

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

“Diseño de una máquina para el llenado de fundas y producción de  
plántulas ornamentales en viveros del cantón Milagro”

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero Mecánico**

Presentado por:

Juan José Flores Alcívar

Jonathan David Rocano Castillo

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2020

## DEDICATORIA

Una gran dedicación a mis padres, José Flores Conforme y María Alcívar Castro que siempre estuvieron a mi lado durante este largo periodo. A mi novia, la cual fue un pilar fundamental para llegar a cabo mi educación y a la familia Cevallos Sánchez la cual se convirtió en mi segunda familia durante estos años dándome un apoyo incondicional.

Juan José

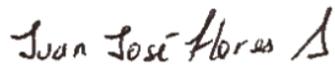
## **AGRADECIMIENTO**

Mi más sincero agradecimiento a Dios por la vida y por poder culminar esta etapa académica. A mis maestros, familiares y amigos por todo el apoyo brindado en la realización de esta tesis.

Jonathan

## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Juan José Flores Alcívar* y *Jonathan David Rocano Castillo* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



---

Juan José Flores Alcívar



---

Jonathan David Rocano Castillo

## EVALUADORES



**José Macías Zambrano M.Sc.**

PROFESOR DE LA MATERIA



**Miguel Quilambaqui Jara Ph.D**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

En los viveros del cantón Milagro, el proceso de llenado de fundas con sustrato se lo realiza de una manera rudimentaria, ocasionando altos costos de producción y daños en la salud de los operarios. Este trabajo permitirá implementar tecnología en estos sectores agroindustrial, mediante el diseño de una máquina para el llenado de fundas con arcilla y materia orgánica. Para lograr esta propuesta, se implementó el uso de softwares de diseño como CAD y CAE en conjunto con el uso de conceptos de diseño de ingeniería mecánica, además de realizar una búsqueda sistemática de información que permita sentar las bases de este estudio. Se planteó un diseño formado por 3 sistemas: sistema de transporte, sistema de almacenamiento y mezclado y el sistema de dosificación. Para el diseño del sistema de transporte se consideró un elevador de cangilones de 7 [ton/hora], mientras que, para el sistema de almacenamiento se planteó el uso de una tolva cilíndrica de 0.588 [m<sup>3</sup>] con un tornillo sin fin en su plano vertical medio para lograr una mezcla homogénea entre la arcilla y la materia orgánica. Para el sistema de dosificación se estableció un dosificador volumétrico de tornillo sin fin, con la capacidad de llenar 720 fundas de 1 Kg en una hora. Con este equipo solo se necesitará una sexta parte del tiempo necesario para el llenado de forma convencional, además permite que el operario realice el proceso en una postura erguida, evitando complicaciones en su salud.

**Palabras Clave:** Sustrato, tecnificación, dosificación, rudimentaria.

## **ABSTRACT**

*In the nurseries located in Milagro Canton, the bag filling process with soil is performed rudimentarily, causing high production costs and issues in worker's health. This project will allow the use of technology in this agribusiness sector by the design of a packaging machine used for the bag filling with a mixture of clay and organic material. To achieve this solution proposal, it was implemented design programs like CAD and CAE along with the use of design mechanical engineering concepts, furthermore, a systematic review was carried out to form the basis for this study. It was proposed a design divided into three systems: transportation, storage-mixing, and dosing systems. For the transportation system design, a bucket elevator with a capacity of 7 [ton/hour] was considered, while for the storage part, it was designed a 0.588 [m<sup>3</sup>] hopper with a screw conveyor in its median plane to have a homogeneous mixture between the clay and the organic material. For the dosing system, it was proposed the use of a volumetric screw feeder with a filling capacity of 720 bags of 1 kilogram in just one hour. With this equipment, it will only be necessary one-sixth of the time needed for the conventional filling process, it will also promote an upright posture in the worker, avoiding future problems in his or her health.*

*Keywords: Soil, technification, dosing, rudimentarily.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT .....	II
ÍNDICE GENERAL .....	III
ABREVIATURAS.....	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE DE PLANOS.....	IX
CAPÍTULO 1.....	1
1.Introducción .....	1
1.1. Definición del Problema.....	1
1.2. Justificación del proyecto .....	1
1.3. Objetivos .....	2
1.3.1. Objetivo General.....	2
1.3.2. Objetivos Específicos.....	2
1.4. Marco teórico.....	3
1.4.1. Suelo del Vivero.....	3
1.4.2. Componentes de la Mezcla.....	3
1.4.3. Fundas.....	4
1.4.4. Transporte de Materiales .....	4
1.4.5. Sistemas de Mezclado.....	6
1.4.6. Sistemas de dosificación .....	7
CAPÍTULO 2.....	10
2.Metodología.....	10
2.1. Formulación de las soluciones al problema.....	10
2.2. Sistema de Transporte Mecánico.....	10
2.3. Determinación de la velocidad lineal y Angular. ....	12
2.4. Sistema de Dosificación .....	16
2.5. Potencia necesaria para accionar el tornillo dosificador.....	17
2.6. Criterios de diseño para el eje del tornillo dosificador. ....	18

2.7. Criterios para establecer el espesor de la hélice del tornillo dosificador .....	20
2.8. Sistema de Control para el Sistema de Dosificación .....	21
2.9. Diseño de la tolva de alimentación .....	23
2.10. Diseño del tornillo del sistema de mezclado .....	25
CAPÍTULO 3.....	31
3.Resultados y análisis .....	31
CAPÍTULO 4.....	42
4.Conclusiones y recomendaciones .....	42
4.1. Conclusiones .....	42
4.2. Recomendaciones.....	42
BIBLIOGRAFÍA	
APENDICES	

## **ABREVIATURAS**

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASTM	American Society for Testing and Materials
USD	Dólar Americano
CDTS	Certificado de Depósito a Término
REDU	Red Ecuatoriana de Universidades y Escuelas Politécnicas
CAD	Diseño Asistido por Computadora
CAE	Ingeniería Asistida por Ordenador
PLC	Controlador Lógico Programable
PI	Proporcional Integrador
SENESCYT	Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación
ANSYS	Analysis Systems

## SIMBOLOGÍA

<b>Símbolo</b>	<b>Nombre</b>
m	Metro
mV	Milivoltio
$\Omega$	Ohmio
L	Litros
A	Amperio
MPa	Mega Pascal
N	Newton
Hz	Hercio
HP	Caballos de fuerza
W	Watt
s	Segundo
rad	Radianes
rpm	Revoluciones por minuto
rad/min	Radianes por minuto
Nm	Newton/metro
\$	Dólar

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Esquema de un Transportador de tornillo .....	5
Figura 1.2 Esquema de un Transportador de Paletas. ....	5
Figura 1.3 Esquema de un Transportador de cinta. ....	6
Figura 2.1 Esquema de la Trayectoria.....	12
Figura 2.2 Diagrama de Fuerzas .....	14
Figura 2.3 Relación Esfuerzo – Tiempo .....	19
Figura 2.4 Representación de la hélice .....	20
Figura 2.5 Distribución de presión .....	23
Figura 2.6 Unión a tope típica.....	24
Figura 2.7 Voladizo de la sección transversal rectangular .....	29
Figura 2.8 Bosquejo del diseño final.....	30
Figura 3.1 Fuerzas de Descarga .....	32
Figura 3.2 Diagrama de bloques .....	34
Figura 3.3 Diagrama de bloques del deslizamiento.....	35
Figura 3.4 Salida del Controlador [Hz] Vs Tiempo [s].....	35
Figura 3.5 Velocidad del Rotor [rpm] Vs Tiempo [s] .....	36
Figura 3.6 Entrada y Salida de la Planta Vs Tiempo [s] .....	36
Figura 3.7 Esfuerzos sobre la hélice .....	38
Figura 3.8 Factores de seguridad sobre la hélice.....	39
Figura 3.9 Deformación de tolva.....	39

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Clasificación de los dosificadores .....	8
Tabla 2.1 Parámetros del Sistema de transporte .....	11
Tabla 2.2 Matriz de selección.....	11
Tabla 2.3 Datos para dimensionar el elevador de cangilones .....	12
Tabla 2.4 Matriz de selección .....	16
Tabla 2.5 Datos para diseñar el dosificador por tornillo sin fin .....	16
Tabla 2.6 Coeficiente de longitud del tornillo .....	26
Tabla 2.7 Valores de K a partir del material.....	27
Tabla 3.1 Dimensiones del elevador de cangilones .....	31
Tabla 3.2 Dimensiones del sistema de mezclado.....	33
Tabla 3.3 Dimensiones del sistema de dosificación .....	34
Tabla 3.4 Esfuerzos en el eje de la dosificación.....	38
Tabla 3.5 Costo de materiales.....	40
Tabla 3.6 Costo mano de obra y accesorios .....	41
Tabla 3.7 Costo de diseño.....	41
Tabla 3.8 Costo total del proyecto .....	41

## ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1	Vista explosionada y lista de partes
PLANO 2	Plano del conjunto
PLANO 3	Plano del conjunto transportador
PLANO 4	Carcasa del transportador
PLANO 5	Cangilón
PLANO 6	Tambor motriz
PLANO 7	Tambor conducido
PLANO 8	Tolva
PLANO 9	Dosificador
PLANO 10	Estructura de tolva
PLANO 11	Tapa de tolva
PLANO 12	Tapa del dosificador
PLANO 13	hélice de dosificador
PLANO 14	Hélice de tolva

# CAPÍTULO 1

## 1. Introducción

Dentro del cantón Milagro, en la vía Milagro-Naranjito y Milagro-Mariscal Sucre, se asientan más de 100 viveros, que ocupan un área de 15,08 hectáreas (KATTY, 2013). Todos estos viveros realizan sus actividades agrícolas de manera artesanal, lo que en ocasiones produce pérdida de tiempo y dinero, convirtiéndose en un obstáculo para que la floricultura alcance la importancia económica que tienen otras actividades agrícolas, como la caña de azúcar y el cacao dentro del cantón.

Por esto es necesario implementar el uso de equipos industriales en el proceso de producción de plántulas ornamentales. Con la incorporación de estos equipos aumentará la producción, lo que permitirá abrir nuevos mercados y mejorar la economía local.

### 1.1. Definición del Problema

En enero del 2020, la prensa dio a conocer que el cultivo de plantas ornamentales en Ecuador generó USD 900 millones, y en un año normal Ecuador exporta 160.000 toneladas de flores. A los floricultores les resulta más beneficioso comercializar su producto en el exterior, principalmente, en el mercado ruso y estadounidense (María, 2020). Debido a la importancia del mercado externo en este sector, es necesario que las flores de Ecuador alcancen altos estándares de calidad. Para que los pequeños viveros del cantón Milagro puedan producir flores de mejor calidad a gran escala es importante que estos viveros se tecnifiquen.

Para contribuir a la solución de este problema, el presente proyecto propone, para la producción de plántulas ornamentales, el diseño de una máquina que realice el llenado de arcilla y tierra de siembra en fundas de forma automática, lo que permitirá una producción mayor y en menor tiempo al requerido.

### 1.2. Justificación del proyecto

Desde el 2018, un grupo de investigadores de la ESPOL, a través del CDTS, ha llevado a cabo investigaciones con proyectos financiados por la REDU y Senescyt, en comunidades rurales del cantón Naranjito y Bucay, en donde se han realizado proyectos y tesis para resolver problemas en cultivos de

importancia económica, como el cacao y el banano orito, mediante el diseño y construcción de secadores para la almendra y deshidratadores de fruta, lo que ha permitido una mejora en los procesos de postcosecha para estos productos. En el cantón Milagro, aledaño a estos sectores, también existen comunidades dedicadas a muchas actividades comerciales y a la producción de varios cultivos agrícolas que son comercializados a nivel nacional e internacional. En la actualidad, una de las mayores actividades agrarias de este cantón es la producción de víveres, plantas ornamentales y medicinales, convirtiendo a Milagro en una ciudad jardín. Además de la falta de tecnificación en estos procesos, muchas de las actividades de llenado de las fundas pueden generar problemas en la salud de las personas, ya que se exponen a todo tipo de contaminantes ambientales, como polvos o productos químicos del sustrato. En este sentido, es necesario buscar alternativas para mecanizar el trabajo de producción de plántulas y el proceso de llenado.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Diseñar una máquina para el llenado de fundas con arcilla y tierra de sembrío, mediante la aplicación de los conceptos de la ingeniería mecánica y el uso del software de diseño CAD y CAE para tecnificar y aumentar la producción de plántulas ornamentales en los viveros del cantón Milagro.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

Dimensionar los diferentes componentes mecánicos de la máquina para posteriormente seleccionarlos según su eficiencia y resistencia.

Ejecutar un análisis de resistencia y deformación de los elementos estructurales críticos de la máquina empleando la herramienta de elementos finito del software ANSYS para comprobar la resistencia y eficiencia del diseño.

Elaborar planos en 2D y 3D de los diferentes componentes mecánicos utilizando los softwares Inventor y AutoCAD para la manufacturación del diseño.

## **1.4. Marco teórico**

La máquina para el llenado de fundas con tierra de siembra contará con un sistema de transporte, mezclado y dosificación. El sistema de mezclado es una estructura metálica que contiene un mezclador mecánico (mezclador de paletas o brazos, de flujo y de hélices), la estructura metálica tiene como función delimitar el espacio de mezclado y almacenar la mezcla.

El elemento que se desea transportar está en estado sólido, por ende, los sistemas de transporte considerados para este diseño son: cintas transportadoras, transportadores de paletas y transportadores de tornillo. Los sistemas de dosificación empleados para sólidos secos son los de volumen y gravimetría (Ruvalca, n.d.)

### **1.4.1. Suelo del Vivero**

El suelo que se utiliza para la siembra es un parámetro que determina la calidad de la planta. Un suelo típico está compuesto por sólidos y vacíos con una proporción de 50:50. La parte sólida está compuesta por mineral y materia orgánica en un 45 y 5 %, respectivamente. La mezcla que se prepara en un vivero contiene una mayor cantidad de materia orgánica, con el fin de otorgar características edáficas al suelo (Walle, 2003). El aire y agua son los elementos que componen la parte vacía del suelo. Un buen balance entre estos dos elementos nos garantiza la salud de la planta (Walle, 2003).

### **1.4.2. Componentes de la Mezcla.**

Por lo general, una mezcla contiene material franco-franco arenoso con materia orgánica (en estado de descomposición). La materia orgánica sirve para generar fertilidad al agregar compost o lombrihumus y con cascarilla de arroz o pulpa de café se brinda a la mezcla volumen, porosidad y ligereza (Walle, 2003).

La mezcla entre materia orgánica y arcilla se la conoce como sustrato. En el momento que se llenan las fundas se define la proporción correcta de los 3 ingredientes de la mezcla al evaluar los parámetros de: compactación, drenaje y facilidad de manejo (Walle, 2003).

### 1.4.3. Fundas

La utilización de fundas plásticas en los viveros se da debido a su bajo costo y fácil adquisición del material; además, no se recomienda utilizar fundas recicladas porque no son muy resistentes. El tamaño de las fundas varía según el tipo de planta y el tiempo en que esta permanecerá en el vivero (Walle, 2003).

Es necesario considerar una funda como un cilindro para determinar su volumen mediante la ecuación (1.1):

$$V = \pi \times r^2 \times h \text{ [m}^3\text{]} \quad (1.1)$$

Donde:

$r$  : Radio de la funda en  $[m]$

$h$  : Altura de la funda en  $[m]$ .

### 1.4.4. Transporte de Materiales

Los transportadores mecánicos sirven para desplazar material (sólido, líquido o gaseoso) de un punto a otro en un proceso de manufactura. La implementación de transportadores mecánicos en los procesos industriales sirvió para incrementar la producción, fijar un ritmo de trabajo y suprimir el trabajo pesado (Dardo, 2009).

#### ***Transportador Sin Fin***

También conocido como transportador de tornillo, su diseño consiste en un eje de acero con una espira enrollada que gira dentro de un espacio cerrado. La potencia en el eje proviene de un motor eléctrico, este se une al transportador mediante un acople (Industrias I 72.02, 2015).

Se utiliza para transportar: cereales, carbón, arena, piedra, Clinker de cemento, etc. Se utiliza en sistemas de transporte horizontal o inclinado donde la pendiente no supere los  $30^{\circ}$ . Debido a los esfuerzos de torsión se recomienda que la distancia y diámetros máximos a transportar sean de 30 y 0.6 metros, respectivamente. El transportador de tornillo se lo usa comúnmente para movilizar granos (Industrias I 72.02, 2015).

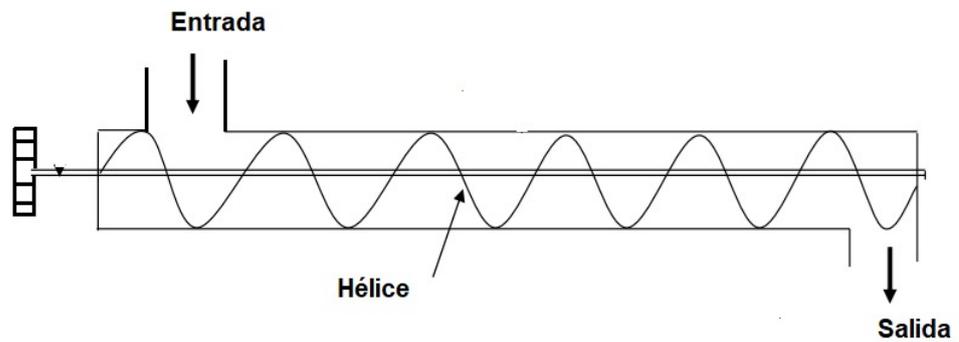


Figura 1.1 Esquema de un Transportador de tornillo  
[Fuente: (Industrias I 72.02, 2015)]

### ***Transportador de Paletas***

Estos transportadores cuentan con un canal por donde se desplazan las paletas o rasquetas, junto con el material que es transportado. Este tipo de transportador cuenta con dos ruedas dentadas (motriz y conducida) ubicadas en los extremos, estas ruedas mueven unas cadenas donde se encuentran las paletas. La velocidad de las cadenas está entre los 6 y 60 metros/minutos, siendo la más frecuente 30 metros/minutos (Industrias I 72.02, 2015).

Este mecanismo permite transportar material en forma horizontal o inclinada con una pendiente no mayor a  $30^{\circ}$ , existen casos especiales donde la pendiente puede llegar a  $45^{\circ}$ . El material es trasladado debido a fuerzas de arrastre, por tal razón este tipo de transporte no se utiliza con material abrasivo (piedras triturada, Clinker de cemento, arena, etc.), por el gran desgaste que ocasionaría (Industrias I 72.02, 2015).

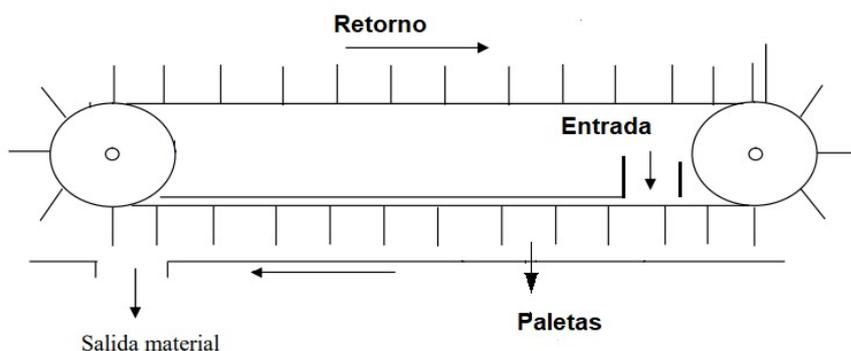


Figura 1.2 Esquema de un Transportador de Paletas.  
[Fuente: (Industrias I 72.02, 2015).]

### **Cinta Transportadora**

Este tipo de transportador trabaja de forma horizontal o inclinada con una pendiente máxima de 25 grados. Se utiliza para transportar material minero como piedras, arena, Clinker, etc. También son usados en la industria de alimentos en el transporte de material de forma discreta y continua. La implementación de esta cinta es costosa, pero su mantenimiento y operación es relativamente económica. El material de la cinta puede ser de goma, cuero, sintético y metal (Industrias I 72.02, 2015).

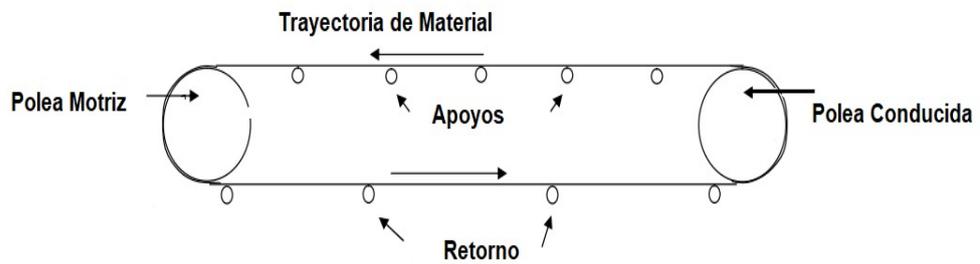


Figura 1.3 Esquema de un Transportador de cinta.  
[Fuente: (Industrias I 72.02, 2015)]

### **1.4.5. Sistemas de Mezclado**

El sistema de mezclado es una estructura metálica cuya geometría depende del tipo de mezclador mecánico que se requiere. A continuación, se presenta los diferentes mezcladores mecánicos que se utilizan en la industria:

#### ***Mezcladora horizontal de Palas y Aradas***

Este mezclador posee unas palas o cuchillas que por medio de uniones empernadas o soldadas se acoplan a una barra o brazo y esta a su vez a un eje mediante pernos o soldadura. La posición del eje, brazo y paletas puede ser horizontal, vertical o inclinado. Se aplica principalmente con material granulado y pastoso. La trayectoria de las palas es circular y para que el proceso de mezclado sea turbulento sin espacios muertos es necesario que la geometría de la estructura sea circular (Lleal, 2016).

### ***Mezcladora horizontal de cinta***

La ventaja de utilizar este mezclador es por la capacidad de ejecutar un eficiente proceso de mezcla de forma económica. Se lo utiliza en mezclas de materiales voluminosos secos o húmedos, la aplicación más común es en la mezcla de agua con aceite vegetal y animal, donde no se recomienda utilizar melaza. Posee una estructura en forma de U y un eje con hélices la forma de las hélices hace que el material se mueva en direcciones opuestas, asegurando un mezclado intenso. Con este tipo de mezcladora se consigue mezclas de calidad e higiénicas (Lleal, 2016).

### ***Mezcladora helicoidal o de hélice***

La geometría por lo general es cónica y en algunos casos cilíndrica. La implementación es costosa, pero genera una mezcla de muy buena calidad. Esta mezcladora se utiliza para elaborar sustancias químicas, medicamentos, pesticidas, colorantes, alimentos, petróleo, etc. Al utilizar este tipo de mezclador se garantiza una operación segura y confiable. El consumo de energía es poco en relación con los otros mezcladores, además, genera rápidamente mezclas uniformes permitiendo el ahorro de tiempo. En estos equipos el recipiente está a presión, de tal forma que se puede utilizar operaciones de vacío y de presurización (KOSBEST, n.d.)

## **1.4.6. Sistemas de dosificación**

La función principal de los sistemas de dosificación es suministrar el volumen deseado de un determinado material, en estado sólido, líquido o gaseoso. Estos sistemas son de suma importancia, ya que permiten minimizar la cantidad de material excedente obteniendo las dosis deseadas del producto que se va a comercializar, además de reducir los porcentajes de pérdida de materiales.

### ***Tipos de dosificadores***

En el mercado actual, existen diversos tipos de dosificadores, los cuales se pueden clasificar según su naturaleza de funcionalidad en: volumétricos y gravimétricos.

**Tabla 1.1 Clasificación de los dosificadores**

[Fuente: Elaboración propia.]

<b>Tipo</b>	<b>Método</b>	<b>Mecanismo</b>
<b>Volumétricos</b>	Por pistón	Por compuerta rotativa
	tornillo sin fin	
	Vasos telescópicos	Gravedad
<b>Gravimétricos</b>	Banda de pesaje	Por cinta transportadora
	Por Perdida de peso	
		Por canal vibrante

### ***Dosificadores volumétricos***

Los dosificadores volumétricos gradúan el material en función al volumen, proporcionando una cantidad de masa previamente establecida en un periodo determinado.

Los sistemas de dosificación más empleados son:

- **Dosificadores sin fin**

Este sistema es utilizado para la dosificación de productos en polvo de difícil desplazamiento. Los dosificadores sin fin tienen como componente principal un tornillo sin fin situado en la terminación de la tolva de alimentación, el cual desplaza un volumen determinado por cada vuelta. La rapidez del tornillo se puede establecer por distintos sistemas de reducción de velocidad como puede ser por medio de engranes, bandas o directamente un motor con variador de velocidad. La velocidad de dosificación del material es directamente proporcional a la velocidad del motor que impulsa al tornillo. (Cangas, J & Chaguamate, 2007)

- **Volumétrico por pistón**

Este sistema es utilizado generalmente para sustancias en estado líquido como agua, jugos, inclusive en productos con altos niveles de viscosidad como cremas o salsas. El dosificador por pistón posee una cámara regulable que determina el volumen deseado a desplazar a otra sección o terminal, pasando previamente por un cilindro neumático, una válvula y boquilla. (Moreno, 2010).

