



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

## **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

### **CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECÁNICA**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DOS AGITADORES  
MEZCLADORES PARA EL LABORATORIO DE SUELOS Y  
AGUAS DE LA FACULTAD DE CAREN”**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO ELECTROMECÁNICO**

**AUTOR:**

Jhon Henry León Ganchala

**TUTOR:**

Ing. Mauro Darío Albarracín Álvarez; MsC

LATACUNGA, AGOSTO 2024

## DECLARACIÓN DE AUDITORÍA

Yo, León Ganchala Jhon Henry, con cédula de ciudadanía No. 050399296-8, declaro ser autor de la presente PROPUESTA TECNOLÓGICA: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DOS AGITADORES MEZCLADORES PARA EL LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS DE LA FACULTAD DE CAREN”**, siendo el Ing. Mauro Darío Albarracín Álvarez Mgtr, Tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, agosto del 2024

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized initials and a surname, written over a horizontal dotted line.

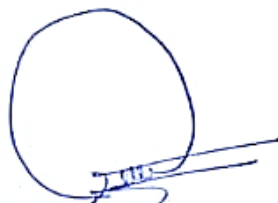
León Ganchala Jhon Henry

C.C. 050399296-8

## **AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**

En calidad de tutor de la propuesta tecnológica sobre el título: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DOS AGITADORES MEZCLADORES PARA EL LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS DE LA FACULTAD DE CAREN”**, de León Ganchala Jhon Henry, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicha propuesta tecnológica es merecedora del aval de aprobación al cumplir las normas técnicas, traducción y formato previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, agosto del 2024



.....  
Ing. Mauro Darío Albarracín Álvarez

C.C. 050311373-0

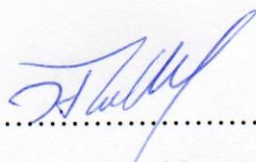
## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban la presente propuesta tecnológica de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS; por cuanto, el postulante León Ganchala Jhon Henry, con el título de Proyecto de Titulación “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DOS AGITADORES MEZCLADORES PARA EL LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS DE LA FACULTAD DE CAREN**” ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza a grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, agosto del 2024

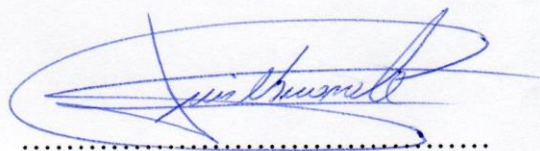
Para constancia firman:



Lector 1 (presidente)

Ing. Laurencio Alfonso Luis Héctor

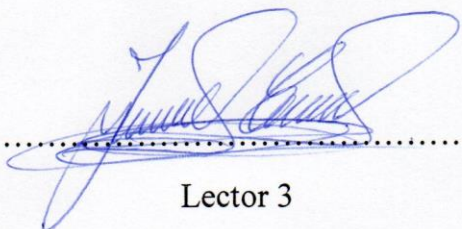
C.C. 175836725-2



Lector 2

Ing. Navarrete López Luis Miguel

C.C. 180374728-4



Lector 3

Ing. Cevallos Betún Segundo Ángel


C.C. 050178243-7

## **AVAL DE IMPLEMENTACIÓN**

Mediante el presente pongo a consideración que, el señor: León Ganchala Jhon Henry, de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, realizó su trabajo de PROPUESTA TECNOLÓGICA, aportando a la Facultad de Ciencia Agropecuarias y Recursos Naturales con su tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DOS AGITADORES MEZCLADORES PARA EL LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS DE LA FACULTAD DE CAREN”**.

Latacunga, agosto del 2024

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, enclosed within a large, hand-drawn oval. The signature is written in a cursive style and is positioned above a horizontal dotted line.

Ing. Karina Marín Quevedo

Directora de proyecto de investigación

## **AGRADECIMIENTO**

*Por el desarrollo del presente trabajo en primer lugar agradezco a Dios por darme la sabiduría y resistencia en el transcurso de mi camino como estudiante. A mis padres y hermanos por sus palabras de un futuro mejor, que fueron el motor para no apartarme de mi objetivo.*

*De igual manera doy gracias a mi tutor Mauro Albarracín, al Ing. Jorge Villarroel e Ing. Diana Marín ya que ayudaron que este trabajo sea posible, con su profesionalismo y guía técnica en este arduo camino, ya que sin su ayuda no se habría logrado la culminación del mismo.*

*También una especial gratitud a la Universidad de Almería por el trabajo conjunto con nuestra alma mater, con el apoyo en la investigación de conocimientos y generación de nuevas tecnologías a favor del desarrollo del pueblo.*

**Jhon León**

## **DEDICATORIA**

*Este logro académico lo dedico a Dios que me ha cuidado tanto en mis errores y problemas como en mis triunfos y alegrías, llenado de bendiciones mi vida y por haberme permitido llegar hasta este momento tan importante de mi vida. También es dedicado a un gran Ingeniero del cual he aprendido innumerables cosas y que evito que me rindiera cuando ya quería tirar la toalla, con sus palabras “tranquilo, respire dos veces y continúe” más que un gran profesional lo considero como un gran amigo, al Ing. Jorge Luis Villarroel Guerrero. Lo dedico a mi familia, docentes, amigos de estudio y amigos de trabajo, los cuales con sus criterios iban dándome más ideas y ánimos para que el proyecto sea de excelente calidad profesional. Este trabajo es dedicado para cada uno de ustedes.*

**Jhon León**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

### TÍTULO: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DOS AGITADORES MEZCLADORES PARA EL LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS DE LA FACULTAD DE CAREN”

**Autor:**

León Ganchala Jhon Henry

#### RESUMEN

La presente propuesta tecnológica se desarrolló con la finalidad de evitar el esfuerzo físico humano realizado durante el proceso de agitación y mezclado en las pruebas analíticas de suelos en el laboratorio de Suelos y Aguas de la Facultad de CAREN de la Universidad Técnica de Cotopaxi, campus Salache con la implementación de dos máquinas que ayuden en dicho proceso de forma continua con una velocidad constante, mejorando así el proceso de agitación y mezclado. Para lo cual se propone el diseño y construcción de dos agitadores mezcladores para este laboratorio. El primero de ellos realiza su proceso mediante un movimiento circular con respecto a un eje horizontal con la capacidad de agitar 12 probetas con muestras de suelos al mismo tiempo, a una velocidad solicitada por el investigador de 45 revoluciones por minuto. El material del eje seleccionado, elemento fundamental que transmitirá el movimiento, fue acero AISI-SAE 1018 debido a sus propiedades mecánicas, ductilidad buena y alta tenacidad adecuada para la fabricación de piezas de maquinaria, acoplado a un motor de  $\frac{1}{4}$  HP con caja reductora de 45 revoluciones/minuto, y la segunda máquina consta de una plataforma con giro orbital en la cual el operador podrá seleccionar la velocidad de giro de 20 a 200 revoluciones/minuto mediante un circuito de control de velocidad del motor y proyectada a una pantalla para visualizar la velocidad de giro según el requerimiento del ensayo. Esta aplicación tecnológica mejorará las prácticas analíticas del laboratorio y aumentará la cantidad de muestras para la determinación de las propiedades físicas y químicas del estudio del suelo.

**Palabras Clave:** Agitación, mezcla, máquina, suelo.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES**

**THEME:** “DESIGN AND CONSTRUCTION OF TWO MIXING AGITATORS FOR THE  
SOIL AND WATER LABORATORY OF THE FACULTY OF CAREN”

**Author:**

León Ganchala Jhon Henry

**ABSTRACT**

The present technological proposal was developed with the purpose of avoiding human physical effort held during the agitation and mixing process in soil analytical tests in the Soil and Water laboratory of the CAREN Faculty of the Technical University of Cotopaxi, Salache campus. Two mixing agitators were implemented for this laboratory that operates continuously with a constant speed, thus improving the stirring and mixing process. In this sense, the first of them holds its process through a circular movement concerning a horizontal axis with the capacity to shake 12 test tubes with soil samples at the same time, at a speed requested by the researcher of 45 revolutions per minute. The material of the selected axis, the fundamental element that will transmit the movement, was AISI-SAE 1018 steel due to its mechanical properties, good ductility, and high toughness, suitable for the manufacture of machinery parts, coupled to a ¼ HP motor with a 1/4 HP reduction box of 45 revolutions/minute. The second machine consists of a platform with orbital rotation in which, the operator can select the rotation speed from 20 to 200 revolutions/minute through a motor speed control circuit and projected onto a screen to display the rotation speed according to the test requirement. This technological application improves the analytical practices of the laboratory and increases the number of samples for the determination of the physical and chemical properties of the soil study.

**Keywords:** Agitation, mixing, machine, soil.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA EN ELECTROMECAÁNICA**


León Ganchala Jhon Henry

**AVAL DE TRADUCCIÓN- Profesional Externo**

Yo Mena Álvarez Carlos Efraín con cédula de identidad número: 1723751804 Licenciado en: Pedagogía del idioma inglés con número de registro de la SENESCYT: 1020-2023-2649318; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma Inglés del resumen del proyecto de propuesta tecnológica con el título: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DOS AGITADORES MEZCLADORES PARA EL LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS DE LA FACULTAD DE CAREN”** de: **León Ganchala Jhon Henry**, egresado de la carrera de **Electromecánica**, perteneciente a la Facultad de: **Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**.

En virtud de lo expuesto y para constancia de lo mismo se registra la firma respectiva.

Latacunga, 21 de agosto del 2024

  
.....  
Lic. Mena Álvarez Carlos Efraín  
CI: 1723751804

## ÍNDICE

1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2. INTRODUCCIÓN .....	2
2.1. Situación problemática.....	3
2.2. Formulación del problema .....	3
2.3. Objetivo y campos de acción .....	3
2.4. Beneficiarios .....	3
2.4.1. Beneficiarios directos .....	4
2.4.2. Beneficiarios indirectos.....	4
2.5. Justificación .....	4
2.6. Objetivos.....	5
2.6.1. Objetivo general .....	5
2.6.2. Objetivos específicos.....	5
2.6.3. Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados .....	5
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO .....	6
3.1. Antecedentes de la investigación .....	6
3.2. Agitación y mezclado de fluidos.....	8
3.2.1. Agitación para análisis de propiedades de fluidos .....	8
3.2.2. Mezclado de fluidos .....	8
3.3. Equipos para agitación y mezcla en laboratorios.....	9
3.3.1. Agitadores orbitales.....	9
3.3.2. Agitadores lineales .....	10
3.3.3. Agitadores de laboratorio en 3D.....	11
3.3.4. Agitador de noria.....	11
3.3.5. Agitador rotacional.....	12
3.3.6. Agitador con movimiento rodante.....	12
3.4. Selección de opciones para el diseño y construcción de los agitadores mezcladores según la necesidad del laboratorio. ....	13

3.4.1. Agitador de movimiento lineal.....	13
3.4.2. Agitador de movimiento orbital .....	14
4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS.....	15
4.1. Metodología.....	15
4.2. División de los sistemas.....	15
4.3. AGITADOR DE MOVIMIENTO CIRCULAR CON EJE HORIZONTAL .....	15
4.3.1. Cono base y cono de fijación deslizante .....	16
4.3.2. Criterio del cálculo del peso total del mecanismo giratorio.....	17
4.3.3. Peso de probeta de ensayo.....	18
4.3.4. Criterio de cálculo del árbol de transmisión.....	19
4.3.5. Potencia necesaria del motor.....	19
4.3.6. Criterio para selección de dispositivos eléctricos .....	22
4.4. MEZCLADOR DE PLATAFORMA DE MOVIMIENTO ORBITAL.....	23
4.4.1. Criterio para el cálculo del motor eléctrico .....	24
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	25
5.1. AGITADOR DE MOVIMIENTO CIRCULAR CON EJE HORIZONTAL .....	26
5.1.1. Diseño de cono fijador deslizante .....	26
5.1.2. Cono base .....	27
5.1.3. Cálculo del peso total de la estructura giratoria .....	28
5.1.4. Vástago de cono superior .....	29
5.1.5. Estructura horizontal .....	30
5.1.6. Soporte lateral .....	31
5.1.7. Criterio de cálculo de eje cuadrado .....	32
5.1.8. Longitud del ángulo de acero .....	33
5.1.9. Análisis del árbol de transmisión .....	34
5.1.10. Análisis de tensión estática del árbol de transmisión .....	37
5.1.10.1. Factor de seguridad .....	37
5.1.10.2. Esfuerzo de Von Mises.....	38

5.1.10.3. Desplazamiento .....	39
5.1.11. Análisis de tensión estática de la estructura vertical del agitador.....	39
5.1.11.1. Factor de seguridad .....	39
5.1.11.2. Tensión de Von Mises.....	40
5.1.11.3. Desplazamiento .....	41
5.1.12. Cálculo de potencia necesaria del motor.....	41
5.1.13. Selección de elementos eléctricos .....	45
5.1.13.1. Relé térmico .....	45
5.1.13.2. Interruptor termomagnético.....	46
5.1.13.3. Contactor eléctrico .....	47
5.2. MEZCLADOR DE PLATAFORMA CON MOVIMIENTO ORBITAL.....	47
5.2.1. Cálculo de motor eléctrico .....	48
5.2.2. Plataforma base para los recipientes de muestras .....	51
5.2.3. Peso de la plataforma. ....	52
5.2.4. Conexión de circuitos de control.....	53
5.3. ANÁLISIS ECONÓMICO .....	56
5.3.1. Costos de agitador de movimiento circular con eje horizontal .....	56
5.3.2. Costos de agitador de mezclador con plataforma de movimiento orbital. ....	58
5.3.3. Costo total del proyecto de diseño y agitación de dos agitadores mezcladores para el laboratorio de suelos y aguas de la Facultad de CAREN.....	60
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	60
6.1. Conclusiones.....	60
6.2. Recomendaciones .....	61
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Comportamiento de fluido de (1) mezcla vs (2) agitación [6].	9
Figura 3.2. Agitador orbital [7].	10
Figura 3.3. Agitador lineal [7].	10
Figura 3.4. Agitador 3D [8].	11
Figura 3.5. Agitadora de noria [9].	11
Figura 3.6. Agitadora de noria [10].	12
Figura 3.7. Agitadora de rodillos [11].	13
Figura 3.8. Agitador vertical [12].	14
Figura 3.9. Agitador orbital [14].	14
Figura 4.1. Probeta de ensayos usada por el laboratorio de suelos y aguas de la Facultad de CAREN.	16
Figura 4.2. Referencia para especificar las medidas de los conos de fijación.	17
Figura 4.3. Puntos de fijación de la estructura giratoria.	19
Figura 4.4. Radio interior $r_1$ y radio exterior $r_2$ .	20
Figura 5.1. Agitador de movimiento circular fijado a un eje horizontal.	26
Figura 5.2. Cono fijador deslizante.	27
Figura 5.3. Diseño de cono base.	28
Figura 5.4. Función del eje cuadrado. (1) Vástago sujeción de probeta. (2) Dimensiones del eje cuadrado.	32
Figura 5.5. Ángulo de acero y su diseño de la estructura de sujeción de probetas.	33
Figura 5.6. Medición de peso por báscula de los elementos giratorios. (1) peso de probeta. (2) peso de estructura giratoria.	34
Figura 5.7. Fuerza resultante en el árbol de transmisión.	36
Figura 5.8. Dimensiones de los apoyos y las cargas.	36
Figura 5.9 Coeficiente de seguridad.	38
Figura 5.10. Tensión de Von Mises en el árbol de transmisión.	38

Figura 5.11. Desplazamiento máximo estático.....	39
Figura 5.12. Datos de factor de seguridad.....	40
Figura 5.13. Tensión de Von Mises de estructura base.....	40
Figura 5.14. Desplazamiento de la estructura.....	41
Figura 5.15. Placa de datos técnicos del motor eléctrico a usar.....	45
Figura 5.16. Tabla con factor de protección contra sobrecarga [19].....	46
Figura 5.17. Ajuste máximo de los dispositivos de protección contra cortocircuito y falla a tierra para circuitos derivados de motores [19].....	46
Figura 5.18. Tabla de selección de contactor NXC AC [20].....	47
Figura 5.19. Agitador de movimiento orbital.....	48
Figura 5.20. (1) Ensamble completo de plataforma. (2) Peso de plataforma construida.....	48
Figura 5.21. Ejes de transmisión acoplados a catarinas. (1) acople libre sujeto por cadena, (2) acople fijado a motor eléctrico y sujeto por cadena.....	49
Figura 5.22. Características técnicas del motor eléctrico.....	50
Figura 5.23. (1) Área de la plataforma. (2) Plataforma de 2 mm de acero inoxidable.....	52
Figura 5.24. (1) Área del soporte de plataforma. (2) Plataforma de 2 mm de acero galvanizado.	52
Figura 5.25. (1) Ensamble completo de plataforma. (2) Peso de plataforma construida.....	53
Figura 5.26. Dispositivos eléctricos. (1) PCF8574. (2) Pantalla LCD I2C.....	53
Figura 5.27. Módulo PCF8574 conectado a LCD I2C.....	54
Figura 5.28. Sensor encoder para recolectar datos de revoluciones/minutos.....	55
Figura 5.29. Conexión de Arduino, potenciómetro.....	55
Figura 5.30. Conexiones de los elementos electrónicos de control.....	56

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Sistema de Tareas.....	5
Tabla 5.1. Diseño y medidas de conos de sujeción. ....	28
Tabla 5.2. Datos de sustancias y materiales usados para las pruebas de suelo.....	29
Tabla 5.3. Diseño y medidas de vástago deslizante.....	29
Tabla 5.4. Diseño y medidas de soporte horizontal.....	30
Tabla 5.5. Diseño y medidas del soporte lateral.....	31
Tabla 5.6. Datos de peso obtenidos por báscula.....	34
Tabla 5.7. Datos de peso obtenidos por báscula y cálculos.....	35
Tabla 5.8. Fuerzas estáticas ejercidas sobre el eje.....	37
Tabla 5.9. Variación de la aceleración en el intervalo de 3 segundos.....	42
Tabla 5.10. Pines de conexión Del PCF8574 al LCD.....	54
Tabla 5.11. Conexión a tierra.....	54
Tabla 5.12. Pines de conexión.....	55
Tabla 5.13. Pines de conexión entre Arduino y módulo PCF 8574.....	55
Tabla 5.14. Costos de materiales, pernos y aceros.....	57
Tabla 5.15. Costos de material eléctrico.....	57
Tabla 5.16. Costos adicionales.....	58
Tabla 5.17. Costos totales del agitador de movimiento circular con eje horizontal.....	58
Tabla 5.18. Costos de materiales, pernos y aceros.....	59
Tabla 5.19. Costos de material eléctrico y electrónico.....	59
Tabla 5.20. Costos adicionales.....	59
Tabla 5.21. Costo total de agitador mezclador con plataforma de giro orbital.....	60
Tabla 5.22. Costo total del proyecto.....	60

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

**Título:** DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DOS AGITADORES MEZCLADORES PARA EL LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS DE LA FACULTAD DE CAREN

**Fecha de inicio:** abril 2023

**Fecha de finalización:** agosto 2024

**Lugar de ejecución:**

- Región: Zona 3
- Provincia: Cotopaxi
- Parroquia: Eloy Alfaro
- Sector: San Felipe

**Facultad que auspicia:** Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA)

**Carrera que auspicia:** Ingeniería Electromecánica.

**Proyecto de investigación vinculado:** Fortalecimiento de las competencias docentes y de extensión agraria de la Universidad técnica de Cotopaxi a través de la potenciación analítica de su laboratorio de suelos y aguas (Financiamiento internacional de la Universidad Almería)

**Equipo de trabajo:**

- Ing. Mauro Darío Albarracín Álvarez  
Cédula: 050311373-0  
Correo: mauro.albarracin@utc.edu.ec
- León Ganchala Jhon Henry  
Cédula: 050399296-8  
Correo electrónico: Jhon.leon8@utc.edu.ec  
Dirección: Barrio San Sebastián, Pujilí.

**Área del conocimiento:**

- Área: 07 Ingeniería, industria y construcción.
- Subárea del conocimiento: 071 Ingeniería y profesiones afines.

