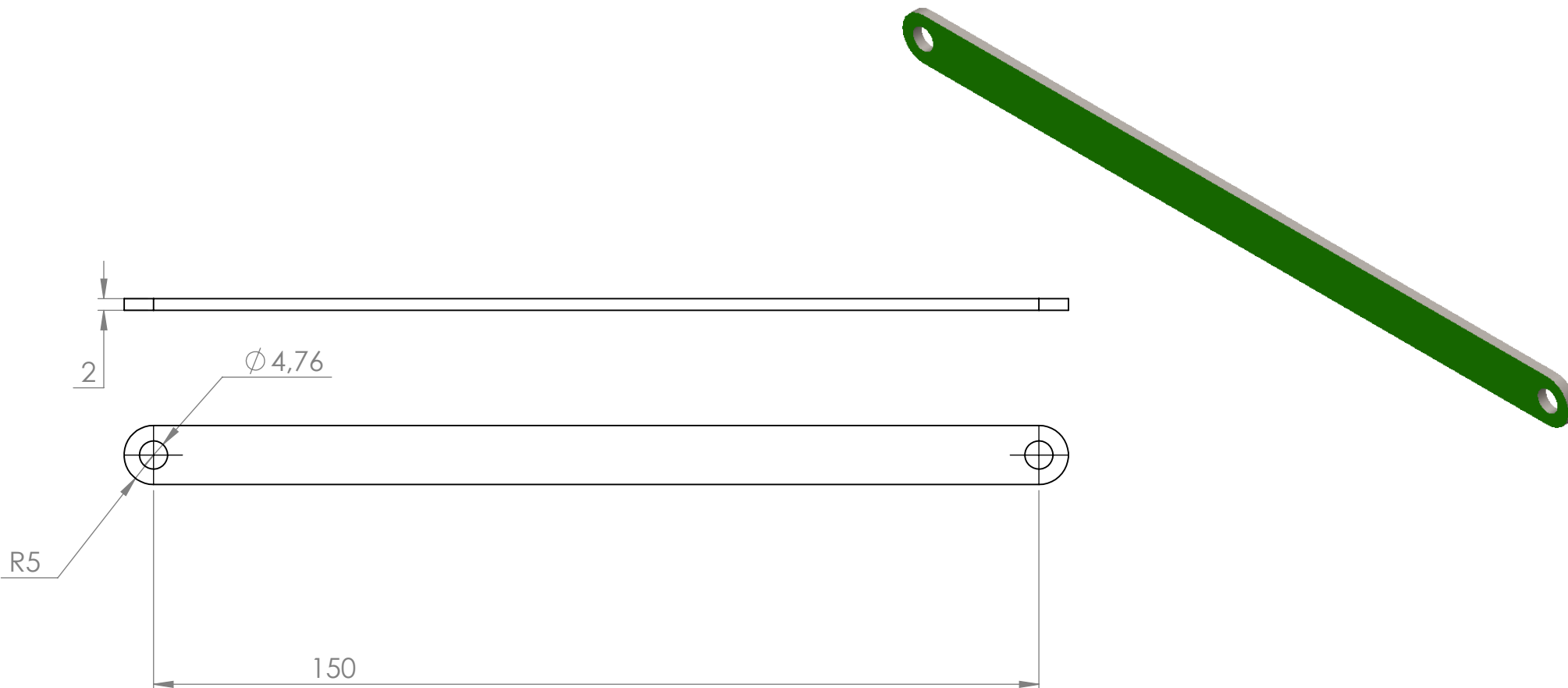
PL. N°: 01-03-01

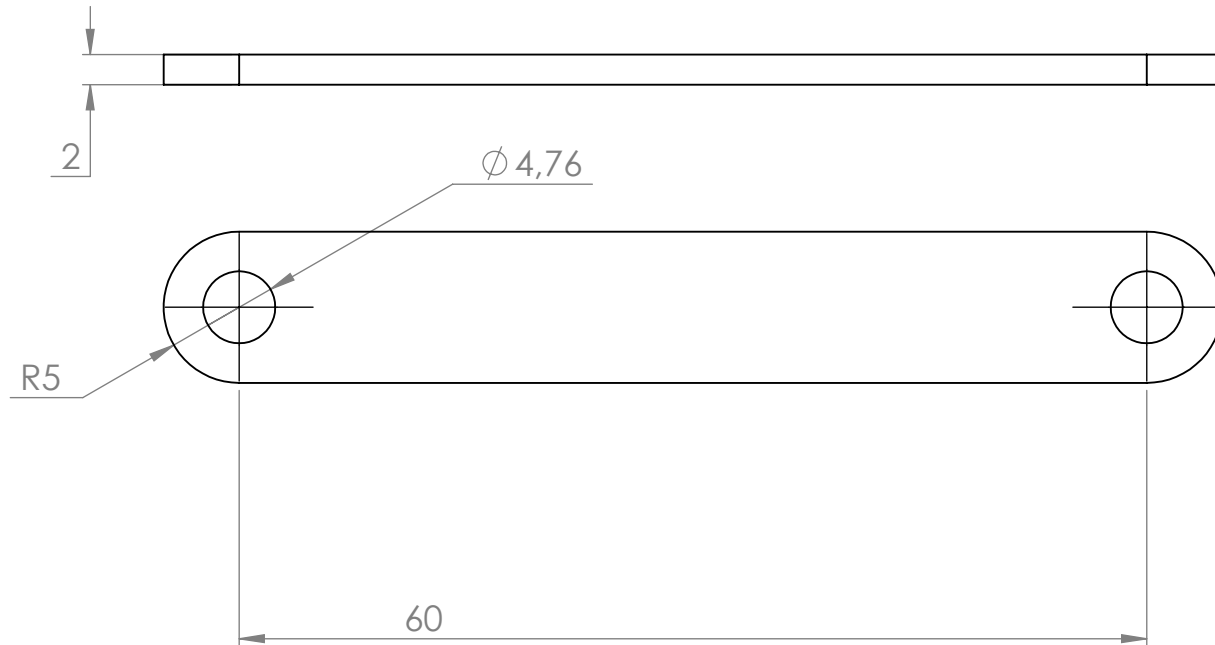
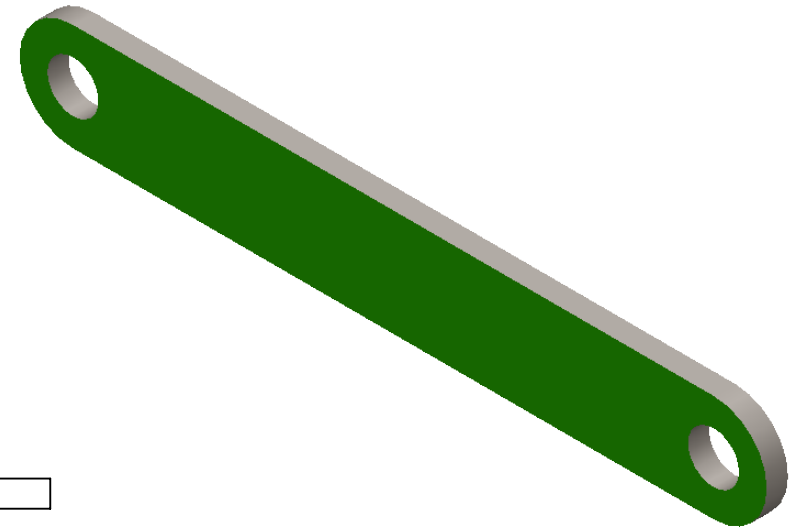
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Barra - 150 mm	3
2	Barra - 60 mm	1
3	Barra - tres puntos	4
4	sensor	1
5	palanca mecanismo sensor	1
6	indented hex flange head machine screw_am	2
7	B18.22M - Plain washer, 4 mm, narrow	2
8	Buje 8 mm	2
9	Buje 5 mm	1
10	IN-HWMS 0.164-36x1x1-N	2
11	SBHCSCREW 0.19-32x0.4375-HX-N	5
12	B18.2.4.2M - Hex nut, Style 2, M5 x 0.8 --D-N	10
13	SBHCSCREW 0.19-32x0.75-HX-N	1

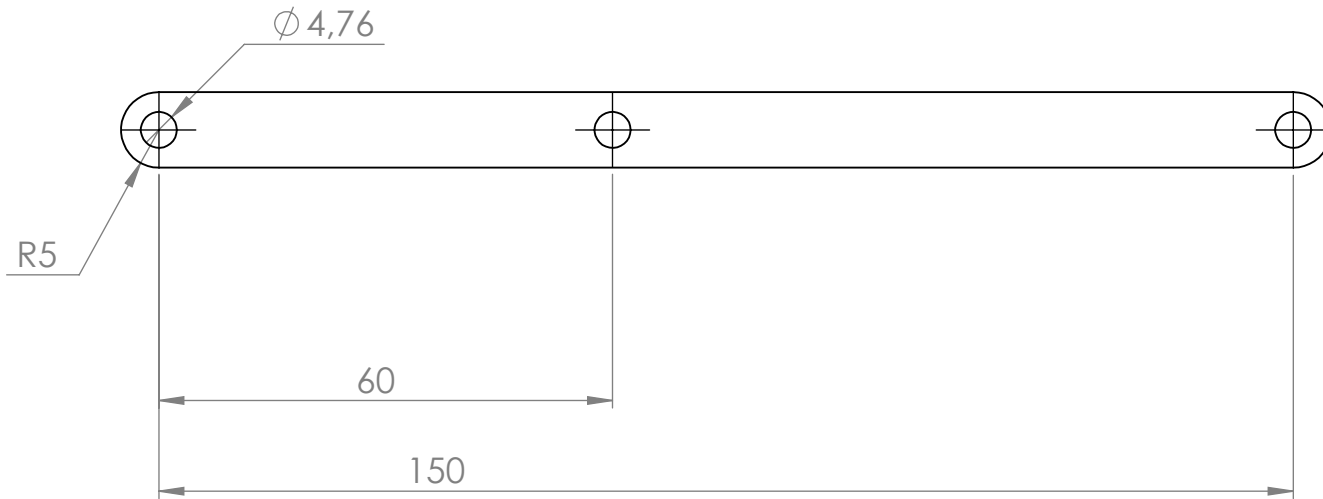
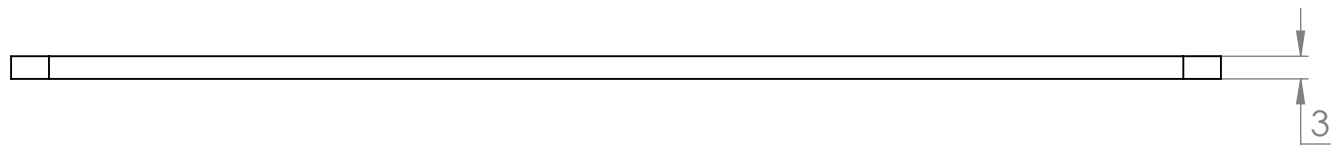
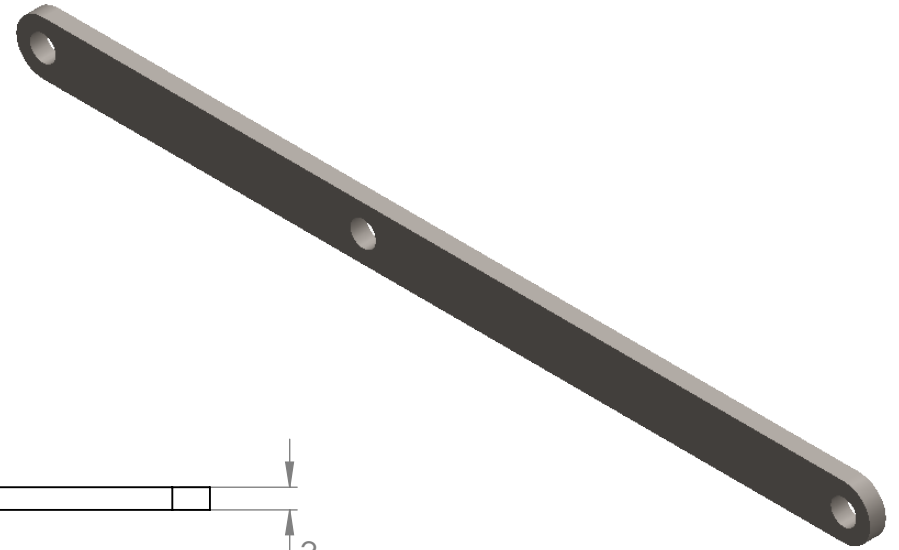