- **Vasos telescópicos**

En el sistema de vasos telescópicos se emplean vasos o recipientes de tamaño regulable para ajustar la cantidad de volumen deseado, estos vasos son ubicados sobre una plataforma giratoria en la parte inferior de la tolva, de manera que, la producción deseada es directamente proporcional a la cantidad de vasos empleados en el proceso. (Guerra, 2011)

- **Dosificadores gravimétricos**

En la dosificación gravimétrica se emplean distintos tipos de células o instrumentos de medición para que registren el peso que se está dosificando y por medio de estos datos ir regulando los distintos parámetros del mecanismo como puede ser la velocidad o apertura de la compuerta.

- **Dosificadores gravimétricos de banda**

En estos dosificadores, la velocidad de la banda y la apertura de la compuerta que se encuentra a la salida de la tolva son importantes para calcular la cantidad de producto sobre la banda (Ortega & Carrillo, 2011). Todos los parámetros del sistema son controlados por medio de un controlador digital, el cual procesa la velocidad de la banda y la apertura de la compuerta dependiendo de los datos obtenidos por el pesaje de la banda. (Ortega & Carrillo, 2011)

- **Dosificador por pérdida de peso.**

Este tipo de dosificadores es ideal para trabajar para cualquier tipo de producto, sean sólidos, polvos o cualquier material al granel de forma irregular. Poseen un alimentador a la celda de carga de forma vibratoria, el cual evita la ruptura del producto. El control de peso se lo realiza de forma digital, permitiendo una dosificación de alta precisión. (Ortega & Carrillo, 2011)

# CAPÍTULO 2

## 2. Metodología

### 2.1. Formulación de las soluciones al problema.

En este capítulo se presentan la solución de nuestro problema de estudio. Cada alternativa de solución lleva las variables de diseño que cumplen con los diversos factores o características del problema. Los factores de influencia son los siguientes:

**Costo de la maquinaria:** Influye en la factibilidad del diseño, construcción e instalación de cada uno de los elementos.

**Capacidad del sistema:** Indica el volumen máximo permitido en el diseño. El volumen de la maquina debe ser  $1176 \text{ cm}^3$  que equivale a 500 fundas medianas, ecuación (2.1). Para determinar el volumen de la tolva- mezcladora, se utiliza la ecuación (2.2).

$$V_{funda} = 7 * 12 * 14 = 1176 [\text{cm}^3] \quad (2.1)$$

$$V_{diseño} = 1176 [\text{cm}^3] * 500 = 588000 [\text{cm}^3] = 0.588[\text{m}^3] \approx 0.6 [\text{m}^3] \quad (2.2)$$

Con las ecuaciones 2.3 y 2.4 se conoce la masa de material a envasar.

$$\rho_{tierra} = \frac{Masa_{tierra}}{V_{funda}} = \frac{1 \text{ Kg}}{1.176 * 10^{-3}[\text{m}^3]} = 850.34 \text{ Kg}/\text{m}^3 \quad (2.3)$$

$$M_{diseño} = \rho_{tierra} * V_{diseño} = 850.34 \text{ Kg}/\text{m}^3 * 0.6[\text{m}^3] = 510.204 [\text{Kg}] \quad (2.4)$$

**Mantenimiento:** De este factor depende el costo de producción, dado que, mientras más bajo es el costo de mantenimiento, el negocio es más rentable. En la figura 2.1 se presenta un bosquejo de lo que se pretende diseñar.

### 2.2. Sistema de Transporte Mecánico

De las alternativas para el transporte de materiales sólidos, se debe seleccionar la que más se ajuste a nuestro diseño, para aquello, se elaborará una matriz de decisión. En la tabla 2.1 se presenta los parámetros para evaluar los transportadores.

**Tabla 2.1 Parámetros del Sistema de transporte**  
[Fuente: Elaboración Propia]

Parámetros	Peso
Costo de Implementación	0.25
Consumo energético	0.2
Costo de Mantenimiento	0.2
Eficiencia	0.1
Capacidad de Transporte	0.1
Versatilidad	0.15

La ponderación para calificar será de 1 a 5, siendo el valor de 1 aplicable cuando la alternativa cumple mínimamente con el parámetro y 5 cuando suceda lo contrario.

**Tabla 2.2 Matriz de selección.** [Fuente: Elaboración Propia]

Parámetros	Costo de Implementación	Consumo energético	Costo de Mantenimiento	Eficiencia	Capacidad de Transporte	Volumen del equipo	Total
Alternativas	0.25	0.2	0.15	0.1	0.1	0.2	
Transportadores de cadena	1	4	4	4	4	1	2.65
Transportadores de tornillo sin fin	4	4	3	3	3	1	3.05
Transportadores de banda	4	4	1	4	4	1	2.95
Transportadores de cangilones	4	2	4	3	4	5	3.7

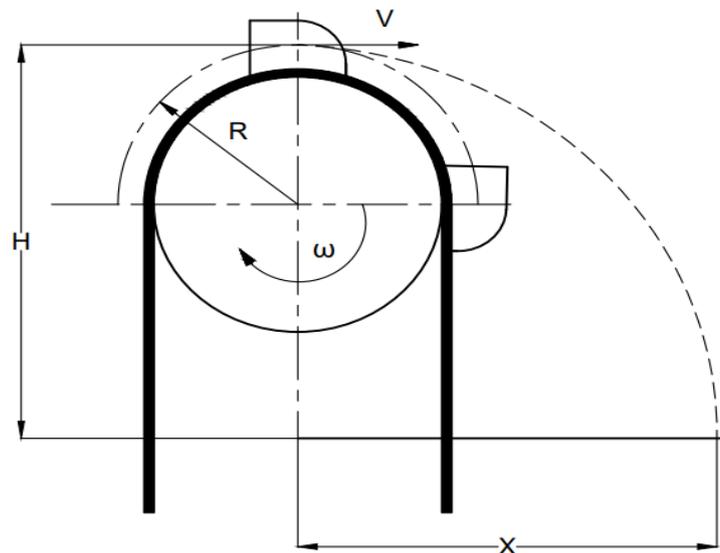
El transportador de cangilones discontinuo con descarga centrífuga es el que más se ajusta a nuestro diseño. En la tabla 2.3 se presentan los datos para el diseño del transportador.

**Tabla 2.3 Datos para dimensionar el elevador de cangilones**  
**[Fuente: Elaboración Propia]**

Datos	Magnitud
Altura de elevación de la tierra	4.2 [m]
Capacidad "W"	7 [ton/h]
Densidad de la tierra	850.34 $Kg/m^3$

### 2.3. Determinación de la velocidad lineal y Angular.

Se considera que, en los elevadores centrífugos, los cangilones descargan de manera parabólica (Aguirre, 2012), como se muestra en la figura 2.1.



**Figura 2.1 Esquema de la Trayectoria [Fuente: Elaboración Propia]**

La velocidad V se puede determinar mediante las ecuaciones 2.5 (Aguirre, 2012)

$$V = \frac{X}{\sqrt{\frac{2H}{g}}} \quad (2.5)$$

Donde:

V: Velocidad de descarga [m/s]

H : Distancia vertical del punto de inicio de descarga al punto de acopio [m].

t : tiempo de descarga [s].

X : distancia horizontal entre la descarga y la zona de acopio [m].

El parámetro R (radio de curvatura) y velocidad angular ( $\omega$ ), se determina con la ecuación 2.6 y 2.7, respectivamente (Aguirre, 2012).

$$R = \frac{V^2}{g} \quad (2.6)$$

$$\omega = \frac{V}{R} \quad (2.7)$$

El periodo (T) de la polea motriz, se determina median las ecuaciones 2.8 (Aguirre, 2012).

$$T = 2\pi/\omega \quad (2.8)$$

La masa de material (Q) que el elevador transportaría en un tiempo T se determina con la ecuación 2.9.

$$Q = W * T \quad (2.9)$$

Se considera que por cada revolución pasan 2 cangilones, la masa de material que transportará cada cangilón ( $Q_{can}$ ) y su volumen ( $V_{can}$ ) se determina con las ecuaciones 2.10 y 2.11, respectivamente (Aguirre, 2012).

$$Q_{can} = \frac{Q}{2} \quad (2.10)$$

$$V_{can} = \frac{Q_{can}}{\rho_{tierra}} * \mu \quad (2.11)$$

Donde:

$\mu$ : Coeficiente de llenado 1.2

Para determinar la separación entre cangilones ( $h$ ) y el número de cangilones ( $I$ ), se utiliza la ecuación 2.12 y 2.13, respectivamente (Aguirre, 2012)

$$h = \frac{[2 * \pi * (R_{tm} + e)]}{2} \quad (2.12)$$

$$I = \frac{l}{h} \quad (2.13)$$

La tensión efectiva de la banda se define con la ecuación 2.14.

$$T_{EF} = \left[ \left( \frac{W}{V_b} * l \right) * n \right] * 9.8 \quad (2.14)$$

Donde:

$T_{EF}$ : Tensión efectiva [N]

$V_b$ : velocidad de la banda [m/s]

$W$ : Capacidad del transportador [Kg/s]

$n$  : factor de seguridad para este caso es 2.

$l$ : longitud de banda [m]

$R_{tm}$ : Radio del tambor motriz [m]

$e$ : Espesor de banda [m]

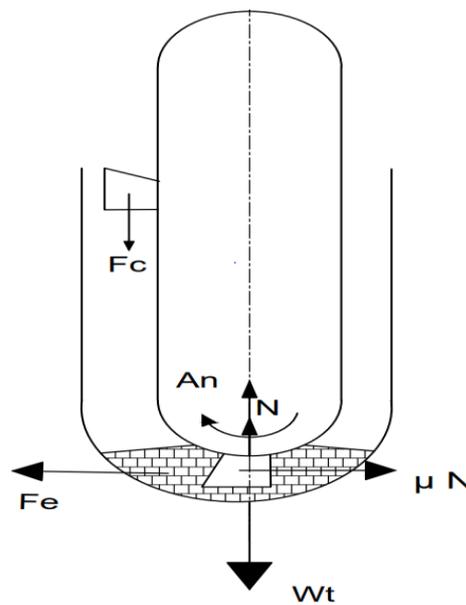


Figura 2.2 Diagrama de Fuerzas [Fuente: Elaboración Propia]

En la figura 2.2, se presenta el diagrama de fuerzas del sistema de elevación. Mediante un análisis al diagrama de fuerzas presentado en la figura 2.2 se obtiene la ecuación 2.24.

$$\uparrow \sum F_y = M A_n = N - W_t \quad (2.15)$$

Los parámetros  $M$ ,  $A_n$  y  $N$ , se determina con las ecuaciones 2.16, 2.17 y 2.18, respectivamente.

$$M = \frac{W_t}{g} \quad (2.16)$$

$$A_n = \frac{V^2}{R_{tm}} \quad (2.17)$$

$$N = M A_n + W_t \quad (2.18)$$

Donde:

$W_t$ : peso del material alojado en la base [N]

$A_n$ : Aceleración normal [m/s<sup>2</sup>]

$N$  Fuerza normal [N]

$M$ : masa a elevar en el cangilón [Kg]

Se considera un coeficiente de resistencia al corte de 0.9 ( $\mu$ ), en el proceso de excavación (Universidad Central de las Villas, 2008), con esta información se plantea la ecuación 2.19.

$$F_e = \mu * N \quad (2.19)$$

La fuerza neta aplicada por el elevador se define con la ecuación 2.20.

$$F_N = [(w_{lleno} + w_{vacío})] * \frac{I}{2} + F_e \quad (2.20)$$

Donde:

$w_{lleno}$  : peso del cangilón lleno [N]

$w_{vacío}$  : peso del cangilón vacío [N]

La potencia para realizar la selección el motor se define con la ecuación 2.21 (Aguirre, 2012).

$$P_m = (F_N * V) * n \quad (2.21)$$

Donde:

$n$ : factor de seguridad.

## 2.4. Sistema de Dosificación

Se considero 3 tipos de sistemas de dosificación: volumétrica, tornillo sin fin y por compuertas, se elaboró una matriz de decisión con las alternativas propuestas para el sistema de dosificación. En la tabla 2.1, se presentan los parámetros que se utilizaran para evaluar, en la tabla 2.4 presentamos la matriz de decisión.

La ponderación para calificar será de 1 a 5, siendo el valor de 1 aplicable cuando la alternativa cumple mínimamente con el parámetro y 5 cuando satisface completamente el parámetro.

**Tabla 2.4 Matriz de selección [Fuente: Elaboración Propia]**

Parámetros	Costo de Implementación	Consumo energético	Costo de Mantenimiento	Eficiencia	Capacidad de Transporte	Volumen del equipo	Total
	0.25	0.2	0.15	0.1	0.1	0.2	
Alternativas							
Dosificador Volumétrico	4	4	3	3	3	1	3.05
Dosificador de Compuertas	4	4	1	4	4	1	2.95
Dosificador por tornillo sin fin	4	2	4	3	4	5	3.7

El dosificador por tornillo sin fin es el que más se ajusta a nuestro diseño. En la tabla 2.5 se presentan los datos para el diseño del dosificador.

**Tabla 2.5 Datos para diseñar el dosificador por tornillo sin fin [Fuente: Elaboración Propia]**

Datos	Magnitud
Diámetro del Tornillo	0.29 [m]
Capacidad	0.39 [Kg/s]

Paso del Tornillo	0.10 [m]
Longitud del tornillo	0.60 [m]

### Capacidad del tornillo dosificador

Con la ecuación 2.22 (ANDRÉS, 2013), definimos las RPM que debe tener el eje del tornillo dosificador.

$$N = \frac{4 * Q}{60\pi * D^2 * p * \varphi * \rho * \mu} \quad (2.22)$$

Donde:

$N$  : velocidad angular del eje del tornillo dosificador [rpm]

$Q$  : capacidad del tornillo dosificador [Kg/s].

$D$ : diámetro del tornillo dosificador [m]

$p$  : paso del tornillo dosificador [m]

$\rho$  : densidad del material [Kg/m<sup>3</sup>]

$\varphi$  : coeficiente de fluidez del material 0.25

$\mu$ : coeficiente de inclinación del tornillo 1

### 2.5. Potencia necesaria para accionar el tornillo dosificador

Según (ANDRÉS, 2013), la potencia necesaria para accionar el tornillo dosificador viene expresada en la ecuación 2.23.

$$P_T = P_t + P_C + P_i \quad (2.23)$$

Donde:

$P_t$ : Potencia que se necesita para transportar el material, y se define con la ecuación 2.24.

$$P_t = \frac{Q * L}{367} * \alpha \quad [W] \quad (2.24)$$

$L$ : longitud del tornillo dosificador [m].

$\alpha$ : Factor de Material 2.8 (Osorio Orellana, 2018).

$P_C$ : Potencia necesaria para mover el dosificador sin carga, expresada con la ecuación 2.25 (ANDRÉS, 2013).

$$P_t = \frac{D * L}{20} \quad [KW] \quad (2.25)$$

$P_i$ : Potencia debido a la inclinación, para nuestro diseño este parámetro toma un valor de cero debido a que el dosificador estará en posición horizontal.

## 2.6. Criterios de diseño para el eje del tornillo dosificador.

Según (ANDRÉS, 2013), nuestro eje está sometido a esfuerzos de flexión, de torsión y cortante debido a la flexión. Con las ecuaciones 2.26, 2.27 y 2.28, se define respectivamente estos esfuerzos. Partiendo con un diámetro de 30 [mm], se los determinó y en base a estos resultados se estableció el diámetro real del eje.

$$\sigma_{flexión} = \frac{M_{max}}{S} \quad (2.26)$$

$$\tau_{torsión} = \frac{16 * T * D}{\pi D^4} \quad (2.27)$$

$$\tau_{cortante} = \frac{2 V}{\frac{\pi}{4} D^2} \quad (2.28)$$

La dimensión del eje viene definida por un análisis dinámico y estático del equipo. En las ecuaciones 2.29, 2.30 y 2.31, se define respectivamente los esfuerzos principales y el esfuerzo cortante máximo (Norton, 2011).

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (2.29)$$

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (2.30)$$

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (2.31)$$

Para determinar el factor de seguridad estático (ecuación 2.33) es necesario determinar el esfuerzo de Von Mises (ecuación 2.32) y establecer el tipo de

material que se usará en el eje. Por cuestiones de precio se decidió utilizar el acero ASTM A36, el cual tiene un esfuerzo de fluencia de 250 MPa.

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1^2 \sigma_2^2 + \sigma_2^2} \quad (2.32)$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \quad (2.33)$$

Se empleo los criterios de Goodman modificado (ecuación 2.34) y ASME-elíptica (ecuación 2.35) para determinar el factor de seguridad por fatiga, además, se consideró que el eje estará sometido a un esfuerzo sinusoidal completamente invertido (figura 2.3).

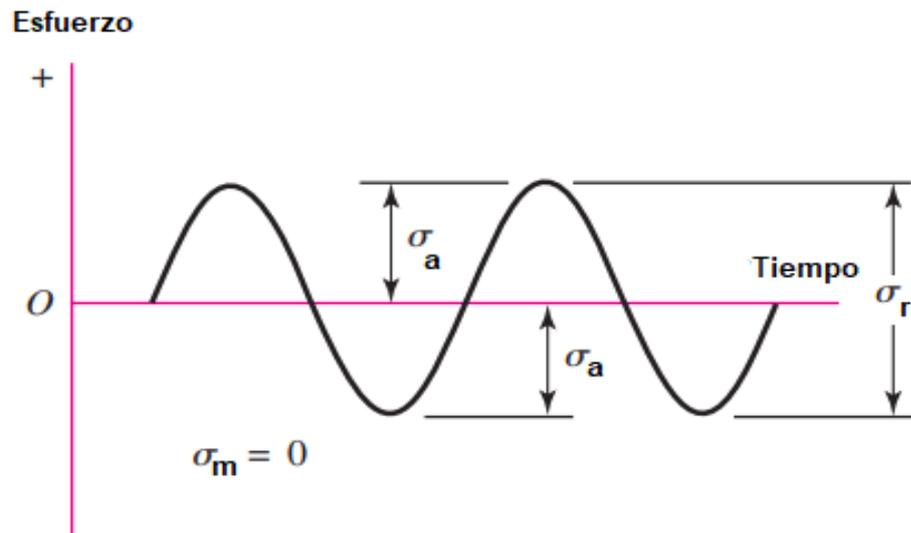


Figura 2.3 Relación Esfuerzo – Tiempo [Fuente:(Shigley, 1990)]

$$n_f = \frac{1}{\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}}} \quad (2.34)$$

$$n_f = \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{\sigma_a}{S_e}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_m}{S_y}\right)^2}} \quad (2.35)$$

## 2.7. Criterios para establecer el espesor de la hélice del tornillo dosificador

Según (ANDRÉS, 2013), la hélice se la puede modelar como una viga corta en voladizo como se indica en la figura 2.4, por tal razón podemos decir que la hélice estará sometida a esfuerzos de flexión, cortante y desgaste. Con las ecuaciones 2.36, 2.37 y 2.38 se definen respectivamente estos esfuerzos.

$$\sigma_f = \frac{M * c}{I} \quad (2.36)$$

$$\tau_c = \frac{3V}{2A} \quad (2.37)$$

$$\sigma_d = \frac{C_d * F * L}{3 * V_d} \quad (2.38)$$

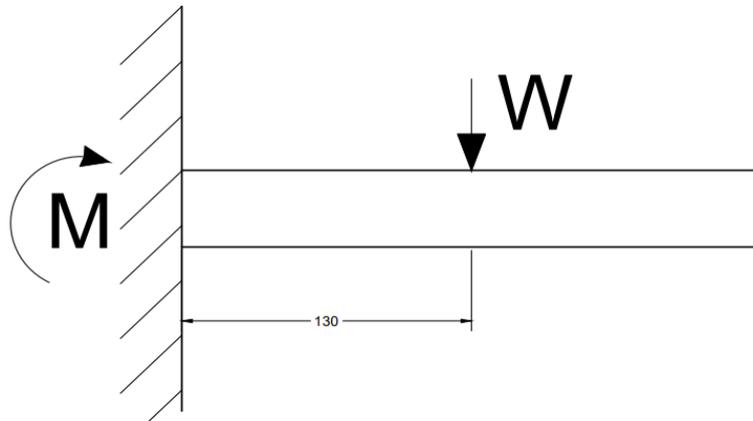


Figura 2.4 Representación de la hélice [Fuente: Elaboración Propia]

Definición de variables:

$c$ : distancia desde el eje neutro hasta la fibra exterior.

$I$ : Inercia con respecto al eje neutro.

$M$ : Momento flector máximo en la hélice

$V$ : fuerza cortante máxima

$A$ : Area transversal de la hélice

$C_d$ : Coeficiente de desgaste  $5 * 10^{-6}$  (ANDRÉS, 2013)

$V_d$ : volumen de desgaste

$\sigma_a$ : Esfuerzo alternante

$\sigma_m$ : Esfuerzo Medio

$S_e$ : Esfuerzo de fatiga

$S_y$ : Esfuerzo de fluencia

$S_{ut}$ : Esfuerzo ultimo a la tensión

$S$ : Módulo de resistencia [ $m^3$ ]

$T$ : Momento torsionante [Nm]

## 2.8. Sistema de Control para el Sistema de Dosificación

Para la parte de control se utilizó un variador de frecuencia que estará comandado por un PLC. Para garantizar que nuestro sistema de dosificación funcione correctamente es necesario diseñar un sistema de control que permita mantener el par del motor constante mientras que su frecuencia y voltaje cambia con el tiempo. En la ecuación 2.39 (Ángel & Pozueta, 2008) se presenta el par del motor en función de la frecuencia.

$$M = \left[ \left( m * \frac{R_2}{s} \right) / (\pi * f(1 - s)) \right] * \frac{(V_1)^2}{\left( R_1 + \frac{R_2}{s} \right)^2 + (X_{cc})^2} \quad (2.39)$$

Donde:

$R_2$ : Resistencia equivalente del rotor [ohm]

$m$ : Número de fases 1 (Ángel & Pozueta, 2008)

$d$ : Deslizamiento

$n$ : Velocidad de sincronismo en [rpm]

$R_1$ : Resistencia equivalente del estator [ohm]

$V_1$ : Tensión de fase del estator [V]

$X_{cc}$ : Reactancia de cortocircuito [ohm]

$f$ : Frecuencia [ Hz]

Para tener resultados cuantitativos se tomaron los resultados de la práctica de laboratorio (Castillo, 2019) donde se determina, mediante las pruebas de rotor bloqueado, de vacío y cd, los parámetros de una máquina asincrónica o de inducción que tiene características similares a la de nuestra máquina seleccionada. Los detalles para ejecutar la práctica de laboratorio, se explica en la sección de Apéndice-C.

De todas las variables presentadas en la ecuación 2.40, tenemos que el deslizamiento ( $s$ ) y la frecuencia ( $f$ ), son los parámetros que no se mantienen constantes. En la ecuación 2.41 y 2.42, se presenta la relación que existe entre deslizamiento y frecuencia.

$$A = \sqrt{10(10^{11}f^4 - 7.16 * 10^{13} * f^3 - 1.6 * 10^{15}f^2 - 5 * 10^{17}f + 7.3 * 10^{18})} \quad (2.40)$$

$$B = (10^9f^6 - 1.07 * 10^{13}f^5 + 2.8 * 10^4f^4 - 1.2 * 10^{17}f^3 + 2.43 * 10^8f^2 - 3.06 * 10^{20}f + 6.22 * 10^{21})\sqrt{10} \quad (2.41)$$

$$C = (10^{11}f^4 - 7.15 * 10^{13}f^3 + 1.61 * 10^{15}f^2 - 5.04 * 10^{17}f + 7.2 * 10^8)^{3/2} \quad (2.42)$$

$$d_1 = \frac{A * \sin\left(\frac{\sin^{-1}(10^6B)}{c}\right) + 5 * 10^5(f^2 - 4.05 * 10^3)}{1.5 * 10^6(f^2 + 7041.38)} \quad (2.43)$$

$$d_2 = -\frac{A * \sin\left(\frac{\sin^{-1}\left(10^6B + \frac{\pi}{3}\right)}{c}\right) - 5 * 10^5(f^2 - 4.05 * 10^3)}{1.5 * 10^6(f^2 + 7041.38)} \quad (2.44)$$

Con las ecuaciones 2.43 y 2.44, se procederá a elabora la simulación del sistema de control en Matlab. De la ecuación 2.22, obtenemos la ecuación 2.45.

$$Q = 84.25 n \quad (2.45)$$

## 2.9. Diseño de la tolva de alimentación

En el diseño de la tolva se empleará acero galvanizado, porque cuenta con un revestimiento de zinc. Con la ecuación 2.46 se determina el radio mínimo de la tolva ( $r$ ).

$$r = \sqrt{\frac{V_{tolva}}{\pi h}} \quad (2.46)$$

En la figura 2.5, se representa la distribución de presión sobre las paredes del mezclador.

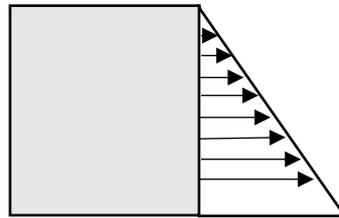


Figura 2.5 Distribución de presión [Fuente: Elaboración propia.]

La presión máxima ( $p$ ) se encuentra en la parte inferior del recipiente, con la ecuación 2.47 se determina esta presión.

$$p = \frac{mgh}{V_{tolva}} \quad (2.47)$$

Donde:

$m$ : Masa total en la tolva.

$h$ : Altura máxima de la tolva.

Los esfuerzos de la tolva son análogos a los esfuerzos de un cilindro de pared delgada, el cual está representado por las ecuaciones 2.48 y 2.49

$$\sigma_t = \frac{pd_i}{2t} \quad (2.48)$$

$$\sigma_l = \frac{pd_i}{4t} \quad (2.49)$$

Donde:

$\sigma_t$ : Esfuerzo tangencial [Pa].