**Línea de investigación:** Procesos industriales.

**Sublínea de investigación de la carrera:** Diseño y construcción de elementos, prototipos de sistemas electromecánicos.

## 2. INTRODUCCIÓN

La Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi presta apoyo, en el campo del conocimiento científico, a los estudiantes universitarios, fortaleciéndose en los ámbitos teóricos prácticos, aportando de manera positiva a las labores de investigación. Como también prestando servicio a los agricultores de nuestra provincia realizando análisis químicos, físicos, fertilidad, densidad, porcentaje de humedad de sus suelos. Todas estas pruebas requieren de muestras, los cuales pasan por un proceso de estudio y procesos específicos con la ayuda de máquinas especializadas para el análisis. Para ello, el laboratorio debe contar con máquinas, herramientas e instrumentos que garanticen, de forma segura y eficaz, los procedimientos de investigación.

En la Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de CAREN en su laboratorio de suelos y aguas, se llevan a cabo investigaciones de suelos, cuyos resultados son la textura del suelo, componentes del suelo, capacidad de retención de líquido entre otros. Para llegar a estos resultados existen varios procesos de estudio, uno de ellos es la agitación y mezclado. En el laboratorio este proceso es llevado a cabo de forma manual debido a la carencia de máquinas que puedan sujetar los recipientes de las muestras y agitarlas automáticamente. Una probeta es llenada con la muestra de suelo y los químicos necesarios para la descomposición de sus elementos, es agitada durante un intervalo de tiempo. Dicho proceso de agitación es tardado al realizarlo de forma manual, por lo que es una gran desventaja para el investigador. Las razones son agitación irregular, variación de fuerza, mucho tiempo empleado para una sola muestra, molestia ergonómica.

Se propone en este proyecto el proceso necesario para el diseño y construcción de dos máquinas agitadoras mezcladoras. Mediante investigación en fuentes digitales y bibliotecas, se analizó el tema a desarrollar como parámetros de fabricación, alternativas viables para su diseño, y la evolución del proyecto en sí, que derivarán en el diseño y construcción final. Parte muy importante de este proyecto es definir su dimensionamiento y material a utilizar mediante la aplicación de los conceptos de ingeniería como también los parámetros o exigencias otorgadas por el investigador. Favoreciendo así en gran parte al desarrollo del conocimiento de los estudiantes y docentes de la Facultad de CAREN como también a la sociedad en general.

## **2.1. Situación problemática**

En el laboratorio de Suelos de la Facultad de CAREN de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se llevan a cabo investigaciones de suelos, cuyos resultados son la textura del suelo, componentes del suelo, capacidad de retención de líquido entre otros. Para llegar a estos resultados existen varios procesos de estudio, uno de ellos es la agitación y mezclado.

En dicho laboratorio este proceso es llevado a cabo de forma manual, en la cual, una botella plástica (probeta) es llenada con la muestra de suelo y los químicos necesarios para la descomposición de sus elementos, es agitada durante un intervalo de tiempo. Dicho proceso de agitación no es cuestión de poco tiempo si no de varias horas como también se toman varias muestras para el estudio. Por lo que hacerlo de esta forma es una gran desventaja para el investigador, las razones son agitación irregular, variación de fuerza, mucho tiempo empleado para una muestra, variación de resultados, molestia ergonómica.

La solución a este problema es el desarrollo de dos máquinas agitadoras mezcladoras, uno de movimiento vertical sobre un eje horizontal y otro de plataforma con movimiento orbital, su finalidad es la de mejorar las técnicas de agitación y mezclado e incrementar la calidad de resultados analíticos del estudio de los suelos.

## **2.2. Formulación del problema**

Falta de tecnificación de los procesos de agitación y mezcla en el laboratorio de suelos de CAREN.

## **2.3. Objetivo y campos de acción**

### **Área del conocimiento:**

- Área: 07 Ingeniería, industria y construcción.
- Subárea del conocimiento: 071 Ingeniería y profesiones afines.

**Línea de investigación:** Procesos industriales.

**Sublínea de investigación de la carrera:** Diseño y construcción de elementos, prototipos de sistemas electromecánicos.

## **2.4. Beneficiarios**

A pesar que los laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi cuentan con varios elementos y máquinas para realizar investigaciones. No quiere decir que tengan las máquinas necesarias para

trabajos específicos. Observando estas necesidades se ha tomado la decisión de diseñar y construir agitadores necesarios en el laboratorio de suelos y aguas de la Facultad de CAREN para que dichas máquinas brinden oportunidades a los estudiantes para obtener mejor calidad de aprendizaje, tanto en tiempo como en experiencia. Y a los docentes, para realizar sus clases más prácticas.

#### **2.4.1. Beneficiarios directos**

Investigadores del proyecto de fortalecimiento de las competencias docentes y de extensión agraria de la Universidad técnica de Cotopaxi a través de la potenciación analítica de su laboratorio de suelos y aguas.

#### **2.4.2. Beneficiarios indirectos**

10.500 estudiantes matriculados de primer ciclo en adelante en la Facultad de CAREN, 1.080 estudiantes de nivelación y otras carreras de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

### **2.5. Justificación**

Tomando en cuenta la importancia de la necesidad de equipos en un laboratorio, lo cual complementa considerablemente la parte teórica con la práctica, se hace importante y necesaria el trabajo del presente proyecto. La cual tiene como objetivo ampliar el número de actividades de investigación para el conocimiento acerca del proceso de agitación y mezclado.

En la Universidad Técnica de Cotopaxi, el laboratorio de suelo de la Facultad de CAREN no cuenta con máquinas que ayuden al proceso de agitación y mezclado para muestras de suelo. Es por tal motivo que la realización de este proyecto ayudará, en parte, a solucionar dicho inconveniente. Ya que los estudiantes o investigadores realizan este proceso de forma manual. En una botella plástica colocan los compuestos químicos necesarios para eliminar todos los componentes orgánicos de la muestra de suelo y es agitada cumpliendo con el proceso de agitación, pero no de forma correcta. Ya que el ser humano no tiene la capacidad de realizar este proceso de forma homogénea dificultando así los resultados deseados. Como también las muestras tomadas de un suelo no son una sino varias.

El diseño y la construcción de estos dos agitadores, para los ensayos de suelos, permitirá que su estudio sea más práctico y que además servirá para el avance y desarrollo no solo de los estudiantes y docentes, sino que también de la población en general. Fomentando la competitividad y mejor criterio de los futuros técnicos profesionales en el área de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

## 2.6. Objetivos

### 2.6.1. Objetivo general

Construir dos agitadores mezcladores para la implementación en el laboratorio de suelos y aguas de la Facultad de CAREN.

### 2.6.2. Objetivos específicos

- Recopilar información bibliográfica acerca de máquinas que desarrollan los procesos de agitación y mezclado de sustancias.
- Diseñar los distintos componentes y elementos necesarios para la construcción de las máquinas mediante software de simulación.
- Seleccionar los materiales eléctricos, electrónicos y mecánicos para su respectivo funcionamiento.
- Construir los agitadores mezcladores mediante las exigencias de los técnicos laboratoristas.

### 2.6.3. Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

A continuación, se observa la planificación de las actividades. Basándose en los objetivos planteados y que además se cuenta con los resultados deseados mediante el uso de técnicas, instrumentos y medios de investigación.

Tabla 2.1. Sistema de Tareas

Objetivos específicos	Actividades(tareas)	Resultados esperados	Técnicas medios e instrumentos
-Recopilar información bibliográfica acerca de máquinas que desarrollan los procesos de agitación y mezclado.	-Investigación de máquinas agitadoras existentes. -Análisis de trabajos precedentes de mecanismos giratorios de mezclado y agitación.	-Conocimiento de los tipos de agitadores más acordes para un laboratorio.	-Investigación bibliográfica.
-Diseñar los distintos componentes y elementos necesarios para la construcción de las máquinas mediante software de simulación.	-Aplicación de fórmulas matemáticas para el diseño de las máquinas. -Uso de software de diseño estructural.	-Visualización de los componentes, medidas y obtención de datos de cargas y esfuerzos mediante simulación.	-Software de simulación. -Cálculos. -Planos mecánicos.

-Seleccionar los materiales eléctricos, electrónicos y mecánicos para su respectivo funcionamiento.	-Selección de materiales necesarios para el ensamblaje de los agitadores.	-Presentación de los materiales en consideración a sus costos.	-Investigación bibliográfica. - Catálogos de materiales. - Normativas con propiedades mecánicas de materiales.
-Construir los agitadores mezcladores mediante las exigencias de los técnicos laboratoristas.	-Funcionamiento de prototipos mediante la prueba de agitación en envases correspondientes.  -Mejoramiento técnico en caso de que exista falla.	-Mejoramiento en pruebas de agitación y mezclado de sustancias.	-Investigación de proceso de mecanizado. -Suelda. -Torno. -Impresión 3D.

### 3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO

#### 3.1. Antecedentes de la investigación

El éxito de varias operaciones en los procesos industriales, depende de la eficacia de un proceso correcto de agitación y mezcla de fluidos. Hay que tener muy en cuenta que los términos de agitación y mezcla no son procesos iguales. La agitación hace referencia a la aplicación de movimiento de un material o fluido en una forma homogénea específica, generalmente en recipientes de modelo circular dentro de un tipo de especial de contenedor. Dicha mezcla tiene una forma de distribución de varias fases al azar separadas. Supongamos un material de mezcla homogénea, o que un tanque que contenga agua fría estos dos ejemplos son capaces de ser agitados, pero, por otro lado, no se puede mezclar mientras no se le coloque otro fluido o material en el recipiente, como por ejemplo una cierta cantidad de agua caliente, alguna sustancia química o algún sólido pulverulento [1].

Antes de los mezcladores o agitador automatizado, los científicos investigadores debían realizar estos procesos de manera manual, con el fin de formar las reacciones químicas y otros procesos a los que querían llegar. Esta situación cambio si no hasta principios del siglo XX en donde se empezó a fabricar los primeros agitadores de laboratorio automatizados facilitando esta tarea al equipo investigador, teniendo como resultado una agitación prolongada, homogénea y controlada [1].

El término mezclado o mezcla, es un proceso que se aplica en gran variedad de ensayos de laboratorio que difieren ampliamente en el grado de efectividad de la maquina como también de homogeneidad del material. Consideremos dos gases que han de, totalmente, ser mezclados, y un segundo plano, el caso de grava o cemento, agua y arena que se mezcla o agita, según sea el proceso, se voltean durante un largo período de tiempo en un tambor rotatorio. En cualquiera de estos puntos se podría mencionar que el producto está mezclado. Observamos que los productos no son homogéneos, como la grava, tanto en textura como en densidad. Las muestras de gases mezclados todas poseen la misma composición por más pequeñas que sean. Por otro lado, las muestras de hormigón difieren mucho del mezclado de la composición [1]

-En la Universidad de Córdoba, en el año 2018, los estudiantes Robert David Ayus Escobar y Cristian Andrés Vanegas Martínez realizaron su proyecto de titulación denominado “Diseño y construcción de un agitador de muestras minerales en solución acuosa para el laboratorio de suelos y aguas de la universidad de Córdoba.” Donde estudiaron y analizaron los parámetros, necesidades y requerimientos expuestos por el laboratorio, identificando las variables más relevantes para conocer el problema principal e identificar la capacidad y forma del dispositivo, el tamaño del mismo y el tipo de movimiento que se debía emplear. Otros parámetros importantes como la masa total que debía ser agitada su velocidad o el tiempo de agitado requerido, determinaron los aspectos técnicos y generales del dispositivo [2].

-En la Universidad de las Fuerza Armadas, los estudiantes Espinosa Espín Franklin Isaac, Través Padilla Galo Leonardo. Desarrollaron su proyecto de titulación en el año 2016, “Diseño y construcción de un agitador orbital modular de doble bandeja para el laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales de la carrera de Ingeniería en Biotecnología” con características de funcionamiento 110 (VAC), y un rango de velocidad regulable de giro de 20 a 120 revoluciones/min y peso aproximado de 45 (kg). El Agitador Orbital Modular realiza la agitación y mezcla de medios acuosos con la ayuda del movimiento excéntrico que posee la bandeja donde se encuentran alojados vasos de precipitación. El sistema de control empleado es un PID o su nombre completo, Control Proporcional Integral y Derivativo, con un micro controlador ARDUINO, el cual tiene acceso libre al lenguaje de programación como en la placa electrónica. Este rango de vueltas del Agitador Orbital Modular viene programado de 20 a 120 revoluciones/min considerando las necesidades proporcionadas por los investigadores del Laboratorio de Cultivos Vegetales [3].

## **3.2. Agitación y mezclado de fluidos**

### **3.2.1. Agitación para análisis de propiedades de fluidos**

La agitación se puede definir como un proceso de forzar a los fluidos o gases a adquirir un movimiento circulatorio a través de una fuerza centrífuga que causará el movimiento del fluido, como en el caso de los agitadores de movimiento circular. ya que existen agitadores de movimiento horizontal el cual agita de forma turbulenta dentro de un recipiente. Estos procesos son generalmente realizados en industrias con motores acoplados con paletas o en caso de laboratorios químicos, en los cuales estos procesos son importantes, poseen motores más pequeños con plataformas contenedoras de probetas [4].

En las industrias y laboratorios de áreas de química se realizan procesos de agitación, muchas de estas operaciones que se llevan a cabo dependen en alto grado de la agitación y mezclado de los elementos que se desee ensayar. A diferencia de lo mencionado, el mezclado implica partir de dos fluidos y que estas interactúen, con un movimiento con velocidad baja, para un resultado final [5].

Existen varios objetivos detrás de la agitación de fluidos y algunos de ellos son:

- Obtención de líquidos miscibles.
- Disolución o separación de sólidos en líquidos.
- Dispersión de burbujas pequeñas de un gas en un líquido, como para el proceso de activación de lodos en el tratamiento de aguas.
- Suspensión de partículas sólidas finas en un líquido.
- Agitación de un fluido para aumentar la transferencia de calor entre dicho fluido y las paredes del recipiente.

### **3.2.2. Mezclado de fluidos**

La operación de mezcla es más complicada de estudiar a diferencia de la agitación. Por lo general el criterio de mezcla es visualizado y estimado por el operador, el tiempo y velocidad a partir de dos fluidos individuales y lograr que ambas fases se distribuyan al azar entre sí para obtener un resultado homogéneo. Como también resulta de la observación en fenómenos de interferencia para seguir la mezcla en pruebas de gases o en el cambio de color, para concluir con el grado de mezcla de líquidos. La velocidad de un líquido que fluye dentro de un tanque

agitado, aunque complejos, son bastante definidos y reproducibles en máquinas y softwares de simulación. El consumo de potencia es fácilmente medible. Los resultados de mezcla son difíciles de reproducir y dependen en gran medida de los parámetros del investigador. Otros criterios que han sido utilizados en este tipo de procesos son, la velocidad de caída de concentración del fluido que logra aparecer cuando un fluido contaminante es agregado en un recipiente con fluido base [6].

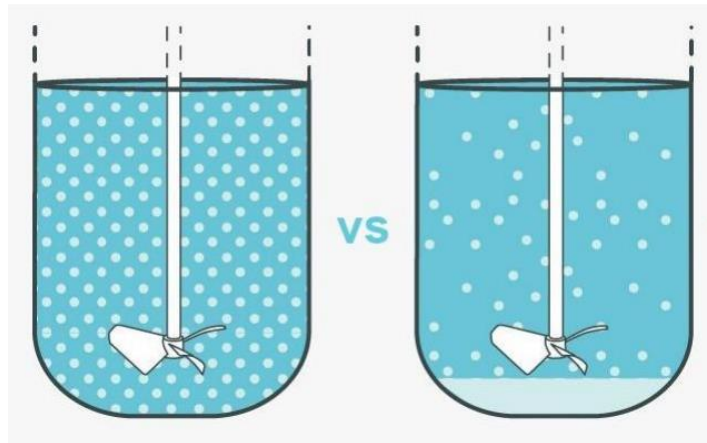


Figura 3.1. Comportamiento de fluido de (1) mezcla vs (2) agitación [6].

### 3.3. Equipos para agitación y mezcla en laboratorios

Generalmente, los líquidos que se agitan en un recipiente cilíndrico pueden estar cerrados o abiertos. Las proporciones del recipiente varían significativamente según la naturaleza del fluido y el problema a investigar de la agitación. Sin embargo, varias situaciones son usadas por diseños estandarizados. Con dimensiones requeridas por el trabajo que van a realizar, pueden ser herméticas o abiertas. Donde la pieza fundamental para el proceso de agitación y mezclado es un eje que transmitirá el movimiento y potencia de trabajo por un motor.

Los agitadores o mezcladores de laboratorios químicos son también conocidos en el mercado como (shakers), son mecanismos que se emplean en los sectores de la ciencia como biología y química, teniendo como objetivo mezclar líquidos, fluidos o preparar disoluciones, destrucción de material orgánico y suspensiones. Estos equipos producen un tipo de movimiento, dependiendo de la máquina, entre líquidos o entre líquidos y sólidos con el fin de alcanzar procesos de agitación, mezcla, suspensión, dispersión, homogeneización, etc. [7].

#### 3.3.1. Agitadores orbitales

Los agitadores orbitales son equipos médicos utilizados en las clínicas, laboratorios y otros; para la preparación de combinaciones de sustancias, la homogeneización, la mezcla. De estos

equipos existen una gran variedad de presentaciones y tamaños, como también con velocidad fija o regulable. Consta de un control frontal de velocidad el cual ayuda a regular la velocidad de giro según la necesidad y resultados deseados, de igual manera este equipo tiene un control de tiempo ajustable. En la parte superior se encuentra una plataforma donde se colocan los envases con las sustancias a ensayar, la cual posee un material antideslizante en su plataforma [7].



*Figura 3.2. Agitador orbital [7].*

### **3.3.2. Agitadores lineales**

Esta máquina es óptima para una agitación intensiva o también un suave movimiento en funcionamiento continuo, cabe recalcar que la continuidad y una fuerza de agitación igual es muy importante para los ensayos. Este tipo de agitadores tienen gran variedad de posibles movimientos de agitación, ya que impacta el fluido el recipiente. Estos agitadores lineales se utilizan en salas de incubación con regulación de temperatura a temperaturas ambiente de entre 10 y 60 °C, los instrumentos más usados son tubos de ensayo o embudos de separación, laboratorios para agitar botellas y más [7].



*Figura 3.3. Agitador lineal [7].*

### 3.3.3. Agitadores de laboratorio en 3D

Permite mezclas homogéneas de la preparación de muestras a analizar en toda dirección cartesiana. Poseen plataformas que traza suaves movimientos circulares, de vaivén o de sube y baja. Poseen un ángulo ajustable asegura una adaptación óptima a las solicitudes propuestas de cada experimento, según sea la configuración. Gran factibilidad en los campos de la biología.

En el se pueden usar frascos, frascos de cultivo, placas de Petri y tubos de ensayo con su respectivo sellamiento o tapa. favorable para cultivos de células, extracciones de ADN, distribución de estructuras celulares y tinción o decoloración de células [8].



Figura 3.4. Agitador 3D [8].

### 3.3.4. Agitador de noria

Consiste en un plano vertical circular en el cual se instalan las probetas de ensayos en los extremos de forma distribuida ocupando todos los compartimentos para evitar desbalance en forma de circular como se muestra en la Figura 3.5. Este es accionado por un motor el cual transmite el giro al plano vertical por medio de bandas y poleas, normalmente estos agitadores trabajan a velocidades fijas y es ideal para preparar mezclas pequeñas [9].



Figura 3.5. Agitadora de noria [9].

### 3.3.5. Agitador rotacional.

Este agitador es un dispositivo para laboratorios con el objetivo de mezclar, procesar y realizar agitación continua de sustancias, realiza su movimiento en pequeñas revoluciones por minuto para una mezcla homogénea. Es una máquina ideal para colocar muestras que tienden a sedimentarse y dichas muestras se pueden colocar en diversos tipos de recipientes y sistemas de fijación de cualquier tamaño dependiendo del modelo del agitador rotacional. Ofreciendo un dispositivo confiable de procesos para laboratorios por su diseño y capacidad manteniendo condiciones controladas hacen indispensable en cualquier laboratorio. Ofrece gran variedad de procesos y experimentos de laboratorio como en áreas de tecnología medioambiental, bioquímica, biología molecular y más. Como también en máquinas industriales se aplica en procesos de pintura.