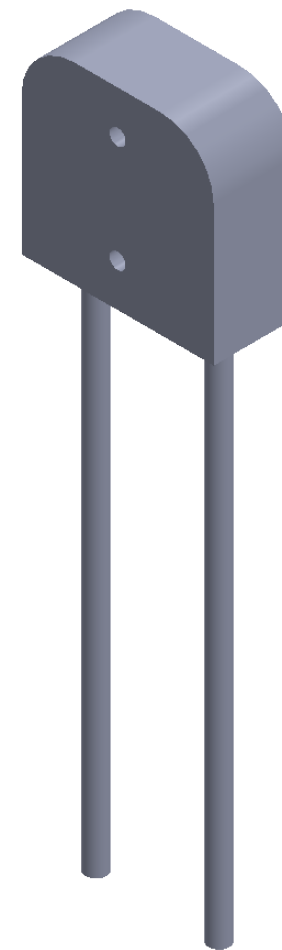
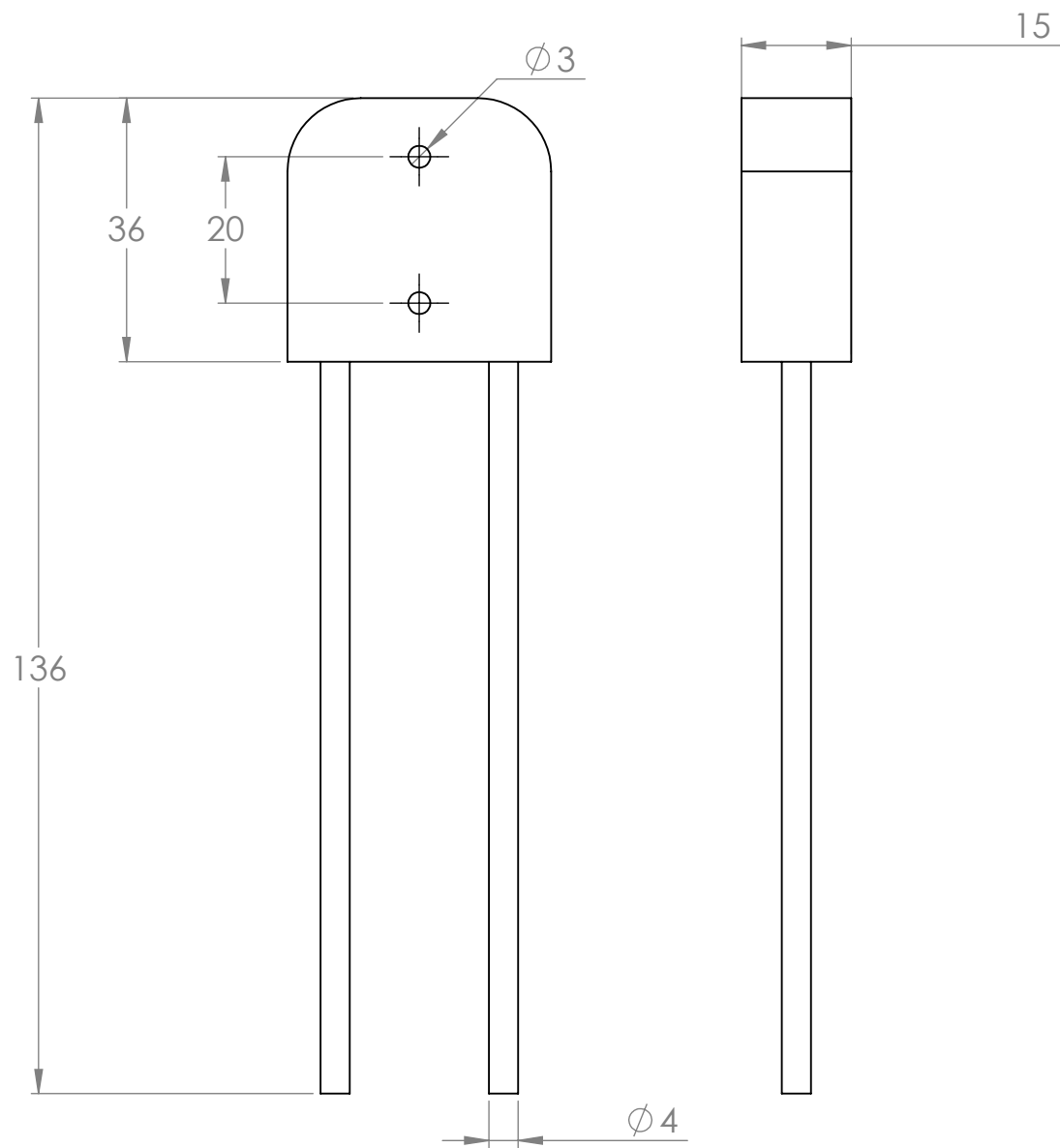
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	cajas	600x400x250 mm	1

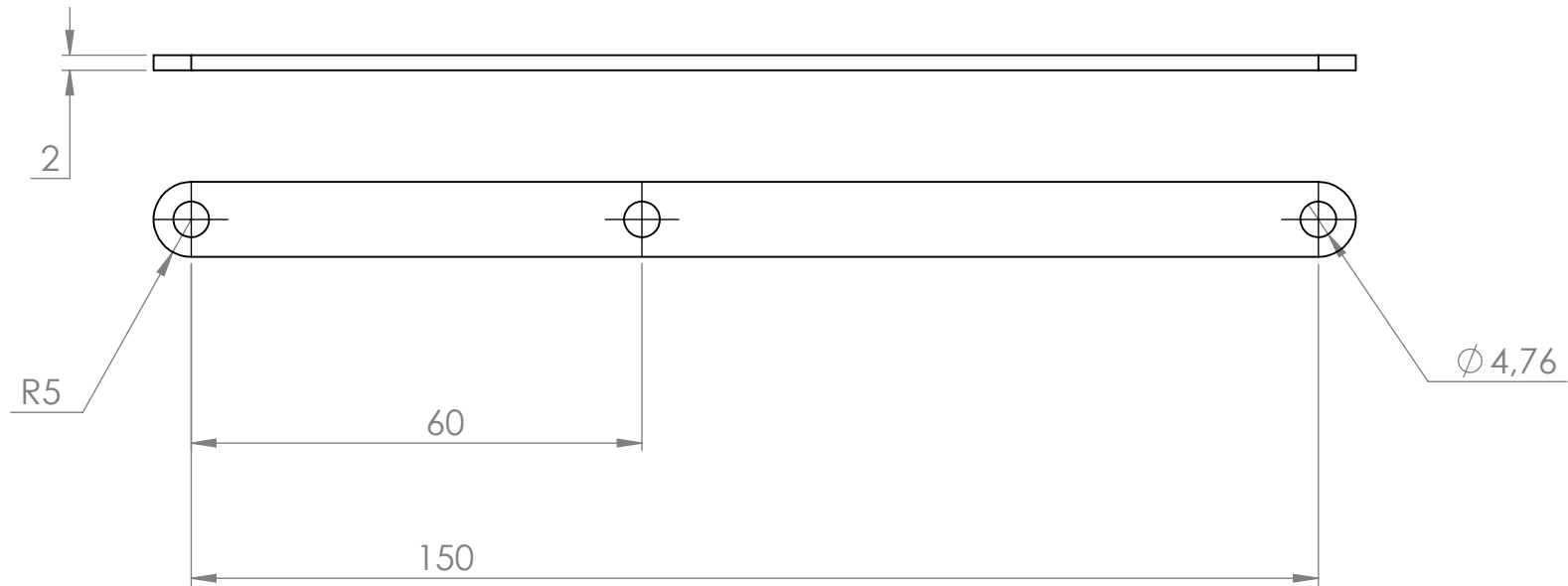
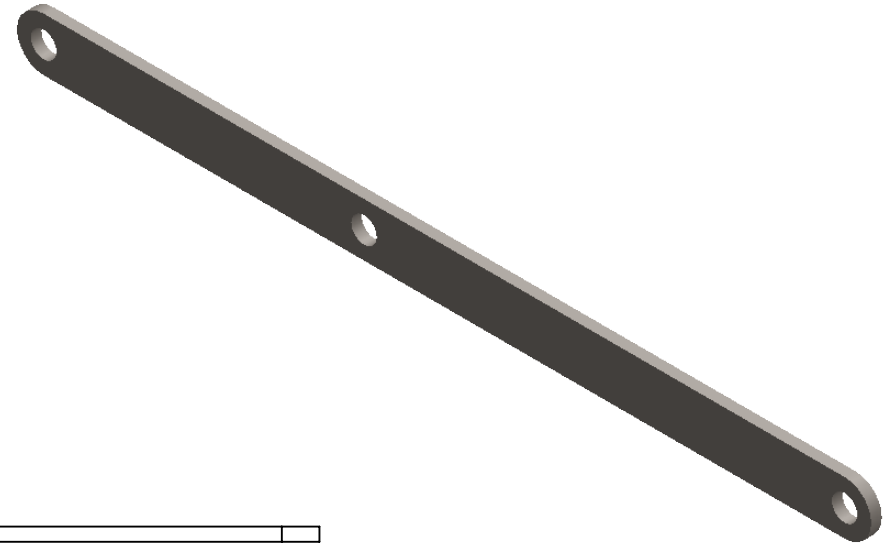
	ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
ESCALA: 1:2	MECANISMO SENSOR		
	DIBUJADO POR: JUAN JOSÉ SILVA MÁRQUEZ EDUARD OCHOA LÓPEZ	2023-01-12	PIEZA N°:3-01-01
FORMATO A3	REVISADO POR:		HOJA: 9/23
MEDIDAS EN: MMGS	MATERIAL: ACERO 1020		PL. N°:01-03-01-01

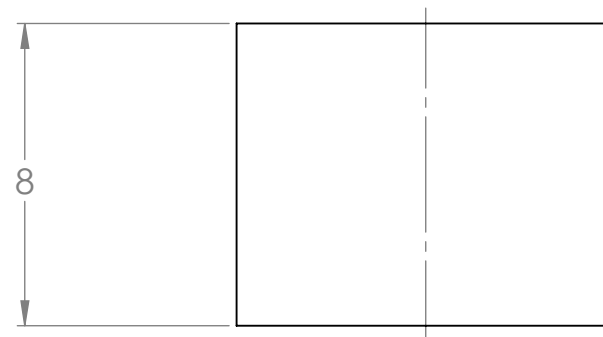
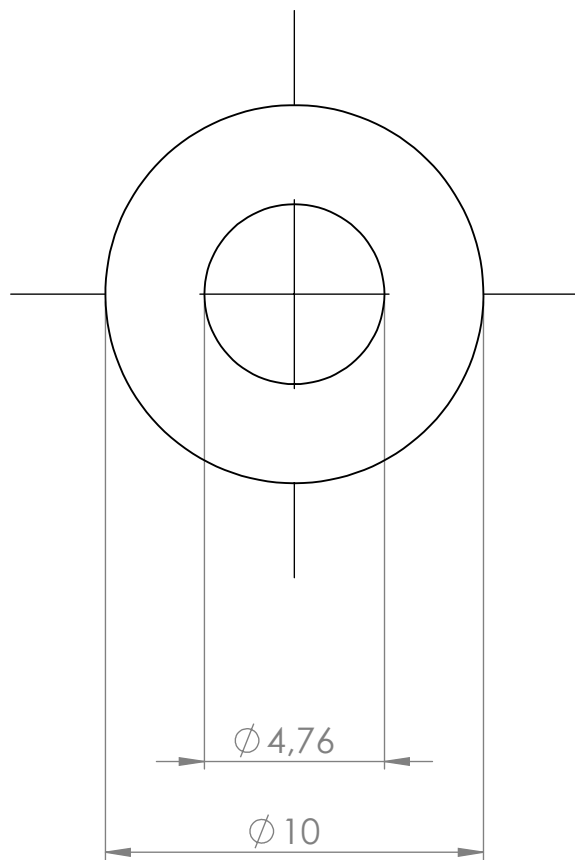




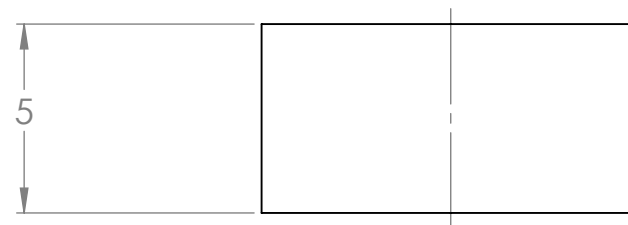






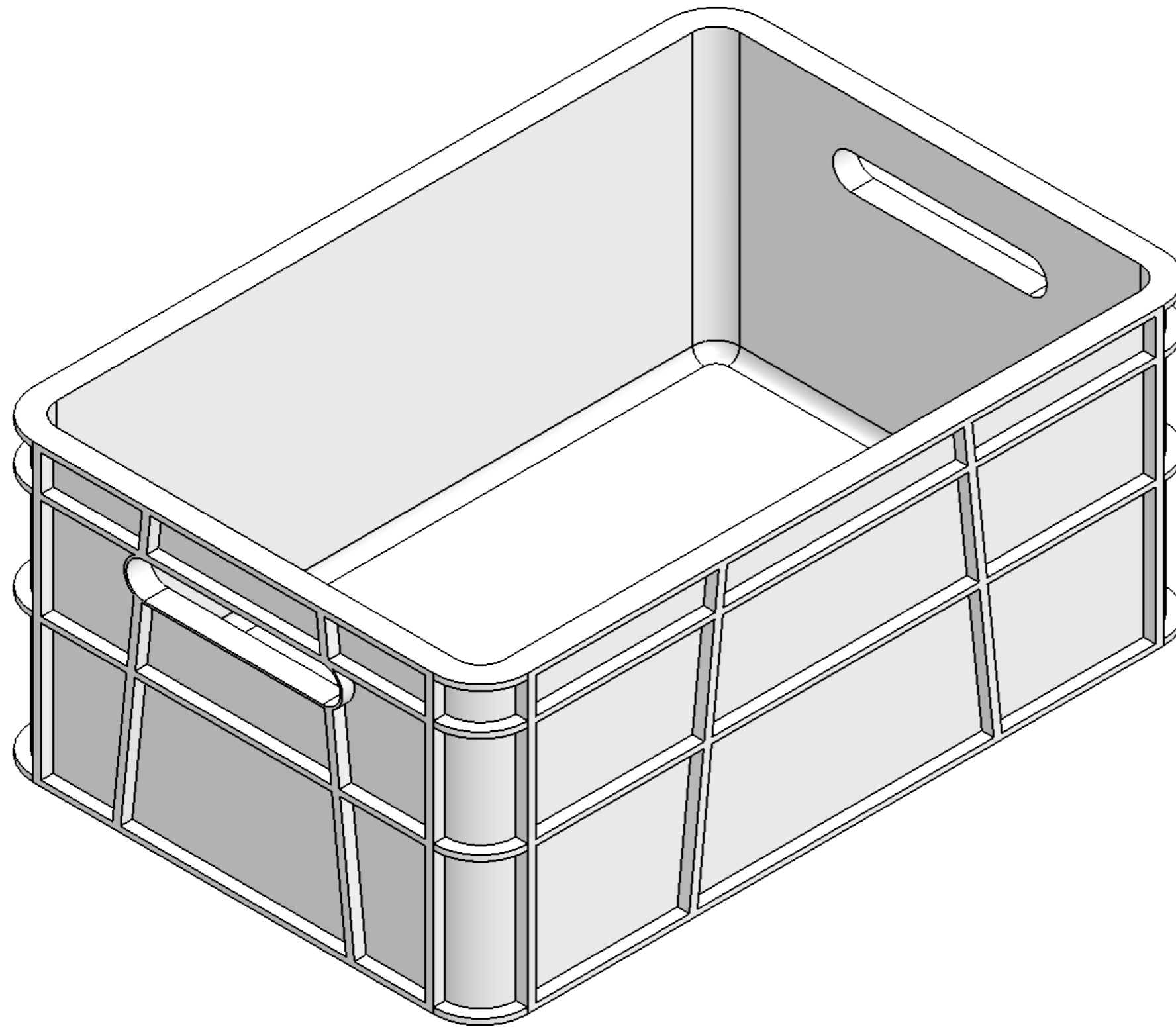


Buje 8 mm



Buje 5 mm





N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	cajas	600x400x250 mm	1



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESCALA: 1:3

CANASTILLA



DIBUJADO POR:
JUAN JOSÉ SILVA MÁRQUEZ
EDUARD OCHOA LÓPEZ

2023-01-12

PIEZA N.º:3-02-00

FORMATO
A3

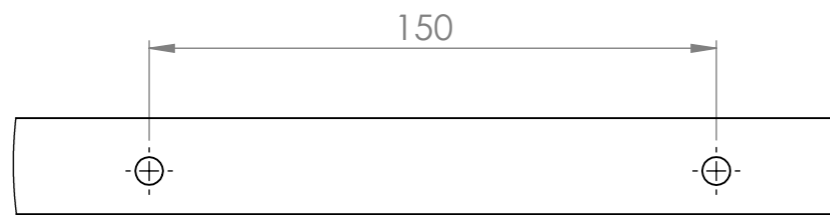
REVISADO POR:

HOJA: 16/23

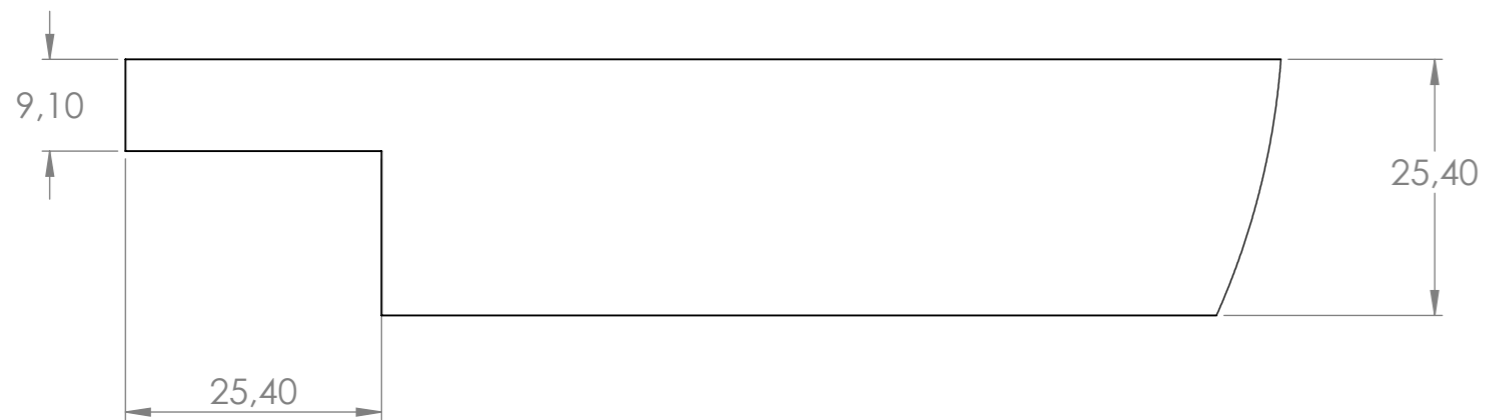
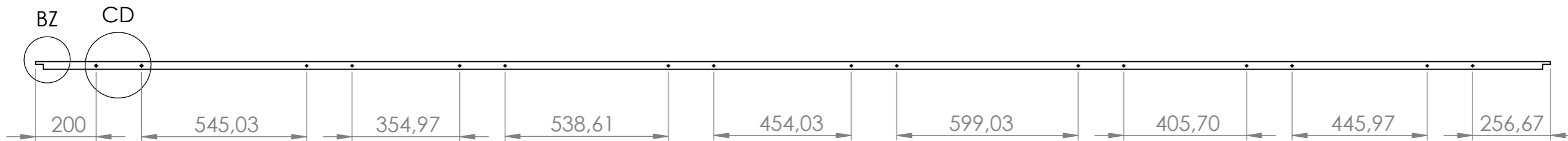
MEDIDAS EN:
MMGS

MATERIAL: Polipropileno

PL. N.º:01-03-02-00



DETALLE CD
ESCALA 1 : 2



DETALLE BZ
ESCALA 4 : 3

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	cajas	600x400x250 mm	1



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESCALA: 1:15

BARRA SOPORTE MECANISMO



DIBUJADO POR:
JUAN JOSÉ SILVA MÁRQUEZ
EDUARD OCHOA LÓPEZ

2023-01-12

PIEZA N°:3-01-03

FORMATO
A3

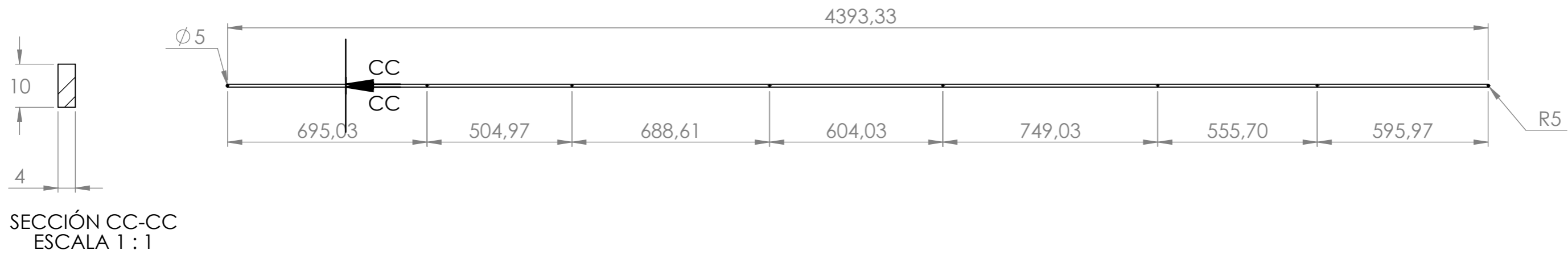
REVISADO POR:

HOJA: 17/23

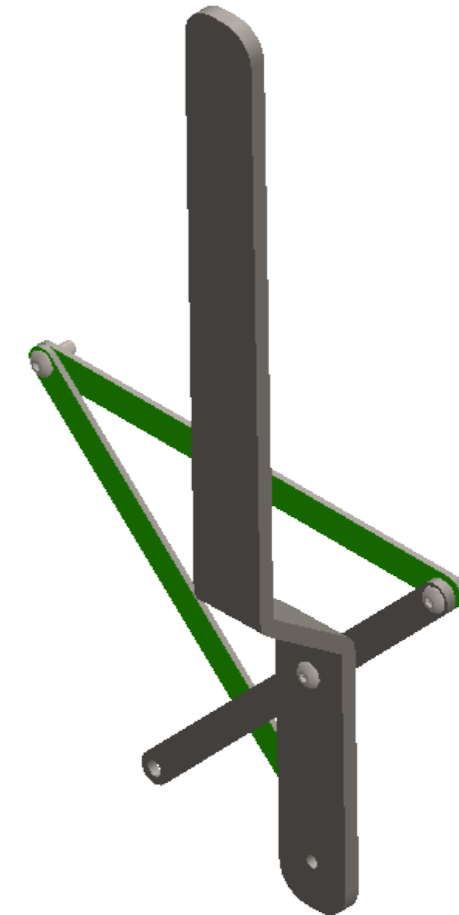
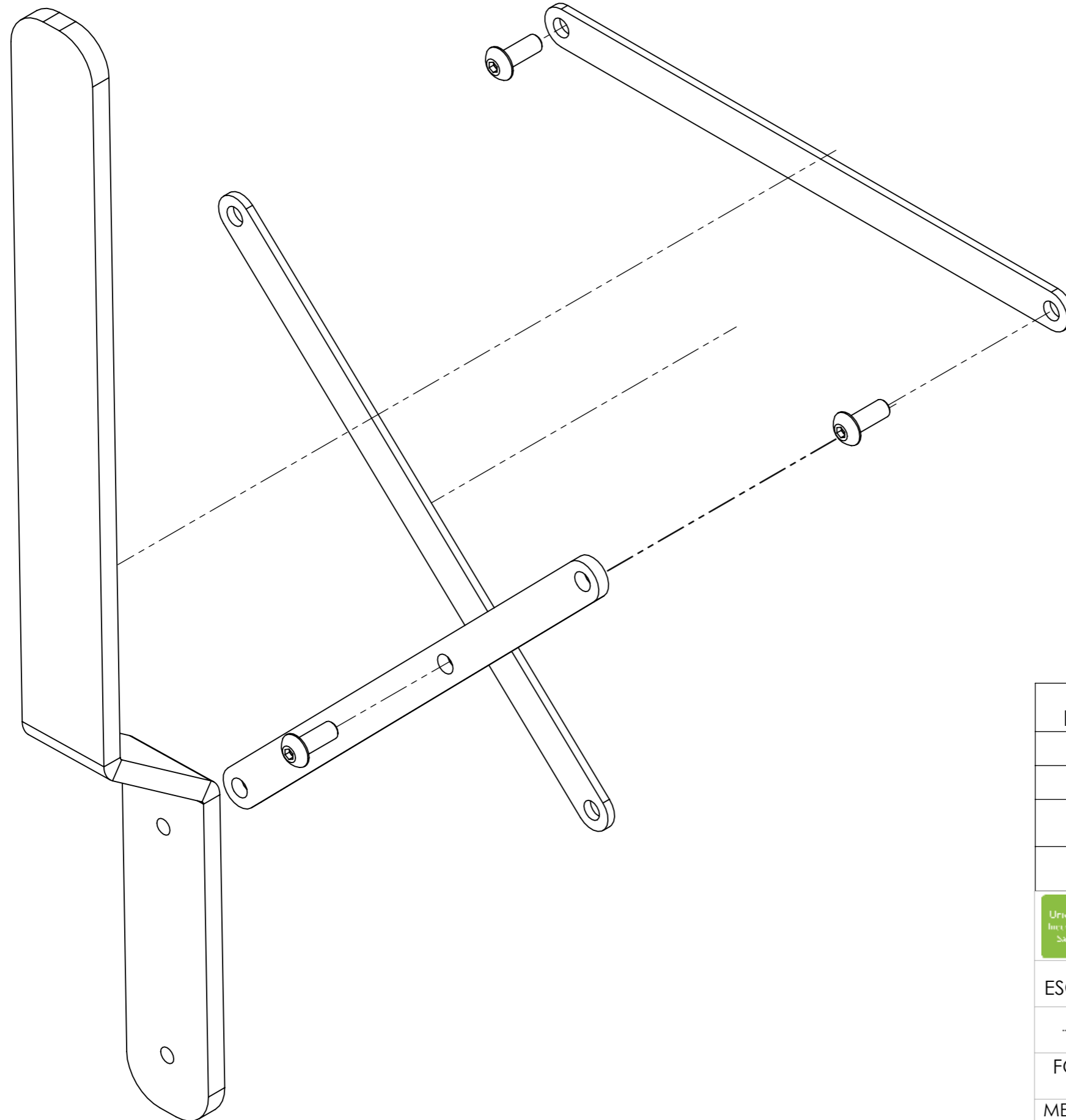
MEDIDAS EN:
MMGS

MATERIAL: ACERO 1020

PL. N°:01-03-01-03



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	cajas	600x400x250 mm	1
 		ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
ESCALA: 1:15		BARRA MOVIMIENTO	
		DIBUJADO POR: JUAN JOSÉ SILVA MÁRQUEZ EDUARD OCHOA LÓPEZ	2023-01-12
FORMATO A3		REVISADO POR:	PIEZA N.º:3-01-04 HOJA: 18/23
MEDIDAS EN: MMGS		MATERIAL: Acero 1020	PL. N.º:01-03-01-04



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Barra - 150 mm	2
2	Barra - tres puntos	1
3	Palanca de accionamiento	1
4	SBHCSCREW 0.164-36x0.4375-HX-N	3