$\sigma_l$ : Esfuerzo longitudinal [Pa].

$d_i$ : Diámetro interno [m].

$t$ : Espesor de la placa [m].

Para establecer el esfuerzo al que está sometida la placa, se emplea la teoría del esfuerzo cortante máximo, ecuación 2.50.

$$\sigma_e = \sigma_1 + \sigma_2 \leq S_y \quad (2.50)$$

### Comprobación de soldadura para la tolva

El tipo de soldaduras será considerado como si estas fueran juntas a tope, el esfuerzo medio sea en tensión o compresión se lo obtiene mediante la ecuación 2.51 (Shigley, 1990)

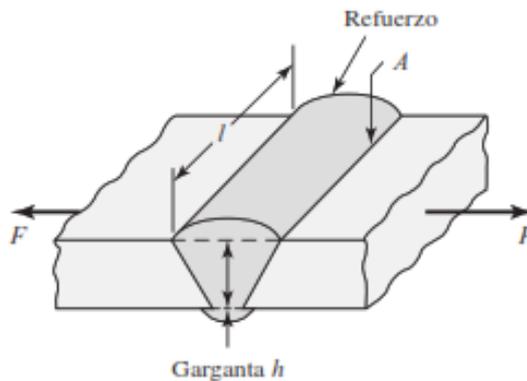


Figura 2.6 Unión a tope típica [Fuente: (Shigley, 1990)]

$$\sigma = \frac{F}{Lh_g} \quad (2.51)$$

Donde:

$\sigma$ : Esfuerzo normal medio [Pa]

$F$ : Carga sometida [N]

$h_g$ : Media de la garganta [m]

$L$ : Longitud de soldadura [m]

La carga en la soldadura está ligada con la presión máxima en la tolva como se muestra en la ecuación 2.52 (Shigley, 1990).

$$F_1 = \frac{p * d_i * h}{2} \quad (2.52)$$

Los esfuerzos cortantes y normales se relacionan por medio del esfuerzo de Von Mises el cual está determinado por la ecuación 2.53.

$$\sigma' = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad (2.53)$$

Donde:

$\sigma'$ : Esfuerzo de Von Mises [Pa].

$\sigma$ : Esfuerzo normal [Pa].

$\tau$ : Esfuerzo cortante [Pa].

El factor de seguridad estático de la soldadura se determina con la ecuación 2.54.

$$n = \frac{S_y \text{ metal base}}{\sigma'} \quad (2.54)$$

## 2.10. Diseño del tornillo del sistema de mezclado

Para el diseño del tornillo mezclador, se sugiere el procedimiento empleado por (Gómez & Mitau, 2006). El volumen de mezcla se establece con la ecuación 2.55.

$$V = \frac{\pi D^2 S}{4} \quad (2.55)$$

Donde:

D: Diámetro del tornillo [m]

S: Paso del tornillo [m]

El rendimiento teórico del tornillo se presenta en la ecuación 2.56.

$$Q_m = 15\pi D^2 S n \delta \quad (2.56)$$

Donde:

$Q_m$ : rendimiento del tornillo

n: velocidad de giro del tornillo [RPM]

$\delta$ : densidad del producto [ $Kg/m^3$ ]

### Cálculo de la potencia requerida

La potencia general es la suma de 3 potencias individuales:

P1: potencia para girar sin carga

P2: Potencia para vencer la resistencia del material

P3: Potencia para transportar el material

El peso lineal del eje por medio de la ecuación 2.57.

$$W_o = A * \rho \quad (2.57)$$

Donde:

A: área transversal del eje

$\rho$ : densidad del eje

La potencia requerida para que el tornillo gire sin cargas se obtiene de la ecuación 2.58.

$$P1 = \frac{W_o * L * D * n * \rho}{14000} \quad (2.58)$$

Donde:

L: Longitud del eje [m]

D: Diámetro externo del tornillo [m]

n: velocidad de giro del tornillo

$\rho$ : Coeficiente de longitud del tornillo

**Tabla 2.6 Coeficiente de longitud del tornillo**

**[Fuente: (Gómez & Mitau, 2006)]**

L [m]	1	3	5	10	15	25	40
$\rho$	5	3	2	1,5	1,3	1,2	1,1

La potencia requerida para vencer la resistencia del sistema está dada por la ecuación 2.59.

$$P2 = \frac{0.013 * L1 * Q_m * K * D}{S} \quad (2.59)$$

Donde:

L1: Longitud efectiva de la hélice [m]

Qm: rendimiento real del tornillo [T/h]

K: Coeficiente del material a transportar

S: Paso del tornillo [m]

**Tabla 2.7 Valores de K a partir del material [Fuente: (Gómez & Mitau, 2006).]**

Material	K
Cereal	0.2
Polvo de carbol y harinas	0.25
Cemento y yeso	0.4
Arena y arcilla	0.7
Cuarzo	0.9
Escoria seca	1.4

La potencia requerida para movilizar el material y la potencia resultante se representan en las ecuaciones 2.60, 2.61, respectivamente.

$$P3 = \frac{Q_m * h}{270} \quad (2.60)$$

$$P = P1 + P2 + P3 \quad (2.61)$$

### **Cálculo de las cargas sobre el alabe**

Se considera el alabe como una viga empotrada en voladizo sometida dos cargas individuales, que son el peso del alabe y la generada por la presión de la carga.

En la ecuación 2.62 utilizada por (Gómez & Mitau, 2006) se define el peso del alabe.

$$q_{hel} = \frac{\pi(D^2 - d^2) * t * \rho_{hel}}{4 * \left(\frac{D - d}{2}\right)} \quad (2.62)$$

Donde:

d: Diámetro interior del tornillo [m]

t: Espesor de la hélice [m]

$\rho_{hel}$ : Densidad de la hélice [ $Kg/m^3$ ]

La carga ejercida por el peso del material y la carga resultante se establece en las ecuaciones 2.63 y 2.64, respectivamente.

$$q_{mat} = \frac{\pi(D^2 - d^2) * S * \rho_{mat}}{4 * \left(\frac{D - d}{2}\right)} \quad (2.63)$$

$$q_R = q_{mat} + q_{hel} \quad (2.64)$$

Las reacciones del apoyo y el momento flector se presentan en las ecuaciones 2.65, 2.66, respectivamente.

$$R_a = q * \left(\frac{D - d}{2}\right) \quad (2.65)$$

$$M_a = -q * \frac{\left(\frac{D - d}{2}\right)^2}{2} \quad (2.66)$$

El esfuerzo en la superficie superior del alabe, se determina con la ecuación 2.67

$$\sigma = \frac{M_a y}{I} \quad (2.67)$$

Donde:

$M_a$ : Momento flector [ $N*m$ ]

y: Distancia desde la línea neutra hasta la fibra superior

I: Momento de inercia de la sección

El esfuerzo cortante se calcula por medio de la ecuación 2.68.

$$\tau = \frac{3V}{2(trd)} \quad (2.68)$$

Donde:

V: Fuerza cortante

Con las ecuaciones 2.69, 2.70, se establecen los coeficientes de seguridad para el esfuerzo de flexión, esfuerzo cortante, respectivamente.

$$n_m = \frac{S_y}{\sigma} \quad (2.69)$$

$$n_c = \frac{S_{sy}}{\tau} \quad (2.70)$$

### Resistencia de la soldadura del alabe

Para el cálculo de la resistencia, se sigue modelando el alabe como una viga en voladizo, la cual será soldada por ambos lados al eje.

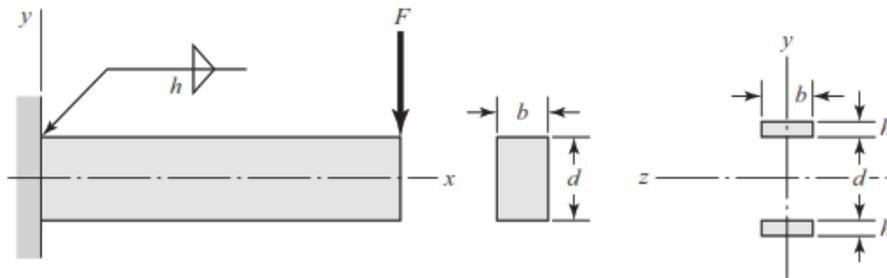


Figura 2.7 Voladizo de la sección transversal rectangular

fuelle:(Shigley, 1990)]

En el caso de viga empotrada tenemos una fuerza cortante y un momento que producen esfuerzos cortantes, establecidos en las ecuaciones 2.71 y 2.72.

$$\tau' = \frac{V}{A_g} \quad (2.71)$$

$$\tau = \frac{M * c}{I} \quad (2.72)$$

Donde:

V: Fuerza cortante [N]

$A_g$ : Area de garganta [ $m^2$ ]

M: Momento flector [Nm]

C: Distancia desde la fibra neutral hasta el filete de soldadura [m]

I: Momento de inercia de la soldadura

El esfuerzo cortante resultante, se establece en la ecuación 2.73.

$$\tau_r = \sqrt{\tau'^2 + \tau^2} \quad (2.73)$$

El valor del esfuerzo cortante neto se debe comparar con la resistencia de material que se va a soldar. El esfuerzo cortante permisible para estimar el factor de seguridad está dado por la ecuación 2.74 (Shigley, 1990):

$$\tau_{perm} = 0.3 S_y \quad (2.74)$$

El factor de seguridad para la soldadura se determina con la ecuación 2.75.

$$\eta = \left| \frac{\tau_{perm}}{\tau_r} \right| \quad (2.75)$$

En la figura 2.8 se presenta un bosquejo de lo que se pretende diseñar con la metodología presentada.

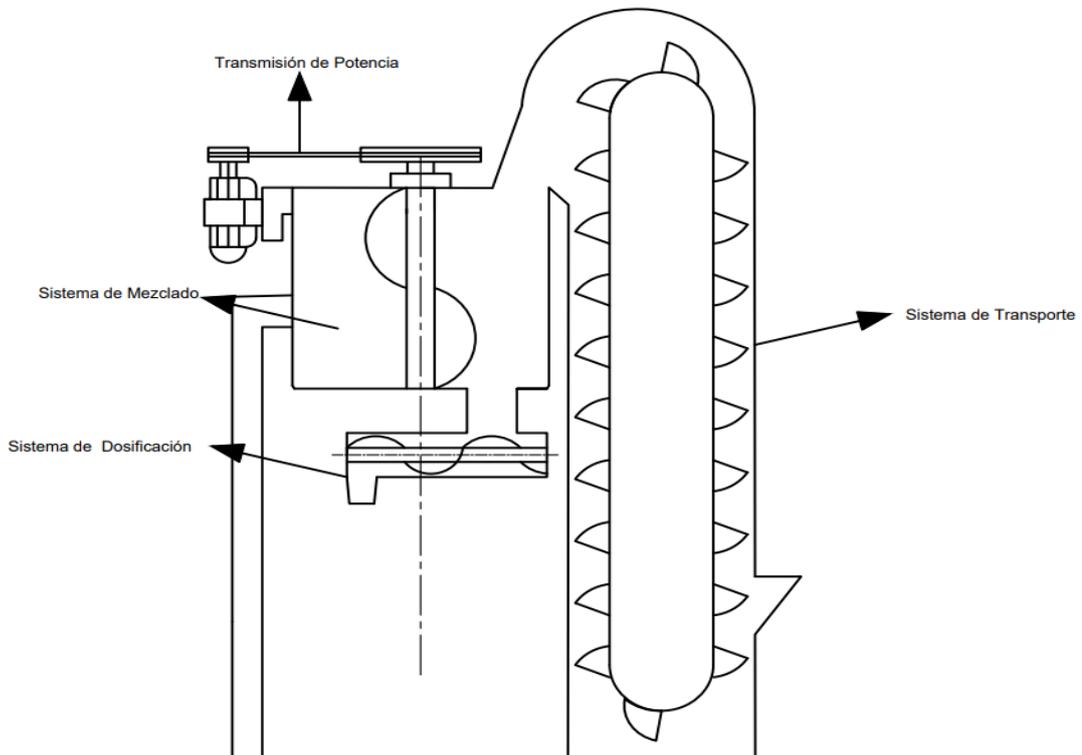


Figura 2.8 Bosquejo del diseño final [Fuente: Elaboración propia.]

# CAPÍTULO 3

## 3. Resultados y análisis

### 3.1. Resultados del diseño para el Sistema de Transporte

Para el sistema de transporte se tiene un elevador de cangilones con descarga centrífuga. En el apéndice A se presentan los cálculos para el diseño y en la tabla 3.1 los resultados obtenidos para este equipo.

**Tabla 3.1 Dimensiones del elevador de cangilones**

**[ Fuente: Elaboración Propia]**

Dimensiones	Resultado
Altura de descarga	0.63 [m]
Alcance de descarga	0.54 [m]
Distancia entre tambores (motriz y conducido)	3.22 [m]
Radio de curvatura	0.229 [m]
Longitud de banda	7.467 [m]
Velocidad de banda	1.03[m/s]
Velocidad Angular	6.55 [rad/s]
Periodo del tambor motriz	0.96 [s]
Masa de material que se transporta en un tiempo igual al periodo	1.86 [Kg]
Peso del material en el cangilón	11.3 [N]
Masa de material que transportara cada cangilón	0.93 [Kg]
Volumen de material que transportara cada cangilón	1.31 [L]
Separación entre cangilones	0.5193 [m]
Número de cangilones	14
Cangilón seleccionado	B- 281 Marca 4B
Tensión lineal en la banda	3.76 [ kgf /m]
Tensión efectiva en la banda	274.2 [N]
Banda seleccionada	2 PLY 220 hule 1/8 x 1/16

Potencia para seleccionar el motor	1 [hp]
Fuerza centrífuga de descarga	11.3 [N]

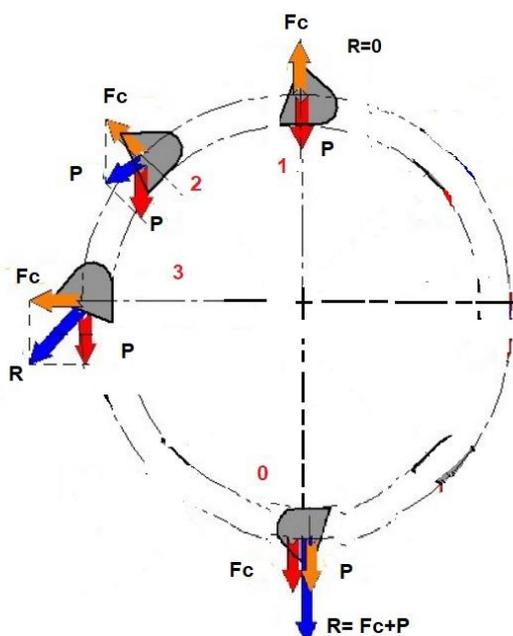


Figura 3.1 Fuerzas de Descarga [ Fuente: (ALDO GAROFOLI, 2014)]

En función de los resultados obtenidos, se puede decir que hemos conseguido que la fuerza centrífuga con el peso del material en el cangilón sea igual en magnitud, en la posición 1 de la figura 3.1.

Como la fuerza centrífuga es igual a la fuerza generada por el peso, podemos decir que el material en la posición 1, está en reposo y que la descarga comienza inmediatamente después de que el cangilón cruce la posición 1, el proceso de descarga continuará hasta la posición 2 y en la posición 3 el cangilón estará completamente vacío (ALDO GAROFOLI, 2014).

Nuestro elevador de cangilones es de 7 toneladas, este valor puede aumentar como también disminuir al cambiar el material a transportar, en este caso puede que la densidad sea mayor o menor, variando así la capacidad del transportador.

### 3.2. Resultados del diseño para el sistema de almacenamiento y mezclado.

La tolva cilíndrica que se diseñó tiene como dimensiones 1,2 m de altura y un diámetro de 0,8 m para poder cumplir con el requerimiento del cliente. El diseño

de la tolva cuenta con un soporte para el rodamiento del eje del tornillo mezclador, así también como los orificios pasantes para acoplar el sistema de dosificación en la parte inferior de la tolva. Las soldaduras se deben realizar por medio por 8 cordones de 50 mm cada uno y un espaciado de 100 mm entre ellos, obteniendo un factor de seguridad dinámico de 4 para las soldaduras además se determinó como material el uso de acero inoxidable AISI 304 ya que es resistente al alto efecto corrosivo del medio de trabajo. Para el sistema de mezclado se diseñó un tornillo helicoidal, en la tabla 3.5 se muestran los parámetros de diseño.

**Tabla 3.2 Dimensiones del sistema de mezclado**  
[ Fuente: Elaboración Propia]

Parámetros de diseño	Resultado
Diámetro del Tornillo	250 [mm]
Velocidad del Tornillo	60 RPM
Longitud del tornillo	0.80 [m]
Paso del Tornillo	170 [mm]
Diámetro del eje	30 [mm]
Flujo de material	6.1 [Kg/s]
Potencia del motorreductor seleccionado	3/4 [hp]
Espesor de hélice	1.5 [mm]

Los alabe del tornillo se diseñaron con acero inoxidable 304 de 1,5 mm de espesor y al realizar los cálculos respectivos indicados en el capítulo anterior se obtuvo un factor de seguridad de 19.93 para momento flector y 17.90 para el momento cortante. En el análisis a las soldaduras realizadas al eje se obtuvo un factor de seguridad de 18,36 para el momento y 12,42 para el cortante.

### 3.3. Resultados del Diseño para el Sistema de Dosificación.

Para el sistema de dosificación, se tiene un dosificador tipo tornillo sin- fin. En la tabla 3.6 se presenta las dimensiones del dosificador.

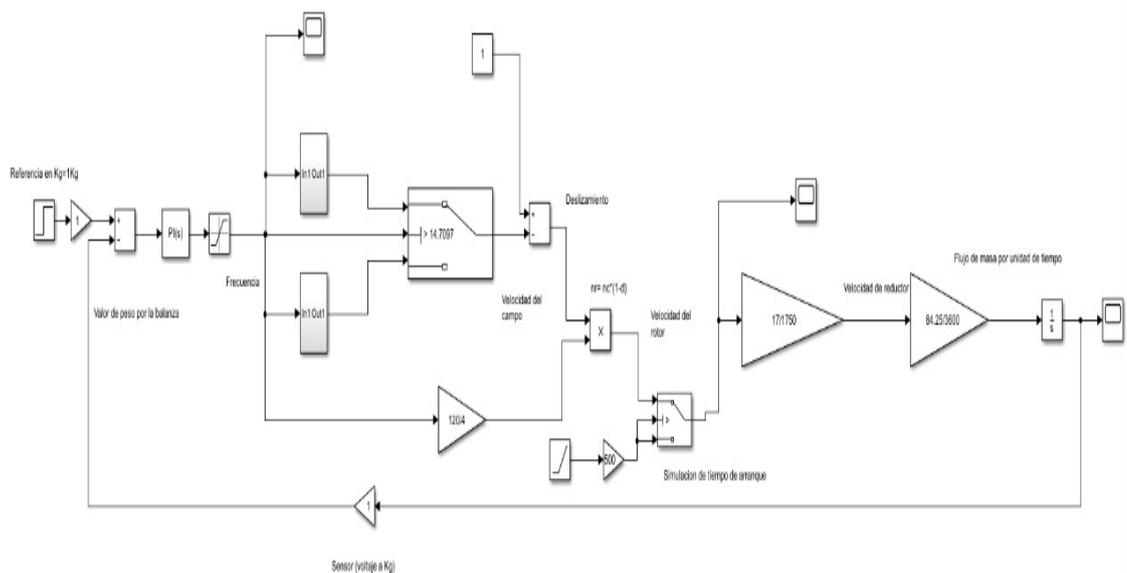
**Tabla 3.3 Dimensiones del sistema de dosificación**  
**[ Fuente: Elaboración Propia]**

Parámetros de diseño	Resultado
Diámetro del Tornillo	29 [cm]
Velocidad del Tornillo	17 rpm
Longitud del tornillo	0.60 [m]
Paso del Tornillo	10 [cm]
Diámetro del eje	30 [mm]
Flujo de material	0.39 [Kg/s]
Potencia del motorreductor seleccionado	0.25 [hp]
Espesor de hélice	1.5 [mm]

En el Anexo B se presenta el motorreductor, variador de frecuencia, PLC, módulo de ampliación, indicador, celda de carga seleccionados y las conexiones entre los elementos para el sistema de dosificación.

### 3.4. Modelamiento en Matlab del Sistema de control

Con las ecuaciones 2.44, 2.45 y 2.46 se formuló la simulación en la plataforma Simulink, en la figura 3.2 se presenta el diagrama de bloques.



**Figura 3.2 Diagrama de bloques [ Fuente: Elaboración Propia]**

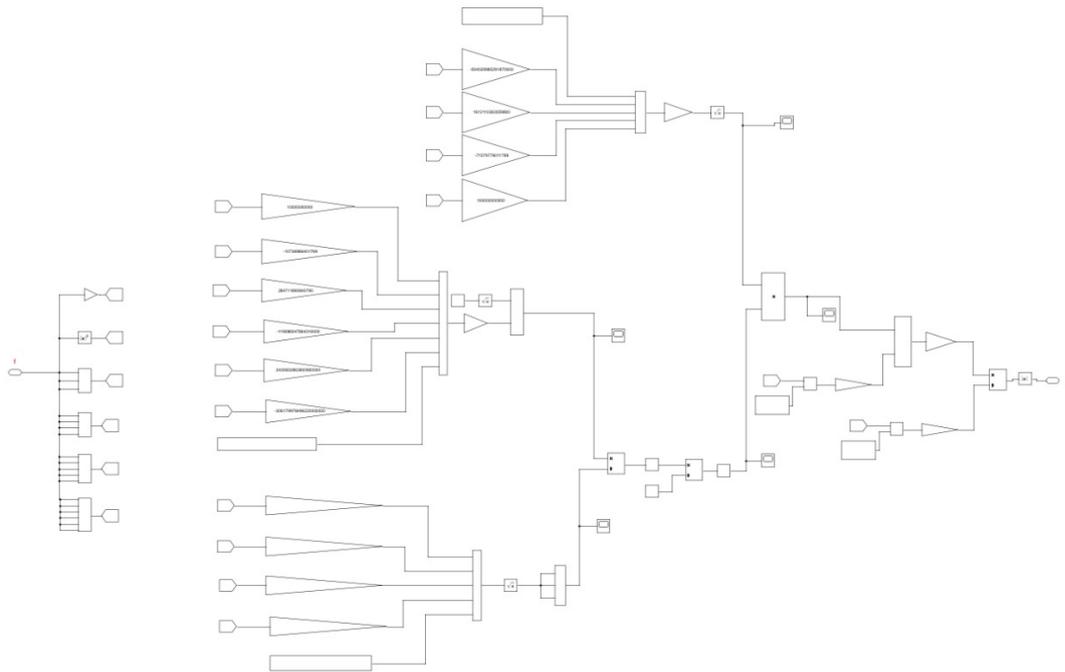


Figura 3.3 Diagrama de bloques del deslizamiento [ Fuente: Elaboración Propia]

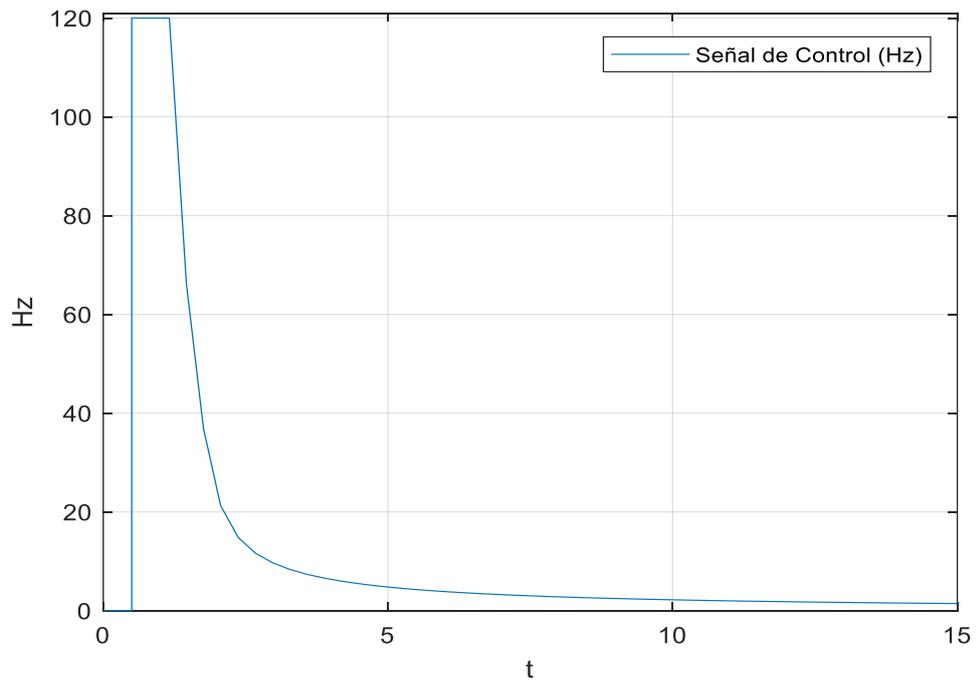


Figura 3.4 Salida del Controlador [Hz] Vs Tiempo [s] [ Fuente: Elaboración Propia]