En la figura 3.6 agita botellas mediante un eje de soporte en el centro de 2 partes fijas para poder soportar y contener las botellas, consiguiendo así un giro horizontal y paralelo a la superficie donde se colocará y dando un movimiento de la sustancia caiga de un extremo al otro de la botella [10].



Figura 3.6. Agitadora de noria [10].

### 3.3.6. Agitador con movimiento rodante

Tiene un particular movimiento este agitador. Su movimiento consiste en volcar el recipiente cerrado de forma circular. Además, está fabricada con una leve inclinación para que los recipientes no recorran hacia los extremos de la máquina. Es muy utilizada en realizar agitación de muestras de sangre, suspensión de sólidos y líquidos viscosos en donde se requiere una aireación mínima [11].



Figura 3.7. Agitadora de rodillos [11].

### **3.4. Selección de opciones para el diseño y construcción de los agitadores mezcladores según la necesidad del laboratorio.**

Luego de haber realizado una búsqueda de los agitadores mezcladores que puedan cumplir con el requerimiento de los investigadores del laboratorio de la facultad de CAREN se halló dos máquinas que se asemejan mucho al solicitado por lo cual más adelante tomaremos como punto de referencia para el diseño y la construcción de los agitadores del presente proyecto

El primero en tomar como referencia es el agitador de movimiento lineal. Ya que la velocidad de mezclado es similar a la que se desea por el investigador del laboratorio de suelos y aguas de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Solo que el tipo de movimiento será modificado de movimiento lineal a movimiento circular en eje horizontal, prácticamente como un agitador rotacional

El segundo en tomar como referencia es el agitador de giro orbital el cual en la propuesta tecnológica lo llamaremos agitador con plataforma de movimiento orbital.

#### **3.4.1. Agitador de movimiento lineal**

Se utilizan varios porta probetas, ubicados uno sobre el otro en diferentes columnas. El movimiento es lineal cambiando cíclicamente el sentido. En la porta probetas se colocan las probetas horizontalmente de tal forma que su eje longitudinal se encuentra paralelo a la dirección del sentido del movimiento, es el cambio de sentido del movimiento de forma súbita lo que provocará que el contenido impacte con los extremos del recipiente esto implica que en cada ciclo se logrará que el contenido impacte dos veces. Este mecanismo no existe en el mercado, pero fue un proyecto realizado el cual tiene parámetros similares para el caso del proyecto del diseño y construcción de los agitadores mezcladores para el laboratorio de CAREN [12].



*Figura 3.8. Agitador vertical [12].*

### **3.4.2. Agitador de movimiento orbital**

Consiste en una plataforma paralela sujeta a la superficie de la mesa, la cual está conectada a un motor de corriente continua y se mueve de forma orbital excéntrica. Como el mostrado en la Figura 3.9, es un dispositivo pequeño e ideal para tener en laboratorios de química o biología ya que opera a velocidades regulables. Mediante su velocidad a bajas RPM se puede realizar ensayos en procesos de mezclado y a velocidades altas para realizar pruebas en fluidos más pesados o mediana viscosidad, son muy utilizados para agitar muestras de sangre o pequeñas disoluciones, cuentan con un temporizador, velocidad ajustable ya mencionada y variación de temperatura [13].



*Figura 3.9. Agitador orbital [14].*

La velocidad en los procesos de mezclado es determinante para el ensayo y resultados que se desea buscar, ya sea en investigación de cultivo celular, separación de minerales o la mezcla de sustancias. Este proceso influye en la velocidad de transferencia del oxígeno. Entre los agitadores orbitales para aplicaciones de laboratorios su excentricidad o movimiento orbital

varia, los que cuentan con pasos orbitales de entre (10 y 30 mm) y suelen alcanzar velocidades de 200 a 500 revoluciones/min máximo, por otro lado los que tienen órbitas más grandes (50mm) alcanzan una velocidad máxima de 300 revoluciones/min. Cuanta más pequeño es el recorrido de la órbita, mayor es la velocidad que se puede establecer [14].

Los siguientes diámetros de órbita pueden variar en función de su uso, del tipo de pruebas que se realiza y el tamaño de los recipientes que van a ingresar en las maquinas, como guía general se tiene:

Diámetro de órbita de 3 mm: es un diámetro perfecto para realizar pruebas en micro placas, tubos de micro centrífugo.

Diámetro de órbita de 10-30 mm: se lo usa para vasos de precipitados y matraces de hasta 2 litros principalmente para placas de cultivo celular.

Diámetro mayor a 30 mm de órbita: es muy utilizado para realizar mezclado en recipientes grandes de más de 2 litros.

## **4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS**

### **4.1. Metodología**

En el presente capítulo se presentan los procedimientos, materiales, condiciones y métodos utilizados que fundamenta el diseño y construcción de 2 agitadores mezcladores, uno de ellos con un sistema agitador de movimiento circular con eje horizontal y otro con plataforma de giro orbital para brindar la solución al problema de la agitación manual evitando fatiga y aumentando la tecnificación del proceso.

### **4.2. División de los sistemas**

Mediante las especificaciones solicitadas por el usuario se procede a realizar los cálculos y selección de materiales pertinentes en orden. En primer lugar, se explica el proceso del agitador con movimiento vertical y en segundo lugar por el agitador con movimiento orbital.

### **4.3. AGITADOR DE MOVIMIENTO CIRCULAR CON EJE HORIZONTAL**

Este agitador se diseñó de acuerdo con las características y parámetros para un agitador de muestras de suelos con movimiento circular fijado a un eje horizontal, como se observa en la Figura 5.1, sobre dos soportes, constituido fundamentalmente por 4 ángulos que poseen compartimentos cúbicos maquinados, distribuidos de tal forma que las probetas de ensayo

puedan ser colocados correctamente y sujetadas por un juego de conos para cada una de ellas, con la opción de colocar hasta 12 probetas con muestras en la máquina.



Figura 4.1. Probeta de ensayos usada por el laboratorio de suelos y aguas de la Facultad de CAREN.

Partiendo del envase ocupado por los investigadores para los ensayos con muestras de suelo se dimensionará los conos donde quedará sujeta y fijada para que soporte la velocidad de giro de la máquina agitadora.

Basándose en el diámetro del extremo superior de la tapa y el diámetro inferior de la probeta se obtienen dos conos. Uno para atrapar la parte superior y otro la base de la misma, este soporte de sujeción en forma de cono es factible ya que al pasar el tiempo pueda cambiarse la probeta con una tapa y base más grande de la diseñada por lo que la forma cónica aumenta su diámetro a su otro extremo.

#### 4.3.1. Cono base y cono de fijación deslizante

Para ello se toma como referencia la probeta de ensayos del laboratorio de suelos y aguas de CAREN mostrada en la figura 4.1.

En este caso es necesario conocer dos diámetros. Uno de ellos será la que queda empotrada a alguna estructura, mientras que el otro diámetro es donde permitirá el ingreso de la probeta.

Como referencia de las medidas de los diámetros se usará la siguiente fórmula:

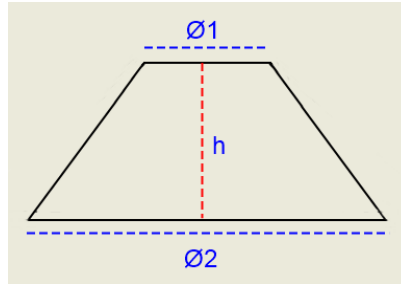


Figura 4.2. Referencia para especificar las medidas de los conos de fijación.

$$\Phi = \pi \cdot r^2 \quad (4.1)$$

Sus unidades son en [cm] y donde:

$\Phi = \text{diámetro}$

$\pi = 3.1416$

$r = \text{radio}$

También se debe calcular el volumen del cono para tener en claro el tamaño del cono. Para esto hay que tomar en cuenta que es un cono hueco por lo que en el diseño se debe graficar con un grosor de 3mm de grosor. Además, la altura que se tomará para el volumen de los conos es la altura de la tapa de la probeta que es de 30 mm [15]:

$$V = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h \cdot (r_1^2 + r_1 \cdot r_2 + r_2^2) \quad (4.2)$$

En donde:

$V = \text{volumen [cm}^3\text{]}$

$r = \text{radio [cm]}$

$h = \text{altura [cm]}$

$\pi = 3.1416$

#### 4.3.2. Criterio del cálculo del peso total del mecanismo giratorio

Para este apartado se necesita el peso del número de probetas de ensayo que se puede colocar en la máquina, la cual son 12, a este peso se lo señala como (peso a) el cual mediante cálculo de pesos específicos se conoce el peso total de las probetas con su mezcla. Por otra parte, mediante una báscula se pesará la estructura giratoria construida para conocer el valor real, este peso se lo señala como (peso c), ya que se si se pesa los materiales por separado va haber un rango de error considerable por procesos de corte, desbastado, maquinado y varios factores más

de los materiales. Por lo que el peso total del mecanismo giratorio se lo señala en la tabla 5.6 ya construido y con todos sus compartimentos usados por las probetas se señala como (peso a).

$$\text{peso } a = \text{peso } b + \text{peso } c \quad (4.4)$$

Su unidad es en [kg] y donde:

$$\text{peso } a = \text{peso total}$$

$$\text{peso } b = \text{peso total de las 12 probetas de ensayo}$$

$$\text{peso } c = \text{peso total de la estructura giratoria}$$

### 4.3.3. Peso de probeta de ensayo

Por primer punto se necesita calcular el peso de las probetas llenas con las muestras de suelo a ensayarse adicionado el peso de la estructura giratoria. Con respecto a los elementos o sustancias que se colocaran en las probetas hay que sacar sus pesos específicos según el porcentaje que el investigador coloque. De la información otorgada por el investigador las soluciones más pesadas que se colocan son: Agua destilada, suelo(arcilla), hexametafosfato sódico, agua oxigenada. En fuentes bibliográficas se halla las masas de estas sustancias y mediante una sumatoria se tendrá la masa total de solo una probeta mediante la fórmula:

$$m_{total} = m1 + m2 + m3 + m4 + m5 \dots \dots \dots \quad (4.3)$$

Sus unidades son en [gr] y donde:

$$m = \text{masa}$$

Luego de tener la masa total de una probeta llena de las sustancias o fluidos se la debe tomar en cuenta para 12 probetas más, según la solicitud del investigador, contando que no necesaria se colocara 12 muestras con la misma mezcla si no con sustancias menos pesadas por lo que se halla su valor del peso total con la siguiente razón matemática:

$$\text{peso } b = 12 \cdot \text{peso unitario}$$

Su unidad es en [kg] y donde:

$$\text{peso } b = \text{peso total de todas las probetas}$$

$$\text{peso unitario} = \text{peso total de una probeta}$$

$$12 = \# \text{ de probetas}$$

#### 4.3.4. Criterio de cálculo del árbol de transmisión

Para dimensionar el árbol que transmitirá el movimiento circular originado por un motor eléctrico se necesita conocer el peso y las fuerzas que interactúan en la barra. Para ello se necesitará conocer el peso total de las probetas de ensayo (peso b) de la estructura giratoria (peso c) encontrando así el peso que soportará el eje de transmisión (peso a) señalado en el punto 4.3.2 Criterio del cálculo del peso total del mecanismo giratorio.

Un dato muy importante que se debe tomar en un eje acoplado a un motor, es conocer el torque que va a soportar. Para ello es necesario conocer la fuerza que interactúa en ella. Por lo que para su cálculo se usa la formula [16]:

$$F = \frac{m}{2} \cdot g \quad (4.5)$$

Su unidad es Newton [N] y donde:

$F = fuerza$  [N]

$m = masa$  [kg]

$g = gravedad$   $9.8 [m/s^2]$

Como se observa, este peso esta dado en unidades de kilogramos y está dividido en 2 sitios. Esto se debe a que la construcción de la estructura giratoria diseñada está fijada en dos puntos de la barra por lo que las esta fuerza se distribuye en dos, como se ve en la figura 4.3.

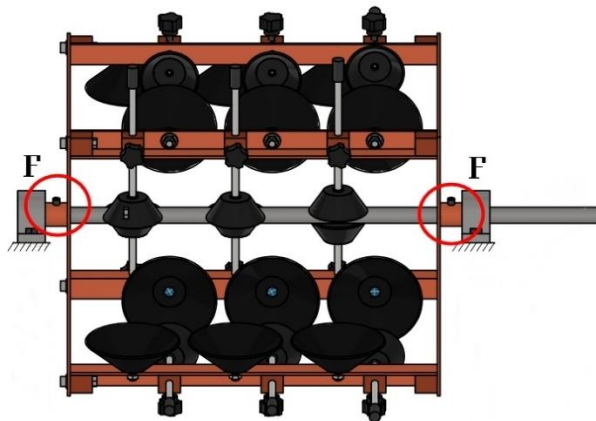


Figura 4.3. Puntos de fijación de la estructura giratoria.

#### 4.3.5. Potencia necesaria del motor

Para calcular la potencia mecánica del motor eléctrico para transmitir el giro del mecanismo giratorio se necesita conocer los datos de torque y velocidad angular el cual supere el momento

de inercia y gire a las revoluciones por minuto constantemente. Para ello se parte de la siguiente fórmula [17]:

$$P = \tau_{total} \cdot \omega \quad (4.6)$$

En donde:

$P = potencia [W]$

$\tau_{total} = torque total [N.m]$

$\omega = velocidad angular [rad/s]$

Como se observa una de las variables es el torque ( $\tau$ ) total. Este dato es la causa de rotación de nuestro mecanismo giratorio, por lo que es muy importante su cálculo. Por consiguiente, su valor se calcula de la siguiente forma:

$$\tau_{total} = \tau_I + \tau_f \quad (4.7)$$

En donde:

$\tau_{total} = torque total [Nm]$

$\tau_I = torque inercial [Nm]$

$\tau_f = torque de fricción [Nm]$

El mecanismo giratorio se puede tomar como un cilindro con eje hueco y basándonos en eso se realizan los cálculos. Ya que existen cálculos diferentes cuando se trata de un tambor completo por lo que para el análisis se debe encontrar el radio interior del tambor.

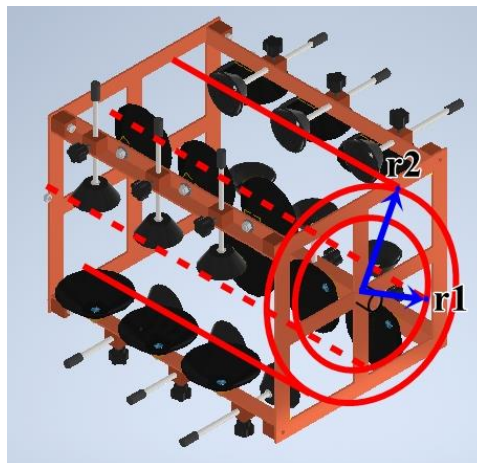


Figura 4.4. Radio interior  $r1$  y radio exterior  $r2$ .

Con este dato se puede hallar el momento de inercia. El cual ayuda a encontrar el torque de inercia. El momento de inercia se calcula mediante la fórmula [17]:

$$I = m \cdot r_{interior}^2 \quad (4.8)$$

En donde:

$I = inercia\ rotacional\ [kgm^2]$

$m = masa\ [kg]$

$r_{interior} = radio\ interior\ [m]$

Un dato muy importante a calcular es la velocidad angular para el sistema de rotación, este dato ayuda en el cálculo de la aceleración angular, esta aceleración ayuda es un dato importante para el cálculo del torque de inercia, esta velocidad angular se obtiene con la siguiente razón [17]:

$$\omega = \frac{n \cdot \pi}{30} \quad (4.9)$$

En donde:

$\omega = velocidad\ angular\ [1/seg]$

$n = velocidad\ de\ rotación\ en\ revoluciones\ por\ minuto\ [RPM]$

$30 = factor\ para\ convertir\ RPM\ a\ rad/s$

Con el resultado que se encuentre de la velocidad angular se procede a calcular la aceleración angular el cual ayuda a encontrar el torque inercial conjuntamente con el valor de inercia ya calculado, esta velocidad angular es el valor de cambio de velocidad de la estructura giratoria, y lo obtenemos con ayuda de la siguiente fórmula [17]:

$$\alpha = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t} \quad (4.10)$$

En donde:

$\alpha = aceleración\ angular\ [1/s^2]$

$\omega = velocidad\ angular\ [1/seg]$

$t = tiempo\ [s]$

Continuando con el procedimiento y teniendo los datos de inercia y aceleración angular se puede calcular el torque inercial. Este torque hace referencia al torque que se necesita para poder mover la estructura giratoria. Prácticamente es el torque necesario para sacar de la inercia. Por lo que se usa la fórmula [17]:

$$\tau_I = I \cdot \alpha \quad (4.11)$$

En donde:

$\tau_I = \text{torque inercial [Nm]}$

$I = \text{inercia rotacional [kgm}^2\text{]}$

$\alpha = \text{aceleración angular [}^1\text{/s}^2\text{]}$

Para el cálculo del torque total ya mencionado, se necesita el toque inercial el cual está señalado en la fórmula 4.11. Ahora se necesita calcular el torque de rozamiento. Este cálculo se debe analizar por que el mecanismo giratorio está apoyado entre dos chumaceras por lo que también existe un torque, es mínimo, pero existe. Este torque de fricción se puede calcular mediante la fórmula [17]:

$$\tau_f = \mu \cdot N \cdot r \quad (4.12)$$

En donde:

$\tau_f = \text{torque de fricción [Nm]}$

$\mu = \text{coeficiente de fricción de la chumacera 0.005}$

$N = \text{peso normal sobre el cojinete [kg]}$

$r = \text{radio del rodamiento [cm]}$

#### **4.3.6. Criterio para selección de dispositivos eléctricos**

Para los siguientes cálculos es necesario conocer los datos técnicos del motor. Los resultados obtenidos ayudarán, mediante tablas, a seleccionar los dispositivos eléctricos como el contactor, el relé térmico y el interruptor termo magnético.

Para este cálculo se necesita información de la figura 3.11 tomada de: (tabla 4A, tablas basadas en el código nacional, <https://es.scribd.com/document/509503068/Tablas-Basadas-en-El-Codigo-Nacional-2> , pág. 7, protección contra sobrecarga) [18]:

$$I_{\text{t\u00e9rmico}} = I_{\text{motor}} \cdot f_{\text{protecci\u00f3n}} \quad (4.13)$$

En donde:

$I_{\text{t\u00e9rmico}}$  = intensidad de corriente necesaria del rel\u00e9 t\u00e9rmico [A]

$I_{\text{motor}}$  = intensidad de corriente del motor [A]

$f_{\text{protecci\u00f3n}}$  = factor de protecci\u00f3n [%]

Para calcular la corriente que debe soportar el interruptor termomagn\u00e9tico se usa informaci\u00f3n de la figura 3.12 de: (tabla 430-52, NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-2012, INSTALACIONES EL\u00c9CTRICAS, Ajuste m\u00e1ximo de los dispositivos de protecci\u00f3n contra cortocircuito y falla a tierra para circuitos derivados de motores, p\u00e1g. 310 y 311) [19].

$$I_{\text{termomagn\u00e9tico}} = I_{\text{motor}} \cdot \% \text{ de corriente} \quad (4.14)$$

En donde:

$I_{\text{termomagn\u00e9tico}}$  = intensidad de corriente necesaria [A]

$I_{\text{motor}}$  = intensidad de corriente del motor [A]

% de corriente = porcentaje de corriente a plena carga [%]

#### **4.4. MEZCLADOR DE PLATAFORMA DE MOVIMIENTO ORBITAL**

Para el dise\u00f1o y construcci\u00f3n del mezclador con plataforma con movimiento orbital se procede a cumplir mediante las consideraciones del operador. El cual necesita que el agitador realice su movimiento orbital de 20 a 200 revoluciones por minutos. Cabe mencionar que en este agitador no se conoce el n\u00famero de muestras que se van a colocar en \u00e9l, como tambi\u00e9n a diferencia del agitador de movimiento vertical con eje horizontal, que se especific\u00f3 correctamente las soluciones qu\u00edmicas y muestras que se van a colocar en las probetas, en esta se colocaran diferentes compuestos qu\u00edmicos a usarse. Se desconoce el peso por lo que el estimado de peso es de 25 kg. Por lo que para ello tomaremos como referencia, la figura 3.9 del marco te\u00f3rico, el modelo para realizar un dise\u00f1o de la plataforma contenedora de las muestras, de un tama\u00f1o m\u00e1s similar.