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESCALA: 1:1

MECANISMO DE ACCIONAMIENTO



DIBUJADO POR:
JUAN JOSÉ SILVA MÁRQUEZ
EDUARD OCHOA LÓPEZ

2023-01-12

PIEZA N.º: 3-02

FORMATO
A3

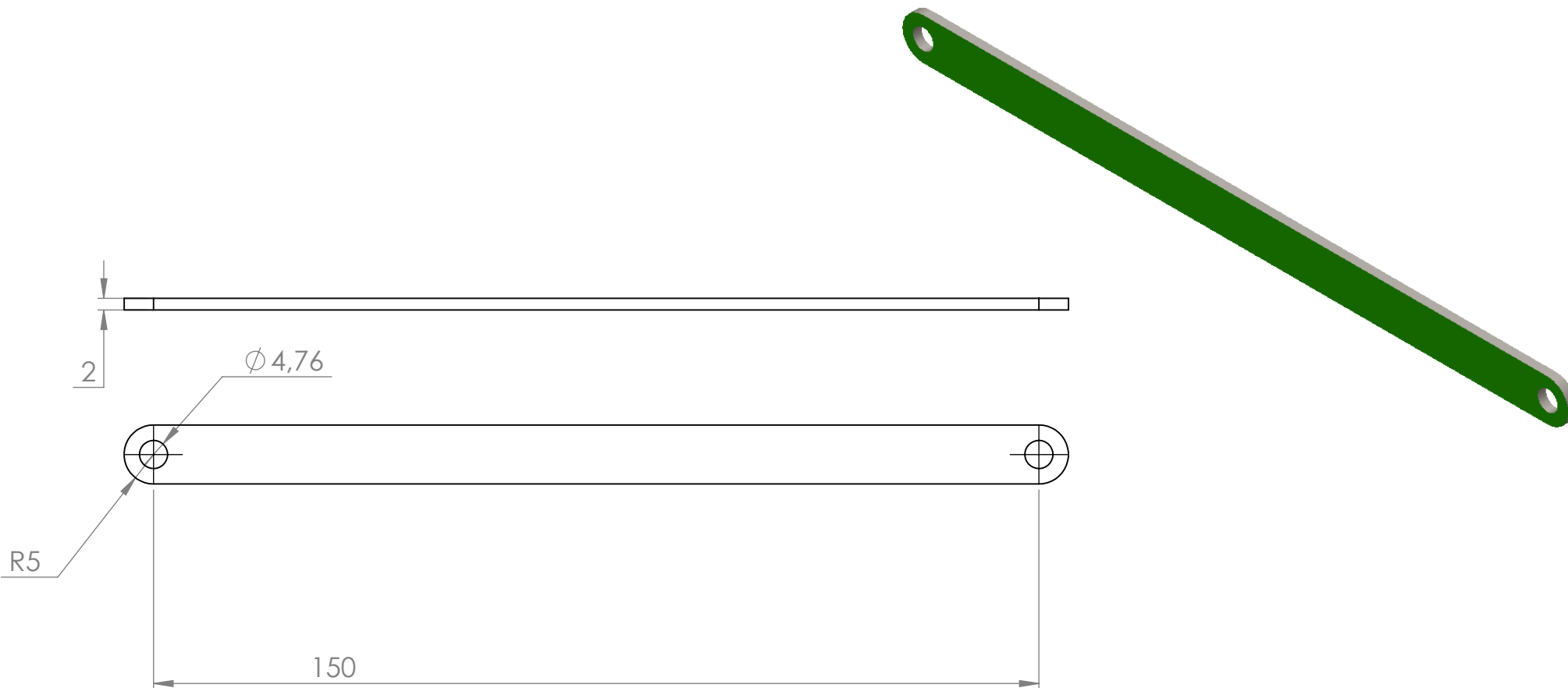
REVISADO POR:

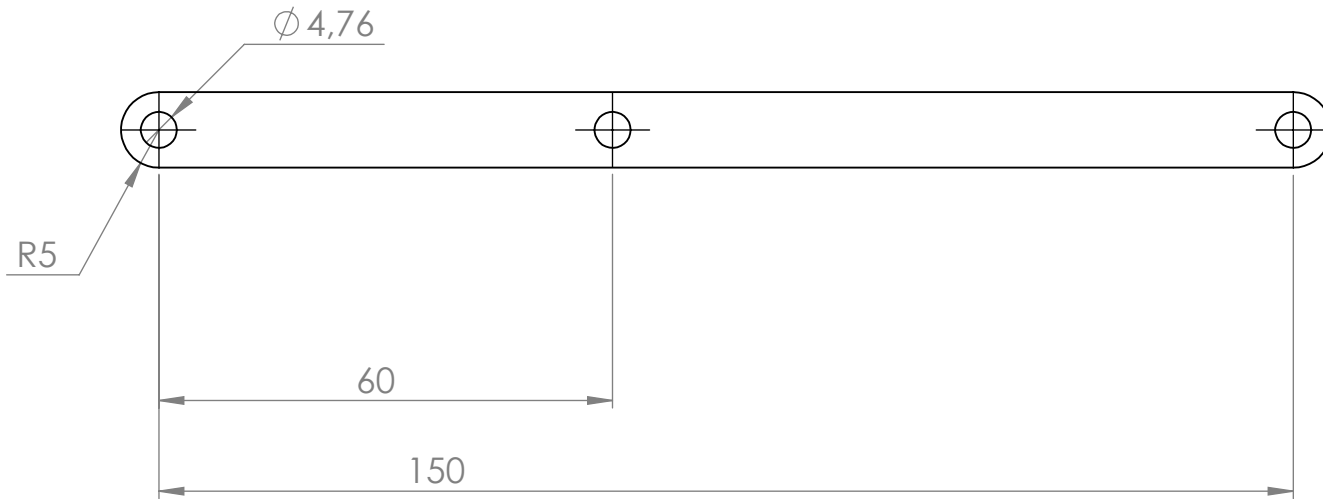
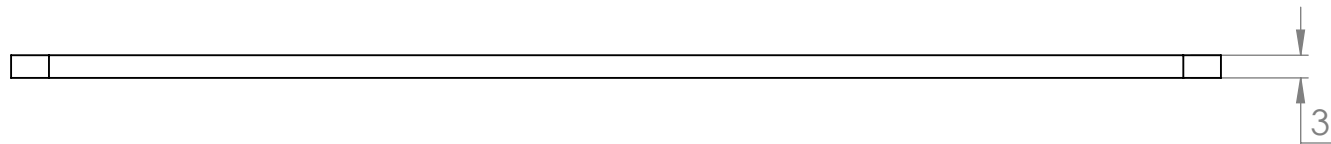
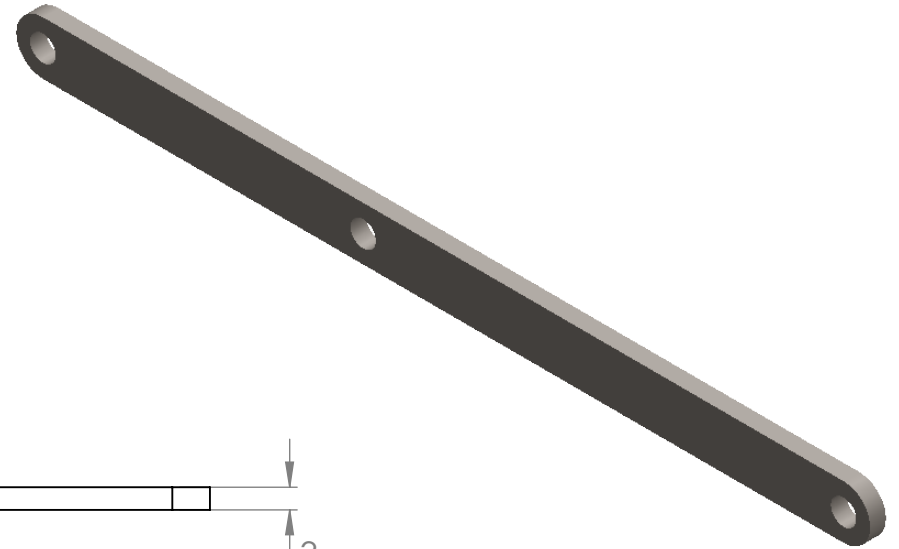
HOJA: 19/23

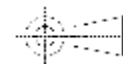
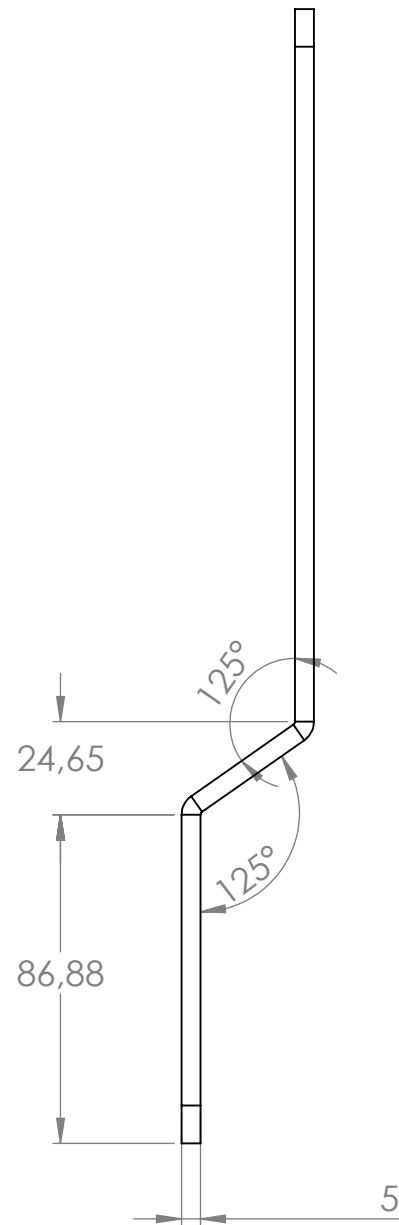
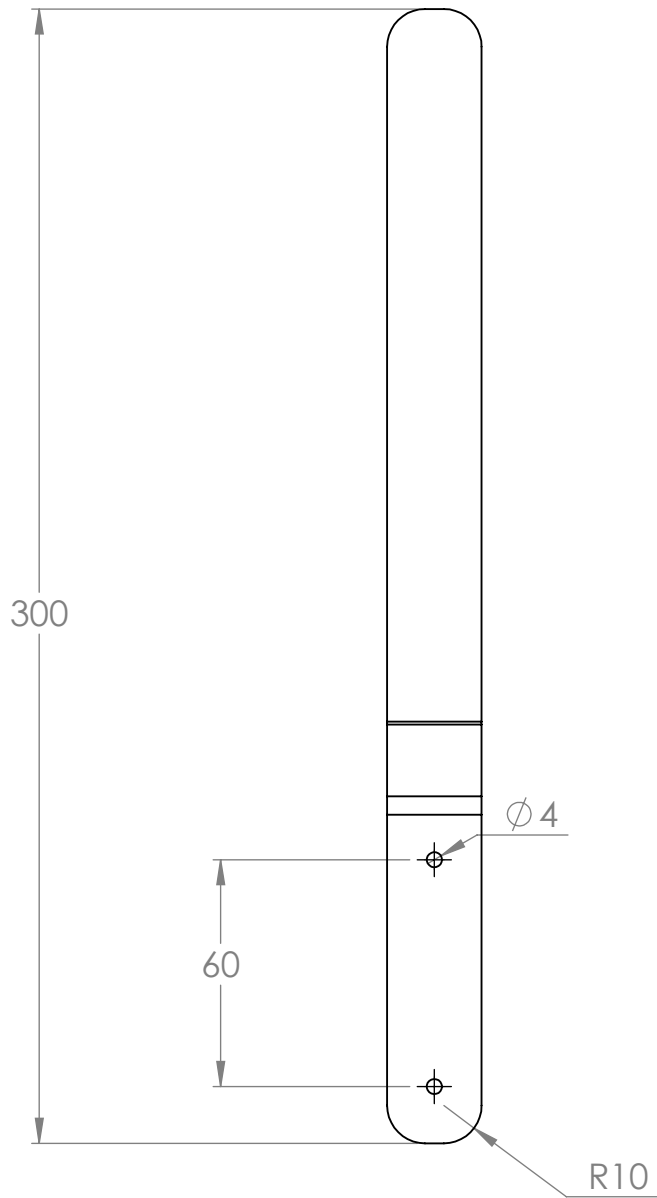
MEDIDAS EN:
MMGS