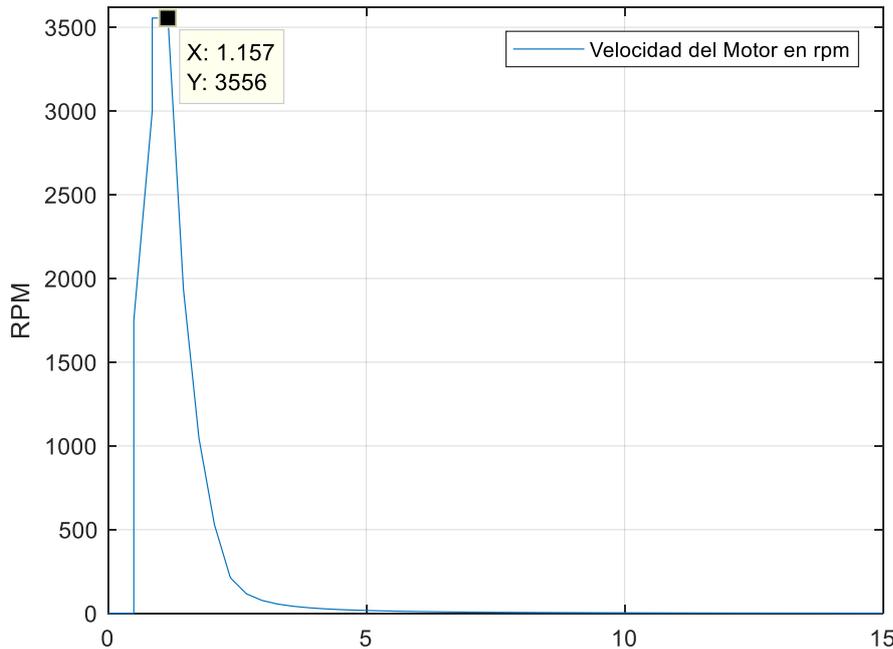


Figura 3.5 Velocidad del Rotor [rpm] Vs. Tiempo [s] [ Fuente: Elaboración Propia]

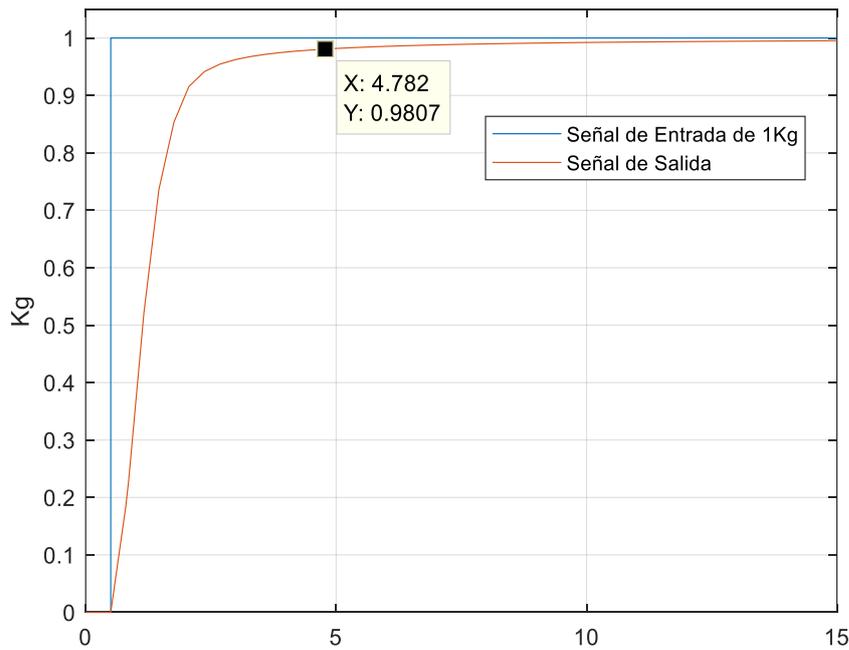


Figura 3.6 Entrada y Salida de la Planta Vs. Tiempo [s] [ Fuente: Elaboración Propia]

En la figura 3.4, se puede observar que, en nuestro modelo, en el instante que cambia el valor de entrada de cero a un kilogramo, la salida en el controlador (PI) toma el valor máximo de la saturación de 120 [Hz], debido a que en ese instante el error es máximo. El error máximo se presenta cuando la celda de carga tenga 0 Kg (empieza el llenado).

En la figura 3.5, se observa que el motor alcanza su velocidad máxima (3556 rpm), en un tiempo de 1.15 segundos y después de los 1.15 segundos su velocidad estará en función del error que ingresa al controlador PI. A medida que aumenta el tiempo, la funda alcanza su peso máximo y en ese momento el error es cero.

En la figura 3.6, se encuentra los valores de entrada y salida de la planta y se observa que en el instante en que se enciende la planta, esta toma un valor de referencia de 1 [Kg] que sería nuestra función escalón y el valor de la salida comienza a crecer amortiguadamente hasta tomar el valor de la referencia [ 1 Kg], donde el error porcentual da cero en un tiempo de estabilización de 4.7 [s], es decir, que para llenar una funda se necesitara 4.7 segundos.

En el cálculo para determinar el espesor de hélice se obtuvo una dimensión de 0.63 [mm], considerando los criterios de ASME, donde el esfuerzo de tensión admisible es el 60 % del esfuerzo de fluencia del material y el esfuerzo cortante admisible es el 40 % del esfuerzo de fluencia del material (ANDRÉS, 2013). El espesor final de la hélice se dejó en 2 [mm], siendo conservador con un factor de seguridad de 1.3, podría fabricarse la hélice con plancha de espesor 1.5 [mm], pero tendría más posibilidad de fallar a un mínimo aumento de carga.

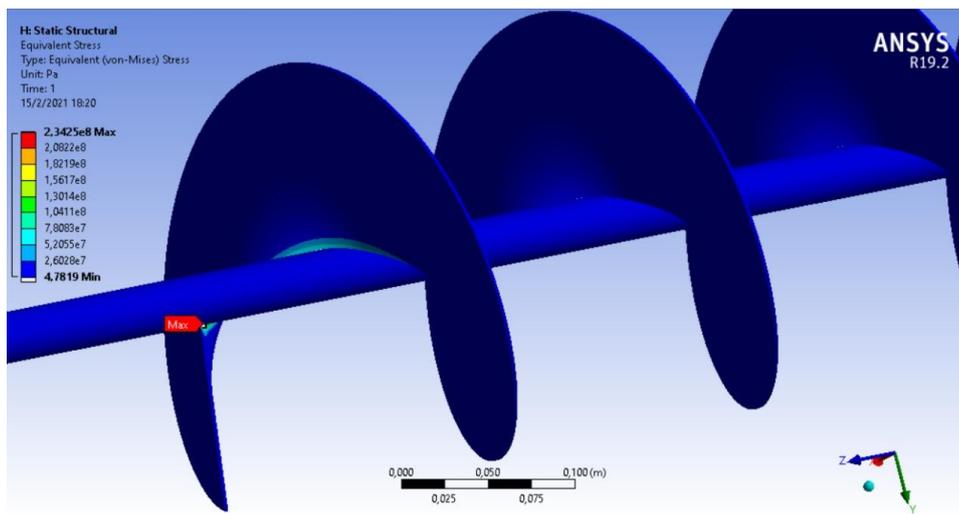
Para el diseño del eje, iniciamos los cálculos considerando un eje de 30 [mm] siendo que del análisis estático se obtuvo un factor de seguridad de 7.23 y en el análisis dinámico se obtuvo un factor de seguridad de 2 aplicando el método de Goodman Modificado y con la metodología de ASME se obtuvo un factor de seguridad de 4. El material que se utilizó para el diseño del eje es el acero ASTM A36. En la tabla 3.7 se presenta los resultados de los esfuerzos a los que está sometido el eje, y se puede observar que en nuestro eje el esfuerzo que más predomina es el de torsión.

**Tabla 3.4 Esfuerzos en el eje de la dosificación [ fuente: Elaboración Propia]**

Esfuerzo	[MPa]
Flexión	1.7
Torsión	19.7
Cortante por flexión	0.08525

### 3.5. Análisis por medio de elementos finitos en el software ANSYS

Se realizó un análisis de métodos numérico dentro del software ANSYS, para los elementos críticos como la tolva o el tornillo helicoidal del sistema de mezclado, los resultados para cargas dinámicas se pueden apreciar en las figuras 3.7, 3.8 y 3.9. En donde se corrobora que para el alabe, la zona critica es la más propensa al eje, ya que es la zona con mayor esfuerzo por el momento flector, comprobando que el factor de seguridad dinámico es 1.70. Por otro lado, en la figura 3.9 se aprecia los efectos de la deformación que causa el material sobre la parte inferior de la tolva, comprobando que si es adecuado el espesor seleccionado.



**Figura 3.7 Esfuerzos sobre la hélice [ Fuente: Elaboración Propia]**

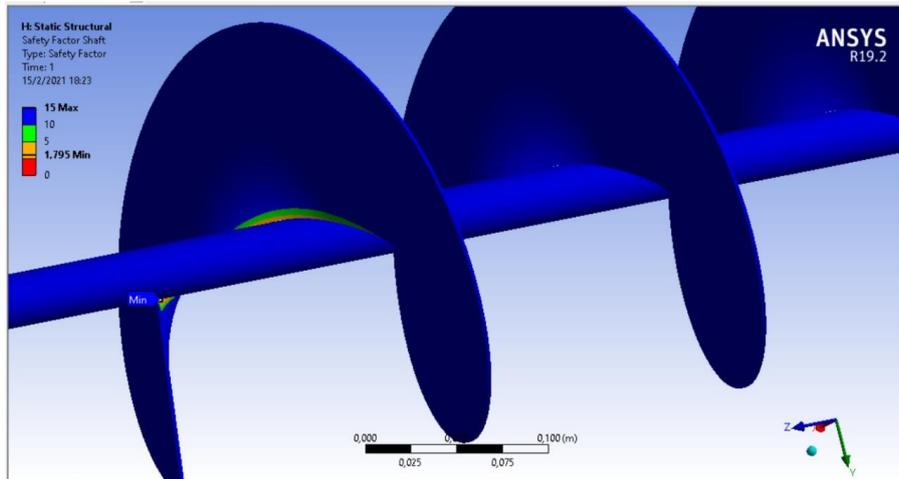


Figura 3.8 Factores de seguridad sobre la hélice [ Fuente: Elaboración Propia]

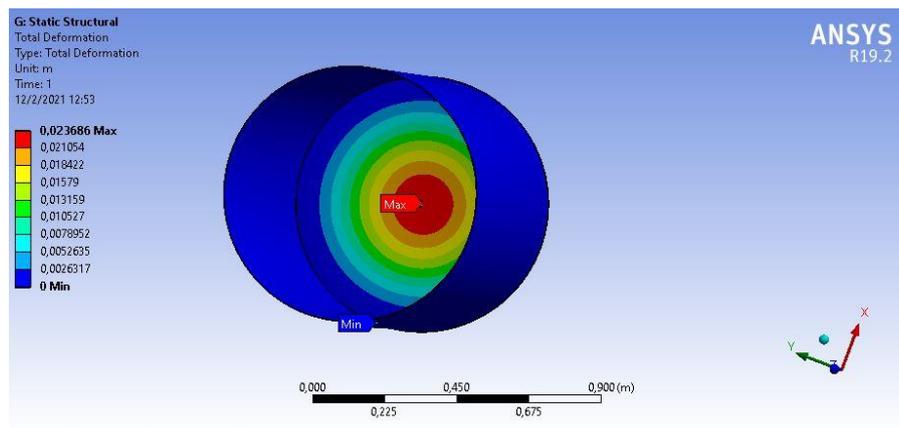


Figura 3.9 Deformación de tolva [ Fuente: Elaboración Propia]

### 3.6. Análisis de costos

Para determinar el costo final de equipo es necesario establecer los costos directos, que están compuestos por: costo de materiales, mano de obra y el costo de diseño.

Los costos de materiales y equipos se pueden apreciar en la tabla 3.13 de una forma detallada para cada sistema que lo compone.

El costo de mano de obra está conformado por: maquinado, soldaduras y ensamble, además, de los accesorios necesarios para el ensamble como pernos, rodamientos y chavetas. Estos costos se especifican en la tabla 3.14.

**Tabla 3.5 Costo de materiales [ Fuente: Elaboración Propia]**

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Total</b>
<b>Tolva y soporte</b>			<b>\$ 213,21</b>
Plancha de acero galvanizado 2mm	2 1/2	51	\$ 127,50
Tubo cuadra de 1"x1.2mmx6m	3	28,57	\$ 85,71
<b>Sistema de mezclado</b>			<b>\$ 330,20</b>
Eje macizo d=30mm AISI 304	1/2	27,65	\$ 13,83
Plancha de acero galvanizado 2mm	1/8	51	\$ 6,38
Motorreductor 3/4HP 60 RPM	1	310	\$ 310,00
<b>Sistema de dosificador</b>			<b>\$ 1.563,11</b>
Eje macizo d=30mm AISI 304	1/2	27,65	\$ 13,83
Plancha de acero galvanizado 2mm	1/4	51	\$ 12,75
Motorreductor 1/4HP 17 RPM	1	313,13	\$ 313,13
Variador de frecuencia siemens V20	1	274	\$ 274,00
Programador lógico programable siemens S7-1200	1	497	\$ 497,00
Módulo de Ampliación SB1224	1	206	\$ 206,00
indicador JWI- 700 W	1	246,4	\$ 246,40
<b>Sistema de transporte</b>			<b>\$ 2.694,50</b>
Plancha de acero galvanizado 2mm	3	51	\$ 153,00
Tambor motriz 315mmx400mm	2	218	\$ 436,00
Banda 400mmx8m	1	540	\$ 540,00
Cangilones B-281 de 2 Kg	14	55	\$ 770,00
motor WEG 1 HP, 1750 RPM	1	171,5	\$ 171,50
Reductor helicoidal siemens Z38-K4-71	1	624	\$ 624,00
<b>Total</b>			<b>\$ 4.801,02</b>

Finalmente, el costo de diseño es el que el diseñador cobra por el trabajo realizado, en donde incluye: diseño, planos, cotización. Este costo representa el 10 por ciento del costo de la maquinaria (costo de materiales y mano de obra) y se encuentra calculado en la tabla 3.15.

**Tabla 3.6 Costo mano de obra y accesorios [ Fuente: Elaboración Propia]**

<b>Descripción</b>	<b>Precio</b>
Mano de obra soldador	\$ 1.100,00
Mano de obra mecanización	\$ 230,00
Ensamble e instalación	\$ 200,00
Rodamientos	\$ 40,00
Pernos y tornillos	\$ 18,00
Chavetas	\$ 6,00
<b>Total</b>	<b>\$ 1.594,00</b>

**Tabla 3.7 Costo de diseño [ Fuente: Elaboración Propia]**

<b>Descripción</b>	<b>Precio</b>	<b>Total</b>
Costo de diseño	10% del costo del proyecto	\$ 639,50

**Tabla 3.8 Costo total del proyecto [ Fuente: Elaboración Propia]**

<b>Descripción</b>	<b>Precio</b>
Costos materiales	\$ 4.801,02
Costo mano de obra	\$ 1.594,00
costo de diseño	\$ 639,50
<b>Costo total del proyecto</b>	<b>\$ 7.034,52</b>

# CAPÍTULO 4

## 4. Conclusiones y recomendaciones

### 4.1. Conclusiones

- El diseño de la maquinaria está enfocado a reducir los costos de producción en un vivero, permitiendo llenar 1000 fundas de 1 Kg en una hora y 20 minutos, reduciendo el tiempo de trabajo a una sexta parte en comparación del trabajo artesanal.
- El dosificador de tornillo sin fin estará a una altura de 1,4 m, para que el operario realice el proceso de llenado, en una postura erguida, evitando daños de salud laboral. Este se diseñó aplicando los conceptos de ingeniería mecánica y softwares de diseño para Ingeniería como Inventor, ANSYS y Matlab.
- El elevador de cangilones empleara 6 minutos para transportar 720 kilogramos de sustrato, este diseño se logró observando otros diseños, aplicando los conceptos de ingeniería mecánica y software de diseño para Ingeniería como Inventor, AutoCAD.
- La capacidad del elevador es susceptible a cambios, si las condiciones físicas de la materia orgánica o de la arcilla cambian, el peso específico del sustrato también sufriría cambios, modificando la capacidad del elevador.

### 4.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar un plan de mantenimiento correctivo y preventivo para el equipo, con el fin de prolongar la vida útil del equipo y prevenir daños graves repentinos.
- Se recomienda colocar un autotransformador en el sistema de dosificación para vencer la inercia del sistema y lograr un control más adecuado cuando el error es máximo.
- Se recomienda mantener una densidad aproximada de 850 [Kg/m<sup>3</sup>] en la mezcla, para que la capacidad del elevador se mantenga en 7 ton/hora.

- Para la construcción de la maquinaria se recomienda realizar pruebas en el sistema de dosificación para obtener una mejor exactitud, ya que analizando los resultados se puede compensar el sistema.

# BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, J. (2012). *Diseño de un Elevador de Cangilones para un Sistema de Recirculación de Arena de Moldeo con Capacidad de 50 ton/Día*. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/30955/D-79688>.
- ANDRÉS, R. G. P. (2013). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE DOSIFICACIÓN DE MICRONUTRIENTES PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA AVIPAZ CÍA. LTDA.*
- Ángel, & Pozueta. (2008). *Máquinas Eléctricas II*. [https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2806/course/section/2597/04\\_Maquinas asíncronas o de Induccion.pdf](https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2806/course/section/2597/04_Maquinas_asincronas_o_de_Induccion.pdf)
- Cangas, J & Chaguamate, C. (2007). *Diseño y construcción de una maquina semiautomática gravimétrica para el llenado con tierra de bolsas usadas en viveros forestales*. <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/251/1/CD-0656.pdf>
- Castillo, V. (2019). *PARÁMETROS DE LA MÁQUINA ASINCRÓNICA*.
- Dardo, G. (2009). *MÁQUINAS DE ELEVACION Y TRANSPORTE*. <https://fdocuments.ec/document/24729435-maquinas-de-elevacion-y-transportepdf.html>
- Gómez, A. M., & Mitau, J. (2006). *DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MEZCLADORA (80 kg/semana) Y DOSIFICADORA (1 kg) DE POLVOS FINOS (café, cacao, azúcar, leche, etc.), Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO*. 188. <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/277/T-ESPE-014378.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Industrias I 72.02. (2015). *Industrias I 72.02 – 92.02*. 2–27. [http://materias.fi.uba.ar/7202/MaterialAlumnos/08\\_ApunteTteSolidos.pdf](http://materias.fi.uba.ar/7202/MaterialAlumnos/08_ApunteTteSolidos.pdf)
- KATTY, R. (2013). *EL MERCADO DE FLORICULTORES Y SU INCIDENCIA EN EL DESARROLLO TURISTICO DEL CANTÓN MILAGRO*.
- KOSBEST. (n.d.). *MEZCLADOR INDUSTRIAL*. <https://www.kosbest.com/encyclopedia/mezclador-industrial.html>
- Lleal, S.. (2016). *Mezcladoras de sólidos*. 1–19. <http://www.interempresas.net/Laboratorios/FeriaVirtual/Producto-Mezclador-en-V-66690.html>
- María, S. (2020). *La capacidad de cultivo de flores de Ecuador suma USD 900 millones*

*Este contenido ha sido publicado originalmente por Diario EL COMERCIO en la siguiente dirección: <https://www.elcomercio.com/actualidad/venta-local-flores-negocios-economia.html>. Si está pe. <https://www.elcomercio.com/actualidad/venta-local-flores-negocios-economia.html#:~:text=Según cifras de la Asociación, quedan en el mercado local.>*

Norton, R. (2011). *Diseño de Máquinas: Un enfoque integrado*.

Ortega, H., & Carrillo, A. (2011). *Diseño y construcción de una máquina dosificadora de masa para la elaboración de humitas para la empresa "Del Valle Lojano."*

Osorio Orellana, D. E. (2018). *Estudio, puesta en marcha y proposición de ensayos para un transportador de tornillo de laboratorio*. 104.

Ruvalca, P. (n.d.). *Unidad 5 - Transportadores mecánicos y neumáticos - Operaciones Unitarias I A*. <https://sites.google.com/site/operacionesunitariasia/paulina-montserrat-pinedo-ruvalcaba/unidad-v-transportadores-mecanicos-y-neumaticos>

Shigley, J. (1990). *Diseño en ingeniería mecánica* (McGraw-Hill (ed.); 4th ed.).

Universidad Central de las Villas. (2008). *Tablas de Referencia*. <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/tablas-de-referencia.pdf>

Walle, R. (2003). *Módulo de Viveros*. 18. [https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2573/1/211602\\_0344\\_módulo de viveros.pdf](https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2573/1/211602_0344_módulo_de_viveros.pdf)

# APÉNDICES

## APÉNDICE A

A continuación, se presenta los cálculos realizados para el diseño del elevador de cangilones tipo centrifugo.

$$V = \frac{0.54}{\sqrt{2 * \frac{0.63}{9.8}}} = 1.5 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

$$R = \frac{V^2}{9.8} = 0.229 [m]$$

$$R_{tm} = R - e_{banda} - B_{proyeccion}/2 = 0.229 - 0.00782 - 0.0635 = 157.6$$

$$\omega = \frac{V}{R} = \frac{1.5}{0.229} = 6.55 \frac{rad}{s}$$

$$l_{banda} = (2 * \pi * R_{tm}) + (2 * C) = (2\pi * 157.5) + (2 * 3226.48) = 7.4 [m]$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{6.55} = 0.96 [s]$$

$$Q = 7 \left[ \frac{ton}{hora} \right] * \frac{1000Kg}{1[ton]} * \frac{1[hora]}{3600[s]} * 0.96 [s] = 1.86 [Kg]$$

$$Q_{cangilón} = \frac{Q}{2} = 0.93 [Kg]$$

$$V_{cangilón} = \frac{Q_{cangilón}}{\rho} * 1.2 = \frac{0.93}{850.34} * 1.2 = 1.3 [lt]$$

$$h_{separacion} = \frac{[2\pi * (R_{tm} + e_{banda})]}{2} = \frac{[2\pi * (0.1575 + 0.00782)]}{2} = 51.93 [cm]$$

$$I_{\#cangilones} = \frac{l_{banda}}{h_{separacion}} = \frac{7.4}{0.5193} = 14 \text{ cangilones}$$

$$V_{banda} = \omega * R_{tm} = 6.55 * 0.1575 = 1.03 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

$$W = 7 \left[ \frac{ton}{hora} \right] * \frac{1000Kg}{1[ton]} * \frac{1[hora]}{3600[s]} = 1.94 \left[ \frac{Kg}{s} \right]$$

$$T_{banda} = \frac{W}{V_{banda}} = \frac{1.94}{1.03} * 2 = 3.76 \left[ \frac{Kg}{m} \right]$$

$$T_{EB} = T_{banda} * l_{banda} * 9.8 = 3.76 * 7.4 * 9.8 = 274.2 [N]$$

$$R_{bota} = R_{tm} + e_{banda} + 0.127 + 0.030 = 0.322 [m]$$

$$L_{bota} = A + 0.020 + 0.050 = 0.305 + 0.020 + 0.050 = 0.375 [m]$$

$$V_{bota} = \pi(R_{bota})^2 * L_{bota} = 0.122 [m^3]$$

$$W_{bota} = V_{bota} * 850,34 \left[ \frac{Kg}{m^3} \right] * 9.8 = 1016.6 [N]$$

$$M_{cangilon} = 850.34 \left[ \frac{Kg}{m^3} \right] * 0.00135 [m^3] = 1.148 [Kg]$$

$$W_{cangilon} = 1.148 [Kg] * 9.8 \left[ \frac{m}{s^2} \right] = 11.25 [N]$$

$$A_n = \frac{V}{R_{tm}} = \frac{1.5^2}{0.157} = 14.28 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

$$N = F_{centrípeta} + W_{cangilón} = 1.148 * 14.28 + 11.25 = 27.64 [N]$$

$$F_e = 0.9 * 27.64 = 24.87 [N]$$

$$F_{neta} = (11.25 + 19.6) * \frac{14}{2} + 24.87 = 240.82 [N]$$

$$P_{motor} = F_{neta} * V * n = 240.82 * 1.5 * 2 = 722.46 \text{ watt} = 0.96 \text{ hp}$$

En la figura 5.1, 5.2 y 5.3, se muestra el motor, reductor y cangilón, seleccionados para el sistema de transporte, respectivamente, y en las tablas 5.1, 5.2 y 5.3 se presentan los datos técnicos de los equipos mencionados.