#### 4.4.1. Criterio para el cálculo del motor eléctrico

Primero se procede a calcular la fuerza que ejerce el peso solicitado y el peso que se mide más adelante de la plataforma, este parámetro se calculará mediante la fórmula [21]:

$$F = P \cdot g \quad (4.15)$$

En donde:

$$F = \text{fuerza [N]}$$

$$P = \text{peso [kg]}$$

$$g = \text{gravedad [9.8 m/s}^2\text{]}$$

Luego se calcula el torque, para ellos se usa el peso completo, porque el motor es el que debe realizar el trabajo de movimiento, para ello el motor está a una distancia de 10 cm desde el motor hasta el extremo del árbol de transmisión donde se aplica la fuerza para mover la plataforma:

$$T_{necesario} = F \cdot d \quad (4.16)$$

En donde:

$$T_{necesario} = \text{toque necesario}$$

$$F = \text{fuerza [N]}$$

$$d = \text{distancia [m]}$$

Importante: Por último, para conocer la potencia mecánica se realiza el cálculo de torque tanto para 20 revoluciones como para 200 revoluciones por minuto. Gracias al grupo investigador ha facilitado un motor para el uso en el agitador orbital con las características observadas en la figura 4.16 por lo que se procede a verificar si este motor será óptimo para el trabajo que va a desempeñar.

Para calcular el torque 1 y torque 2 necesario para el giro de 20 y 200 revoluciones por minuto que se necesita, utilizar la fórmula 3-42 (pág. 97, libro de Shigley, 8va edición) la cual es la siguiente:

$$T_1 = 9,55 \cdot \frac{H}{n} \quad (4.17)$$

Donde:

$T = \text{par de torsion [N.m]}$

$H = \text{potencia [W]}$

$n = \text{velocidad } \left[ \frac{\text{rev}}{\text{min}} \right]$

Para este torque  $T$  se calcula la potencia  $H$  que requiere el motor y verificar si es factible su uso.

Para ello se utiliza la fórmula 3-34 (pág. 96, libro de Shigley, 8va edición) teniendo así:

$$H_1 = T_1 \cdot \omega \quad (4.18)$$

Donde:

$H = \text{potencia requerida del motor [W]}$

$T = \text{torque requerido en [N.m]}$

$\omega = \text{velocidad angular del eje motriz } \left[ \frac{\text{rad}}{\text{seg}} \right]$

## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Este capítulo ayuda a comprender de mejor manera el diseño y construcción de los agitadores mezcladores. Tanto con los cálculos que ayudan a la selección de materiales como también cumpliendo las exigencias técnicas del grupo investigador. Se procede a explicar como primer punto el análisis de resultados del agitador de movimiento circular con eje horizontal y posteriormente el mezclador con plataforma de movimiento orbital. Tanto el cálculo y tipo de construcción de las maquinas como también el análisis de costo económico y de procesos de manufactura. Existen datos que han sido tomado de catálogos de fabricantes de algunos elementos como rodamientos, chumaceras, aceros, reductores y de más. Están señalados en la parte de anexos.

## 5.1. AGITADOR DE MOVIMIENTO CIRCULAR CON EJE HORIZONTAL



Figura 5.1. Agitador de movimiento circular fijado a un eje horizontal.

El movimiento es suministrado por un motor eléctrico monofásico que gira a una velocidad nominal de 1690 revoluciones por minuto. Esta velocidad es disminuida por una caja reductora de tipo tornillo sin fin y corona, con una relación 37,5:1 [21]. Dando una velocidad de salida de 45 revoluciones por minuto, que es transmitida a la máquina por un eje de diámetro  $\varnothing = 22\text{mm}$  y longitud de  $L = 800\text{mm}$ , para que pueda acoplarse a la caja reductora. El investigador solicita que se pueda colocar 12 muestras en la máquina. Estas muestras son colocadas en probetas tipo botellas por lo que hay que tomar en cuenta el ancho y alto de esta probeta. Los planos y componentes diseñados para este agitador se muestran en la parte de anexos.

### 5.1.1. Diseño de cono fijador deslizante

La altura que se toma para el volumen de los conos es la altura de la tapa de la probeta que es de 30 mm o 3cm que será usado para ambos conos. En la figura 4.1 se observa el diámetro de la tapa, por lo que tenemos ya nuestro diámetro 1:

$$\text{Cono fijador } \varnothing_1 = 3 \text{ cm}$$

Ahora se calcula el diámetro 2 teniendo así un resultado de:

$$\text{Cono fijador } \varnothing_2 = \pi \cdot r^2$$

$$\text{Cono fijador } \varnothing_2 = \pi \cdot 1,5 \text{ cm}^2$$

$$\text{Cono fijador } \varnothing_2 = 7,07 \text{ cm}$$

Este resultado lo redondeamos a 7,5 cm.

Teniendo el valor del diámetro  $\varnothing_2$  se calcula el volumen del cono:

$$V = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h \cdot (r_1^2 + r_1 \cdot r_2 + r_2^2)$$
$$V = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot 3 \text{ cm} \cdot [1,5 \text{ cm}^2 + (1,5 \text{ cm} \cdot 3,75 \text{ cm}) + 3,75 \text{ cm}^2]$$
$$V = 68,91 \text{ cm}^3$$

Para este punto hay que tomar en cuenta que son conos huecos por lo que en el diseño se debe graficar con un grosor de 3mm de grosor de pared.

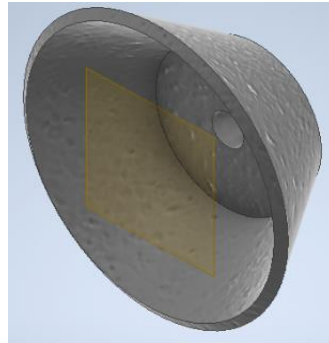


Figura 5.2. Cono fijador deslizante.

### 5.1.2. Cono base

Teniendo así un cono con la misma base del *cono base*  $\varnothing_1 = 3\text{cm}$  y un diámetro  $\varnothing_2 = 12,5\text{cm}$  se procede hallar el volumen del cono base:

$$V = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h \cdot (r_1^2 + r_1 \cdot r_2 + r_2^2)$$
$$V = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot 3 \text{ cm} \cdot [1,5 \text{ cm}^2 + (1,5 \text{ cm} \cdot 6,25 \text{ cm}) + 6,25 \text{ cm}^2]$$
$$V = 159,23 \text{ cm}^3$$

Hay que tomar en cuenta que son conos huecos por lo que en el diseño se debe graficar con un grosor de 3mm de grosor de pared.

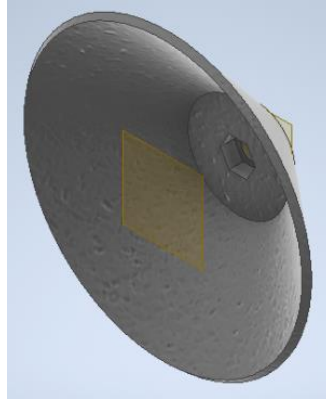
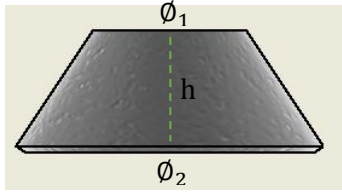
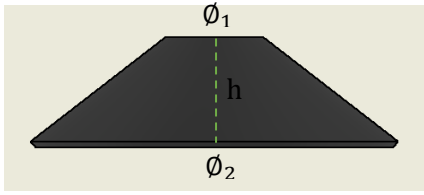


Figura 5.3. Diseño de cono base.

Se puede observar en la tabla los datos calculados donde  $\varnothing_1$  es el diámetro 1,  $\varnothing_2$  es el diámetro 2 y h es la altura que debe tener los conos.

Tabla 5.1. Diseño y medidas de conos de sujeción.

Cono fijador deslizante	Cono base
	
<p><math>\varnothing_1 = 3 \text{ cm}</math>  <math>h = 3 \text{ cm}</math>  <math>\varnothing_2 = 7,5 \text{ cm}</math></p>	<p><math>\varnothing_1 = 3 \text{ cm}</math>  <math>h = 3 \text{ cm}</math>  <math>\varnothing_2 = 12,5 \text{ cm}</math></p>

Los conos de sujeción son un juego de doce para poder sujetar 12 probetas de ensayos correctamente fijadas a la estructura horizontal observada en la figura 5.4 y 5.5 con los pernos y tuercas. Están construidas de PLA, filamento usado en impresiones 3D y teniendo 3mm de grosor de pared.

### 5.1.3. Cálculo del peso total de la estructura giratoria

Para conocer el peso total de nuestra estructura giratoria a plena carga (peso a) se calcula el peso de todas las botellas (peso c) teniendo en mente que el peso de la estructura giratoria (peso b) es de 12,80 kg mostrado en la figura 3.6 (2) y el peso total de una probeta de ensayo se calcula de la siguiente forma [22]:

Tabla 5.2. Datos de sustancias y materiales usados para las pruebas de suelo

Material	Volumen (V)	Densidad ( $\rho$ )	Masa (m)
Agua destilada	400 ml	1 g/ml	400 gr
Suelo(arcilla)	5 gr o 9 ml	2,71 g/ml	24,39 gr
Hexametafosfat o sódico	400 ml	2,48 g/ml	992 gr
Agua oxigenada	190 ml	1,45 g/ml	275,50 gr

$$\text{Peso unitario} = m1 + m2 + m3 + m4$$

$$\text{Peso unitario} = (400 + 24,39 + 992 + 275,5)\text{gr}$$

$$\text{Peso unitario} = 1691,89\text{gr o } 1,691\text{kg}$$

$$\text{peso } c = 12 \text{ botellas} \cdot \text{peso unitario}$$

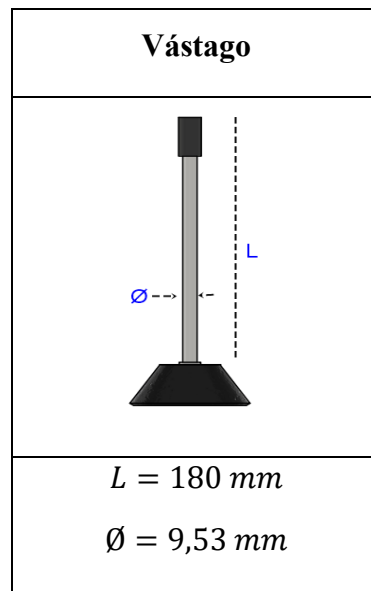
$$\text{peso } c = 12 \text{ botellas} \cdot 1,691\text{kg}$$

$$\text{peso } c = 20,28 \text{ kg}$$

#### 5.1.4. Vástago de cono superior

Este vástago se desliza por una perforación en una estructura horizontal y tiene como objetivo sujetar la probeta aplicando presión. Este eje es de acero AISI SAE 1018 muy resistente a la presión, contando que la resistencia de los conos de PLA tiene una resistencia a la flexión de 103,0 MPa [23].

Tabla 5.3. Diseño y medidas de vástago deslizante.

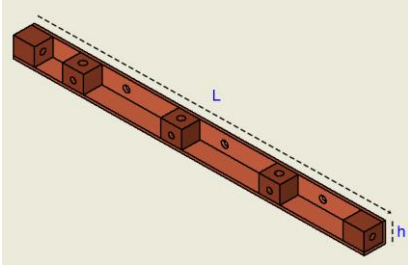
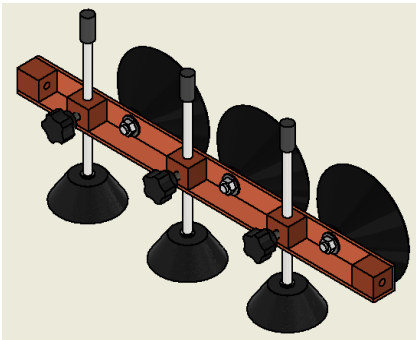


Al tener este recorrido, se asegura que la probeta entre correctamente en cada compartimento y también permite colocar probetas pequeñas o más grandes de las solicitadas por los investigadores. Cabe mencionar que para la fijación del cono al eje para construir el vástago se realizó roscado para perno de 6.35mm estas medidas se puede observar en el apartado de anexos planos del agitador de movimiento vertical con eje horizontal.

### 5.1.5. Estructura horizontal

Esta estructura está conformada por cubos que fueron cortados de un eje cuadrado para ayudar a que el vástago se deslice por él, y por el otro lado del cubo una perforación con roscado para colocar una perilla de ajuste, el cual permite que el vástago no se deslice. Estos cubos están soldados a un ángulo el cual es óptimo para un juego de soporte para las doce probetas solicitadas. Lo podemos visualizar de la siguiente forma:

Tabla 5.4. Diseño y medidas de soporte horizontal.

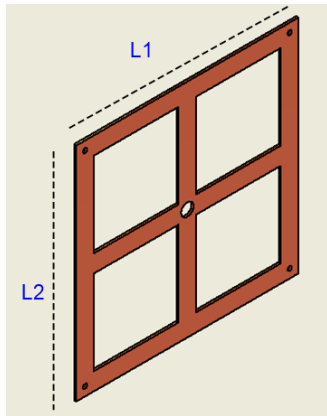
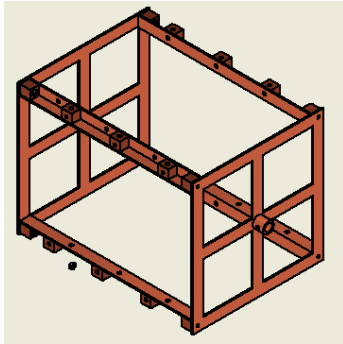
<b>Estructura horizontal</b>


$L = 500 \text{ mm}$ $h = 30 \text{ mm}$

Podemos observar que la altura del ángulo es de 30 mm. Es la medida de las bases de los conos el cual ayuda que se queden correctamente fijos al soporte y que estéticamente no sobresalgan los filos.

### 5.1.6. Soporte lateral

Al necesitar que se agiten doce muestras lo más óptimo fue idear una forma cuadrada para que en cada una de sus caras contengan 3 recipientes. Su forma no es necesariamente una plancha completa. Ya que provocaría peso innecesario. Por lo que realizo corte dejando 30 mm de área por lado. Tomando en cuenta que la probeta tiene una altura de 215 mm o 21,5 cm, se dimensiona unos centímetros más con un valor cerrado. Favoreciendo el uso de botellas más grandes. Por lo que se realiza una estructura que sea de soporte para las 4 barras.

Tabla 5.5. Diseño y medidas del soporte lateral.

<b>Soporte lateral</b>	
	
	
$L1 = 380 \text{ mm}$	
$L2 = 380 \text{ mm}$	

En las esquinas se tienen perforaciones que ayudan a la unión de las estructuras laterales y el soporte. Este proceso se realiza mediante perforación y las medidas necesarias, como también los diámetros de perforaciones están descritos en los planos de construcción en el apartado de anexos.

Todos estos elementos serán los que realizan el movimiento mediante un árbol de transmisión y que hará que su giro sea circular. Para ello es necesario conocer el comportamiento de las fuerzas que estarán sometidos el árbol de transmisión y la estructura de soporte de la máquina.

Para que el mecanismo no sea muy pesado se realizan cortes cuadrados en una plancha de 5/32". En esta estructura se debe encontrar el centro exacto para realizar una perforación de la medida del diámetro del eje que transmitirá el movimiento circular. Estas medidas se muestran en la parte de anexos. Planos del agitador de giro vertical con eje vertical.

### 5.1.7. Criterio de cálculo de eje cuadrado

Este eje cuadrado ayudará a que por él se deslice un eje circular fijado con el cono fijador deslizante visto en la figura 5.4, restringido su carrera con un capuchón colocado al otro extremo. Como también debe soportar una perforación y roscado para asegurar y fijar el deslizamiento del vástago. Como en la siguiente imagen.

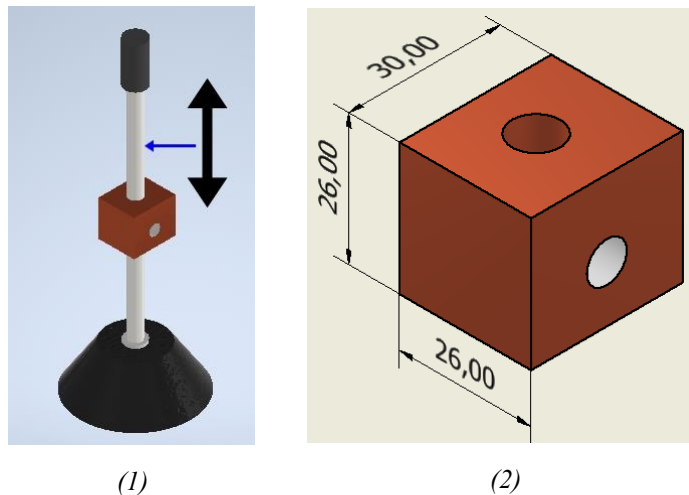


Figura 5.4. Función del eje cuadrado. (1) Vástago sujeción de probeta. (2) Dimensiones del eje cuadrado

Este eje es de 3/8" o 9,5250 mm de diámetro y la perforación y roscado es para un perno de 5/16". Por lo que nuestro eje cuadrado será de 1" o 25,40mm.

Para que tenga buenas paredes de soporte, es necesario un elemento cuadrado unitaria de 30 mm considerando que se necesitara 12 vástagos y 8 soportes para que se fijen a una estructura lateral dando un total de 20 elementos cuadrados por lo que la longitud necesaria será de:

$$\text{Longitud barra cuadrada} = \# \text{ de elementos cuadrados} \cdot \text{medida unitaria} \quad (4.1)$$

$$\text{Longitud barra cuadrada} = 20 \cdot 30 \text{ mm}$$

$$\text{Longitud barra cuadrada} = 600 \text{ mm o } 60 \text{ cm}$$

Cómo se realizará procesos de corte, perdemos cierta cantidad de material, por lo que aumentaremos con 5 cm más, teniendo un total de la longitud:

$$\text{Longitud barra cuadrada} = 65\text{cm de } 1''$$

### 5.1.8. Longitud del ángulo de acero

Para esto se toma como referencia el diámetro del cono base y daremos una separación de 140 mm entre centros, de los conos, logrando que no estén muy unidos y que la probeta se pueda manipular libremente entre conos. Este ángulo de acero será perforado para, en un lado sujetar el vástago deslizante del cono fijador y del otro lado el cono base, quedando valores de la siguiente forma:

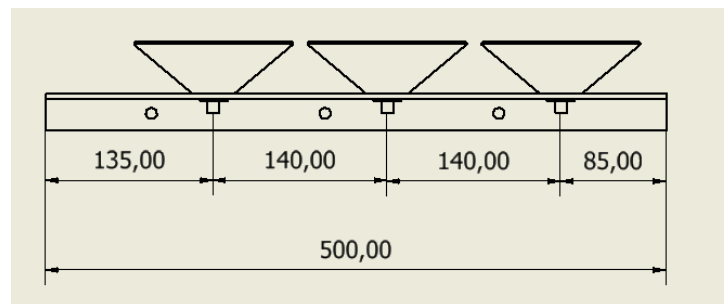


Figura 5.5. Ángulo de acero y su diseño de la estructura de sujeción de probetas.