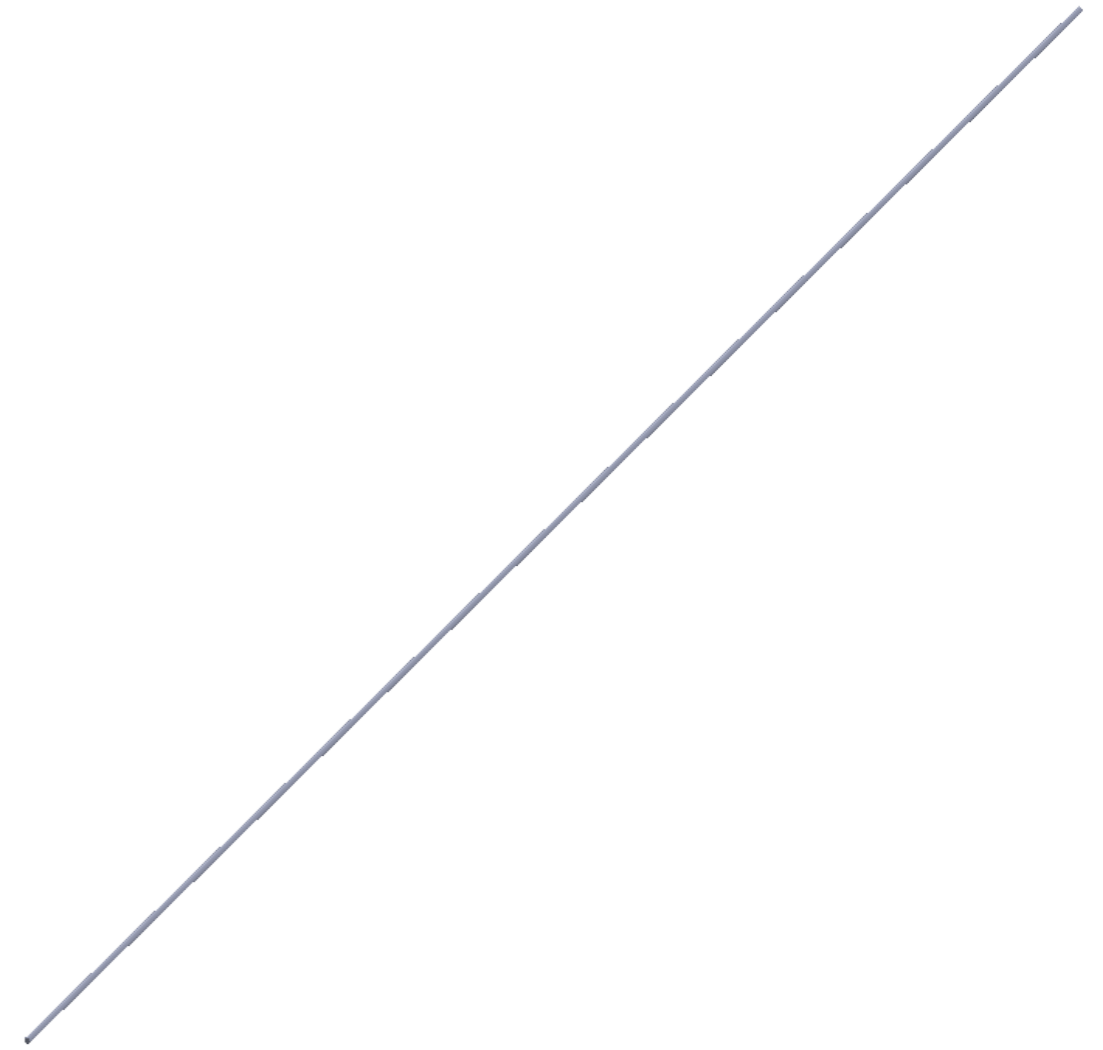
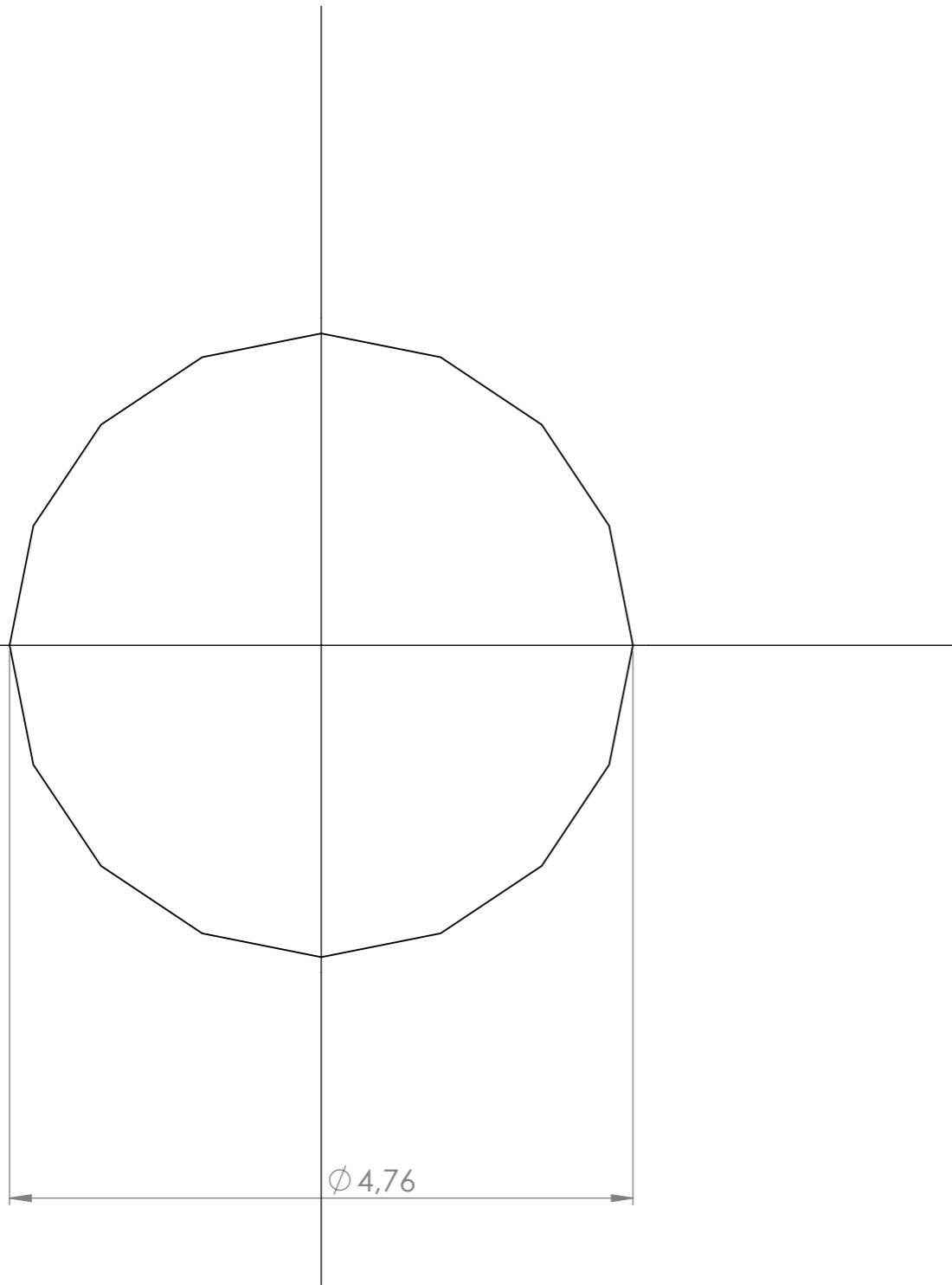
MATERIAL: Acero 1020

PL. N.º:01-03-02



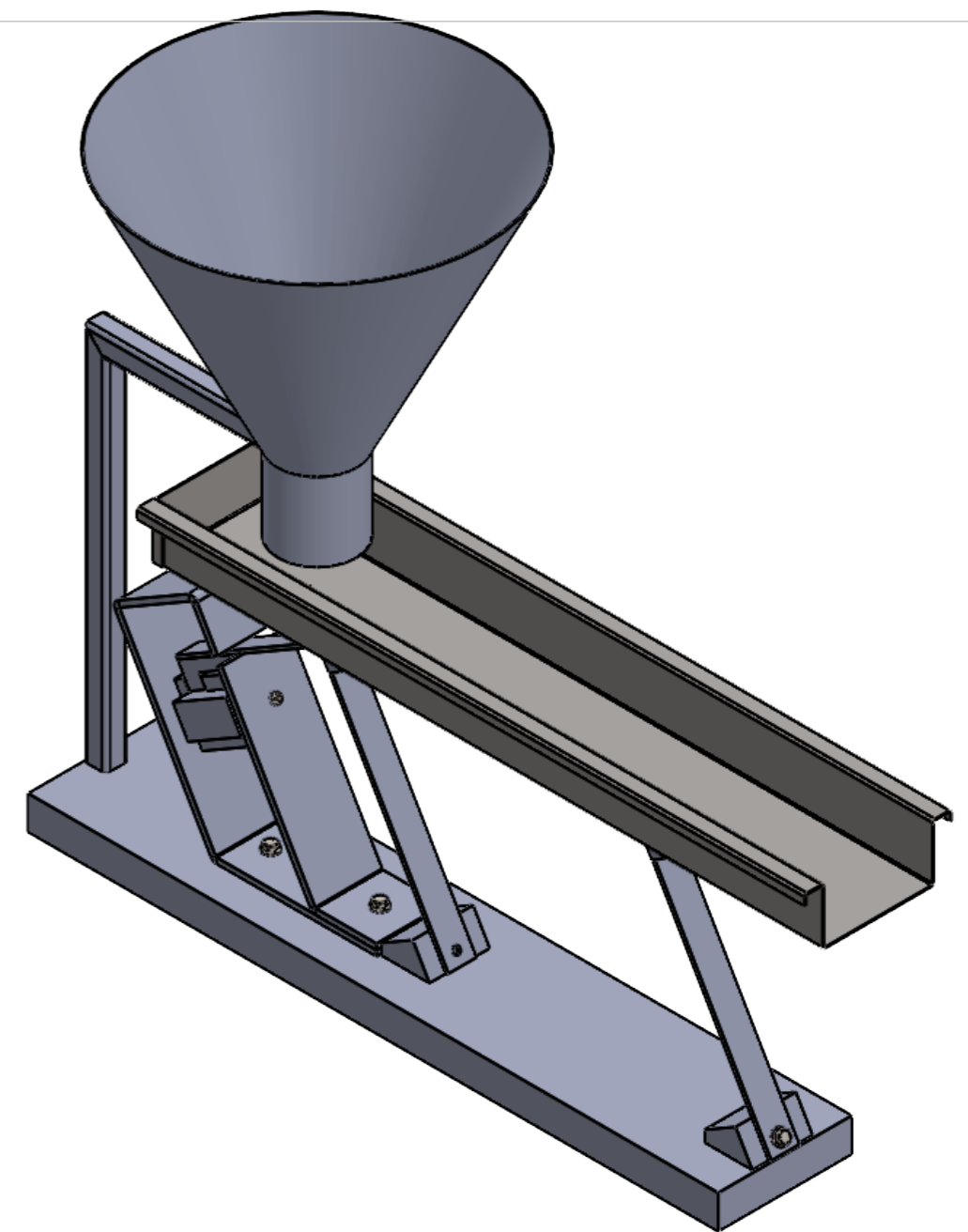
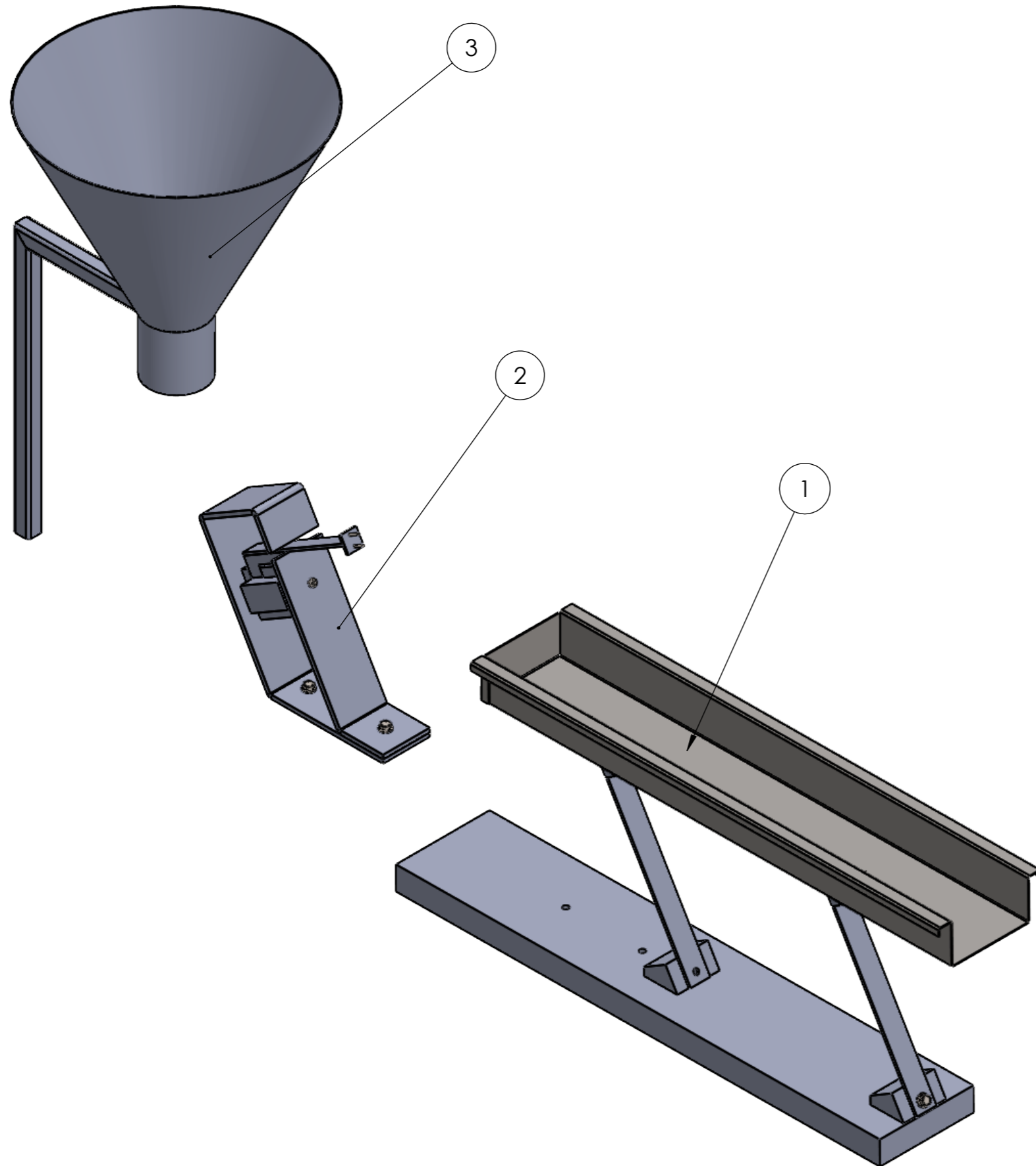