Figura 5.1 Motor WEG [ Fuente: (Electro Tecnic Motor, 2019)]

**Tabla 5.1 Características del Motor**  
[ fuente: Elaboración Propia]

Marca	WEG
Carcasa	F56H
Potencia Nominal [hp]	1.5 [hp]
Velocidad de salida [rpm]	1750 [rpm]
Voltaje de Alimentación	110 / 220 [V]
Corriente Nominal	2.1 [A]
Factor de servicio	1.1
Par	6 [Nm]
Frecuencia de Operación [Hz]	60
Precio	U \$ 171.50



Figura 5.2 Reductor Helicoidal Siemens [ Fuente: (SIEMENS, 2018)]

**Tabla 5.2 Características del Reductor**  
[Fuente: (SIEMENS, 2018)]

Marca	Siemens
Serie	2KJ1102 - 2CA00 - 0AU1
Modelo	Z38-K4-71
Torque Nominal [hp]	220 [Nm]
Velocidad de salida [rpm]	62.5 [rpm]
Factor de servicio	1.1
Relación de Velocidad	27.97
Precio	U \$ 624

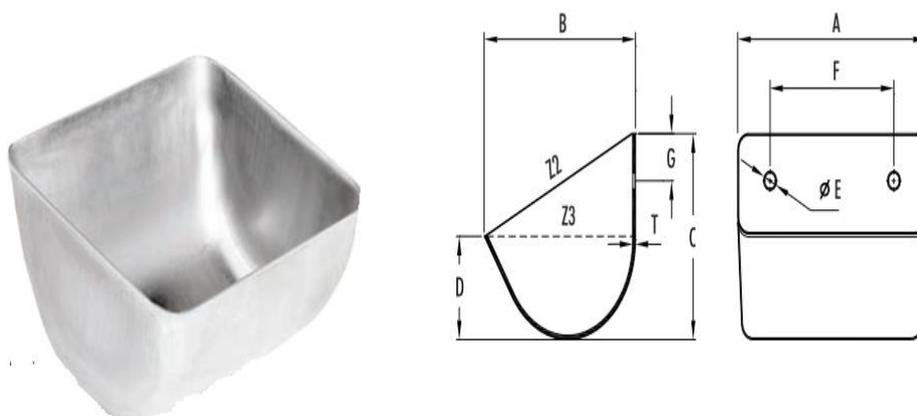


Figura 5.3 Cangilón B-281 [ Fuente: (4 B GROUP, 2019)]

**Tabla 5.3 Características del Cangilón B-281**  
[ fuente: (4 B GROUP, 2019)]

Modelo	B-281
A	305 [mm]
B	127 [mm]
C	133 [mm]
D	54 [mm]
T	3 [mm]
Capacidad	2 [Kg]
Volumen en Litros Z2	2.80 litros
Volumen en Litros Z1	1.35 litros
Precio	U \$ 55

## APÉNDICE B

Para el sistema de dosificación se seleccionó el motorreductor de la figura 5.4 cuyos datos de placa se presentan en la tabla 5.4.



Figura 5.4 Motorreductor ACORN [Fuente: (Electro Tecnic Motor, 2019)]

**Tabla 5.4 Características del Motorreductor**  
[Fuente: (Electro Tecnic Motor, 2019)]

Marca	Acorn
Tipo	Motorreductor Ortogonal, con eje hueco y tornillo sin fin.
Modelo	FCNDK
Potencia Nominal [hp]	0.25 [hp]
Velocidad de salida [rpm]	17 [rpm]
Voltaje de Alimentación	110 / 220 [V]
Corriente Nominal	2.1 [A]
Factor de servicio	1
Par	55 [Nm]
Frecuencia de Operación [Hz]	60
Precio	U \$ 313.30

El variador de frecuencia seleccionado se presenta en la figura 5.5, y sus datos de placa se adjunta en la tabla 5.5.



**Figura 5.5 Variador de Frecuencia [ Fuente: (SIEMENS, 2018)]**

**Tabla 5.5 Datos del Variador de Frecuencia  
[ Fuente: (SIEMENS, 2018)]**

Modelo	V20
Serie	6SL3210-5BB13-7UV1
Voltaje de alimentación	220 [V] monofásico
Potencia del motorreductor par constante	0.5 [hp]
Corriente de salida	2.3 [A]
Corriente de entrada	6.2 [A]
Tamaño	FSSA
Precio	U\$ 274
Entradas Digitales	4
Salidas digitales	2
Salida Analógica	1 (modo corriente)
Entradas Analógicas	2 (modo tensión o corriente)

Se seleccionó el PLC, mostrado en la figura 5.6 y sus datos técnicos se presenta en la tabla 5.6.



**Figura 5.6 PLC S7- 1200 [ Fuente: (SIEMENS, 2018)]**

**Tabla 5.6 Datos del PLC  
[ Fuente: (SIEMENS, 2018)]**

Modelo	S7-1200
Serie	6ES7212-1 BE40-0XB0
Entradas digitales	8 a 24 VDC
Salida digital	6 tipo relé
Entradas Analógicas	2 (0- 10 VDC)
Memoria	75 KB
Puertos de comunicación	Ethernet RJ45 10/100Mbps
Alimentación	110/220 VAC
Memoria de trabajo	75 [KB]
Lazos PID	16
Precio	U\$ 497

El PLC con el variador de frecuencia se comunican de manera analógica, por tal motivo es necesario seleccionar un módulo de ampliación que permita convertir la salida digital del PLC, en una salida analógica, los datos técnicos del módulo de ampliación seleccionado se presentan en la tabla 5.7.



Figura 5.7 Modulo de Ampliación SB1224 [ Fuente: (SIEMENS, 2018)]

Tabla 5.7 Datos del Módulo de Ampliación  
[ Fuente: (SIEMENS, 2018)]

Modelo	SB1224
Serie	6ES7232-4HA30-0XB0
Precio	U\$ 206
Salida Analógica	Configurable para V/mA

El indicador seleccionado se presenta en la figura 5.8 y sus características en la tabla 5.8.



Figura 5.8 Indicador JW1-700W [ Fuente: (Balanzas Superior, 2020)]

**Tabla 5.8 Datos técnicos del Indicador  
[ Fuente: (Balanzas Superior, 2020)]**

Modelo	JWI- 700 W
Resolución	1/30000
Unidades de Peso	Kg /lb./ g / oz/ pcs
Monitor	6 dígitos, altura 30 mm, pantalla LCD con iluminación LED verde
Dimensión	274 x 170 x 117 [mm]
Peso neto	2.52 Kg
Voltaje	AC 110 / 220 [V] o batería recargable (6 V/ 4 A)
Precio	U\$ 246.40

La celda seleccionada se presenta en la figura 5.9 y sus datos técnicos en la tabla 5.9.



**Figura 5.9 Celda de carga tipo viga al corte WLC-SB  
[ Fuente: (WIM- Systems, 2018)]**

**Tabla 5.9 Datos técnicos del Indicador  
[ Fuente: (WIM- Systems, 2018)]**

Modelo	WLC- SB
Capacidad	500 – 10000 [Kg]
Protección	IP65 para 500 [Kg]
Precisión	± 0,1 % del rango total

En la figura 5.10, 5.11 y 5.12 se presenta las conexiones entre los elementos electrónicos para el sistema de dosificación.

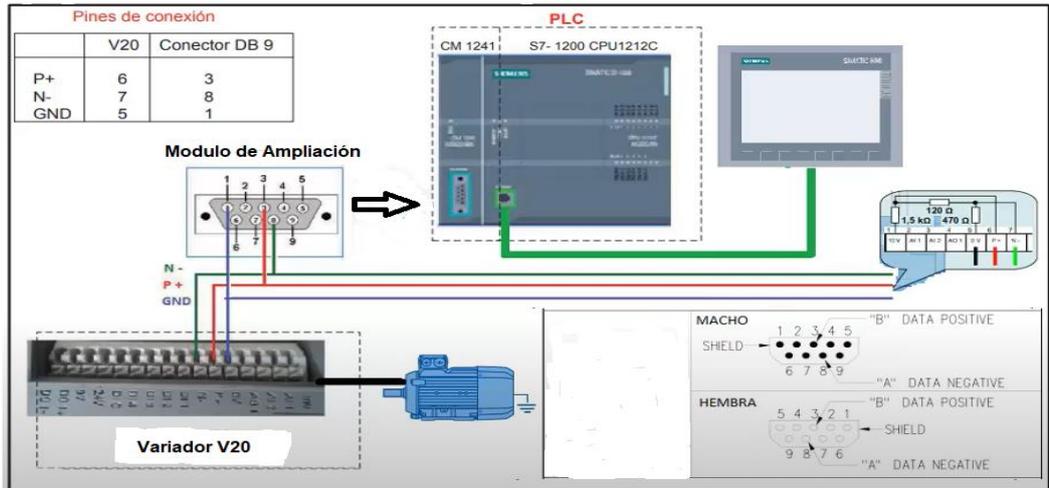


Figura 5.10 Diagrama de Conexión entre el PLC y V20 [ Fuente: (SIEMENS, 2013)]

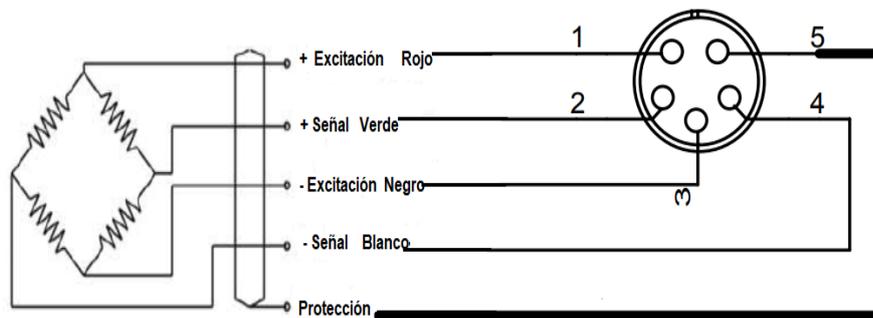


Figura 5.11 Diagrama de Conexión para el Indicador y la celda de carga [ Fuente: (Balanzas Superior, 2020)]

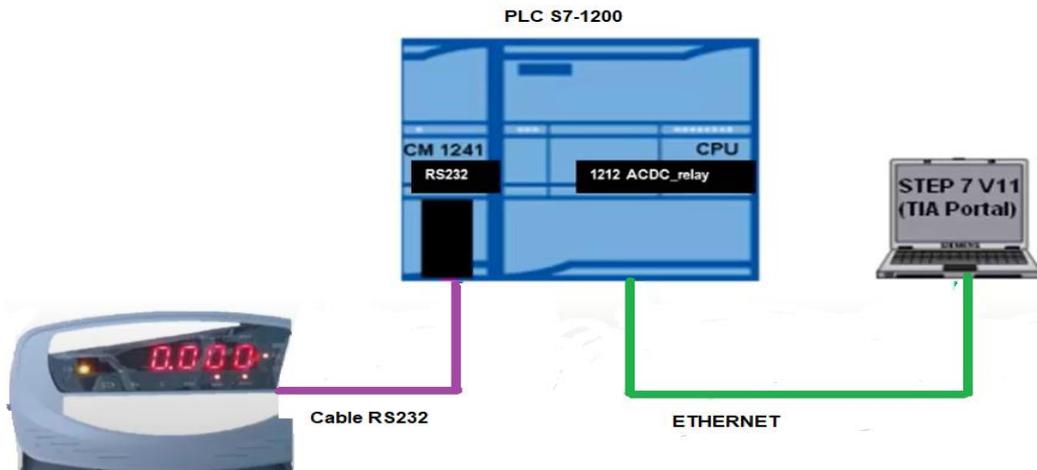


Figura 5.12 Diagrama de Conexión entre el PLC y V20 [ Fuente: (SIEMENS, 2013)]

## Diseño de la hélice del tornillo dosificador

La hélice se considera como una viga en voladizo (ANDRÉS, 2013), la misma que es presentada en la figura 5.13.

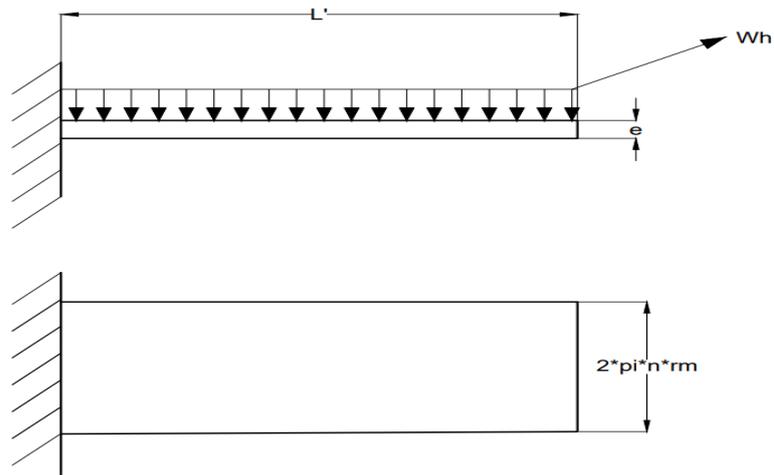


Figura 5.12 Representación de la hélice del dosificador sin fin  
[ Fuente: (Elaboración Propia)]

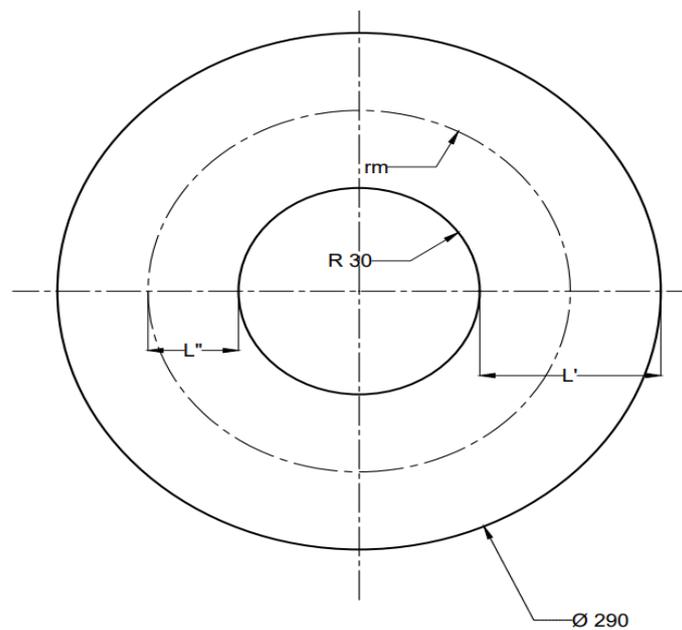


Figura 5.13 Vista frontal del dosificador sin fin [ Fuente: (Elaboración Propia)]

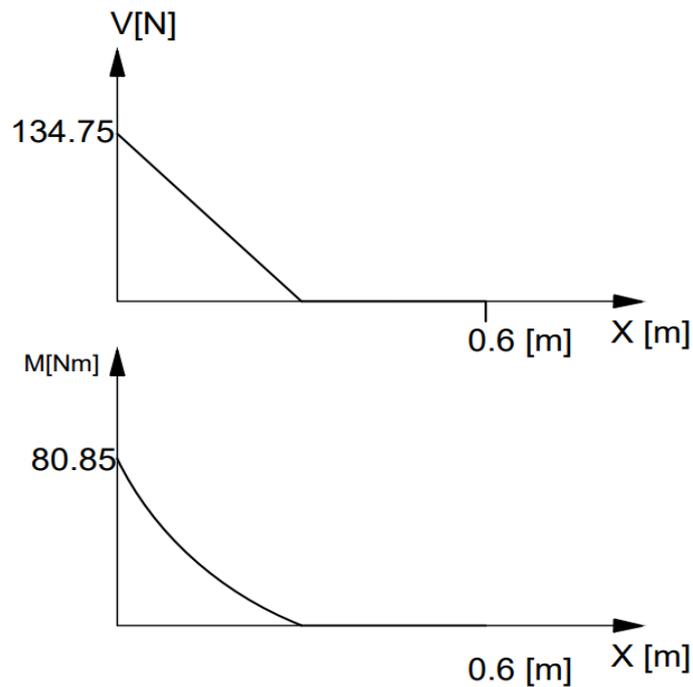


Figura 5.14 Diagrama de fuerza cortante y Momento flector  
 [ Fuente: (Elaboración Propia)]

$$L' = 145 - 15 = 130 \text{ [mm]}$$

$$L'' = l'/2 = 65 \text{ [mm]}$$

$$r_m = 15 + 65 = 80 \text{ [mm]}$$

Numero de Pasos (n):

$$n = \frac{0.60}{0.10} = 6$$

Volumen ocupado por paso (V)

$$V = \frac{\pi 0.29^2}{4} * 0.10 = 0.00660 \text{ [m}^3\text{]}$$

El volumen de 0.00660 m<sup>3</sup>, es un ideal, considerando que la hélice del tornillo sin fin se llena completamente, pero en realidad no ocurre esto, por tal razón se considera un coeficiente de llenado de 0.25.

$$V_{neto} = 0.25 * 0.00660 = 0.00165 \text{ [m}^3\text{]}$$

Peso de material a dosificar W

$$m = 850.34 \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right] * 0.00165 \text{ [m}^3\text{]} = 1.4 \text{ [Kg]}$$

$$W = 1.4 * 9.8 = 13.75 [N]$$

Fuerza normal de contacto  $W_h [N]$

$$W_h = 13.75 * 2.8 = 134.75 [N]$$

### Diseño por Cortante

$$\tau_{max} = \frac{3V}{2A} \leq 0.4 * 250 [MPa]$$

$$\frac{3 * 134.75}{2 * e * 2\pi n r_m} = \frac{404.25}{6.03e} \leq 100 [MPa]$$

$$e \geq 6.7 * 10^{-4} [mm]$$

### Diseño por flexión

$$\sigma_{flexión} = \frac{Me}{I} \leq 0.6 * 250 [MPa]$$

$$\frac{80.25 * e}{\frac{2 * \pi * 6 * 0.080 * e^3}{12}} = \frac{80.25}{0.25 * e^2} \leq 150 [MPa]$$

$$e \geq 1.46 [mm]$$

### Diseño por desgastes

El volumen por desgaste se define por la ecuación 2.38

$$L = \left\{ \left[ 6 / \left( 17 \frac{rev}{min} * \frac{1 min}{60 s} \right) \right]^{-1} \left[ \frac{vueltas}{segundo} \right] * \frac{3600 s}{1 hora} \right\} * 3.01 * 1000 = 510000 [m]$$

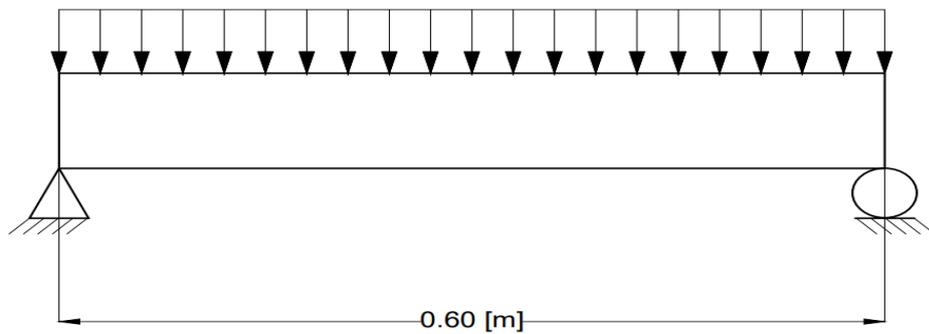
$$V_d = \frac{C_d * F * L}{3 * \sigma_d} = \frac{5 * 10^{-6} * 134.75 * 510000}{3 * 3 * 250 * 10^6} = 1.52 * 10^{-7} = 3 * 0.130 * e$$

$$e \geq 3.89 * 10^{-7} [m]$$

**Tabla 5.10 Valores de  $C_d$**   
 [ fuente: (ANDRÉS, 2013)]

Valores para $C_d$			
Lubricación en superficie	Metal-Metal		No metales-metales
	Ideal	No Ideal	
Excelente	$2 * 10^{-6}$	$2 * 10^{-6}$	$5 * 10^{-6}$
Promedio	$2 * 10^{-5}$	$2 * 10^{-5}$	$5 * 10^{-6}$
Pobre	$2 * 10^{-4}$	$2 * 10^{-4}$	$5 * 10^{-6}$
Limpia	$5 * 10^{-3}$	$2 * 10^{-4}$	$5 * 10^{-6}$

**Cálculos para el diseño del eje del dosificador.**



**Figura 5.15 Modelo del eje [ Fuente: Elaboración Propia]**

La carga que actúa sobre el eje es el peso de la hélice (ANDRÉS, 2013), considerando que el material a utilizarse para la fabricación de la hélice es el acero ASTM A-36, se determinada con la siguiente ecuación el peso de la hélice.

$$W_h = 7.8 * 10^{-4} [m^3] * 7850 \left[ \frac{Kg}{m^3} \right] * 9.8 = 60.27 [N]$$

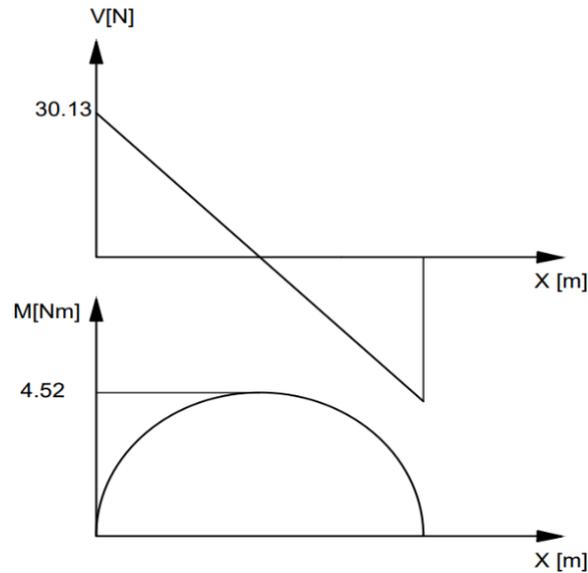


Figura 5.16 Fuerza cortante y Momento flector en el eje  
 [ Fuente: Elaboración Propia]

Diseño por flexión

$$\sigma_x = \sigma_f = \frac{M_{max}}{A} = \frac{4.52}{\frac{\pi * D^3}{32}} = 1.7 [MPa]$$

Diseño por Torsión

$$\tau_t = \frac{16 * T}{\pi * D^3} = \frac{16 * \frac{186.5 w}{1.78 \frac{rad}{s}}}{\pi * 0.030^3} = 19.7 [MPa]$$

Diseño por Cortante

$$\tau_v = \frac{2 * 30.13}{\frac{\pi * 0.030^2}{4}} = 85.25 [KPa]$$

$$\tau_{xy} = 0.085 + 19.7 = 19.78 [MPa]$$

Esfuerzo Principal Máximo

$$\sigma_1 = \frac{1.7}{2} + \sqrt{\left(\frac{1.7}{2}\right)^2 + 19.78^2} = 20.64 [MPa]$$

Esfuerzo Principal Mínimo

$$\sigma_2 = \frac{1.7}{2} - \sqrt{\left(\frac{1.7}{2}\right)^2 + 19.78^2} = -18.94$$

Esfuerzo Cortante Máximo

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{1.7}{2}\right)^2 + 19.78^2} = 19.79 \text{ [MPa]}$$

Esfuerzo de Von Mises

$$\begin{aligned}\sigma' &= \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2} = \sqrt{20.64^2 - 20.64 * (-18.94) + (-18.94)^2} \\ &= 34.55 \text{ [MPa]}\end{aligned}$$

Factor de seguridad estático

$$n_s = \frac{250}{34.55} = 7.23$$

Análisis dinámico para el eje del dosificador

$$n_f = \frac{1}{\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}}}$$

$$n_f = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\sigma_a}{S_e}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_m}{S_y}\right)^2}}$$

$$\sigma_a = \left|\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}\right| = \left|\frac{20.64 + 18.64}{2}\right| = 19.64 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} = 0.85 \text{ [MPa]}$$

$$S'_e = 0.5 S_{ut} = 0.5 * 475 \text{ [MPa]} = 237.5 \text{ [MPa]}$$

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * S'_e$$

Factor de superficie

$$K_a = aS_{ut}^b = 4.51 * 475^{-0.265} = 0.88$$

Factor de tamaño

$$K_b = 0.879 * 1.18^{-0.107} = 0.863$$

Factor de modificación de la carga

$$K_c = 0.59$$

Factor de modificación de la temperatura

$$K_d = 1$$

Factor de confiabilidad al 99 %

$$K_e = 0.814$$

$$S_e = 0.88 * 0.863 * 0.59 * 1 * 0.814 * 237.5 = 86.62 \text{ [MPa]}$$

$$n_f = \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{19.64}{86.62}\right)^2 + \left(\frac{0.85}{250}\right)^2}} = 4$$

$$n_f = \frac{1}{\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}}} = \frac{1}{\frac{19.64}{86.62} + \frac{0.85}{475}} = 2$$

## APÉNDICE C

Para determinar los parámetros de un motor asíncrono o de inducción se realizan las pruebas:

**Prueba de Vacío:** Aplicando al motor su voltaje nominal se lo hace funcionar sin carga, con esta prueba se mide los voltajes de línea, corriente de línea, voltaje de fase, potencia reactiva, potencia activa y aparente. Con todos estos parámetros se determina el factor de potencia del motor (Rocano, 2019), en la figura 5.17 se presenta el diagrama de conexión para esta prueba.

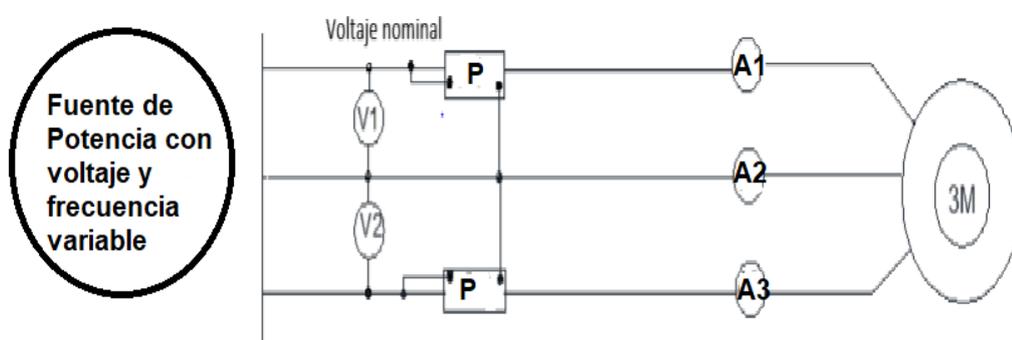


Figura 5.17 Conexión para la prueba de vacío [ Fuente: (Rocano, 2019)]

**Prueba CD:** El objetivo de esta prueba es determinar la resistencia del estator, aplicando bajos voltajes de corriente continua y usando la ley de ohm. En esta prueba se mide el voltaje y corriente generada en el estator, en la figura 5.18 se presenta el esquema de conexión para realizar esta prueba.