Se observa que la medida indicada del ángulo para que entren tres conos base, y que el vástago se deslice en un área adecuada, es de 500 mm. Cómo construiremos un agitador de movimiento horizontal sobre su propio eje para 12 probetas necesitaremos una estructura de 4 lados donde cada lado podemos colocar 3 probetas. Por lo que la siguiente longitud de ángulo de acero será:

$$\text{Longitud de ángulo} = \# \text{lados} \cdot \text{longitud individual} \quad (4.2)$$

$$\text{Longitud de ángulo} = 4 \cdot 500 \text{ mm}$$

$$\text{Longitud de ángulo} = 2000\text{mm o } 2\text{m}$$

Cómo se realiza procesos de corte perdemos cierta cantidad de material por lo que aumentaremos con 5 cm más y considerando que nuestra barra cuadrada es de 1" o 25,40 mm el cual uniremos por soldadura seleccionaremos el ángulo de acero que tenga la siguiente medida por lo que el total de la longitud será de:

$$\text{Longitud de ángulo} = 2,1\text{m de } 3 \text{ cm}$$

$$\text{Ángulo de acero de } 3\text{cm} \times 2,1\text{m}$$

### 5.1.9. Análisis del árbol de transmisión

Al tener claro el modelo, como se lo observa en la figura 5.6 se obtiene una estructura así, con el fin de, mediante una báscula, medir el peso total. Como también el peso de las 12 botellas que prácticamente son de 1 litro de capacidad.

Hay que tener en cuenta la carga total de la estructura giratoria como también el peso que se agregara mediante las probetas de ensayo, los cuales son un total de 12 probetas. Conocer esto es muy importante ya que esas serían las fuerzas totales que se presentan en el árbol de transmisión, por lo que mediante una báscula se pesó la masa de una de las probetas con el compuesto y muestra que se va a ocupar en este agitador.

Tabla 5.6. Datos de peso obtenidos por báscula.

Objeto	Peso
Estructura giratoria	12,8kg
Botella unitaria	1,50 kg

Se necesita calcular el valor del peso de la mezcla, para esto se realiza a continuación cálculos de pesos específicos con los datos de las sustancias que van a ingresar en la probeta de ensayo:

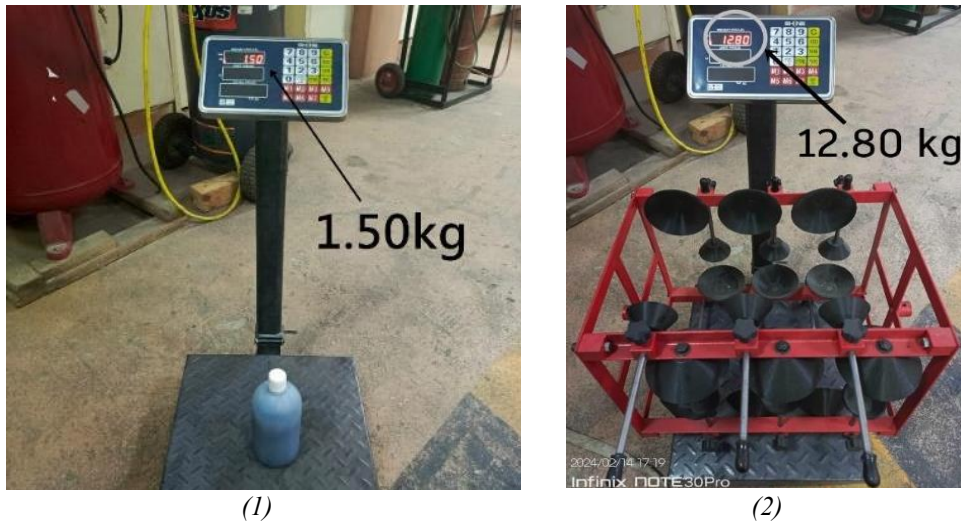


Figura 5.6. Medición de peso por báscula de los elementos giratorios. (1) peso de probeta. (2) peso de estructura giratoria.

Se observa que el peso de la mezcla en el recipiente del ensayo de la figura 5.6 (1), según la báscula, es de 1,50 kg, pero consideraremos el peso individual de las sustancias que se utilizan para los ensayos con los datos técnicos de los investigadores, teniendo así los datos de la siguiente tabla 5.2.

Se observa que el peso unitario de la probeta no varía tanto del pesado en báscula como el calculado según sus pesos específicos, por lo que consideraremos el calculado que es de 1.691 kg. La sumatoria de masas son datos de la tabla 5.6. Al tener el peso de las 12 botellas, peso c, se procede a calcular el peso total de la estructura giratoria con todos sus compartimentos de fijación de las probetas usadas. Por lo que se tiene el peso de la estructura giratoria a plena carga (peso a) de la siguiente forma:

$$\text{peso } a = \text{peso } b + \text{peso } c$$

$$\text{peso } a = 12,80 \text{ kg} + 20,28 \text{ kg}$$

$$\text{peso } a = 33,08 \text{ kg}$$

Tabla 5.7. Datos de peso obtenidos por báscula y cálculos

<b>Objeto</b>	<b>Peso</b>
Estructura giratoria	12,80 kg
12 botellas	20,28 kg
Total	33,08 kg

Importante: El material entregado por los investigadores es un eje de transmisión con un diámetro de 22mm de acero AISI SAE 1018 [24]. Este tipo de acero tiene un límite de fluencia de 370 MPa siendo así un material de alta tenacidad y baja resistencia óptima para componentes mecánicos, por lo que al realizar el análisis de resultados en la sección 4.1.5 podemos observar el comportamiento del árbol de transmisión sometido a las cargas de la 5.7.

Al conocer el peso de las 12 probetas, que es de 20,28kg, completamente llenas con las soluciones del ensayo y el peso de la estructura giratoria de 12,80 kg se tiene un resultado final de un total de 33,08 kg de peso. Todos estos elementos son fijados mediante dos prisioneros en un acople soldado a los extremos de la estructura giratoria. La masa de cada porta-probetas es distribuida en el árbol de transmisión en dos puntos de apoyo de 16,54 kg en los que se consideran cargas iguales, es decir, que cada uno soporta la mitad, por tanto, la carga aplicada es de la siguiente forma:

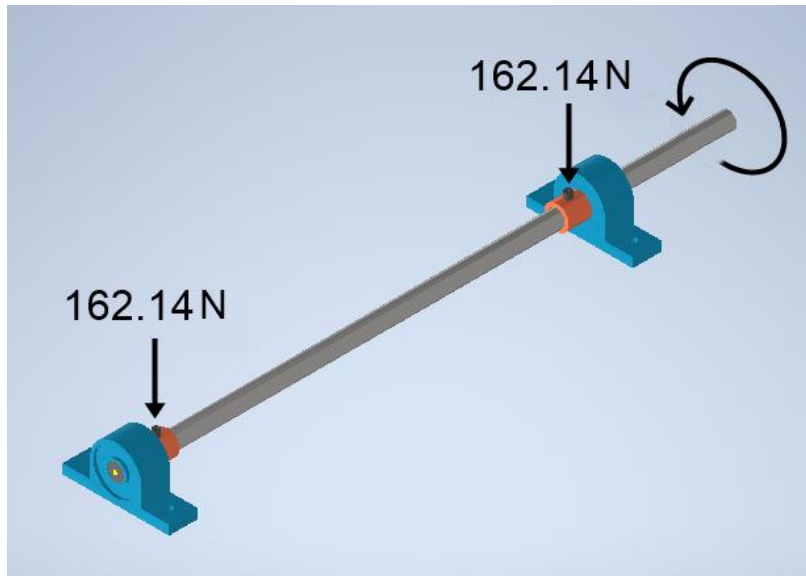


Figura 5.7. Fuerza resultante en el árbol de transmisión.

$$F_1 = \frac{m}{2} \cdot g \quad (3.7)$$

$$F_1 = \frac{33,08 \text{ kg}}{2} \cdot \frac{9,8 \text{ m}}{\text{s}^2}$$

$$F_1 = 162,14 \text{ N}$$

Conociendo la fuerza que ejercen en los puntos observados, se necesita las distancias de cada punto para saber las reacciones que tendrá el árbol de transmisión, estos puntos están señalados de color rojo con las 5 primeras letras del abecedario. Para ello se procede a calcular los momentos y fuerza correspondientes.

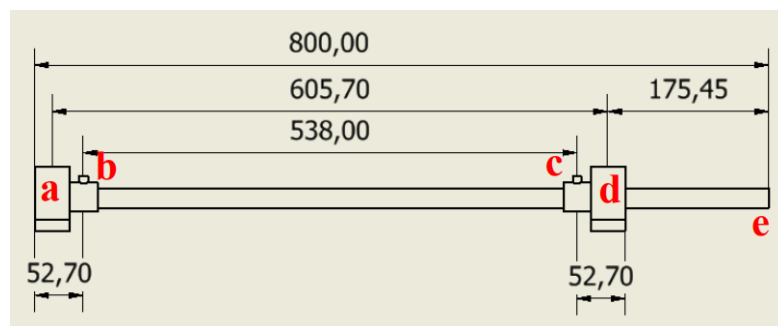


Figura 5.8. Dimensiones de los apoyos y las cargas.

Conociendo la fuerza que ejercen en los puntos observados a continuación se calcula los momentos y fuerza correspondientes [25].

- a) REACCIÓN en el punto a (R1) y en el punto d (R2), según libro de Shigley. se aprecia dicho principio, de que los esfuerzos por cargas similares son los mismos en apoyos

simples. Esta ley la encontramos en el apartado de anexos, tabla 8.5 [25]. Por lo que según este principio tenemos lo siguiente:

$$R_1 = R_2 = F_1 = 162,14 \text{ N}$$

#### 5.1.10. Análisis de tensión estática del árbol de transmisión

Esta estructura debe ser capaz de soportar todas las cargas que se muestran en la tabla 3.3 sin demostrar ninguna deformación. Una vez conocido estas cargas sobre la estructura se procede a simular en el software inventor y se fijan en la parte superior de donde interceden las cargas. El análisis de la estructura se realiza en el programa Autodesk Inventor. Para la distribución de la estructura se utiliza eje AISI SAE 1018 de 80cm de longitud y diámetro de 22mm. Las fuerzas que soporta el eje son las que transmite el motor y el peso de la estructura giratoria de la figura 3.5. Estos pesos corresponden a las fuerzas que se detallan en la tabla 4.5 obtenidas mediante la fórmula [26]:

$$F = m \cdot g \tag{4.2}$$

Tabla 5.8. Fuerzas estáticas ejercidas sobre el eje.

Carga	Fuerza en Newton
Mezcla total (20,28 kg)	198,70 N
Estructura giratoria (12,8 kg)	125,44 N
	324,18 N

##### 5.1.10.1. Factor de seguridad

Como primer parámetro observamos el factor de seguridad que tiene el árbol de transmisión una vez realizada la simulación del análisis de tensión estática bajo carga. Las flechas de los extremos hacen referencia a nuestras cargas que son de 162,14N. La flecha central de la imagen muestra la dirección de la gravedad. El valor del factor de seguridad que se obtiene es de 15. Hay que recordar que el factor de seguridad aceptable para los materiales debe ser más de uno. Esto nos quiere decir que con el peso al que va a trabajar el árbol de transmisión no va a sufrir ningún tipo de deformación o falla.

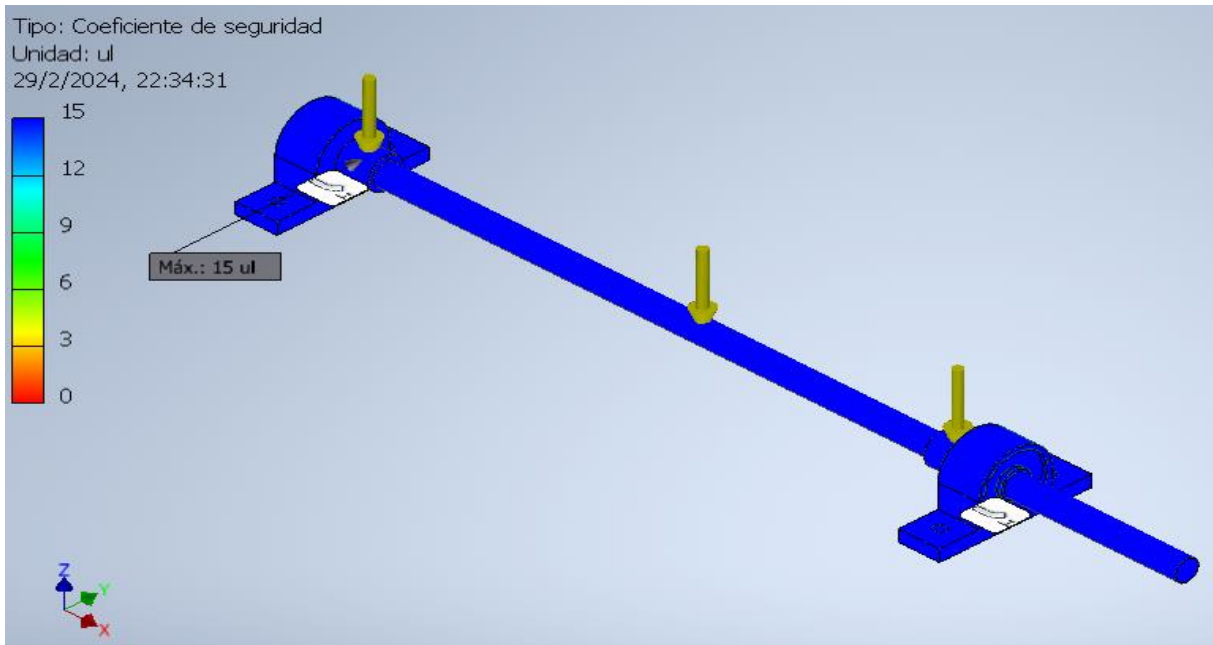


Figura 5.9 Coeficiente de seguridad.

### 5.1.10.2. Esfuerzo de Von Mises.

El esfuerzo de Von Mises en la parte que sobresale del árbol de transmisión indica que no está sometidas prácticamente a ningún esfuerzo por lo que su valor es 0 MPa. Esta área está fuera de cualquier fallo, por otro lado, el esfuerzo máximo que se puede observar es de 2,889MPa, este esfuerzo se compra con las propiedades mecánicas del material, para este caso es acero AISI SAE 1018 es un acero con límite de fluencia de 370 MPa dependiendo del fabricante y para esta comparación se toma el valor de 370 MPa por lo que se determina que en el análisis está por debajo del límite de fluencia del acero.

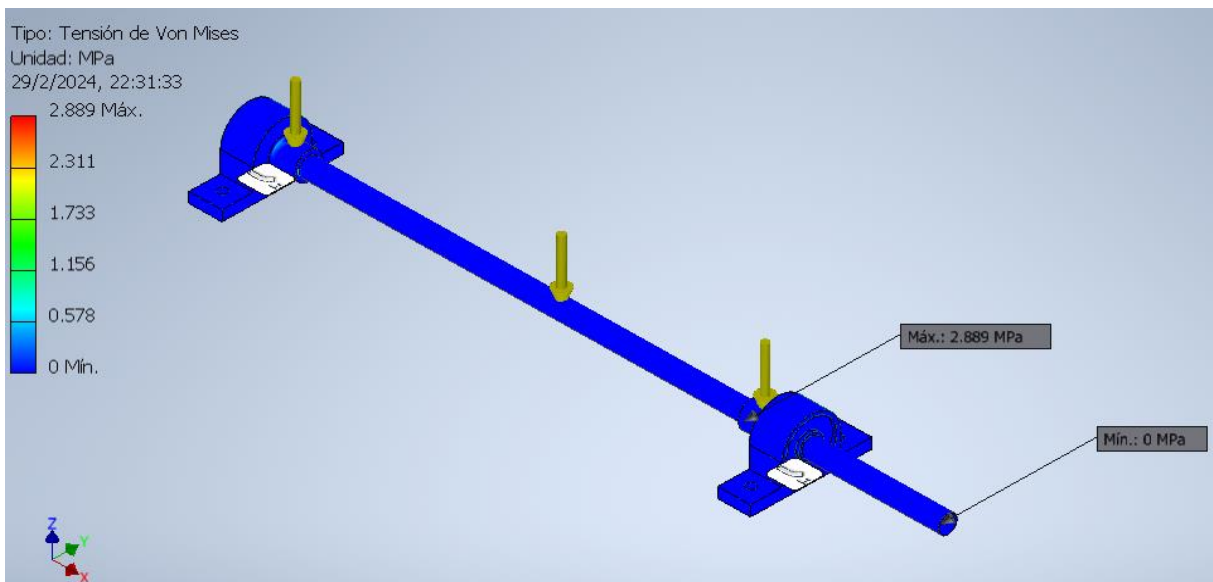


Figura 5.10. Tensión de Von Mises en el árbol de transmisión.

### 5.1.10.3. Desplazamiento

En la figura 5.11 se observa el máximo desplazamiento del árbol de transmisión bajo carga estática. Muestra que el desplazamiento que puede existir es de 0,004929 milímetros, sin embargo, este valor es muy pequeño por lo que el desplazamiento es imperceptible. Hay que tomar en cuenta que este desplazamiento se logra cuando la máquina está en plena carga. Si se aumentara el doble de peso aun el desplazamiento sería minúsculo.

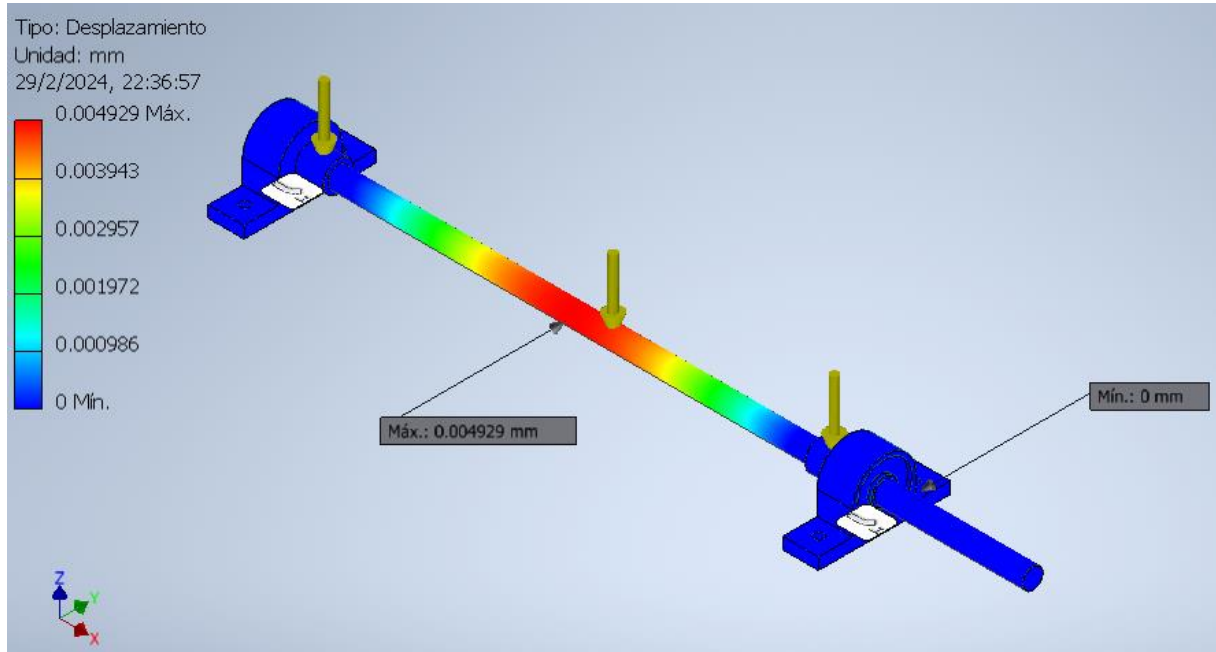


Figura 5.11. Desplazamiento máximo estático.

### 5.1.11. Análisis de tensión estática de la estructura vertical del agitador.

#### 5.1.11.1. Factor de seguridad

El factor de seguridad que tiene la estructura base, una vez realizado el análisis de tensión estática bajo carga. El valor del factor de seguridad que se obtiene es de 15. Las flechas de los extremos hacen referencia a nuestras cargas que son de 162,14N. La flecha central de la imagen muestra la dirección de la gravedad. Hay que recordar que el factor de seguridad aceptable para los materiales debe ser más de uno. Esto quiere decir que con el peso al que va a trabajar el árbol de transmisión no va a sufrir ningún tipo de deformación o falla.