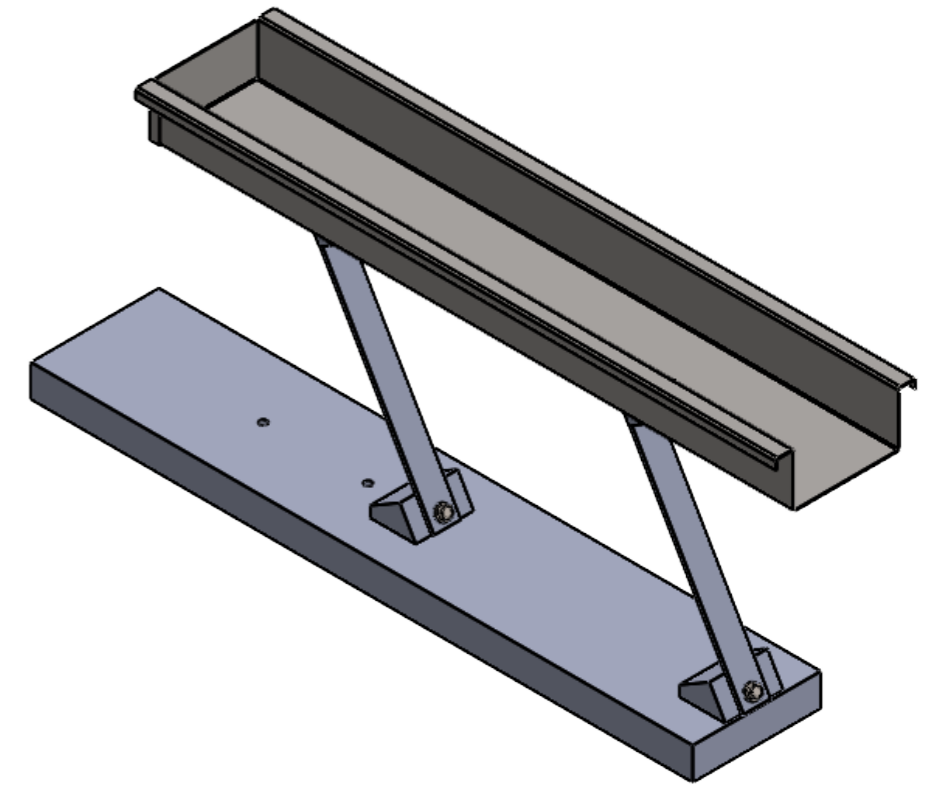
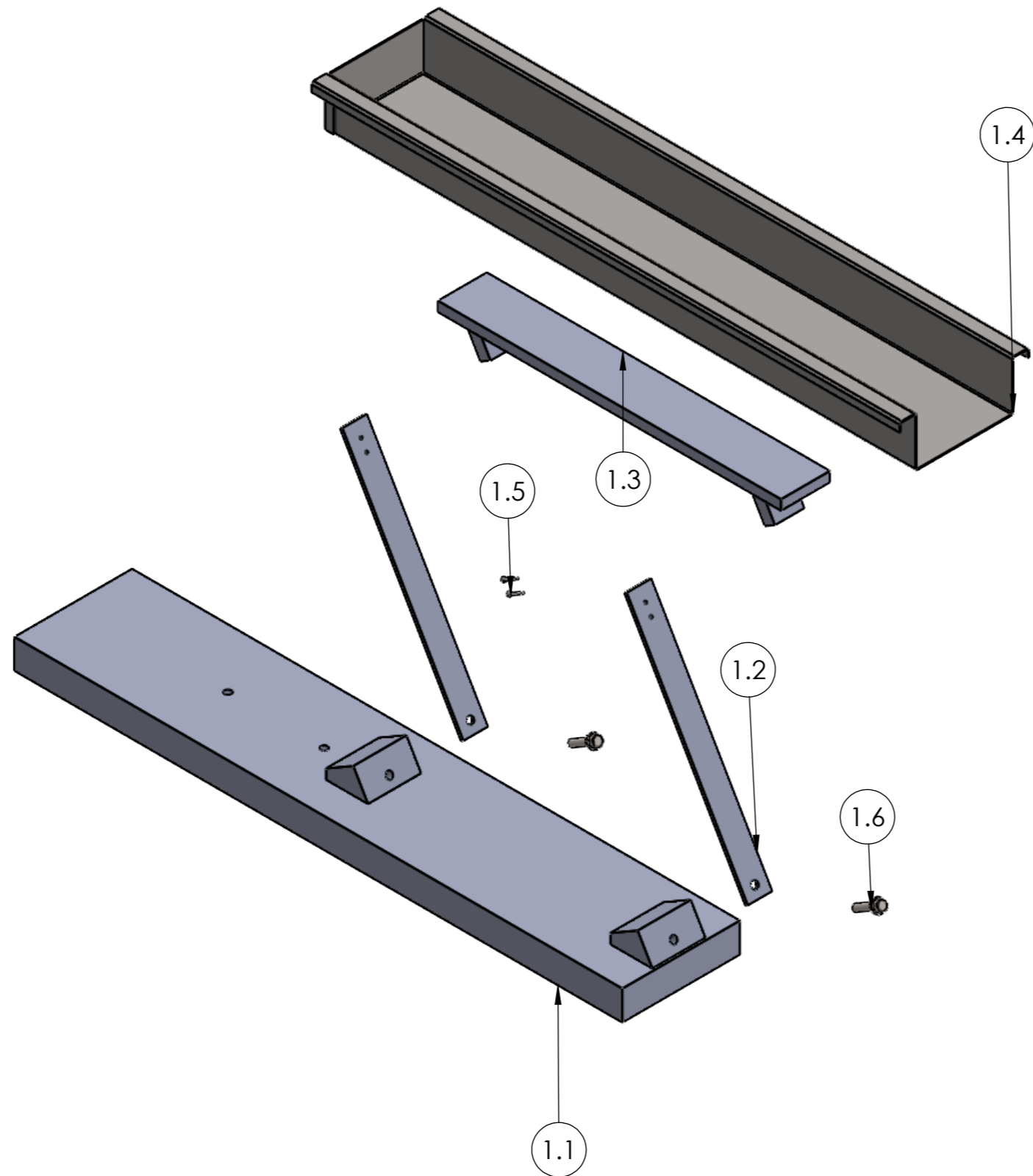


Tipos de configuraciones	N.º DE PIEZA
1	Varilla para mecanismos [1500mm]
2	Varilla para mecanismos [1760mm]

		ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
ESCALA: 20:1		VARILLA PARA MECANISMOS		
	DIBUJADO POR: JUAN JOSÉ SILVA MÁRQUEZ EDUARD OCHOA LÓPEZ	2023-01-12	PIEZA N°:3-03-03/04	
FORMATO A3	REVISADO POR:	HOJA: 23/23		
MEDIDAS EN: MMGS	MATERIAL: ACERO 1020		PL. N°:01-03- 03/04	

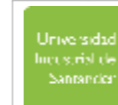


3	TOLVA	1	
2	SUBSISTEMA MOTRIZ	1	
1	BASE FLEJES	1	
Nº	NOMBRE	CANT	MATERIAL
 		ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
ESCALA:2:9		DOSIFICADOR VIBRATORIO	
		DIBUJADO POR: JUAN JOSÉ SILVA MÁRQUEZ EDUARD OCHOA LÓPEZ	2023-01-12
FORMATO A3		REVISADO POR:	PIEZA N°:
MEDIDAS EN: MMGS		MATERIAL:	HOJA: 1/12
			PL. N°: 02-00-00



ESCALA 1:5

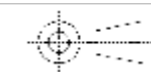
1.6	TORNILLO	2	B18.21.2M- Internal Tooth Lock Washers-AM8
1.5	TORNILLO SUJECIÓN	4	B18.2.3. 1M-Hex Cap Screw,M8x1 x35-35C
1.4	BANDEJA	1	B18.2.3.1M- Hex Cap Screw,M8 x 1 x16-16C
1.3	SOPORTE BANDEJA	1	FUNDICIÓN GRIS
1.2	FLEJE	2	FUNDICIÓN GRIS
1.1	BASE	1	FUNDICIÓN GRIS
Nº	NOMBRE	CANT	MATERIAL



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESCALA:1:4

BASE FLEJES



DIBUJADO POR:
JUAN JOSÉ SILVA MÁRQUEZ
EDUARD OCHOA LÓPEZ

2023-01-12

PIEZA N°:

FORMATO
A3

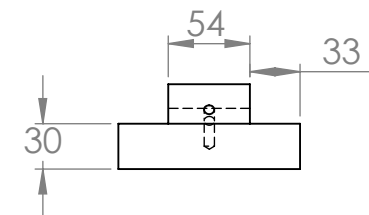
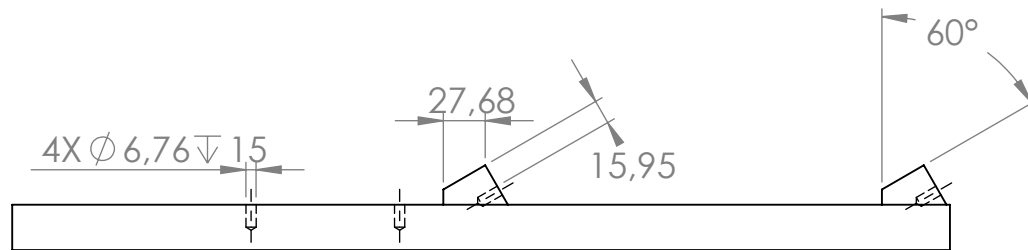
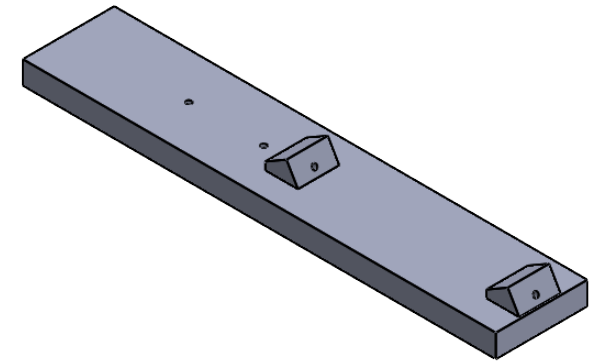
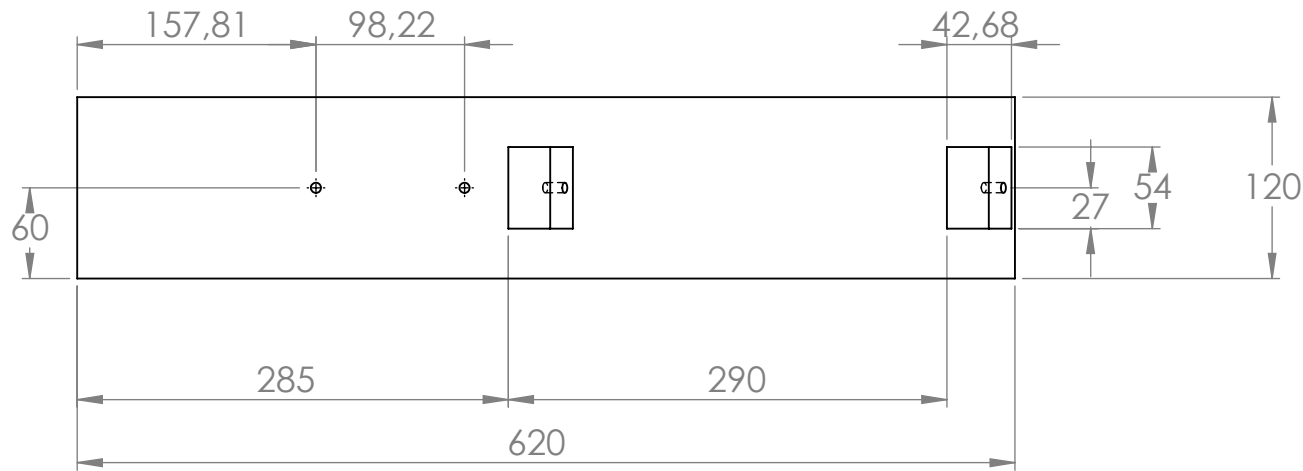
REVISADO POR:

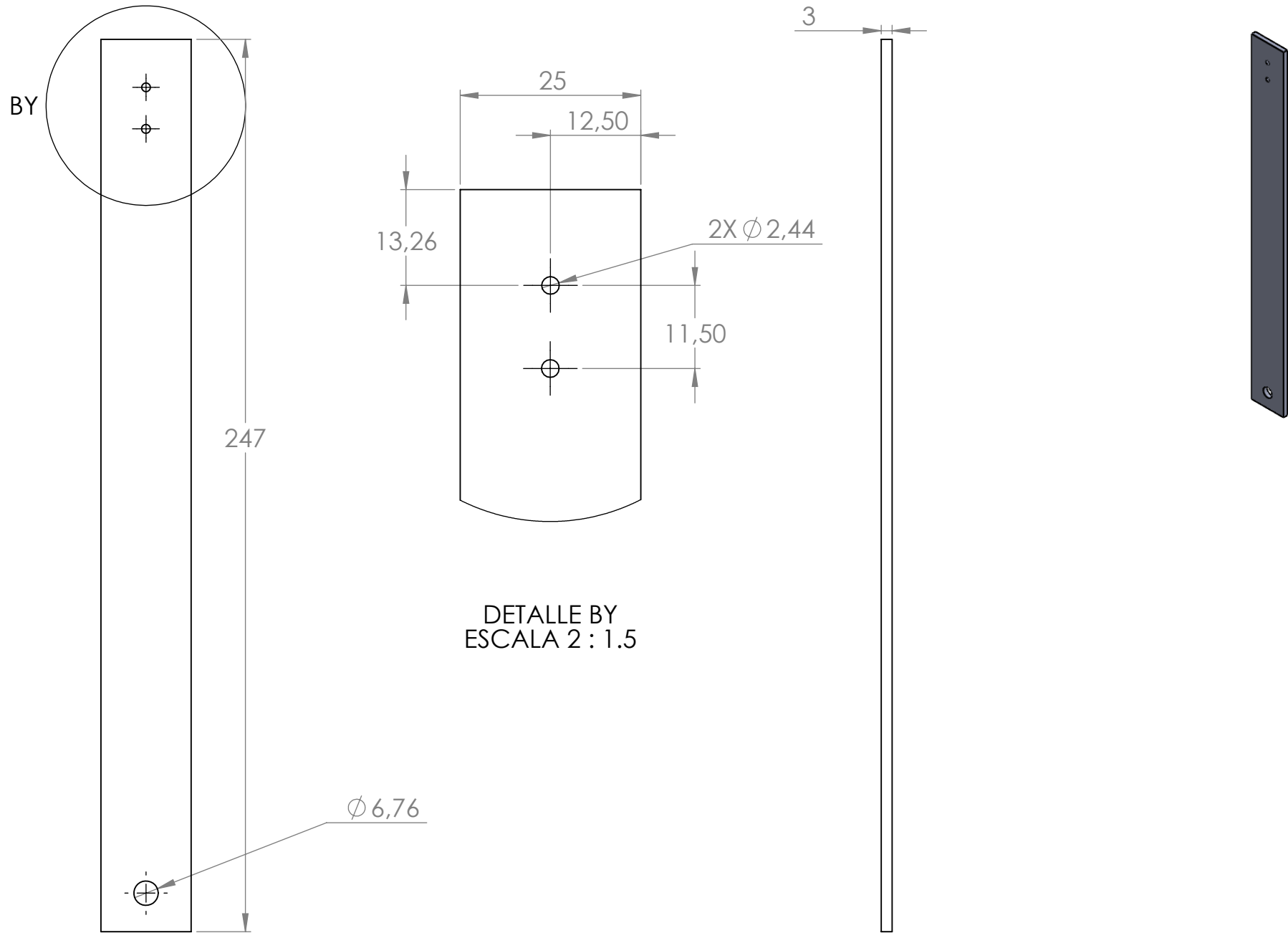
HOJA: 2/12

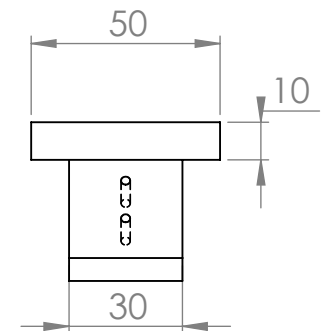
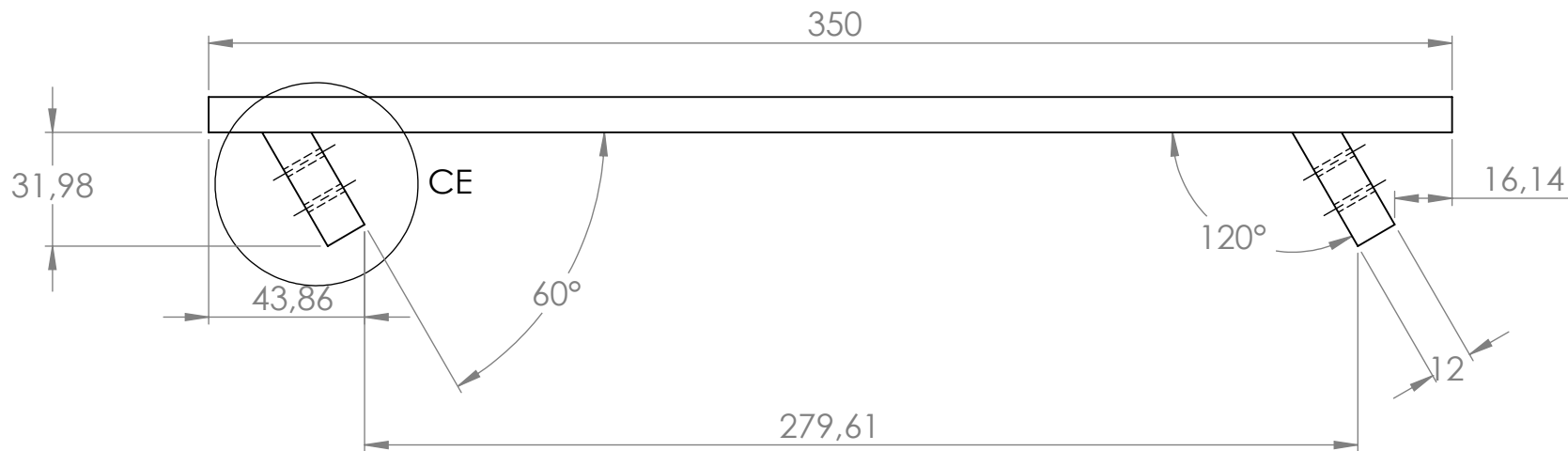
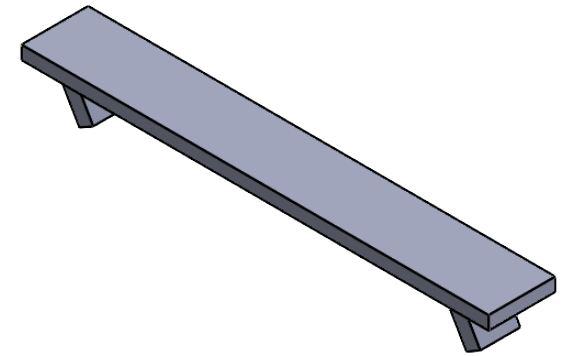
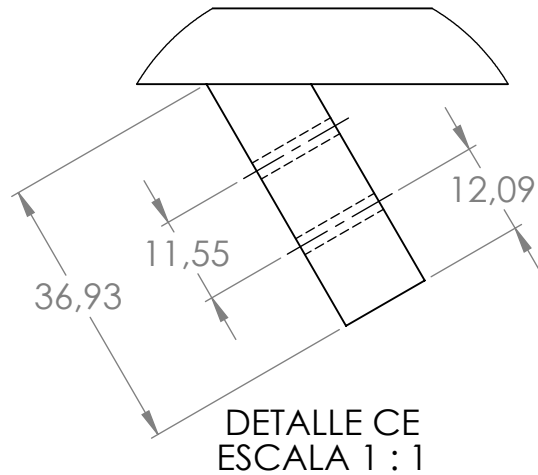
MEDIDAS EN:
MMGS

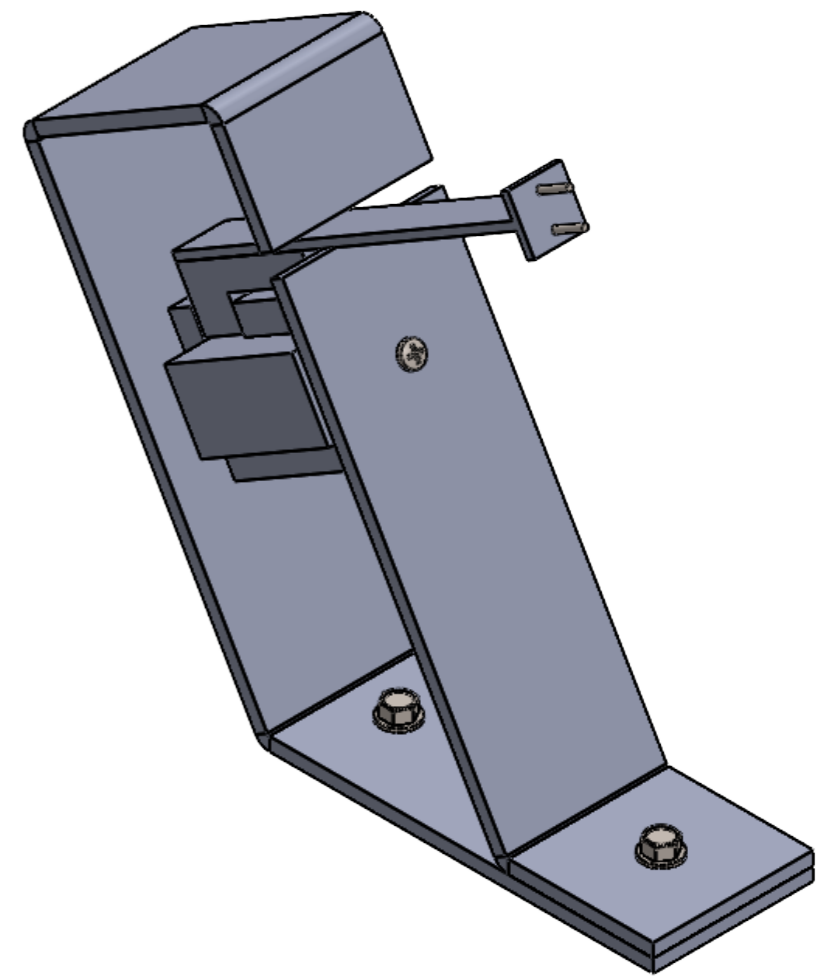
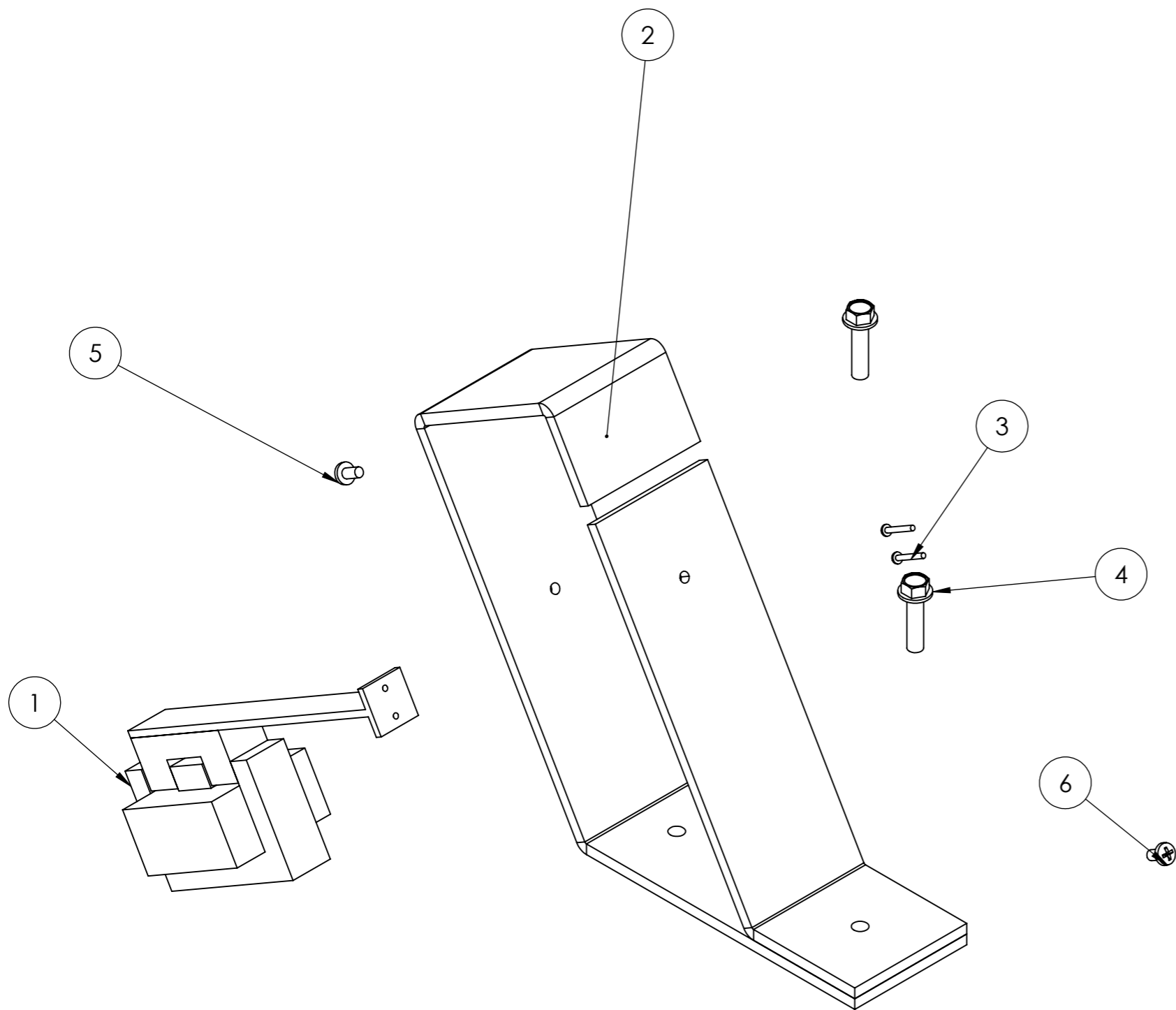
MATERIAL:

PL. N°: 02-01-00









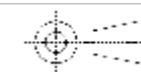
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Vibrador Electromag	1
2	base para electroiman	1
3	CR-BHMS 0.086-64x0.625x0.625-N	2
4	IN-HWMS 0.25-28x1x1-N	3
5	CR-BHMS 0.164-36x0.188x0.188-N	1
6	CR-BHMS 0.164-36x0.3125x0.3125-N	1



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESCALA:1:2

SUBSISTEMA MOTRIZ



DIBUJADO POR:
JUAN JOSÉ SILVA MÁRQUEZ
EDUARD OCHOA LÓPEZ

2023-01-12

PIEZA N.º:2.0

FORMATO
A3

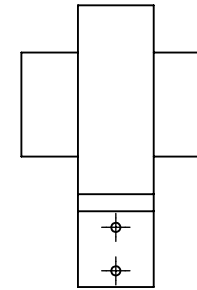
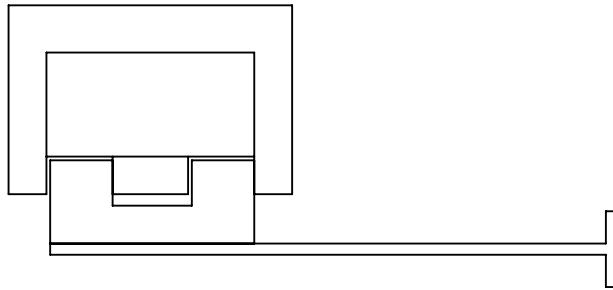
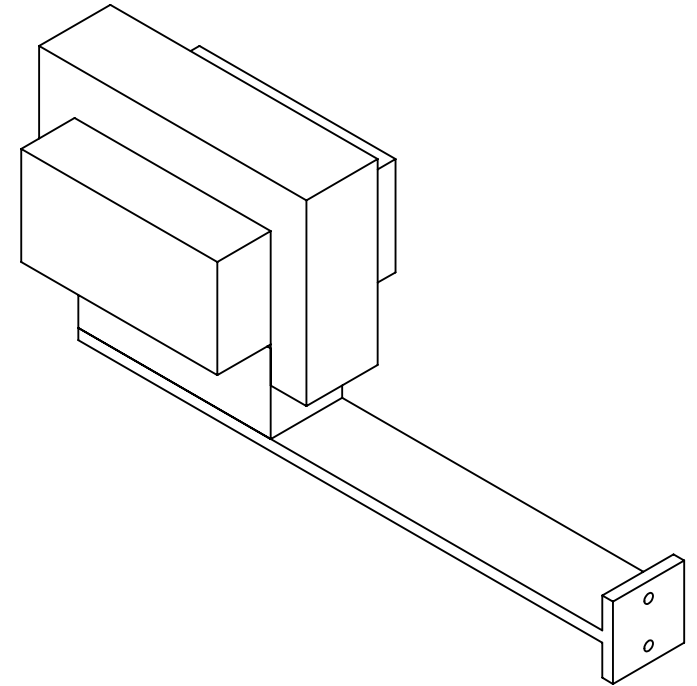
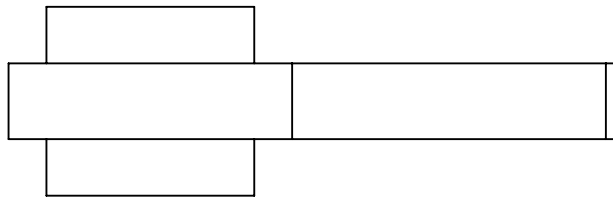
REVISADO POR:

HOJA: 7/12

MEDIDAS EN:
MMGS

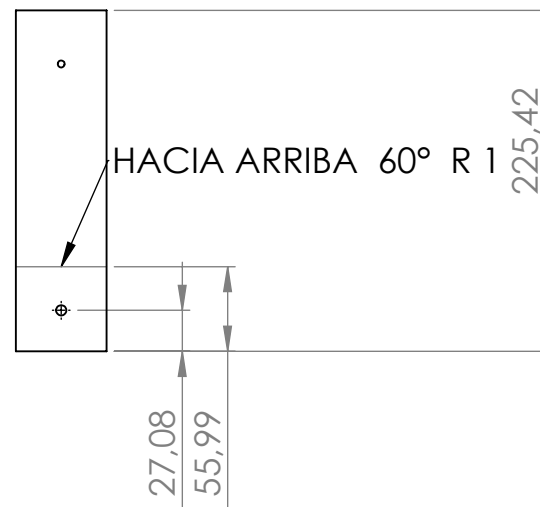
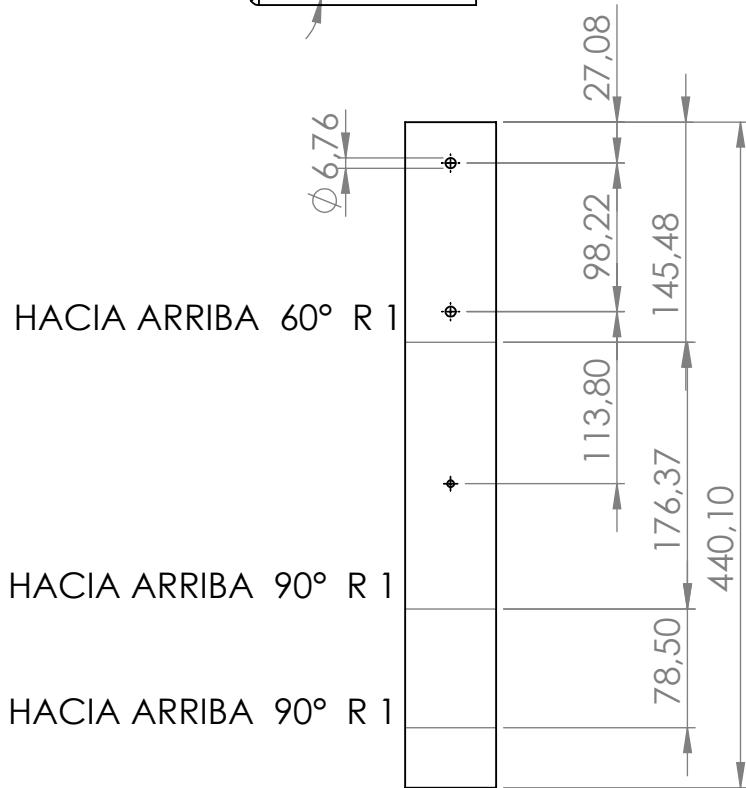
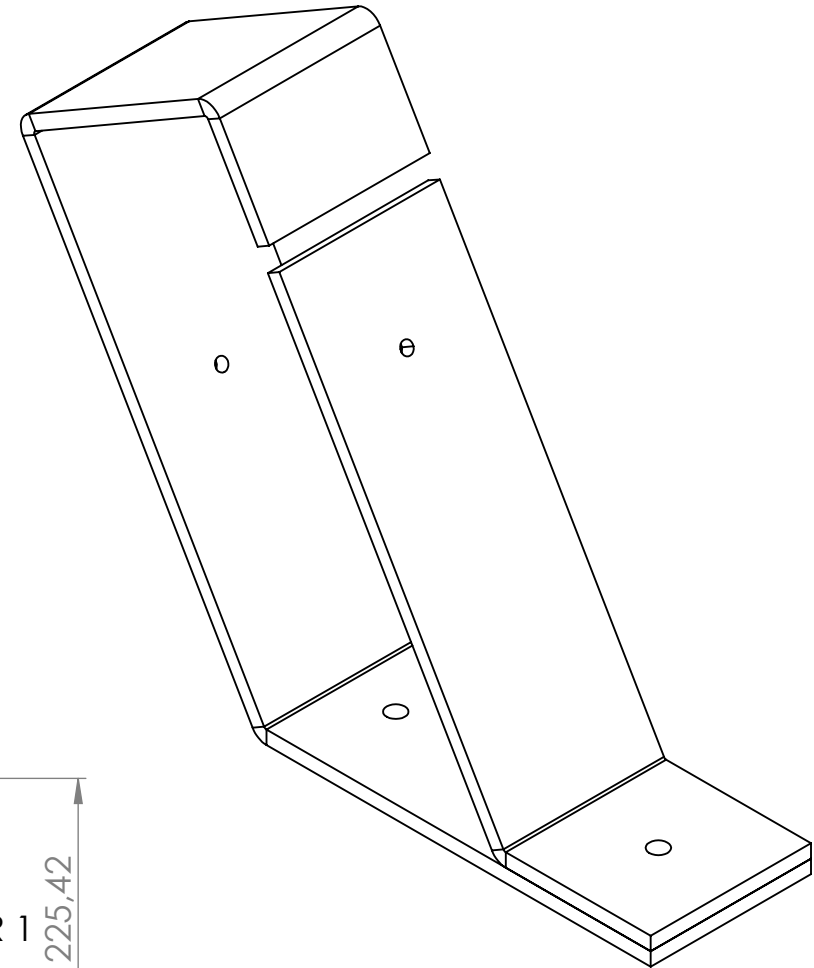
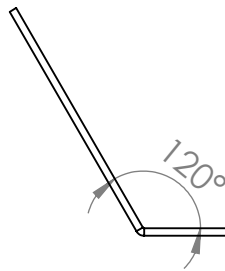
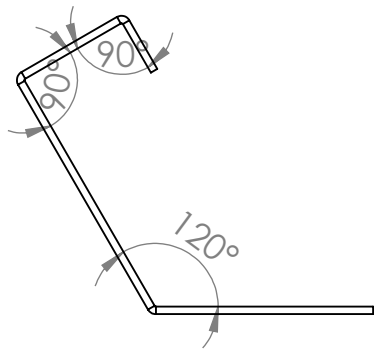
MATERIAL:

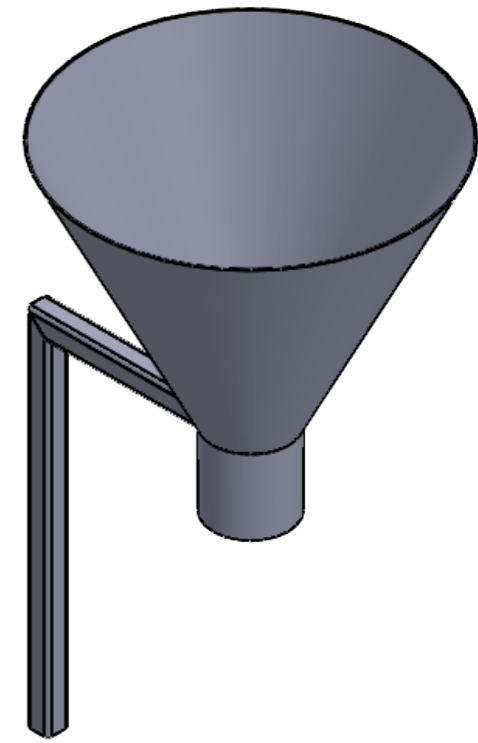
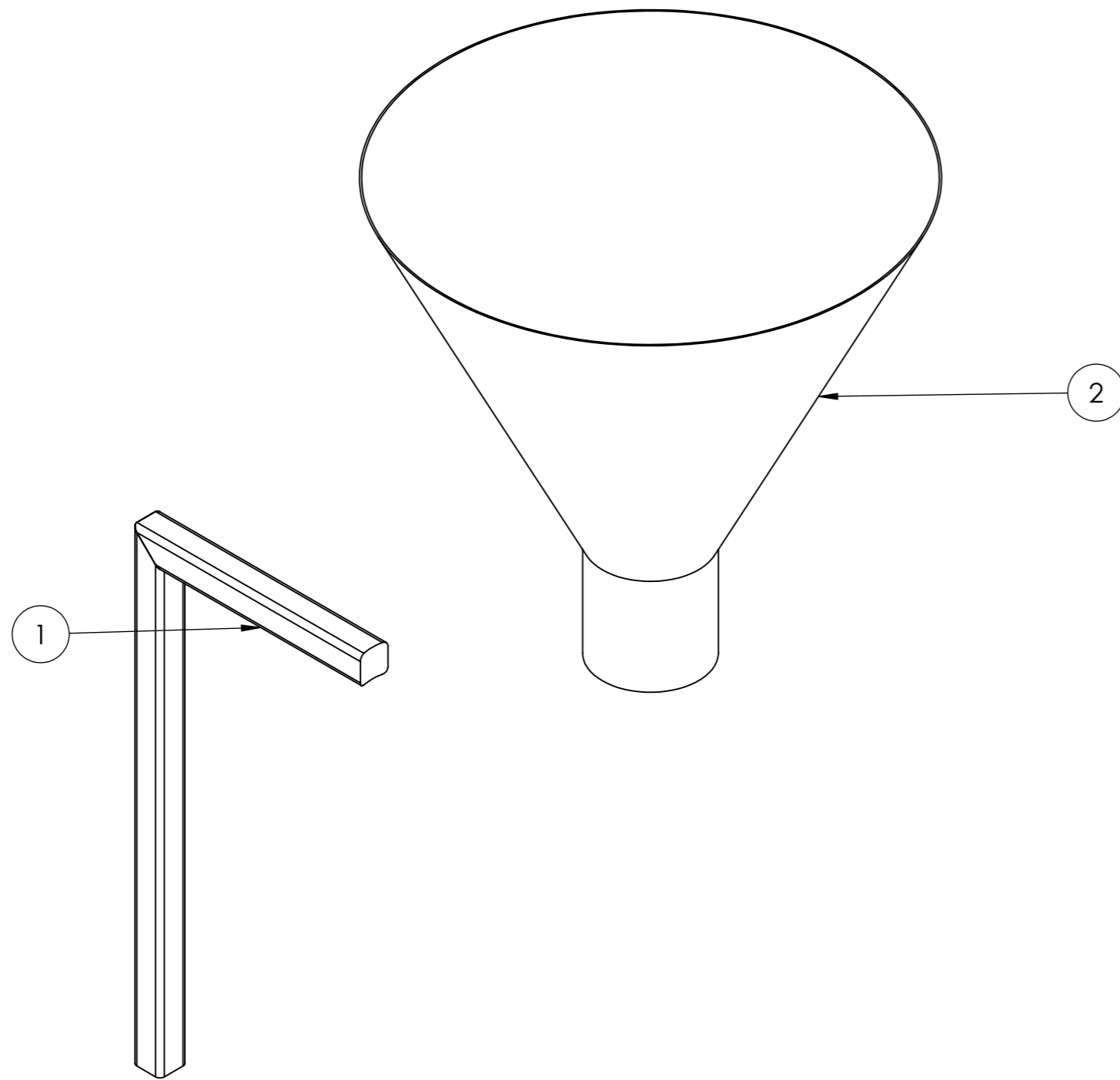
PL. N.º: 02-02-00



Marca: Imamagnets
Modelo: ELEE-2







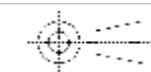
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	soporte tolva	1
2	Dosificador - Tolva	1



ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESCALA:1:3

SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN



DIBUJADO POR:
JUAN JOSE SILVA
EDUARD OCHOA LÓPEZ

2023-01-12

PIEZA N°:3.0

FORMATO
A3

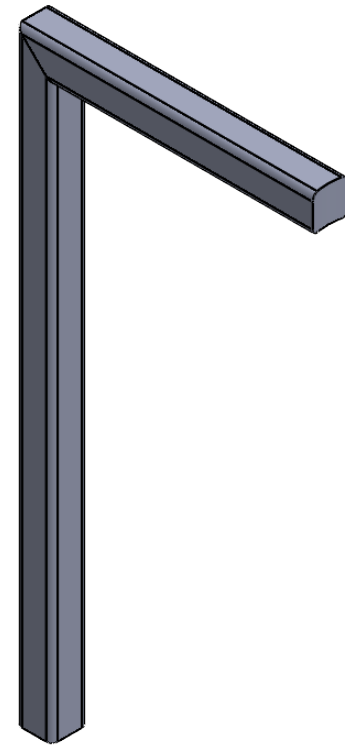
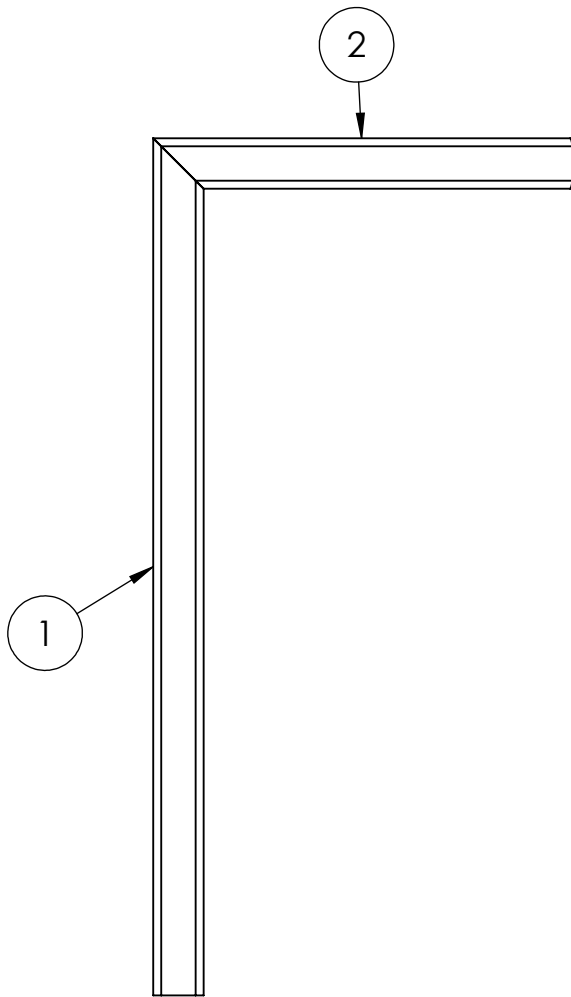
REVISADO POR:

HOJA: 10/12

MEDIDAS EN:
MMGS

MATERIAL:

PL. N°: 02-03-00



N° de elemento	Cantidad	Descripción	LONGITUD
1	1	20x20x1.6 SHS C350	340
2	1	20x20x1.6 SHS C350	166.18