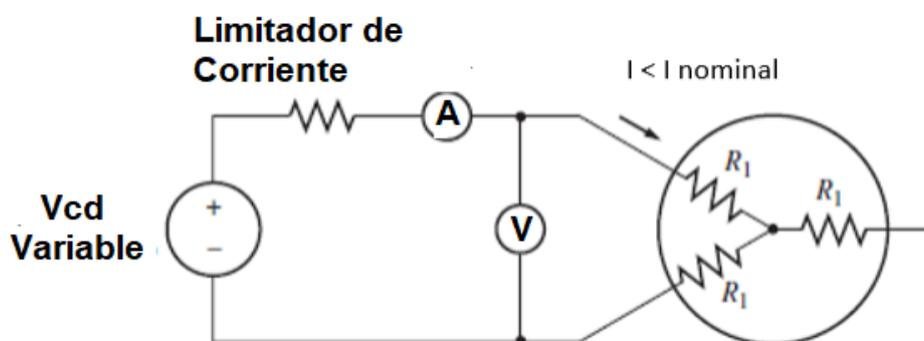


Figura 5.18 Conexión para la prueba CD [ Fuente: (Rocano, 2019)]

**Prueba rotor bloqueado:** En esta prueba se maniobra las impedancias del rotor y estator, para ejecutar esta prueba el rotor tiene que estar frenado. Esta prueba

consiste en aplicar un voltaje desde cero e ir aumentando hasta que en el estator circule la corriente nominal (Rocano, 2019). En la figura 5.19 se presenta el diagrama de conexión para la prueba de rotor parado.

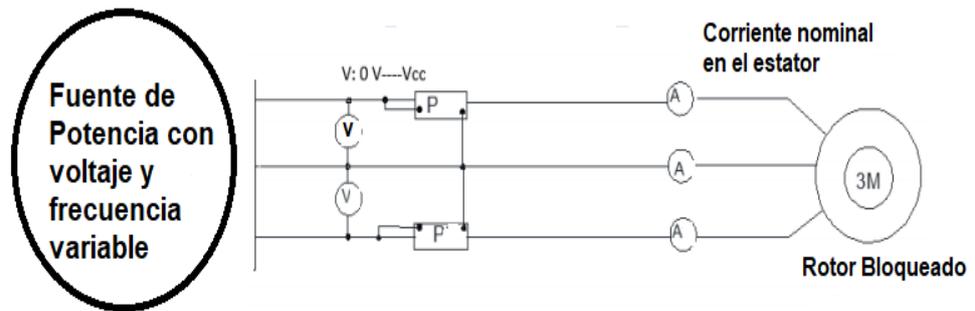


Figura 5.19 Conexión para la prueba de rotor bloqueado [ Fuente: (Rocano, 2019)]

## APÉNDICE D

### Cálculos para el diseño de la tolva

El volumen de la tolva se calcula mediante la multiplicación entre el volumen que contiene las fundas medianas y la cantidad deseada:

$$V_{fundas} = 0,0018 \text{ m}^3$$

$$V_{tolva} = 0,588 \text{ m}^3$$

Se establece que una altura para la tolva adecuada es de 1,2 m ya que necesitamos un radio pequeño por la disposición del espacio, se procede a calcular el radio:

$$r = \sqrt{\frac{V_{tolva}}{\pi h}}$$

$$r = \sqrt{\frac{0,588}{\pi * 1,20}}$$

$$r = 0,4 \text{ m}$$

### Cálculos para el espesor mínimo

Se analiza el punto crítico de la tolva que, por la carga distribuida verticalmente generada por la presión del material, se encuentra en la parte inferior por la tolva.

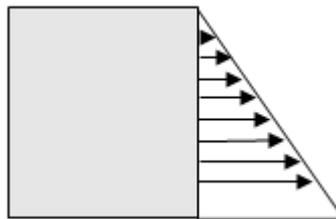


Figura 5.20 Distribución de presión [Fuente: Elaboración propia.]

$$p = \rho g h$$

$$p = 850,94 \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right] * 9,81 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] * 1,2 [\text{m}]$$

$$p = 10017,26 \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$$

$$\sigma_t = \frac{p d_i}{2t}$$

$$\sigma_t = \frac{10017,26 \left[ \frac{N}{m^2} \right] * 0,4 [m]}{2t}$$

$$\sigma_t = \frac{2003,45 \left[ \frac{N}{m} \right]}{t}$$

$$\sigma_l = \frac{pd_i}{4t}$$

$$\sigma_l = \frac{10017,26 \left[ \frac{N}{m^2} \right] * 0,4 [m]}{4t}$$

$$\sigma_l = \frac{1001,72 \left[ \frac{N}{m} \right]}{t}$$

Estimación del espesor mínimo por medio de la teoría del esfuerzo cortante máximo

$$\sigma_e = \sigma_1 + \sigma_2 \leq S_y$$

$$\frac{2003,45 \left[ \frac{N}{m} \right]}{t} + \frac{1001,72 \left[ \frac{N}{m} \right]}{t} = 255 * 10^6$$

$$t = 170 * 10^{-5} [m] = 0,017mm$$

### Comprobación de la soldadura para la tolva

Se estableció inicialmente que las soldaduras se las realizará con un cordón de 50 [mm] y separadas entre ellas a una distancia de 100 [mm].

$$F = \frac{p * d_i * h}{2}$$

$$F = \frac{10017,26 \left[ \frac{N}{m^2} \right] * 0,8[m] * 1,2[m]}{2}$$

$$F = 4808,28 [N]$$

$$\sigma = \frac{F}{Lh_g}$$

$$L = \# \text{soldaduras} * \text{longitud} = 8 * 50 [\text{mm}] = 0,4 [\text{m}]$$

$$\sigma = \frac{4808,28 [N]}{0,4 [m] * 0,001 [m]}$$

$$\sigma = 12020700 \left[ \frac{N}{m^2} \right]$$

$$\sigma' = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

$$\sigma' = 24041400 \left[ \frac{N}{m^2} \right]$$

$$n = \frac{S_{y \text{ metal base}}}{\sigma'}$$

$$n = 7,31$$

### Comprobación a esfuerzos dinámicos en las soldaduras

$$Se = C_{Tam} C_{Sup} C_{Temp} C_{conf} C_{carga} (0,5 * Sut)$$

Factor de tamaño:

Para un área de soldadura de  $400 \text{mm}^2$  se obtiene un factor de 0,6

Factor de superficie:

Se realizará un acabado superficial de maquinado, por lo tanto, el factor de superficie es de 0,46.

Factor de temperatura:

Al trabajar bajo temperaturas moderadas, el factor es igual a 1.

Factor de confiabilidad:

Se busca diseñar bajo una confiabilidad del 95%, por lo tanto, el factor de confiabilidad es de 0,868.

Factor de carga:

El elemento se encuentra sometido a cargas axiales por lo tanto el factor de carga es de 0,70.

$$Se = 0,6 * 0,46 * 1 * 0,868 * 0,7 * (0,5 * Sut)$$

$$Se = 49,13 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_a = \sigma_m = \frac{\sigma'}{2}$$

$$\sigma_a = 12020700 \left[ \frac{N}{m^2} \right]$$

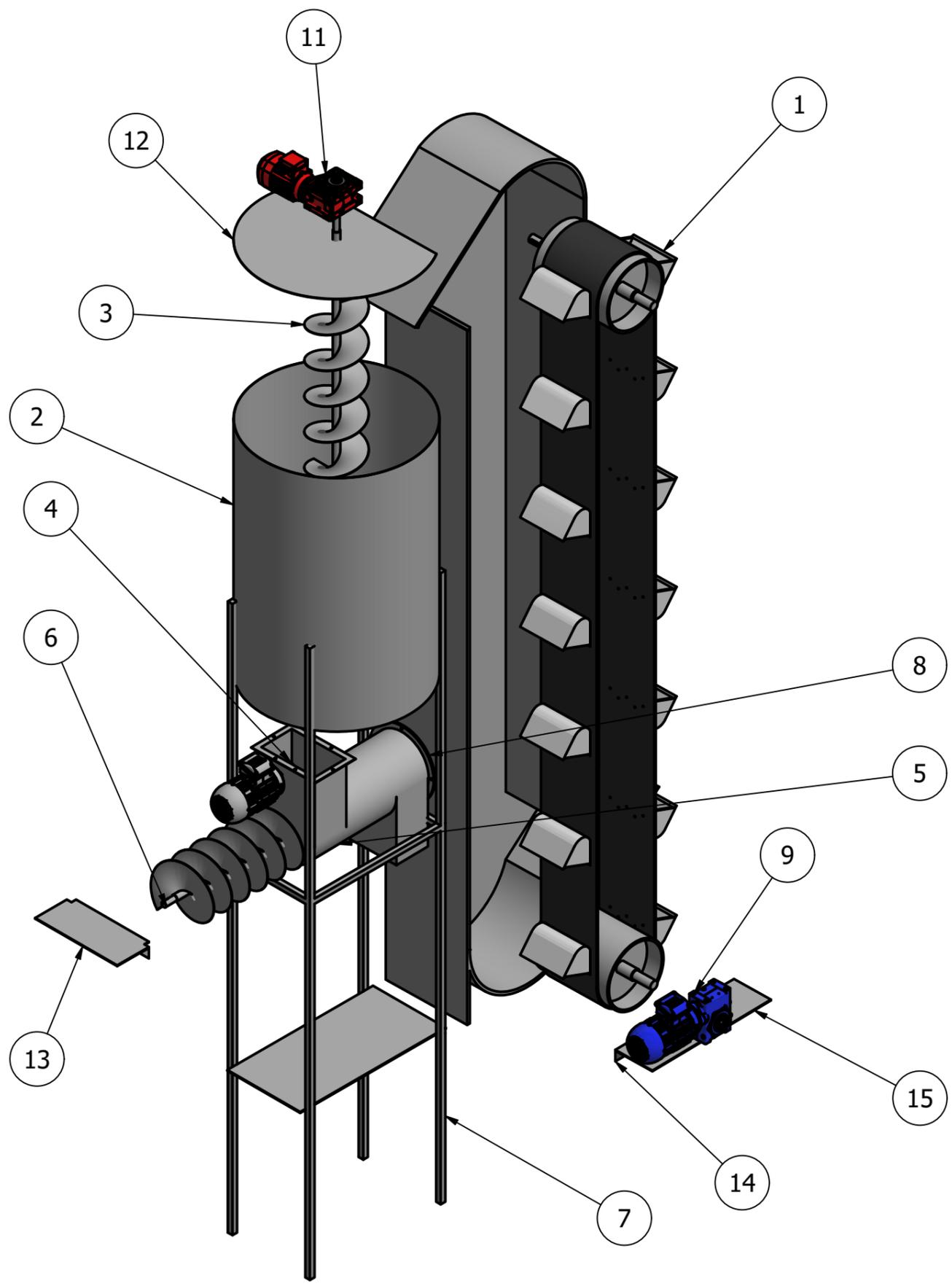
Factor de seguridad por medio de Goodman modificado:

$$\frac{n\sigma_a}{Se} + \frac{\sigma_m}{Sut} = 1$$

$$n = 3,98$$

## **APÉNDICE E**

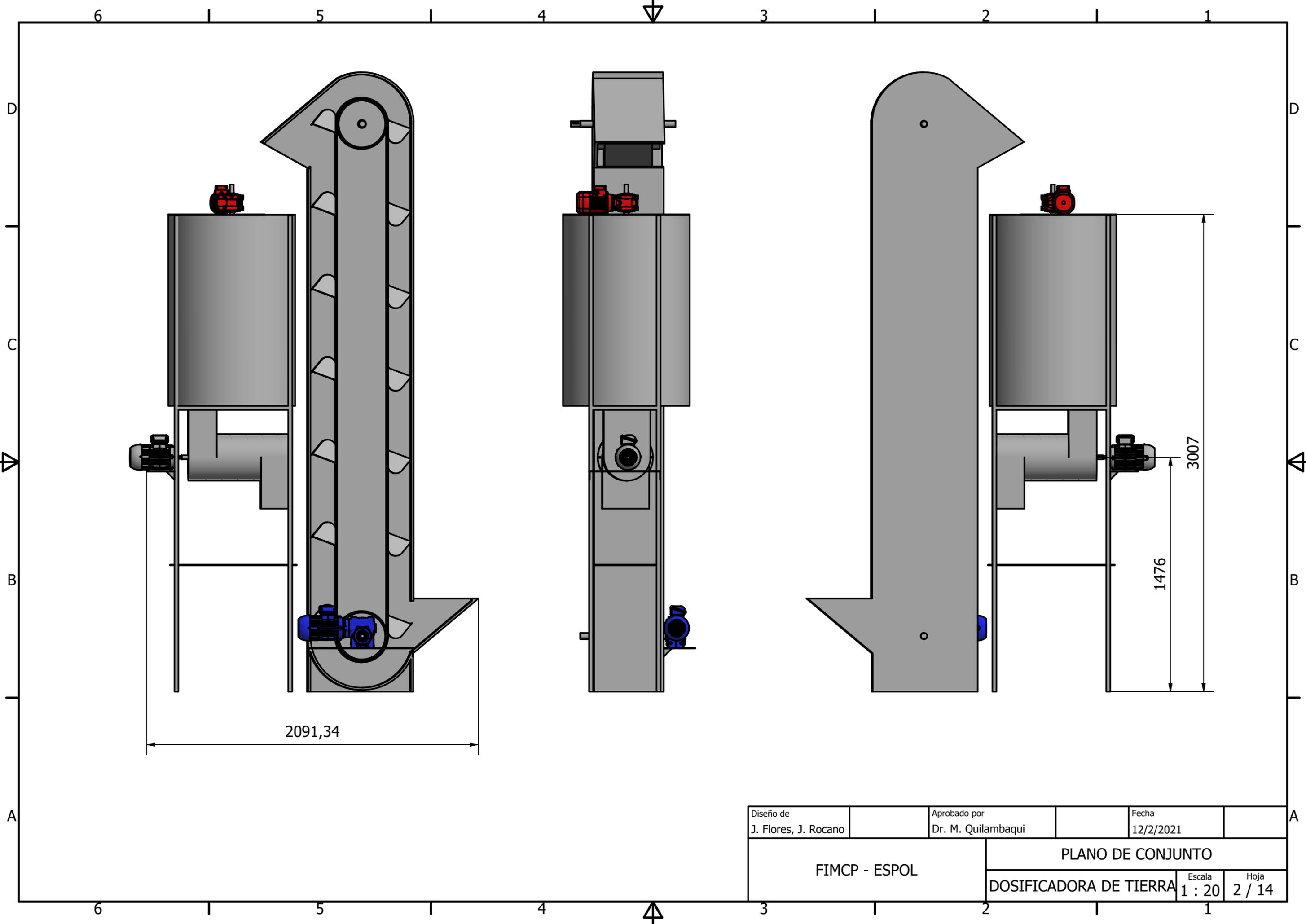
Planos



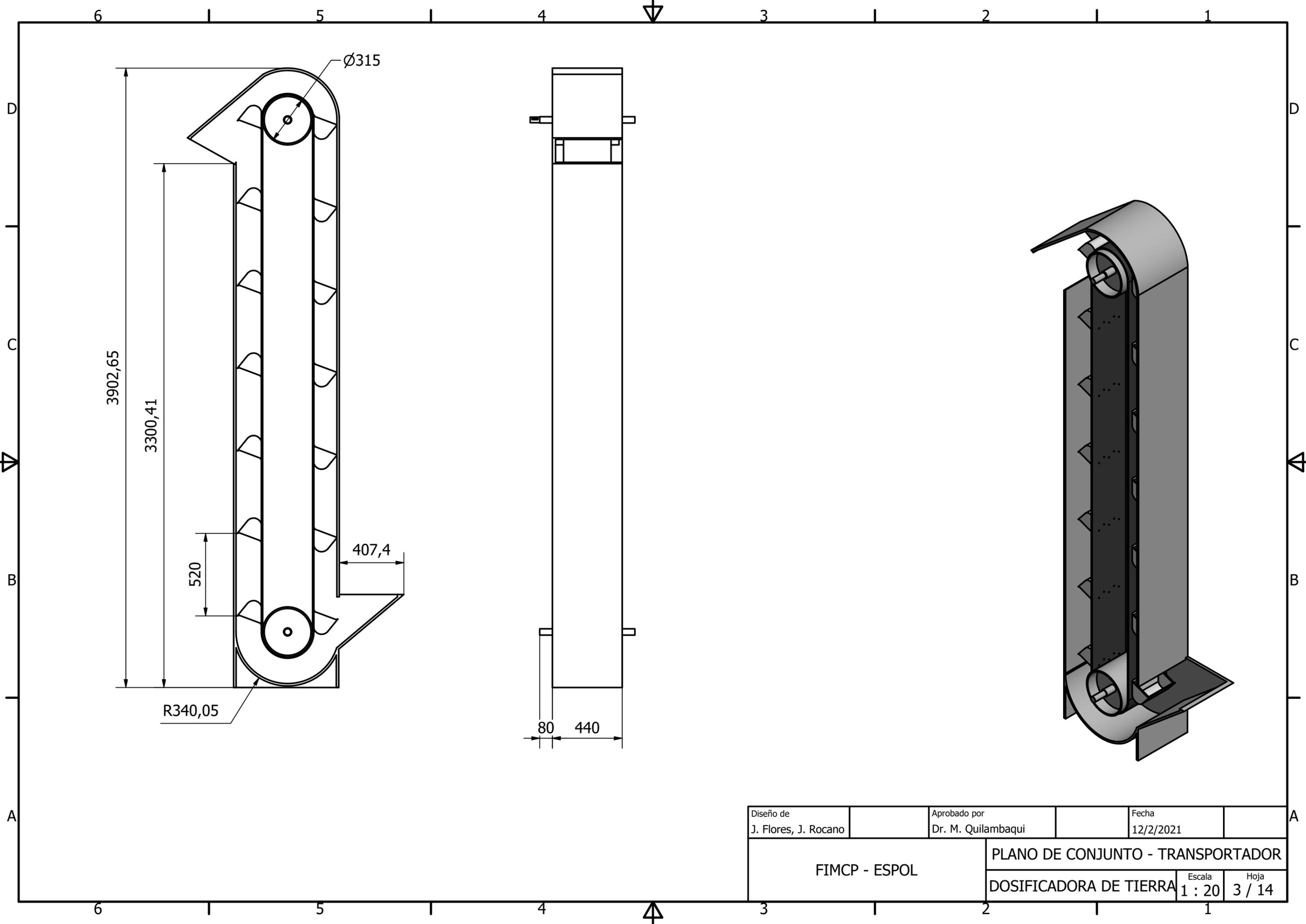
15	1	SOPORTE BASE MOTOR PARA BANDA T	
14	4	SOPORTE BASE MOTOR	
13	1	BASE PARA MOTOR	
12	1	TAPA DE TOLVA	
11	1	MOTOREDUCTOR 0.75 HP	
10	1	MOTOR 0.25 HP	
9	1	MOTOREDUCTOR 1.5 HP	
8	1	TAPA FINAL	
7	1	ESTRUCTURA DE TOLVA	
6	1	EJE HUECO DE DOSIFICADOR	
5	1	CUERPO DE DOSIFICADOR	
4	2	DIN 615 - L 25 - 25 x 52 x 15	Rodamiento de bolas magnético
3	1	HÉLICE	
2	1	TOLVA	
1	1	TRANSPORTADOR	
ELEMENTO	CTDAD	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN

Diseño de J. Flores, J. Rocano	Aprobado por Dr. M. Quilambaqui	Fecha 12/2/2021
-----------------------------------	------------------------------------	--------------------

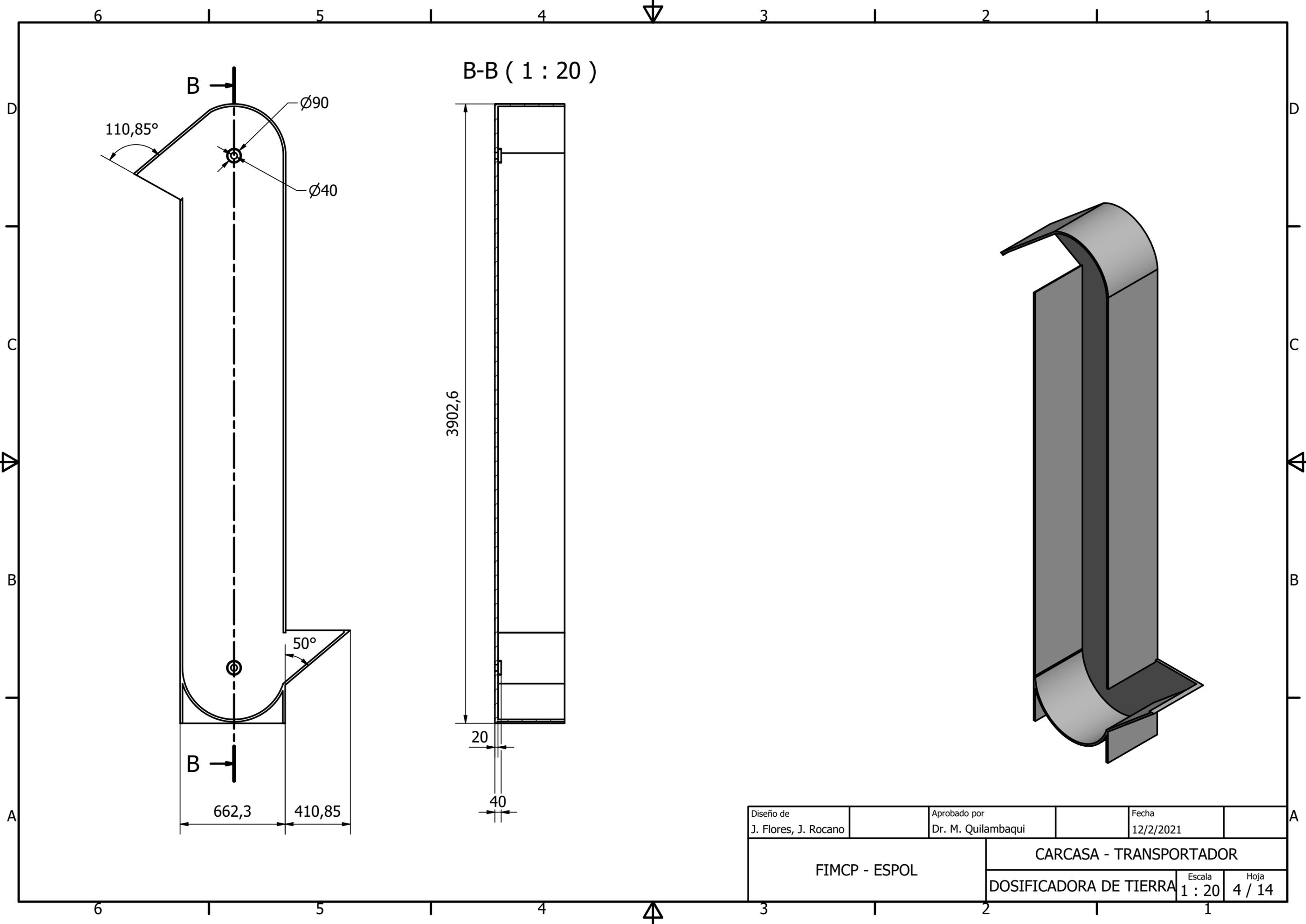
FIMCP - ESPOL	VISTA EXPLOSIONADA Y LISTA DE PARTES		
	DOSIFICADORA DE TIERRA	Escala 1 : 20	Hoja 1 / 14