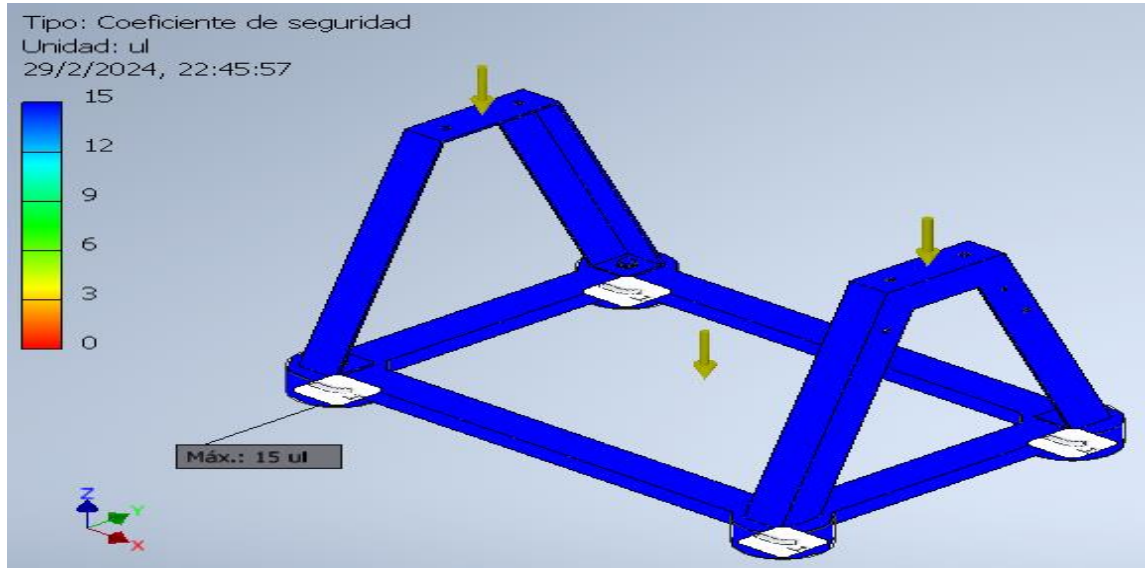


Figura 5.12. Datos de factor de seguridad.

### 5.1.11.2. Tensión de Von Mises

El esfuerzo de Von Mises en ciertas partes de la base indica que no está sometidas prácticamente a ningún esfuerzo por lo que su valor es 0 MPa. Esta área está fuera de cualquier fallo, por otro lado, el esfuerzo máximo que se puede observar es de 4,296 MPa, este esfuerzo se compra con las propiedades mecánicas del material, para este caso es acero ASTM A36 es un acero con límite de fluencia de 250 MPa dependiendo del fabricante y para esta comparación se toma el valor de 250 MPa por lo que se determina que en el análisis está por debajo del límite de fluencia del acero.

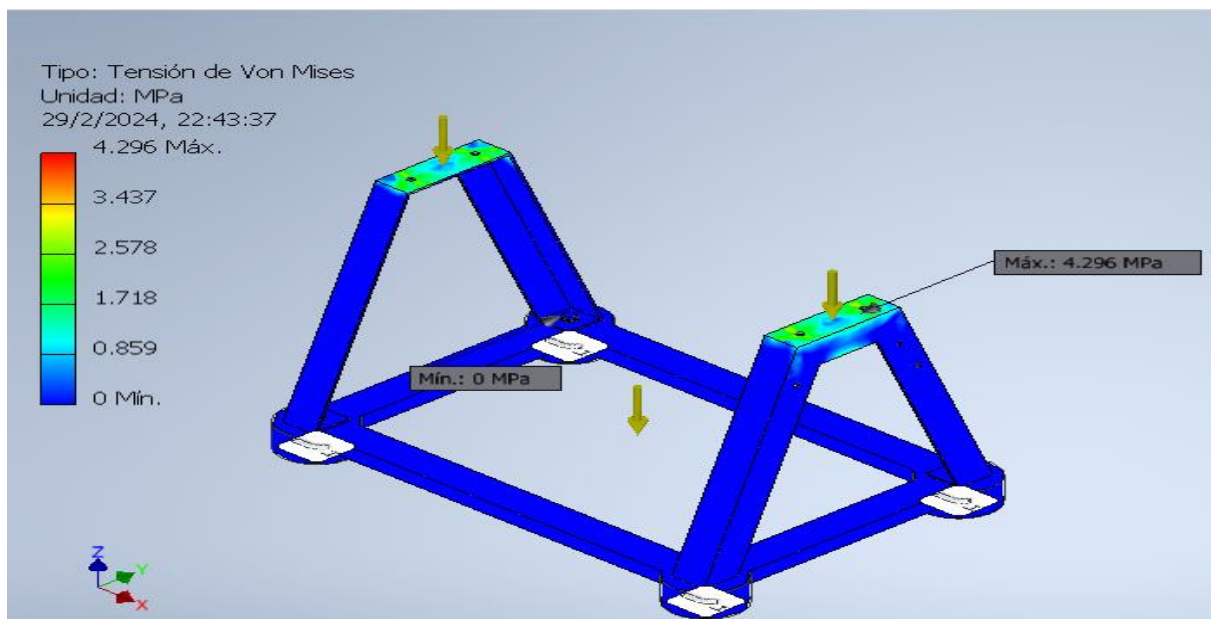


Figura 5.13. Tensión de Von Mises de estructura base.

### 5.1.11.3. Desplazamiento

En la figura 5.14 se indica el máximo desplazamiento de la estructura base bajo carga estática. Muestra que el desplazamiento que puede existir es de 0,01399 milímetros, sin embargo, este valor es muy pequeño por lo que el desplazamiento es imperceptible. Hay que tomar en cuenta que este desplazamiento se logra cuando la máquina está en plena carga. Si se aumentara el doble de peso aun el desplazamiento será mínimo.

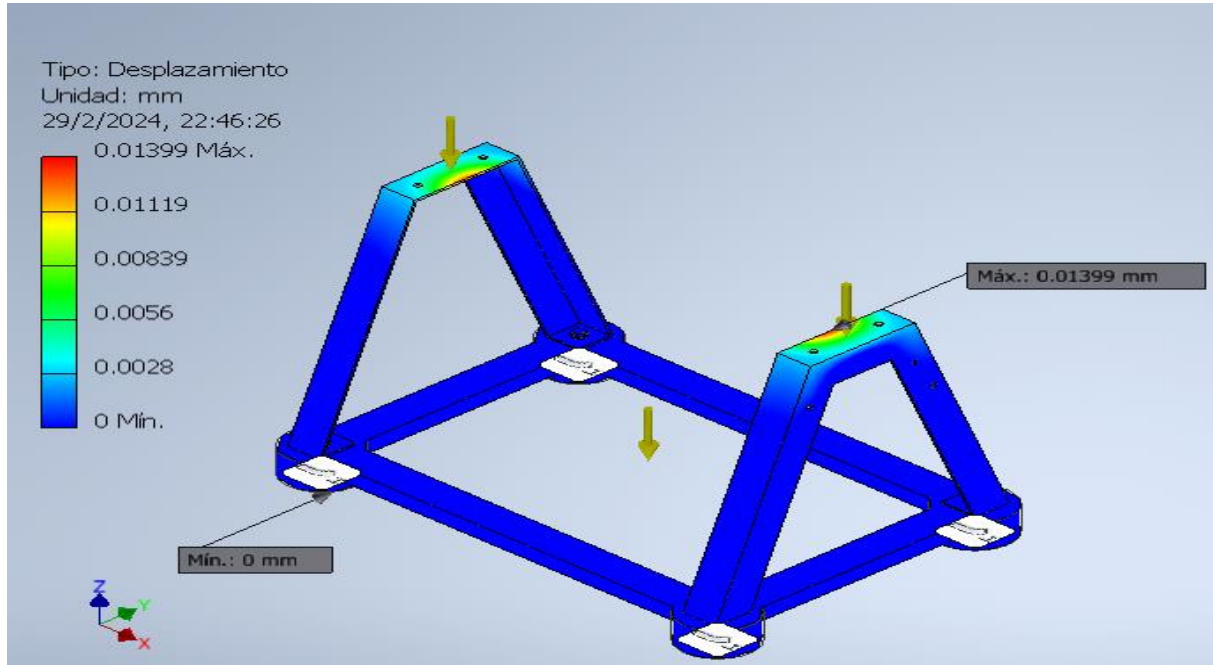


Figura 5.14. Desplazamiento de la estructura.

### 5.1.12. Cálculo de potencia necesaria del motor

Para empezar, se calcula el momento de inercia de la rotación del mecanismo giratorio conociendo que la masa es de 33.08kg y el radio interior señalado en la figura 4.4 tenemos lo siguiente:

$$I = m \cdot r_{interior}^2$$

$$I = 33,08 \text{ kg} \cdot 0,12 \text{ m}^2$$

$$I = 0,47 \text{ kgm}^2$$

El paso número dos es calcular la velocidad angular la cual más adelante nos ayuda a calcular la aceleración angular dato necesario para el cálculo del torque inercial. conociendo que el número de vueltas que el investigador necesita es n=45 revoluciones por minuto. Esta velocidad angular nos da un dato, de:

$$\omega = \frac{n \cdot \pi}{30}$$

$$\omega = \frac{45 \cdot \pi}{30}$$

$$\omega = 4,71 \text{ 1/s}$$

Teniendo el valor de la velocidad angular =  $4,71 \text{ 1/s}$  se logra calcular la aceleración angular, este dato ayuda a conocer la variación del torque en un intervalo de tiempo. Prácticamente la variación de cuando se encienda la máquina hasta el momento que mantiene los 45 revoluciones por minuto en la cual la aceleración va ser constante.

Aquí se puede entender que donde haya la mayor aceleración se encuentra los valores de torque elevados de torque por lo que con ayuda de ello se podrá seleccionar, según el valor del torque, la potencia del motor como también la resistencia al torque del eje de transmisión. Por lo que para ello se lo calcula de la siguiente forma:

$$\alpha = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t}$$

$$\alpha = \frac{4,71 \text{ rad/s} - 0\text{s}}{0,1}$$

$$\alpha = 47,1 \text{ rad/s}^2$$

Tabla 5.9. Variación de la aceleración en el intervalo de 3 segundos.

<b>t (segundos)</b>	<b><math>\alpha</math> (<math>\text{rad/s}^2</math>)</b>
0.1	47.1
0.2	23.55
0.3	15.7
0.4	11.77
0.5	9.42
0.6	7.85
0.7	6.72
0.8	5.88
0.9	5.233
1.0	4.71
1.1	4.281
1.2	3.925
1.3	3.623
1.4	3.364
1.5	3.14
1.6	2.943

1.7	2.77
1.8	2.616
1.9	2.478
2.0	2.355
2.1	2.242
2.2	2.14
2.3	2.047
2.4	1.962
2.5	1.884
2.6	1.811
2.7	1.744
2.8	1.682
2.9	1.624
3.0	1.57

Para calcular el torque total que requerirá el motor eléctrico se necesita, es necesario conocer el torque inercial y el torque final. Para el primero de ellos es necesario conocer para saber el torque que eliminará la inercia del mecanismo de rotación y lo ponga en movimiento originando una aceleración angular. Para ello se tomará dos datos que tomaremos de la tabla 5.9 los cuales serán de la variable de aceleración angular ( $t$ ) de  $t_{0.1} = 47.1 \text{ rad/s}^2$  y  $t_3 = 1.57 \text{ rad/s}^2$ . Por lo que se halla los siguientes torques inerciales.

$$(1) \quad \tau_{I1} = I \cdot \alpha$$

$$\tau_{I1} = 0,47 \text{kgm}^2 \cdot 47,1 \text{ rad/s}^2$$

$$\tau_{I1} = 22,13 \text{ Nm}$$

$$(2) \quad \tau_{I2} = I \cdot \alpha$$

$$\tau_{I2} = 0,47 \text{kgm}^2 \cdot 1,57 \text{ rad/s}^2$$

$$\tau_{I2} = 0,737 \text{ Nm}$$

Para hallar el torque total. Se debe calcular el torque inercial el cual se encuentra señalado en el proceso anterior, por lo que el siguiente paso es hallar el torque de fricción que existe entre el rodamiento y la estructura giratoria, el coeficiente de fricción ( $\mu$ ) típicamente va de 0.001 a 0.005, en este caso se selecciona el valor de 0.005 aunque este cálculo se lo puede hallar según los distintos fabricantes de rodamientos y sus catálogos.

La chumacera que se usa para esta máquina es de un diámetro para un eje de 22mm por lo que se logra conocer el radio del rodamiento que es de 11mm o 0.011metros, para el factor (N) que

es el peso total de la estructura giratoria se la divide por dos, debido a que están apoyados en dos puntos del eje o apoyados en las 2 chumaceras como se ve en la figura 5.7, teniendo un peso de 16.54kg pasado a newton se tiene el valor de 162.14N, por lo que el torque de rozamiento se lo obtiene de la siguiente forma:

$$\tau_f = \mu \cdot N \cdot r$$

$$\tau_f = 0,005 \cdot 162,14N \cdot 0,011m$$

$$\tau_f = 0,00891 \text{ Nm}$$

Teniendo así el cálculo de torque total el cual se lo calcula sumando el torque inercial y el torque de rozamiento. Obtendremos dos torques finales usando los dos torques inerciales calculados anteriormente para comparar y seleccionar el torque más elevado para calcular la potencia mecánica del motor.

$$(1) \quad \tau_{total 1} = \tau_{I1} + \tau_f$$

$$\tau_{total 1} = 22,13 \text{ Nm} + 0,00891 \text{ Nm}$$

$$\tau_{total 1} = 22,13 \text{ Nm}$$

$$(2) \quad \tau_{total 2} = \tau_{I2} + \tau_f$$

$$\tau_{total 2} = 0,737 \text{ Nm} + 0,00891 \text{ Nm}$$

$$\tau_{total 2} = 0,745 \text{ Nm}$$

Se elige el torque total 1 ya que con ese torque vencerá el momento de inercia de la estructura giratoria con todos sus compartimentos usados de las probetas de ensayo. Por lo que hasta este punto se puede obtener ya la potencia mecánica del motor el cual es:

$$P = \tau_{total 1} \cdot \omega$$

$$P = 22,13 \text{ Nm} \cdot 4,71 \text{ rad/s}$$

$$P = 104,23 \text{ W}$$

$$P = 104,23 \text{ W} \cdot \frac{1kW}{1000W} = 0,10kW$$

Importante: el grupo investigador ha favorecido el motor eléctrico para la construcción de su agitador. Dicho motor tiene la siguiente placa técnica:

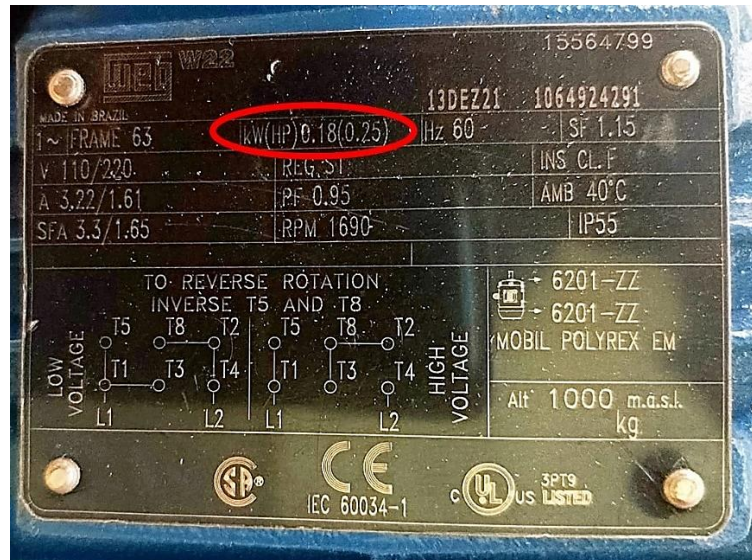


Figura 5.15. Placa de datos técnicos del motor eléctrico a usar.

Por lo que tenemos la siguiente razón entre el valor de la potencia de la placa y la potencia calculada el cual da como resultado que el motor logra mover el peso del mecanismo giratorio a plena carga:

$$P_{placa} = 0.18kW \geq P_{calculado} = 0.10kW$$

### 5.1.13. Selección de elementos eléctricos

Para los siguientes cálculos es necesario conocer los datos técnicos del motor. Los resultados obtenidos ayudarán, mediante tablas, a seleccionar los dispositivos eléctricos como el contactor, el relé térmico y el interruptor termo magnético. Para ello, tenemos como referencia los siguientes valores:

$$V_{motor} = 220 V$$

$$I_{motor} = 1,61 A$$

$$SF = 1,15$$

#### 5.1.13.1. Relé térmico

Para este cálculo se necesita información de la figura 5.16 tomada de: (tabla 4A, tablas basadas en el código nacional, <https://es.scribd.com/document/509503068/Tablas-Basadas-en-El-Codigo-Nacional-2> , pág. 7, protección contra sobrecarga)

**Tabla 4A Protección contra sobrecarga**

MOTORES CON FACTOR DE SERVICIO NO MENOR ( $\geq$ ) DE 1.15	125%
MOTORES CON ELEVACION DE TEMPERATURA DE NO MAS DE 40° C	125%
TODOS LOS OTROS MOTORES	115%

Figura 5.16. Tabla con factor de protección contra sobrecarga [19].

Como el motor tiene un factor de servicio de 1.15 seleccionaremos el factor de protección de 1.25, teniendo así la corriente que debe soportar nuestro relé térmico.

$$I_{\text{térmico}} = I_{\text{motor}} \cdot f_{\text{protección}} \tag{3.12}$$

$$I_{\text{térmico}} = 1,61 \text{ A} \cdot 1,25$$

$$I_{\text{térmico}} = 2,01 \text{ A}$$

### 5.1.13.2. Interruptor termomagnético

Para calcular la corriente que debe soportar el interruptor termomagnético se usa información de la (figura 5.17 pág. 310 y 311) mencionada en la fórmula 4.14 [19].

Tipo de motor	Porcentaje de corriente de plana carga			
	Fusible <sup>1</sup> sin retraso en tiempo	Fusible <sup>1</sup> de elemento dual (retraso en tiempo)	Interruptor de disparo instantáneo	Interruptor <sup>2</sup> de tiempo inverso
Motores monofásicos	300	175	800	250
Motores polifásicos que no son de rotor devanado. Jaula de ardilla- distintos del diseño B	300	175	800	250
<b>Diseño B</b>	<b>300</b>	<b>175</b>	<b>1100</b>	<b>250</b>
Síncronicos <sup>3</sup>	300	175	800	250
Rotor devanado	150	150	800	150
Corriente directa (voltaje constante)	150	150	250	150

Figura 5.17. Ajuste máximo de los dispositivos de protección contra cortocircuito y falla a tierra para circuitos derivados de motores [19].

El diseño tipo b hace referencia a que es un motor de tipo jaula de ardilla con rotor bobinado. Por lo que cumple con esa especificación.

Importante: el interruptor donado por el grupo investigador es un ABB C6 SH202L de dos polos. El cual cae en categoría de interruptor de tiempo inverso. Cabe recalcar que si hubiera sido un interruptor de un polo sería mucho más factible.