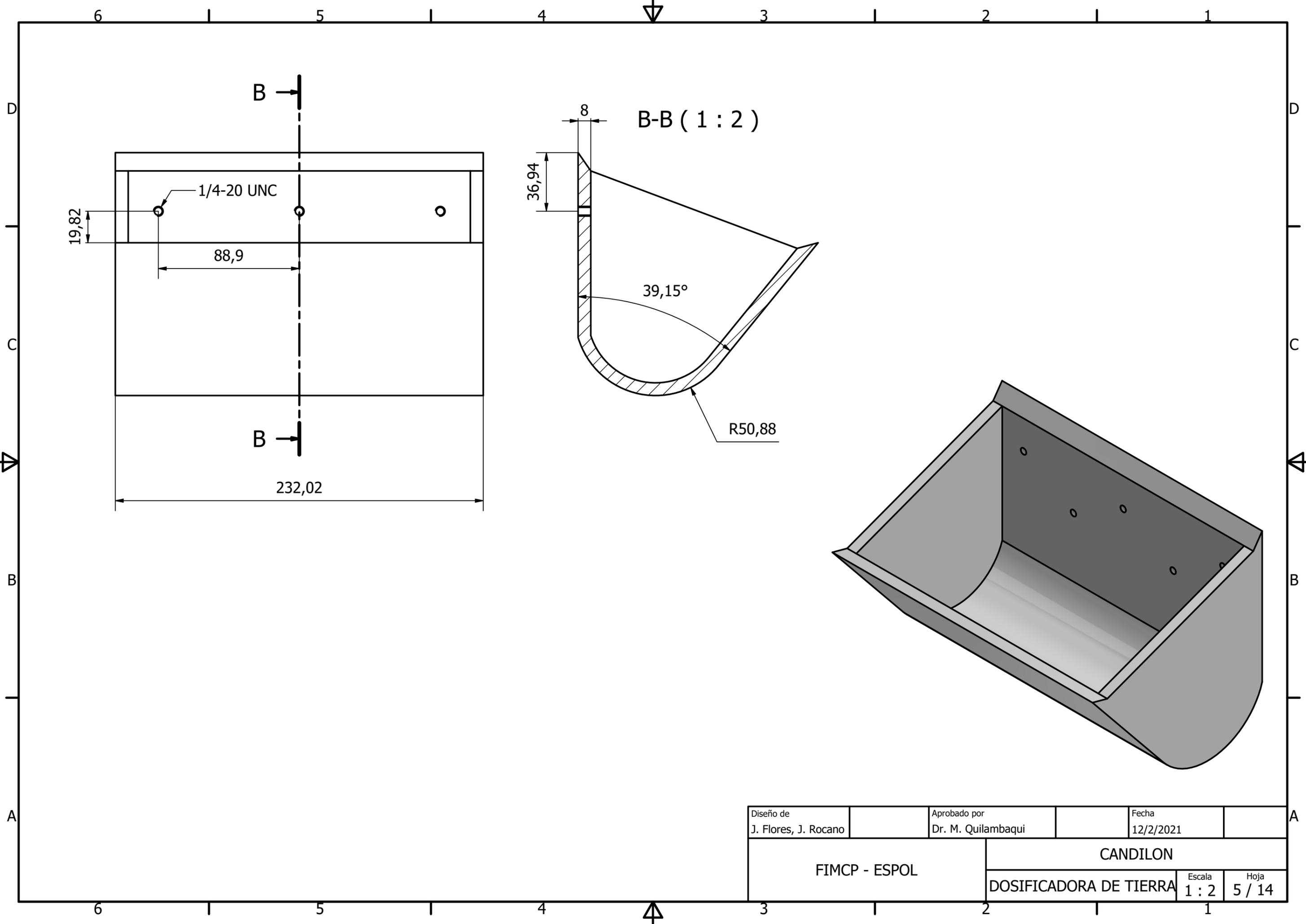
Diseño de J. Flores, J. Rocano	Aprobado por Dr. M. Quilambaqui	Fecha 12/2/2021
FIMCP - ESPOL		PLANO DE CONJUNTO
		DOSIFICADORA DE TIERRA
		Escala 1 : 20
		Hoja 2 / 14



Diseño de J. Flores, J. Rocano	Aprobado por Dr. M. Quilambaqui	Fecha 12/2/2021
FIMCP - ESPOL		PLANO DE CONJUNTO - TRANSPORTADOR
		DOSIFICADORA DE TIERRA
		Escala 1 : 20
		Hoja 3 / 14



Diseño de J. Flores, J. Rocano	Aprobado por Dr. M. Quilambaqui	Fecha 12/2/2021
FIMCP - ESPOL		CARCASA - TRANSPORTADOR
		Escala 1 : 20
		Hoja 4 / 14



6 1 5 1 4 3 1 2 1 1

D

D

C

C

B

B

A

A

B

B-B ( 1 : 2 )

1/4-20 UNC

R50,88

19,82

88,9

36,94

8

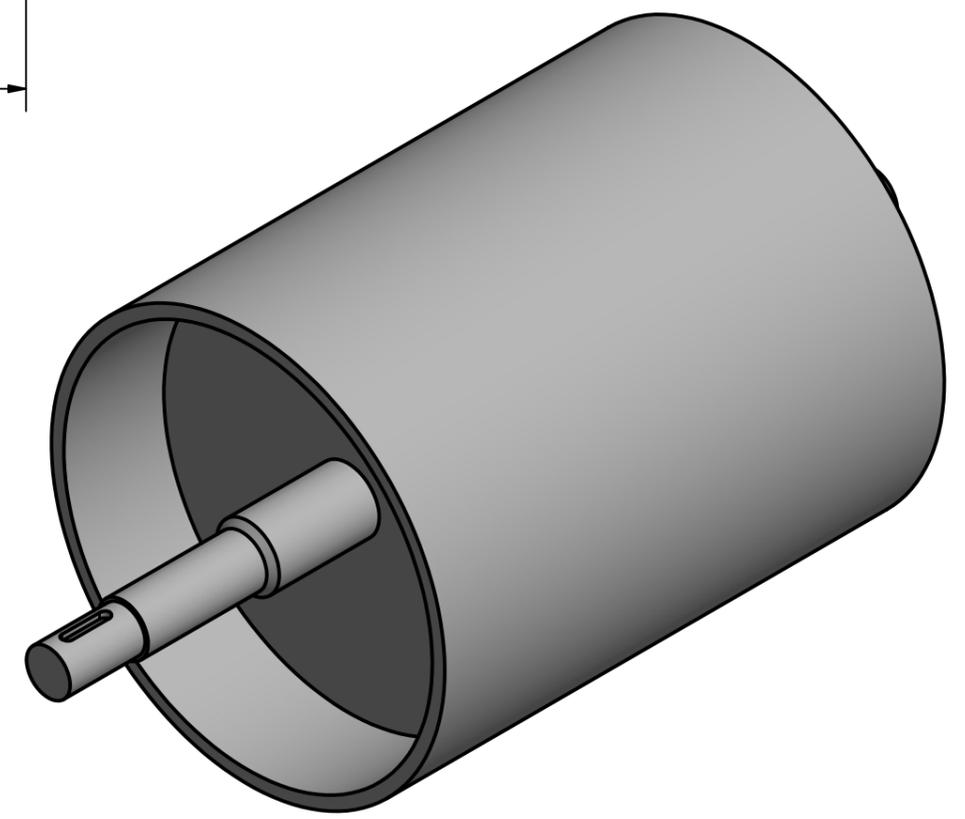
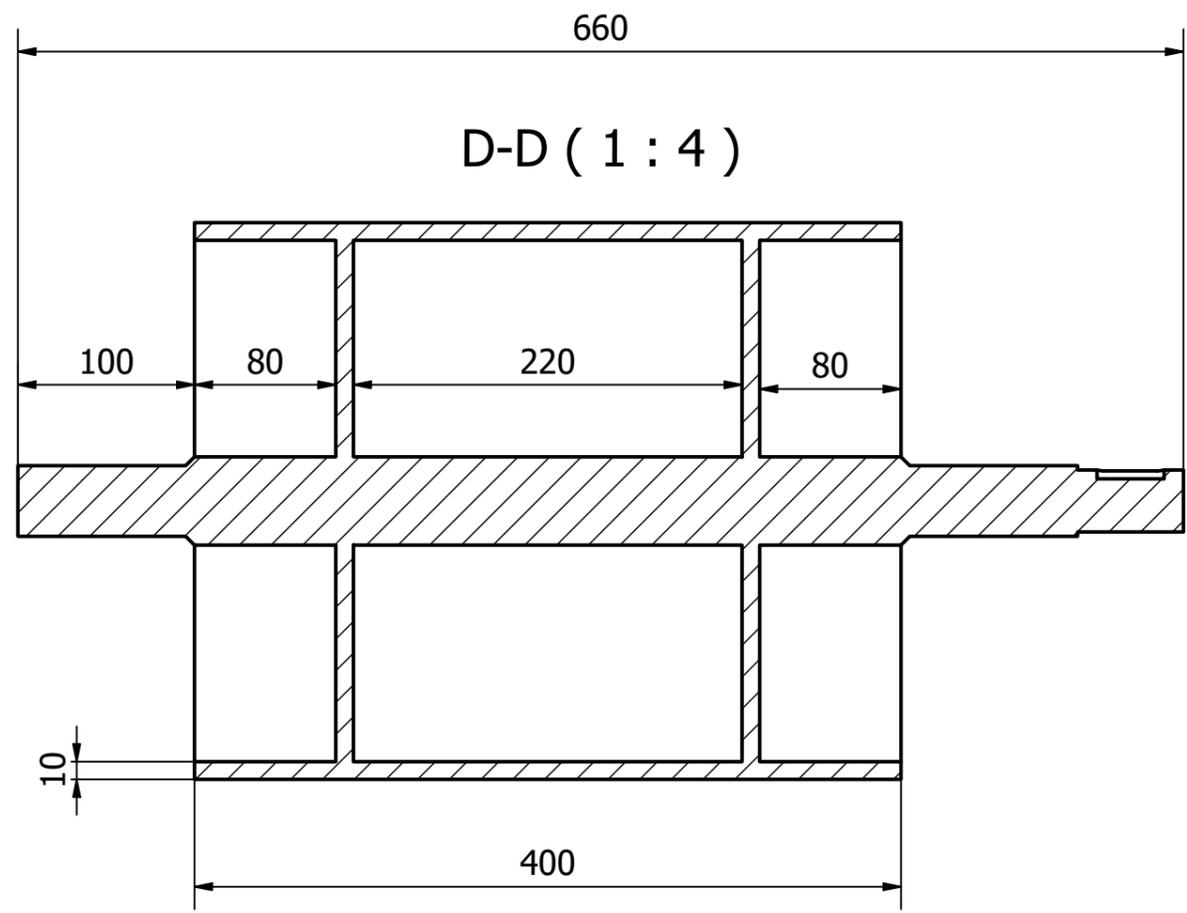
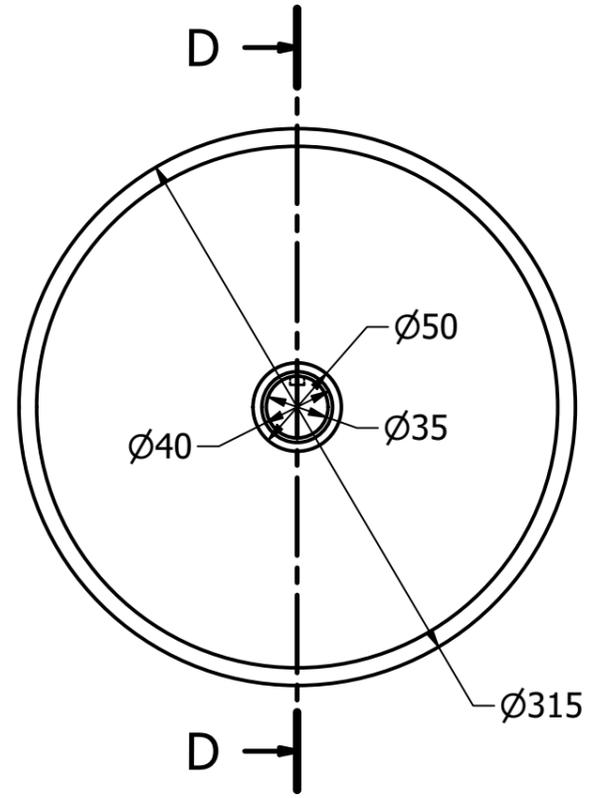
39,15°

B

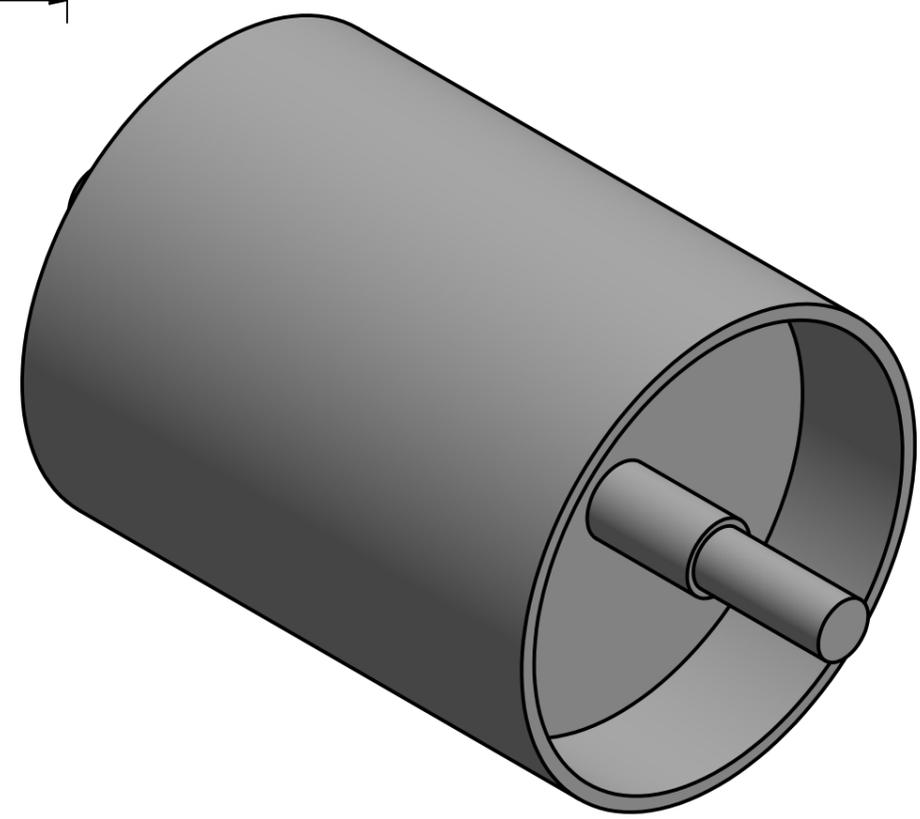
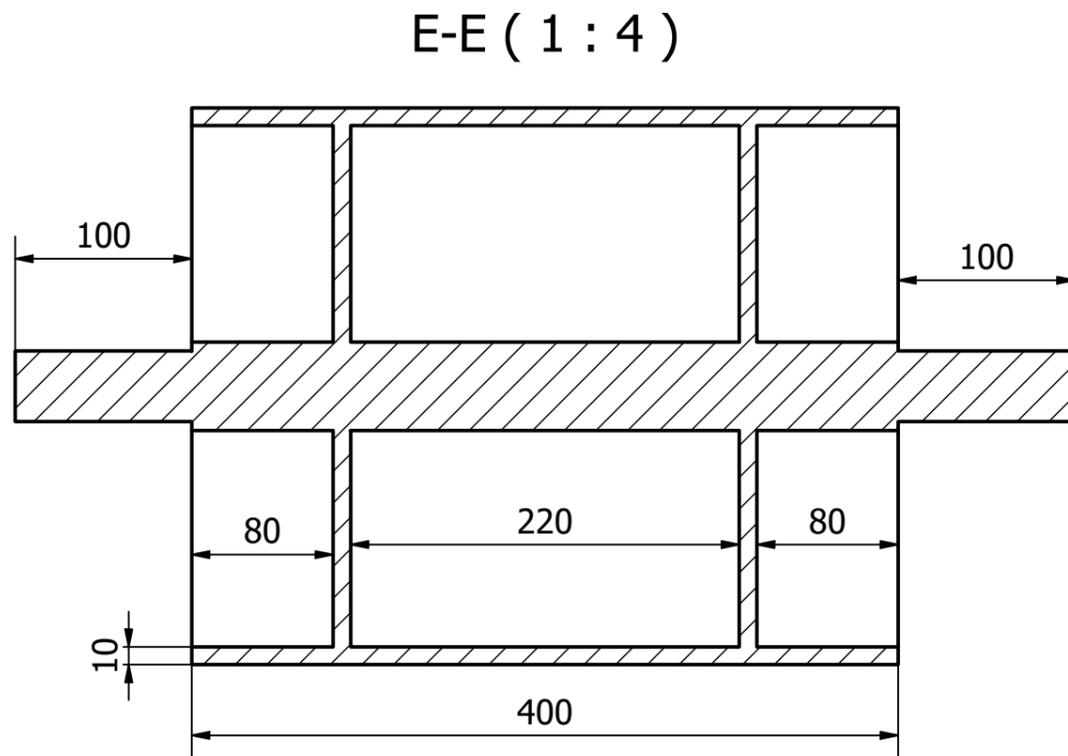
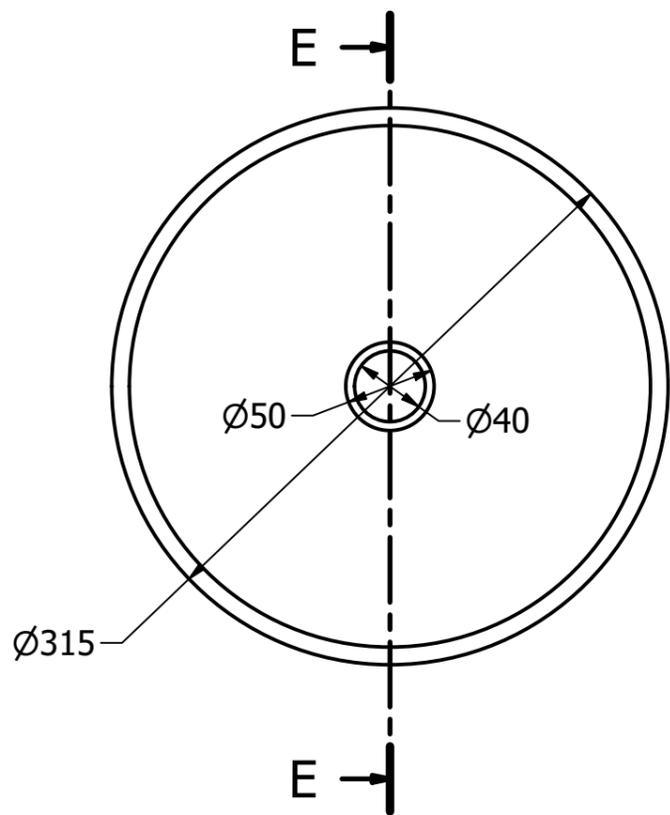
232,02

6 1 5 1 4 3 1 2 1 1

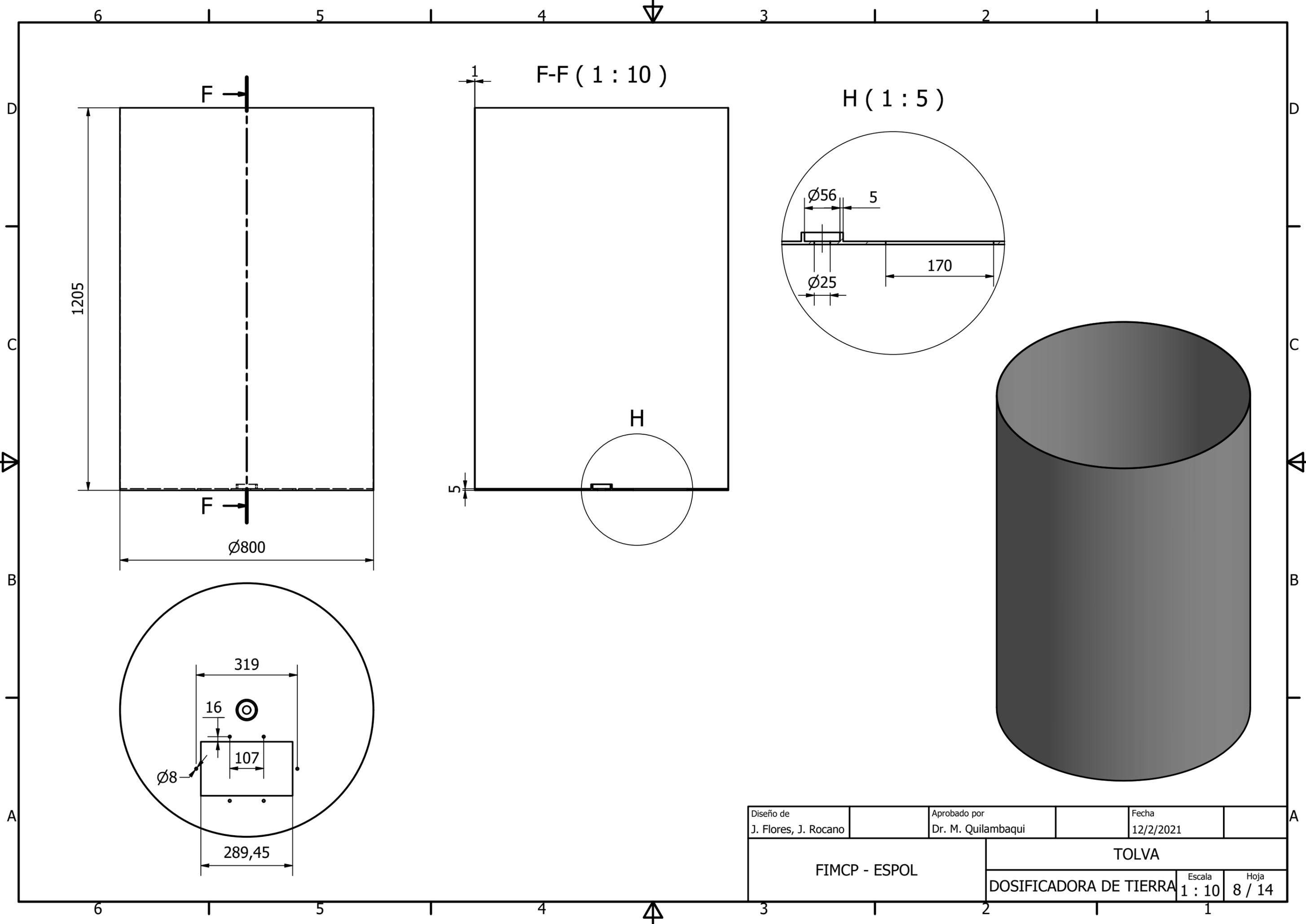
Diseño de J. Flores, J. Rocano	Aprobado por Dr. M. Quilambaqui	Fecha 12/2/2021
FIMCP - ESPOL	CANDILON	
	DOSIFICADORA DE TIERRA	Escala 1 : 2
		Hoja 5 / 14



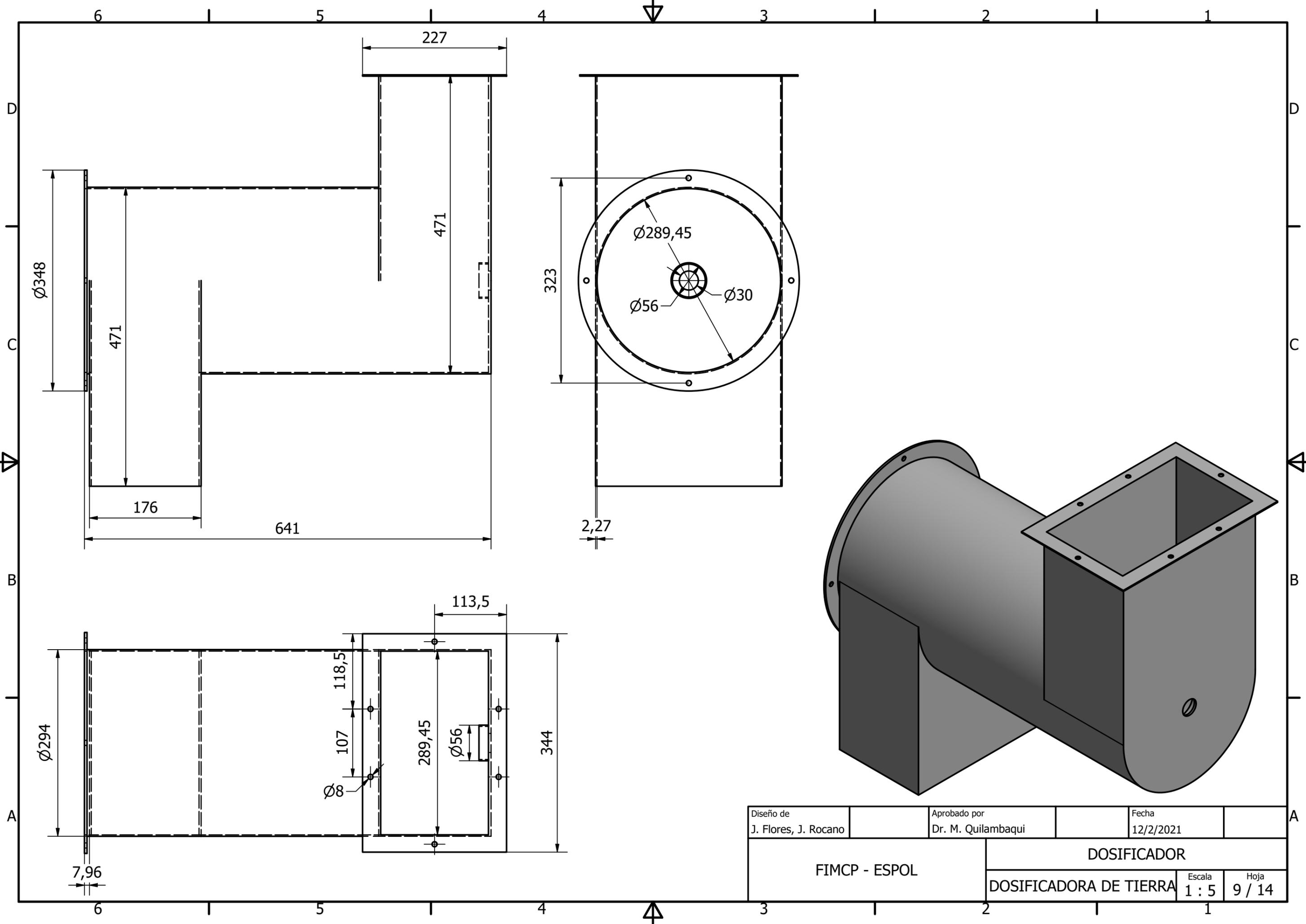
Diseño de J. Flores, J. Rocano	Aprobado por Dr. M. Quilambaqui	Fecha 12/2/2021
FIMCP - ESPOL	TAMBOR MOTRIZ	
	DOSIFICADORA DE TIERRA	Escala 1 : 4 Hoja 6 / 14



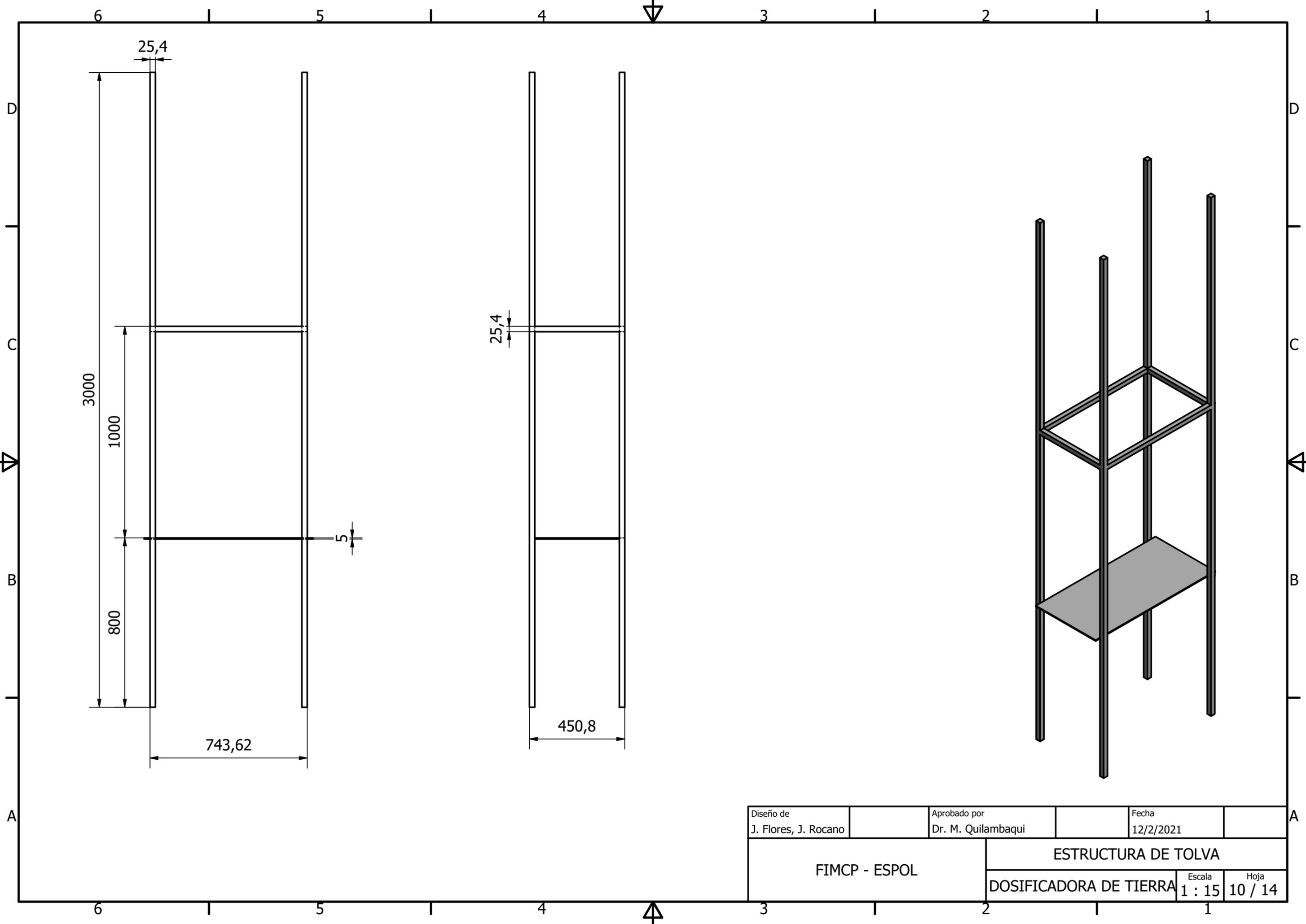
Diseño de J. Flores, J. Rocano	Aprobado por Dr. M. Quilambaqui	Fecha 12/2/2021
FIMCP - ESPOL	TAMBOR CONDUcido	
	DOSIFICADORA DE TIERRA	Escala 1 : 4
		Hoja 7 / 14



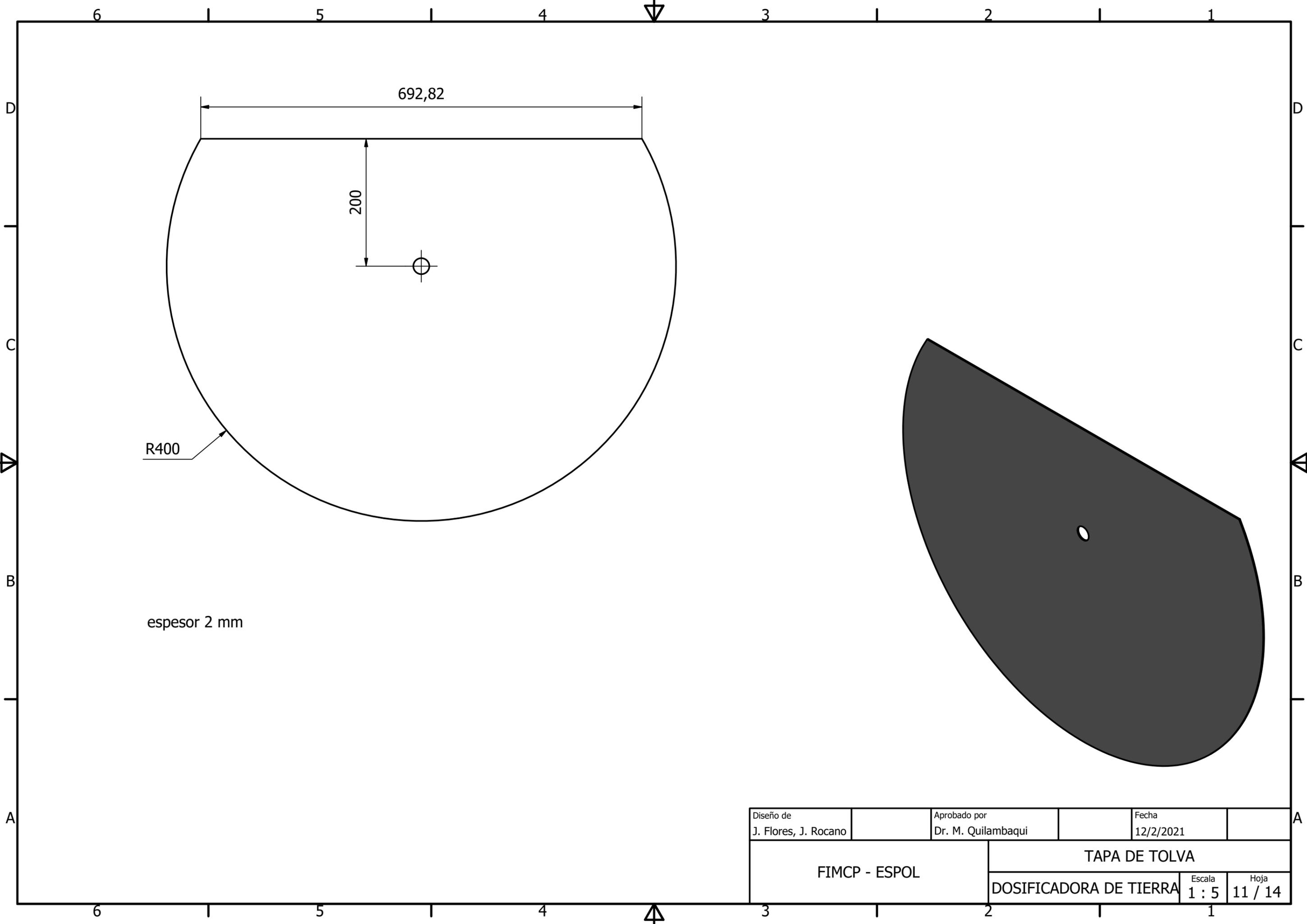
Diseño de J. Flores, J. Rocano	Aprobado por Dr. M. Quilambaqui	Fecha 12/2/2021
FIMCP - ESPOL		TOLVA
DOSIFICADORA DE TIERRA		Escala 1 : 10
		Hoja 8 / 14



Diseño de J. Flores, J. Rocano	Aprobado por Dr. M. Quilambaqui	Fecha 12/2/2021
FIMCP - ESPOL		DOSIFICADOR
DOSIFICADORA DE TIERRA		Escala 1 : 5
		Hoja 9 / 14



Diseño de J. Flores, J. Rocano	Aprobado por Dr. M. Quilambaqui	Fecha 12/2/2021
FIMCP - ESPOL		ESTRUCTURA DE TOLVA
		DOSIFICADORA DE TIERRA
		Escala 1 : 15
		Hoja 10 / 14



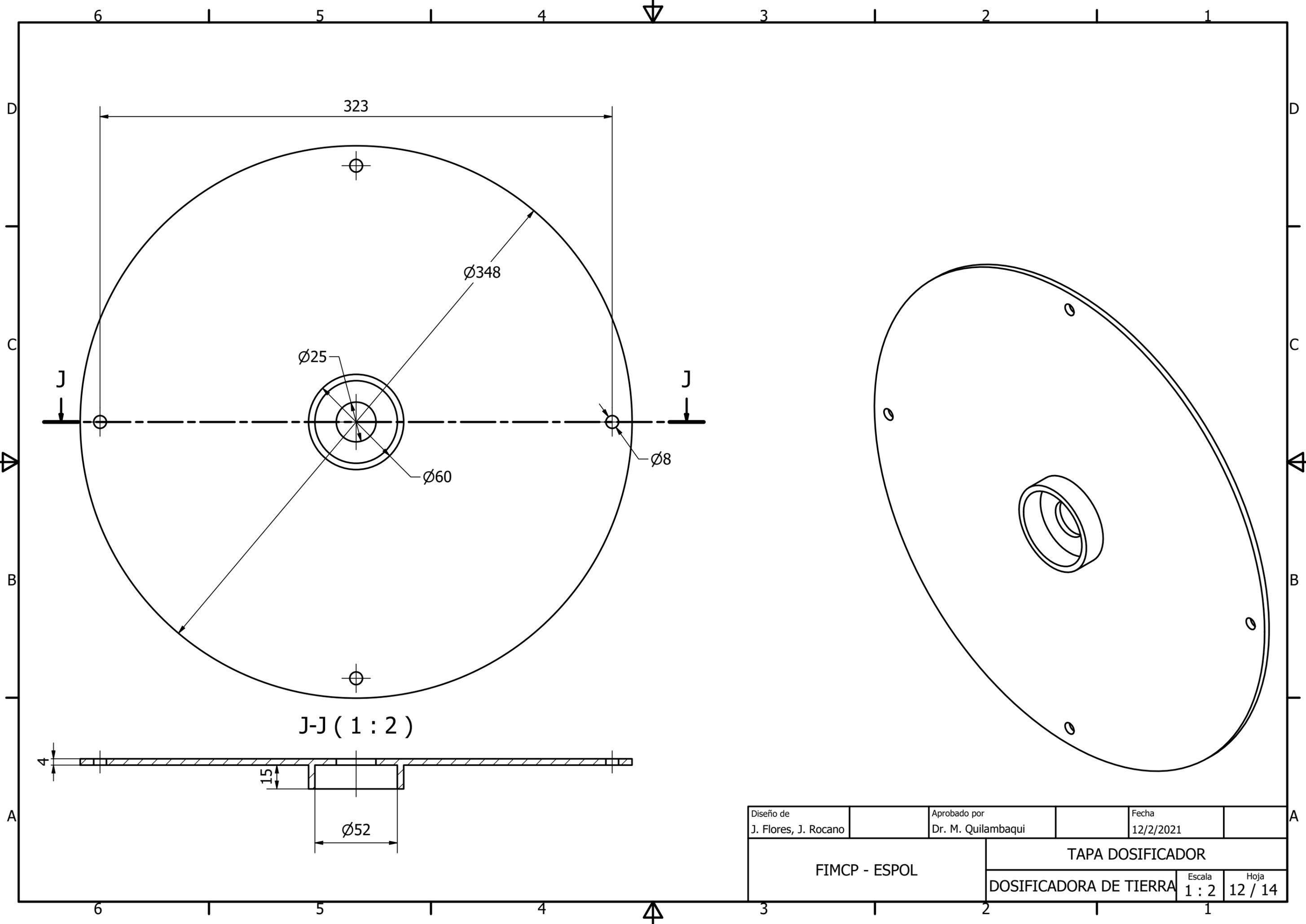
692,82

200

R400

espesor 2 mm

Diseño de J. Flores, J. Rocano	Aprobado por Dr. M. Quilambaqui	Fecha 12/2/2021
FIMCP - ESPOL	TAPA DE TOLVA	
	DOSIFICADORA DE TIERRA	Escala 1 : 5
		Hoja 11 / 14

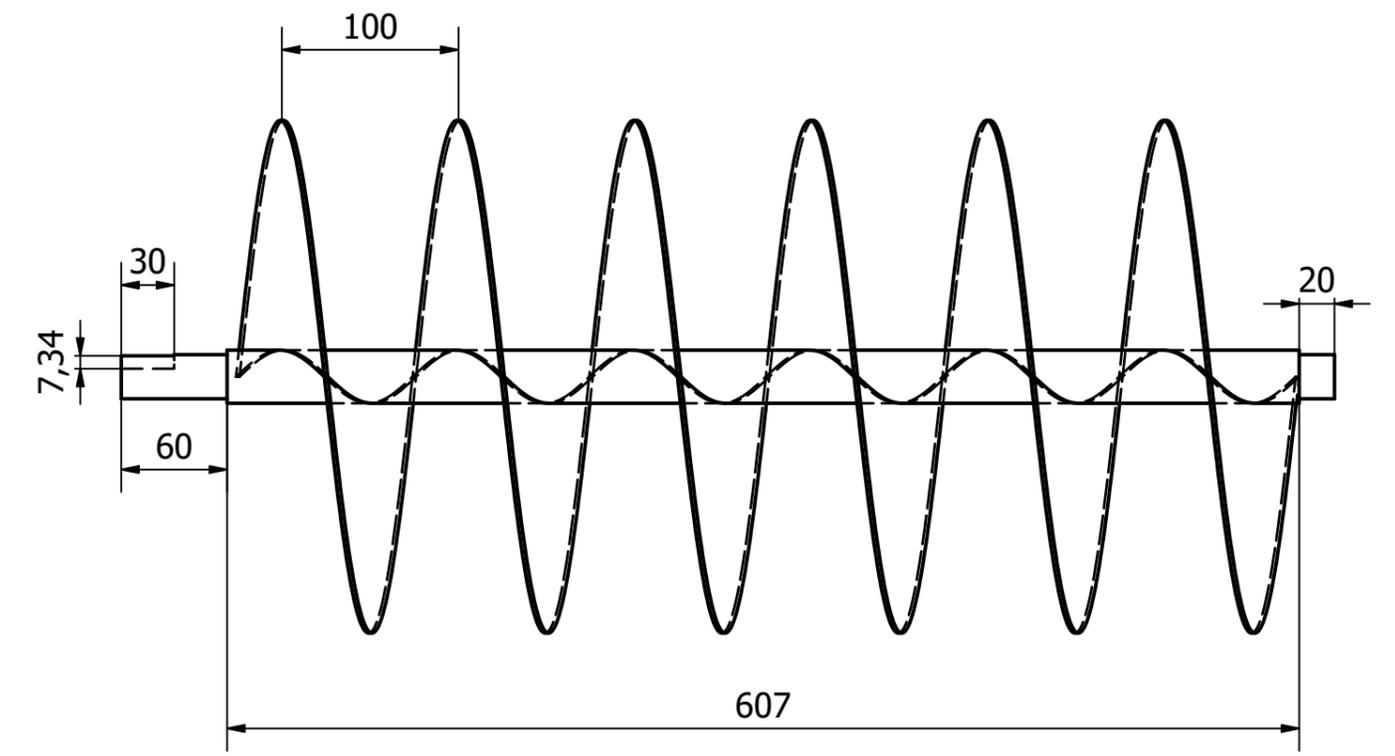
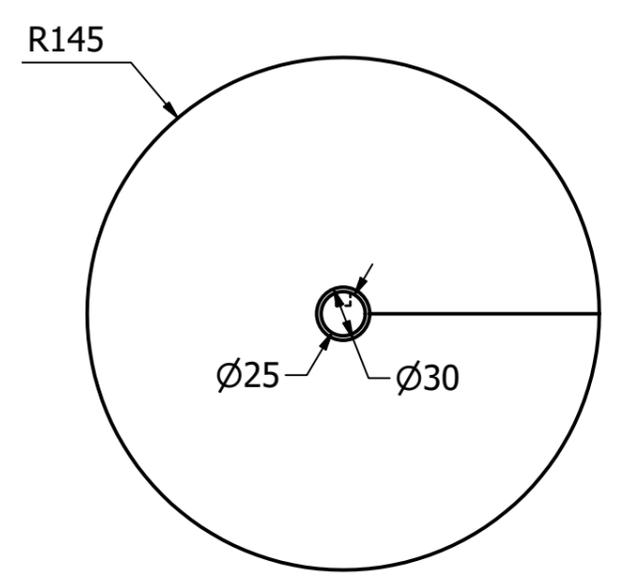


J-J ( 1 : 2 )

Diseño de J. Flores, J. Rocano	Aprobado por Dr. M. Quilambaqui	Fecha 12/2/2021
FIMCP - ESPOL		TAPA DOSIFICADOR
		DOSIFICADORA DE TIERRA
		Escala 1 : 2
		Hoja 12 / 14

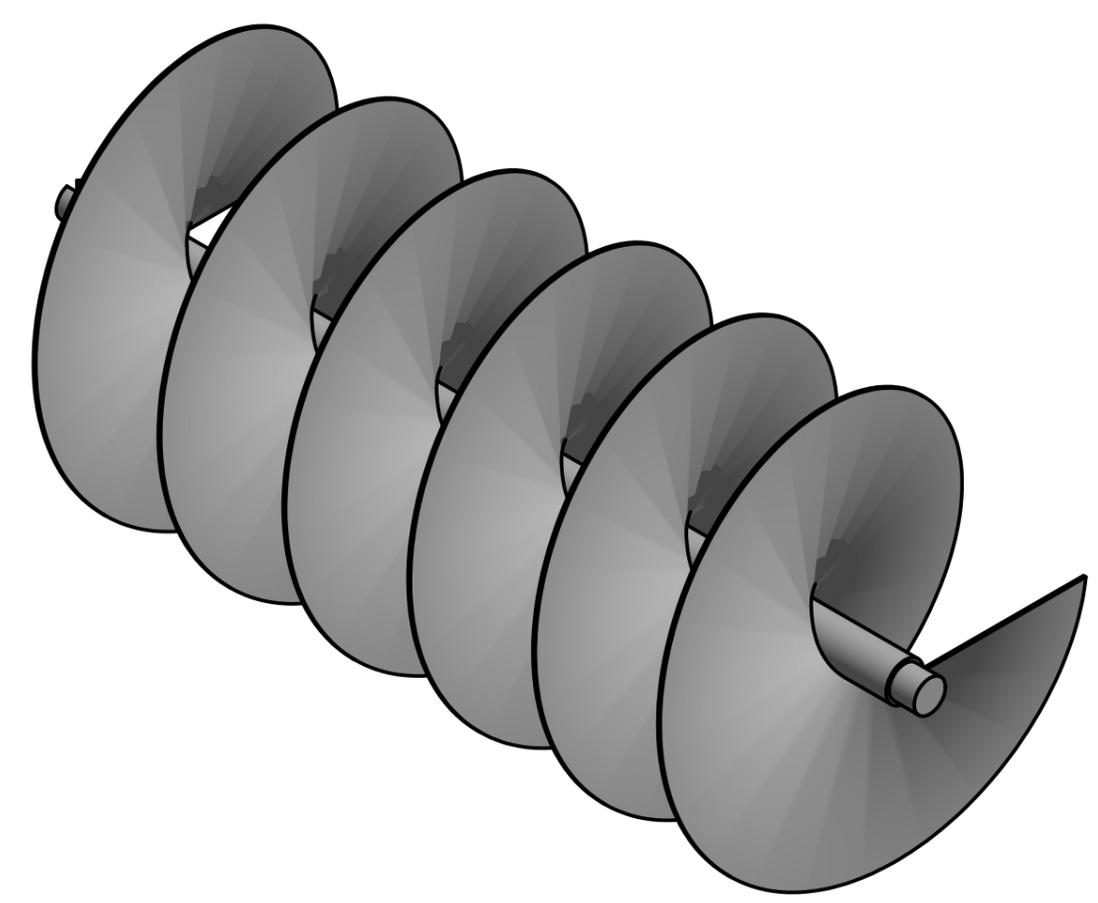
6 5 4 3 2 1

D D



C C

B B

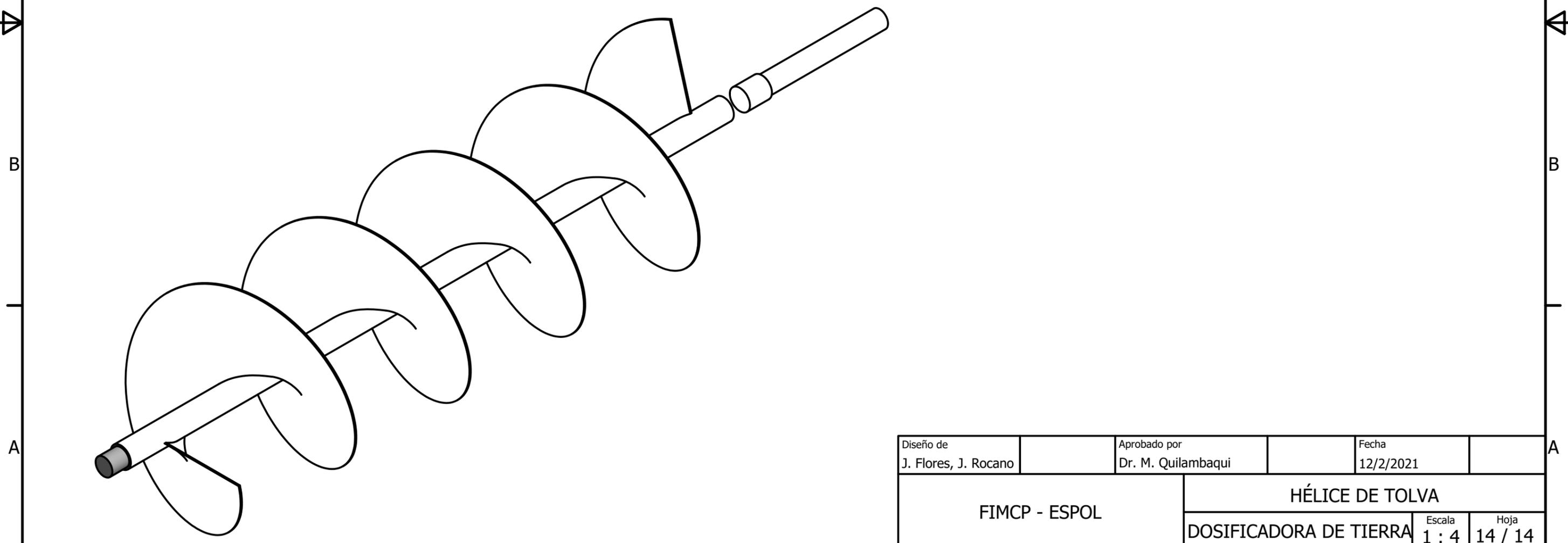
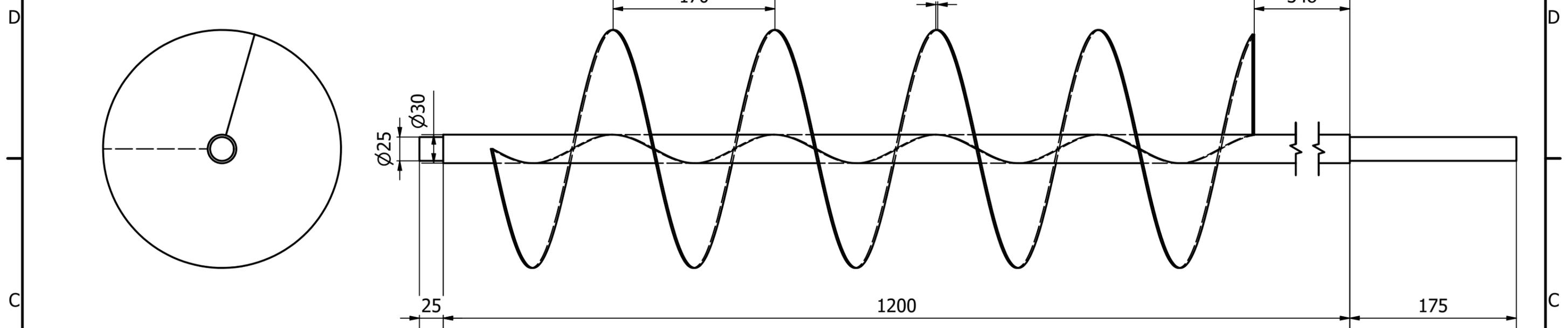


A A

6 5 4 3 2 1

Diseño de J. Flores, J. Rocano	Aprobado por Dr. M. Quilambaqui	Fecha 12/2/2021
FIMCP - ESPOL	HÉLICE DE DOSIFICADOR	
	DOSIFICADORA DE TIERRA	Escala 1 : 4
		Hoja 13 / 14

6 1 5 1 4 3 1 2 1 1



Diseño de J. Flores, J. Rocano		Aprobado por Dr. M. Quilambaqui		Fecha 12/2/2021	
FIMCP - ESPOL		HÉLICE DE TOLVA			
		DOSIFICADORA DE TIERRA		Escala 1 : 4	Hoja 14 / 14

6 1 5 1 4 3 1 2 1 1