Basándonos con este dato se procede a calcular la intensidad de nuestro interruptor termomagnético, conociendo que el porcentaje de corriente del interruptor de tiempo inverso es de 2.5, teniendo así el siguiente cálculo:

$$I_{termomagnetico} = I_{motor} \cdot \% \text{ de corriente} \quad (3.13)$$

$$I_{termomagnetico} = 1,61 A \cdot 2,5$$

$$I_{termomagnetico} = 4,025 A$$

### 5.1.13.3. Contactor eléctrico

Para la selección del contactor se utilizan tablas, como nuestro motor es de 220 posee un amperaje de 1,61A. contando que nuestro contactor debe poseer contactos abiertos y cerrados para la conexión necesaria se procede a seleccionar el contactor NXC-09 de 9 A

Potencia de motor kW			Corriente máxima de funcionamiento A (AC-3 380V/400V)	Número de contactos incluidos en el cuerpo del contactor		Modelo de contactor
220V/230V/240V	380V/400V	660V/690V		NO	NC	
1.5	2.2	3	6	1	0	NXC-06M10
1.5	2.2	3	6	0	1	NXC-06M01
1.5	2.2	3	6	1	1	NXC-06
2.2	4	4	9	1	0	NXC-09M10
2.2	4	4	9	0	1	NXC-09M01
2.2	4	5.5	9	1	1	NXC-09
3	5.5	4	12	1	0	NXC-12M10
3	5.5	4	12	0	1	NXC-12M01

Figura 5.18. Tabla de selección de contactor NXC AC [20]

## 5.2. MEZCLADOR DE PLATAFORMA CON MOVIMIENTO ORBITAL

Para el diseño y construcción se procede a cumplir mediante las consideraciones del operador. El cual necesita que el agitador realice su movimiento orbital de 20 a 200 revoluciones por minutos. Cabe mencionar que en este agitador no se conoce el número de muestras que se van a colocar en él, como también a diferencia del agitador de movimiento vertical con eje horizontal, que se especificó correctamente las soluciones químicas y muestras que se van a colocar en las probetas, en esta se colocaran diferentes compuestos químicos a usarse. Se desconoce el peso por lo que el estimado de peso es de 25 kg. Por lo que para ello tomaremos como referencia, la figura 3.9 del marco teórico, el modelo para realizar un diseño de la plataforma contenedora de las muestras, de un tamaño más similar.

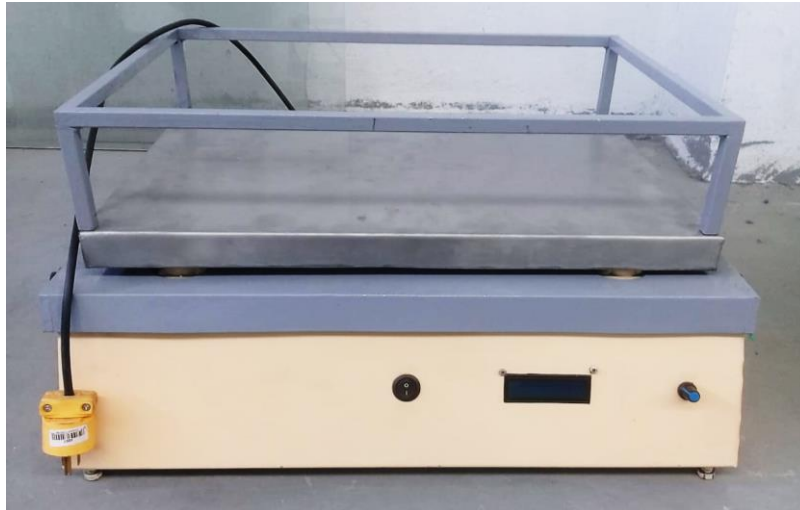
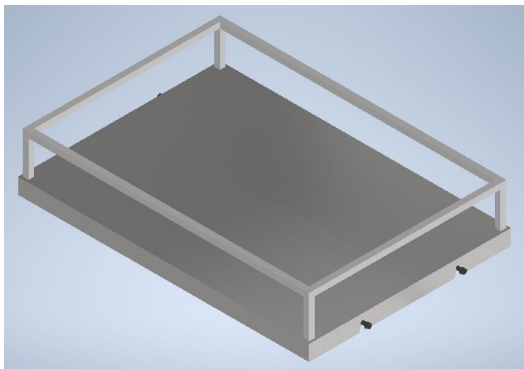


Figura 5.19. Agitador de movimiento orbital

### 5.2.1. Cálculo de motor eléctrico



(1)



(2)

Figura 5.20. (1) Ensamble completo de plataforma. (2) Peso de plataforma construida.

En este punto se observa que el peso de la plataforma es de 5,1 kg. Este peso hay que agregarlo con el peso solicitado de 25 kg. Por lo que se tiene que calcular un motor que tenga la capacidad de mover el peso total de 30,1 kg agregado un factor de seguridad de 1,5 en caso de que se agregue más peso.

Primero se procede a calcular la fuerza que ejerce el peso solicitado y el peso medido de la plataforma, este parámetro se calculará mediante la fórmula [21]:

$$F = P \cdot g$$

$$F = 30,1 \text{ kg} \cdot \frac{9,8 \text{ m}}{\text{s}^2}$$

$$F = 294,9 \text{ N} \div 2$$

$$F = 147,45 \text{ N}$$

Como esta fuerza debe ser transmitida por dos árboles de transmisión por medio de una cadena se distribuye el peso a la mitad para cada uno de ellos.

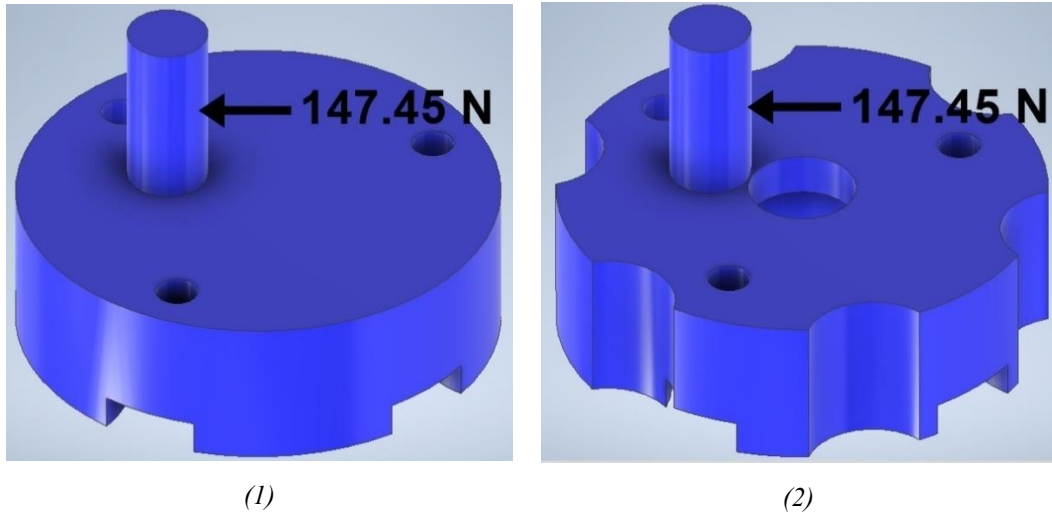


Figura 5.21. Ejes de transmisión acoplados a catarinas. (1) acople libre sujeto por cadena, (2) acople fijado a motor eléctrico y sujeto por cadena.

Luego se calcula el torque, para ellos se usa el peso completo, porque el motor es el que debe realizar el trabajo de movimiento, para ello el motor está a una distancia de 10 cm desde el motor hasta el extremo del árbol de transmisión donde se aplica la fuerza para mover la plataforma:

$$T_{necesario} = F \cdot d$$

$$T_{necesario} = 294,9N \cdot 0,1m$$

$$T_{necesario} = 29,49 Nm$$

Importante: Por último, para conocer la potencia mecánica se realiza el cálculo de torque tanto para 20 revoluciones como para 200 revoluciones por minuto. Gracias al grupo investigador ha facilitado un motor para el uso en el agitador orbital con las características observadas en la figura 5.22 por lo que se procede a verificar si este motor será óptimo para el trabajo que va a desempeñar.



Figura 5.22. Características técnicas del motor eléctrico.

Para ello se usa la potencia máxima de 45 W. Para calcular el torque 1 necesario para el giro de 20 revoluciones por minuto que se necesita, utilizar la fórmula 3-42 (pág. 97, libro de Shigley, 8va edición) sabiendo que 20 revoluciones por minuto es igual a 2.09 radianes por segundo.

$$T_1 = 9,55 \cdot \frac{H}{n}$$

Donde:

$T$  = par de torsion [N.m]

$H$  = potencia [W]

$n$  = velocidad [ $\frac{rev}{min}$ ]

$$T_1 = 9,55 \cdot \frac{45 W}{20 \frac{rev}{min}}$$

$$T_1 = 21,48 \text{ Nm}$$

Para este torque 1 se calcula la potencia 1 que requiere el motor y verificar si es factible su uso. Para ello se utiliza la fórmula 3-34 (pág. 96, libro de Shigley, 8va edición) teniendo así:

$$H_1 = T_1 \cdot \omega \quad (3.15)$$

$$H_1 = 21,48 \text{ Nm} \cdot 2,09 \text{ rad/seg}$$

$$H_1 = 44,26 \text{ W}$$

Ahora para calcular el torque 2 necesario para el giro de 200 revoluciones por minuto se toma la fórmula 4.17, sabiendo que 200 revoluciones por minuto es igual a 20.94 radianes por segundo.

$$T_2 = 9.55 \cdot \frac{H}{n}$$

$$T_2 = 9.55 \cdot \frac{45 \text{ W}}{200 \text{ rev}/\text{min}}$$

$$T_2 = 2,14 \text{ Nm}$$

Para este torque 2 se analiza la potencia 2 que requiere el motor y verificar si es factible su integración a la máquina. Para ello se usa la fórmula 4.18 teniendo así:

$$H_2 = T_2 \cdot \omega$$

$$H_2 = 2,14 \text{ Nm} \cdot 20,94 \text{ rad}/\text{seg}$$

$$H_2 = 44,81 \text{ W}$$

Como se puede observar, en la figura 4.16, las revoluciones/minutos del motor son demasiado elevadas para el propósito del proyecto, por lo que se busca una selección del reductor según el catálogo RAMFE [22] señalado en el apartado de anexos. En la cual procede a elegir un valor determinado según la siguiente fórmula:

$$w_r = \frac{w_e}{i_{trans}}$$

$$w_r = \frac{15000 \frac{\text{rev}}{\text{min}}}{62,22}$$

$$w_r = 229,99 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

Al ser un reductor especial y por situación de mercado se procede a seleccionar un reductor similar que nos da revoluciones por minutos de salida de 470 que ya no es un valor elevado con respecto a velocidad y que por medio de este reductor aumenta considerablemente el torque para mover más peso.

### 5.2.2. Plataforma base para los recipientes de muestras

Para este agitador de plataforma con movimiento vertical se usan vasos de precipitados, matraz de fondo redondo y matraz Erlenmeyer. El diámetro más grande de los recipientes de ensayos que cuenta el laboratorio es de diámetro 10,5 cm. Por lo que se dimensiona con las siguientes medidas

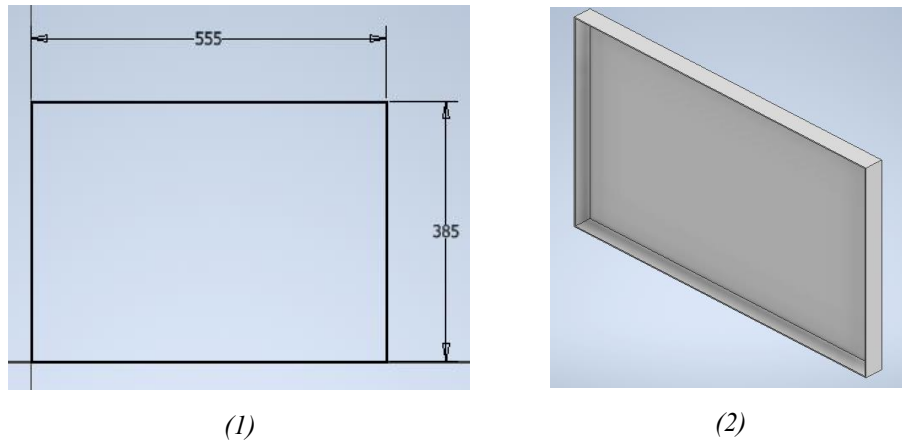


Figura 5.23. (1) Área de la plataforma. (2) Plataforma de 2 mm de acero inoxidable.

La selección del acero inoxidable es a razón de que en algún momento se riegue algún líquido de ensayo. El acero inoxidable ayudará a que no haya corrosión ni oxidación y a su vez sea muy fácil para su limpieza.

En el mercado existen agitadores orbitales con diferentes tipos de plataforma, con respecto a la sujeción de los distintos instrumentos y recipientes de ensayo. Por lo que, en este caso, para que a futuro deseen colocar un recipiente de alguna forma irregular se pueda diseñar otro tipo de plataforma. En pocas palabras esta plataforma es desprendible y puede colocarse otra de cualquier otra forma de sujeción de las probetas de ensayo.

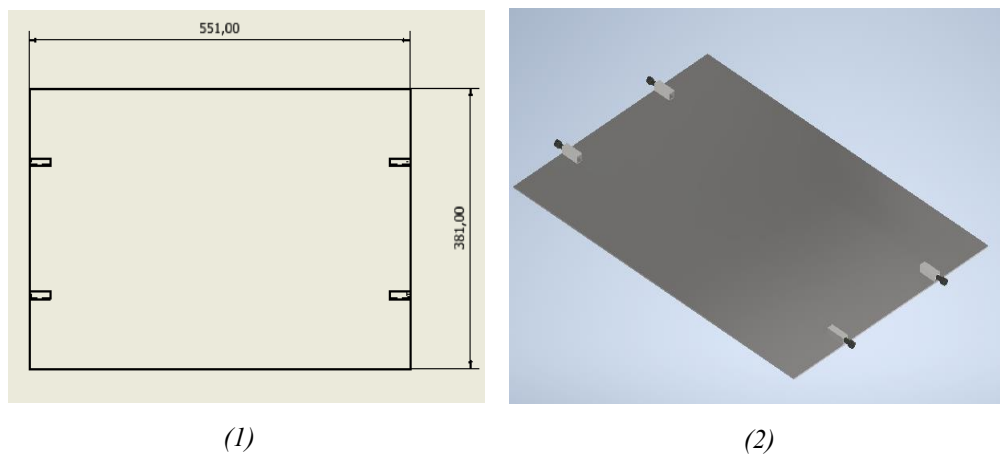
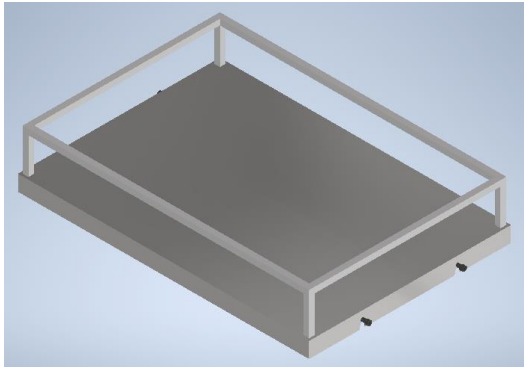


Figura 5.24. (1) Área del soporte de plataforma. (2) Plataforma de 2 mm de acero galvanizado.

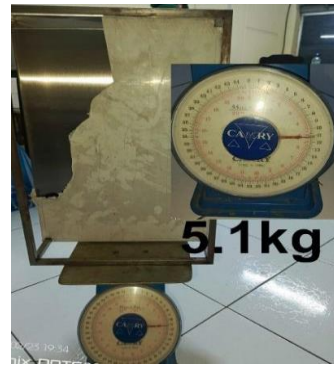
### 5.2.3. Peso de la plataforma.

Al momento de realizar la construcción de la plataforma se debe tener muy en cuenta que los cortes y perforaciones va a variar dependiendo si se la hace a mano a diferencia si se hacen los

cortes en máquinas CNC el cuál ayudaría mucho a un mejor acabado. En este caso se lo ha realizado de forma manual para desarrollar habilidades de precisión.



(1)



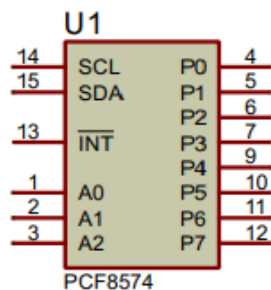
(2)

Figura 5.25. (1) Ensamble completo de plataforma. (2) Peso de plataforma construida.

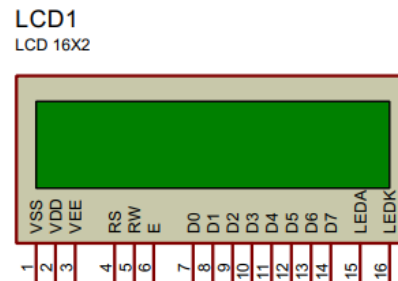
En este punto se observa que el peso de la plataforma es de 5,1 kg. Este peso hay que agregarlo con el peso solicitado de 25 kg. Por lo que se tiene que calcular un motor que tenga la capacidad de mover el peso total de 30,1 kg agregado un factor de seguridad de 1,5 en caso de que se agregue más peso.

#### 5.2.4. Conexión de circuitos de control

El uso del módulo PCF 8574 puede expandir la cantidad de pines conductores que se disponen, es ideal para controlar LCDs u otros dispositivos. En este caso lo usaremos ya que el dato de las revoluciones/minutos que debe leer nuestro sensor sepa a qué velocidad gira nuestro motor. Para lo cual utilizaremos los siguientes terminales de nuestro PCF8574 al LCD I2C



(1)



(2)

Figura 5.26. Dispositivos eléctricos. (1) PCF8574. (2) Pantalla LCD I2C.

Tabla 5.10. Pines de conexión Del PCF8574 al LCD.

Salidas de módulo PCF8574	Entradas a LCD I2C
P0	4
P1	5
P2	6
P3	10
P4	11
P5	12
P6	13
P7	14

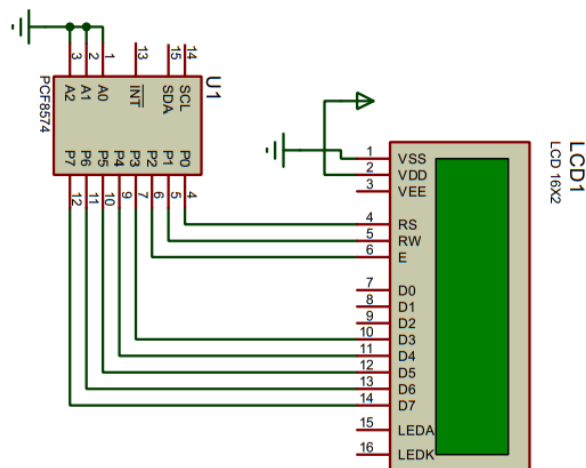


Figura 5.27. Módulo PCF8574 conectado a LCD I2C.

Tabla 5.11. Conexión a tierra.

Salidas de módulo PCF8574	Entradas a LCD I2C
A01	VSS   tierra
A02	VDD   5V
A03	

Como siguiente paso necesitamos controlar a nuestro módulo PCF8574 en las entradas SCL y SDA. Lo haremos mediante un Arduino nano en las entradas analógicas A4 y A5 las cuales son salidas de datos variables. Dato que lo variamos mediante un potenciómetro conectado al controlador del motor Brushless 12V.

Tabla 5.12. Pines de conexión.

Potenciómetro	Pines Arduino nano
Pin2	Entrada A0

Esta variable tiene como entrada el pin A0 de nuestro Arduino. Estas conexiones ayudarán a la lectura y luego a la proyección del número de vueltas en un minuto del motor que identifica el sensor a la pantalla LCD. Por lo que se conecta de la siguiente forma. Antes de realizar esta conexión colocaremos nuestro sensor encoder.

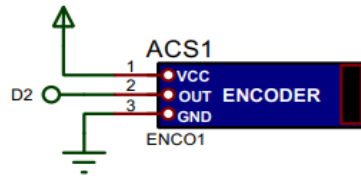


Figura 5.28. Sensor encoder para recolectar datos de revoluciones/minutos.

Tabla 5.13. Pines de conexión entre Arduino y módulo PCF 8574.

Pines Arduino nano	Entradas módulo PCF8574
Salida SDA	Salida SDA
Salida SCL	Entrada SCL

Como el movimiento del motor está dando un problema, se acción apenas prender la máquina, la mejor solución que se obtuvo es colocar un relé de retardo al encendido. Para que el programador sea el que manipule el momento en que desee que gire la plataforma, evitando que el motor se energice antes de tiempo. Por lo que las conexiones son las siguientes:

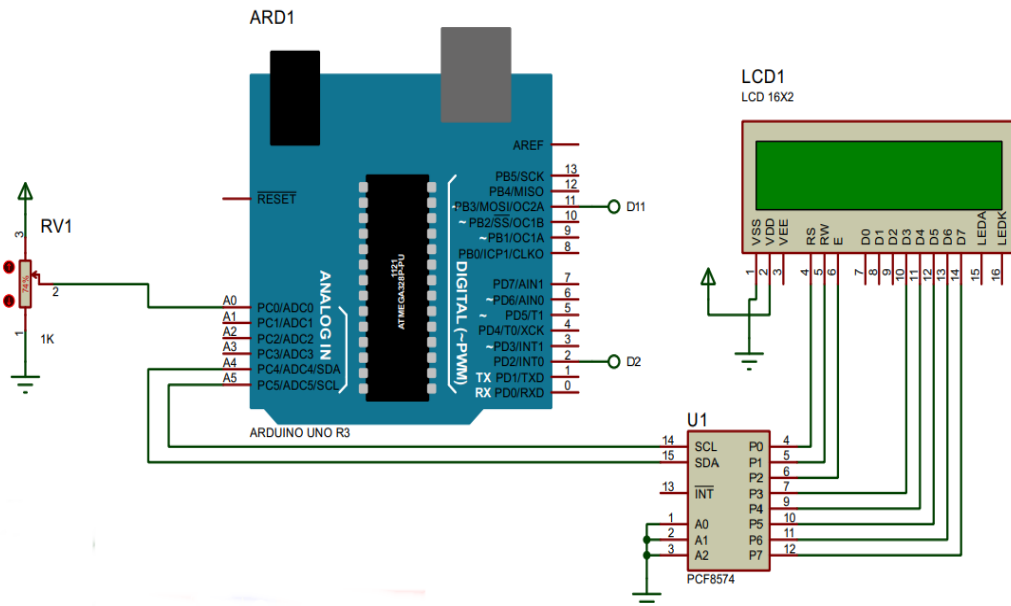


Figura 5.29. Conexión de Arduino, potenciómetro.

Mediante la figura podemos observar el esquema completo del circuito de control para que nuestro motor de 12V pueda operar a las revoluciones/minutos que el investigador necesite.

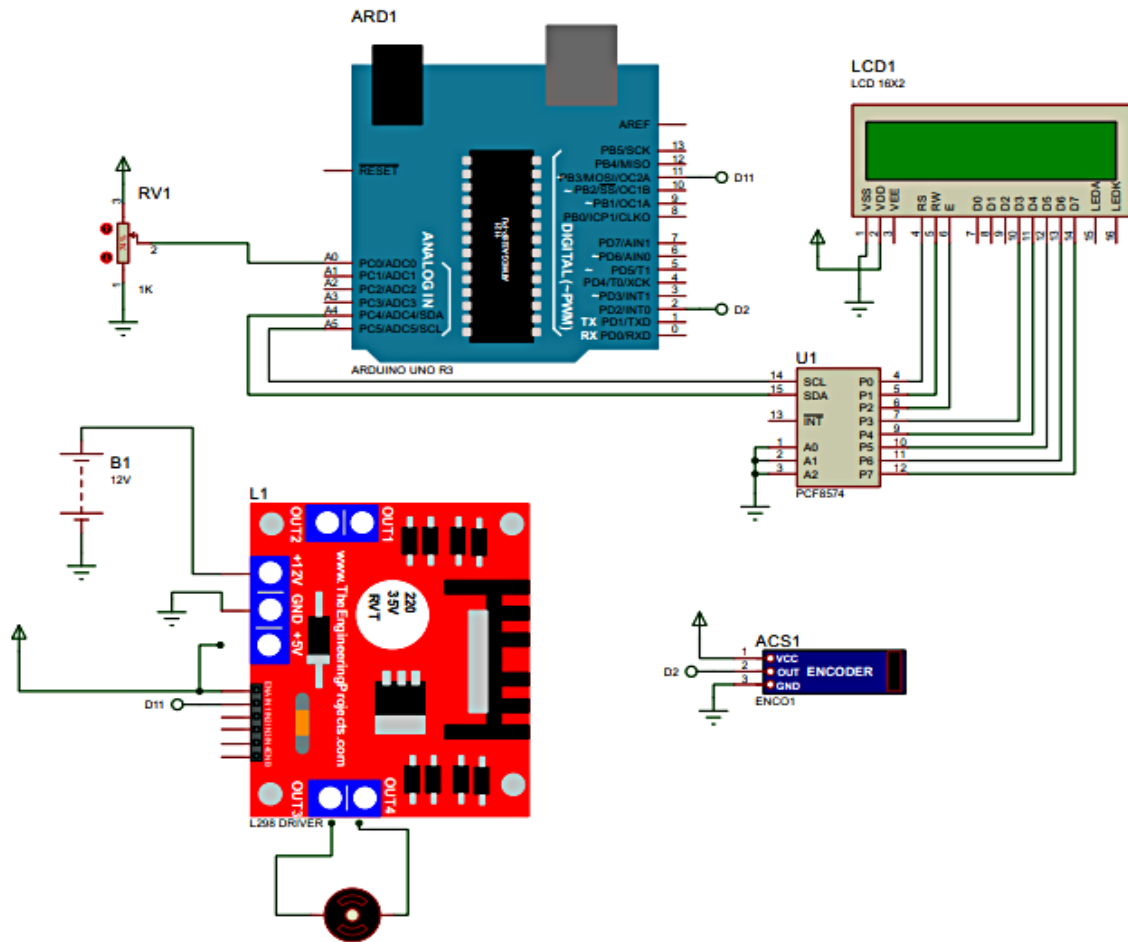


Figura 5.30. Conexiones de los elementos electrónicos de control.

### 5.3. ANÁLISIS ECONÓMICO

Dentro de este análisis se establecerá los costos de materiales e insumos para determinar el costo total para el armado de la máquina

#### 5.3.1. Costos de agitador de movimiento circular con eje horizontal

La tabla siguiente es un formato entregado con los precios y materiales entregados por DICOELMEC y financiado por la Universidad de Almería de España.

En la tabla 5.14 se enlistan los materiales mecánicos que son la materia prima que ayudará a construir la parte estructural del agitador, señalando las especificaciones necesarias, la cantidad y el precio de mercado ecuatoriano en dólares americanos.

Tabla 5.14. Costos de materiales, pernos y aceros.

Descripción	Cant.	Valor unit. (\$)	Valor total (\$)
Eje de acero A1018 Ø=9.5250mm; L=2.2m	1	6,00	6,00
Eje de acero A1018 Ø=22mm; L=80cm	1	18,00	18,00
Eje de acero A1018 Ø=100mm; L=22cm	1	55,00	55,00
Eje cuadrado SAE 1045 A=26x26mm; L=61cm	1	18,00	18,00
Eje hueco SAE 1018 Øint=22mm; L=65mm; espesor=5mm	1	4,00	4,00
Angulo ASTM A36 A=30mmx2.02m	1	26,00	26,00
Angulo ASTM A36 A=50mmx2m	1	11,75	11,75
Chumacera Ø=22mm	2	18,00	36,00
Plancha SAE 1018 A=76.2x76cm; espesor=4mm	1	35,00	35,00
Tubo rectangular 50x25 mm; L=1.9m	1	20,00	20,00
Prisionero 3/8 in	2	0,50	1,00
Perno allen y tuerca ¼ in	5	0,20	1,00
Perno allen, tuerca y rodela 5/16 in	8	0,20	1,60
Perno 5/16 in hilo fino	12	0,15	1,80
Perno y arandela 3/8 in	4	0,20	0,80
Perno y tuerca 13/38 in	4	0,20	0,80
Perno allen y rodela 1/4 in	12	0,20	2,40
Perno, tuerca y rodela 3/8 in	12	0,20	2,40
<b>TOTAL</b>			231,55

A continuación, se observa el material eléctrico utilizado para el control de la máquina. Todos estos elementos trabajan con 220V a 60Hz y se encuentran en la parte de anexos en la que se observa el circuito con todos estos elementos eléctricos y dicho esquema está simulado en el software CADE\_SIMU para comprobar que no exista ninguna falla de cortocircuito.

Tabla 5.15. Costos de material eléctrico.

Descripción	Cant.	Valor unit. (\$)	Valor total (\$)
Motorreductor 0.25HP de 45RPM	1	600,00	600,00
Contactador	1	15,00	15,00
Interruptor termomagnético	1	4,00	4,00
Relé térmico	1	7,00	7,00
Pulsador 220V	1	5,00	5,00
Cable THW 14	2m	1,00	2,00
Enchufe tipo china 220V	1	3,00	3,00
<b>TOTAL</b>			636,00

Estas herramientas son necesarias para los acabados generales de las piezas de la máquina. Varias de ellas no conforman la máquina como tal, pero son imprescindibles para el mecanizado de las piezas.

Tabla 5.16. Costos adicionales.

Descripción	Cant.	Valor unit. (\$)	Valor total (\$)
Impresión de 12 conos grandes PLA	24horas	0,75ctv x hora	18,00
Impresión de 12 conos pequeños PLA	12horas	0,75ctv x hora	9,00
Impresión de 12 perillas y capuchones PLA	24horas	0,75ctv x hora	18,00
Pintura color crema	1Litro	18,00	18,00
Pintura color rojo	1Litro	18,00	18,00
Fresa frontal 4 filos	1	46,00	46,00
Boca para acero ¼ in	2	1,60	3,20
Boca para acero 3/8 in	2	2,90	5,80
Boca para acero 5.16 in	2	2,35	4,70
Boca para acero 13/38 in	1	3,00	3,00
Disco de corte 4 in	4	1,60	6,40
Disco de desbaste 4 in	2	2,00	4,00
Lija 150	4	0,21	0,84
Guantes flex	2	3,34	6,68
Machuelo para rosca 3/8	1	3,42	3,42
Machuelo para rosca 1/4	1	3,42	3,42
Machuelo para rosca 5/16	1	3,42	3,42
Machuelo para rosca 5/16 hilo fino	1	3,42	3,42
<b>TOTAL</b>			175,3

Tabla 5.17. Costos totales del agitador de movimiento circular con eje horizontal.

Descripción	Valor (\$)
Costo total de tabla 5.14	231,55
Costo total de tabla 5.15	636,00
Costo total de tabla 5.16	175,30
<b>TOTAL</b>	1042,55

El valor del agitador de movimiento circular con eje horizontal excede los mil dólares. Esta consideración de precio no es necesariamente correcta. Ya que los materiales, al ser donados, exceden el dimensionamiento del dispositivo por sus características técnicas. Por lo que mediante los cálculos y simulaciones se puede notar que se puede usar materiales de menos resistencia como también un motor de menos potencia por lo que el precio se reduciría un poco más.

### 5.3.2. Costos de agitador de mezclador con plataforma de movimiento orbital.

En la tabla 5.18 se describe la materia prima necesaria para la construcción de la estructura del agitador mezclador y sus precios en el mercado.

Tabla 5.18. Costos de materiales, pernos y aceros.

Descripción	Cant.	Valor unit. (\$)	Valor total (\$)
Plancha de tol A=1.1x1.4m; espesor=1.35mm	1	37,00	37,00
Ángulo 30mmx150mm	1	4,00	4,00
Perno allen y tuercas ¼ in	13	0,20	2,60
Perno y tuerca 3/8 in	15	0,20	3,00
Perno allen y tuercas 3/8 in	4	0,20	0,80
Eje AISI 1018 Ø =35mm; L=175mm	1	39,00	39,00
Rodamiento 1 in	4	5,00	20,00
Tubo cuadrado 10mmx3m	1	3,50	3,50
<b>TOTAL</b>			109,90

En esta máquina se puede notar que el uso de elementos electrónicos es más necesario que el agitador anterior debido al control del motor. A continuación, se describen los materiales necesarios y su especificación.

Tabla 5.19. Costos de material eléctrico y electrónico.

Descripción	Cant.	Valor unit. (\$)	Valor total (\$)
Motorreductor 12V, 500RPM	1	59,00	59,00
Encoder	1	3,00	3,00
Controlador de velocidad de Motor 12V PWM	1	20,50	20,50
Relé On Delay	1	3,00	3,00
Arduino nano	1	10,00	10,00
LCD 16x2 con I2C	1	3,00	3,00
Shield Arduino nano	1	8,70	8,70
Fuente de voltaje de 12V	1	10,00	10,00
Cables jumper	10	0,05	0,50
Interruptor 110V	1	3,00	3,00
Enchufe 110V	1	1,50	1,50
<b>TOTAL</b>			122,20

Tabla 5.20. Costos adicionales.

Descripción	Cant.	Valor unit. (\$)	Valor total (\$)
Impresión 3D de disco encoder	1	3,00	3,00
Impresión 3D acople de eje para reductor	1	5,00	5,00
Pintura de color crema	1 litro	18,00	18,00
<b>TOTAL</b>			26,00

Tabla 5.21. Costo total de agitador mezclador con plataforma de giro orbital.

Descripción	Valor (\$)
Costo total de tabla 5.18	109,90
Costo total de tabla 5.19	122,20
Costo total de tabla 5.20	26,00
<b>TOTAL</b>	<b>258,10</b>

### 5.3.3. Costo total del proyecto de diseño y agitación de dos agitadores mezcladores para el laboratorio de suelos y aguas de la Facultad de CAREN

La máquina agitadora mezcladora con plataforma de movimiento orbital arroja un precio razonable en el ámbito de la construcción. Ya que de este dispositivo existen precios de mercado ecuatoriano de \$500 a \$800 dólares. Y de importación, con características adicionales como diferentes movimientos de agitación en la misma máquina y control de temperatura, llega a un valor de \$1200 dólares solo la compra de la máquina teniendo un total de \$2.000. Por lo que en conclusión se ve muy conveniente la fabricación autónoma de este tipo de mecanismos.

Tabla 5.22. Costo total del proyecto.

Descripción	Valor (\$)
Agitador de movimiento circular con eje horizontal	1042,55
Agitador mezclador con plataforma de giro orbital	258,10
<b>TOTAL</b>	<b>1299,65</b>

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

-La revisión bibliográfica sobre procesos de agitación y mezclado de sustancias permitió adquirir conocimientos fundamentales para determinar el tipo de sistema adecuado a implementar, siendo esta un agitador de movimiento vertical con eje horizontal y otra máquina con plataforma de movimiento orbital, mejorando las practicas analíticas para la determinación de las propiedades físicas y químicas del suelo en el laboratorio de suelos y aguas de la Facultad de CAREN.

-El uso del agitador de movimiento vertical con eje horizontal permitió un aumento significativo en la capacidad de ensayos diarios, incrementando de a 12 muestras por día. Esto resultó en la obtención de más resultados para ser analizados. Además, el tiempo de agitación necesario para la descomposición del material orgánico se extendió a 8 horas, operando a una

velocidad de 45 revoluciones por minuto, lo que aseguró una agitación uniforme y consistente de las muestras de suelo.

-Estudios de efectividad de mezclas en sustancias químicas de forma manual versus el uso de un mecanismo mezclador (en este caso, la máquina de plataforma con movimiento orbital) menciona que, el rango de efectividad de mezclar de forma manual independientemente de la habilidad del investigador, puede alcanzar un resultado de 50 a 70% de efectividad de la mezcla y su homogeneidad contra un 90 a 99% de mezcla efectiva realizada por una máquina, por lo que mediante la construcción de este agitador se ayuda a elevar en un 29% los resultados en los ensayos de mezcla del laboratorio. Es importante mencionar que la máquina mezcladora con plataforma de movimiento orbital está construido para funcionar a 110V con un rango de velocidad de 20 a 200 revoluciones por minuto y un peso permitido en la plataforma de 45 kg.

## **6.2. Recomendaciones**

- En la máquina con plataforma de movimiento orbital se puede proponer mejoras para futuros trabajos y modificación. Ya que en varios procesos de mezcla se necesita hacer ensayos con aumento de temperatura por lo que se podría adicionar en el agitador un sistema calefactor que transmita aumento de temperatura a la plataforma como también a la mezcla. Al contar con una pantalla LCD 16x2 se puede realizar programación y aumentar un controlador para la temperatura y proyectarlo a la pantalla para que el operador visualice, a parte de la velocidad que necesita, la temperatura deseada para su prueba.

-Se propone realizar un caso de estudio con estas máquinas para generar una tabla de datos con los resultados de las pruebas al someterlas a más velocidad de giro y compararlas con los resultados de otros tipos de agitadores. Ya que ambos pueden ser rediseñados. El agitador de giro circular con eje horizontal puede ser colocado otra caja reductora con diferentes revoluciones/minutos o adicionar un variador de frecuencia para variar su velocidad. Mientras que el agitador, mezclador de giro orbital contiene un circuito de control de velocidad mediante un encoder en el cual se puede aumentar de 200 hasta 500 revoluciones/min.

-En los procesos de maquinado de piezas, para la construcción de las máquinas, se deben considerar factores como uso de máquinas de soldadura, torneado, fresado, taladrado, roscado e impresión 3D. En los cuales existe desprendimiento de viruta metálica, por lo cual es recomendable tomar las debidas medidas de seguridad para cada una de ellas. Ya que el cuidado de nuestra persona asegurará un trabajo óptimo en los procesos industriales como también mejoras en las medidas de seguridad para el trabajo.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. L. F. Vasquez. A, Unidad 2: Agitadores y mezcladores, Mexico, 2012.
- [2] V. Ayus. R, Diseño y construcción de un agitador de muestras minerales en solución acuosa para el laboratorio de suelos y aguas de la Universidad de Córdoba, Córdoba-España, 2018.
- [3] F. T. P. Espín, Diseño y construcción de un agitador orbital modular de doble bandeja para el laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales de la carrera de Ingeniería en Biotecnología, Sangolquí-Ecuador. Febrero., 2016.
- [4] UnADM, Agitación y mezclado. Unidad 1, México, 2013..
- [5] A. Vieyra, Componentes de equipo industriales, Mérida-Yucatán, Febrero. 2014.
- [6] A. A. M. Vázquez, Procesos de separación de ensayos de agua, Chile, 2012.
- [7] GARGIL, Tipo de de agitadores y mezcladores industriales, Parcela-Murcia, 2014.
- [8] M. D, Máquina mezcladora de alimento balanceado para la elaboración de bloques multinutricionales, Ibarra – Ecuador, 2014.
- [9] L. Ricaurte, Diseño y simulación de un tanque mezclador de 10.000 gal para elaboración de aceites lubricantes, Guayaquil-Ecuador, 2016.
- [10] OVAN, Agitadores de movimiento, Barcelona- España: Grupo SPER. S. L, 2016.
- [11] SELECTA, Agitador orbital y de vaivén orbital mixer and shaker, Barcelona-España., 2020 .
- [12] VARVEL, Catálogo de reductores de tornillo sin fin, Italia, 2015.
- [13] D. d. P. SENA, Torneado de conos, Bogotá-Colombia: SENA. Pag.34, 2000.
- [14] A. Mendez, Análisis de la fluencia del tiempo de aplicación del tratamiento termoquímico de cementado en la dureza superficial del acero AISI/SAE 1018, Quito, 2021.
- [15] R. N. J. Budinas, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, Impreso en México: Mc Graw Hill. octava edición. Pag:1027, 2012.
- [16] P. Europeo, REGLAMENTO (CE) No 1935/2004 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, Unión Europea, 2004.
- [17] A. C. L. E. P. D. J. R. M. A. Espinoza Bautista, Diseño y fabricación de un agitador orbital con cámara de temperatura controlada, México D.F, 1989.
- [18] R. Ltda, Reductores y motorreductores sinfin corona, serie 2000, Brasil, 2014.

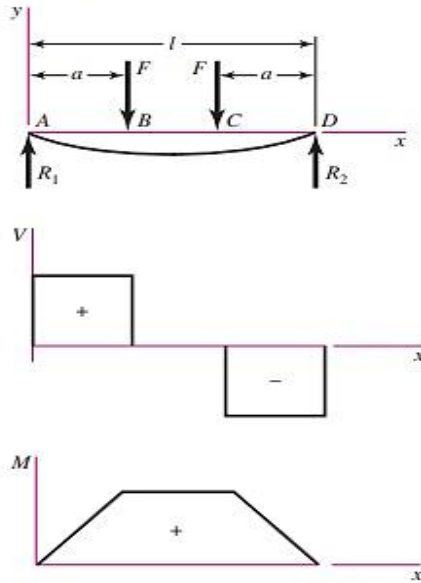
- [19] A. Lázaro concepción. Implementación de un prototipo de agitador electromecánico con movimiento orbital. Tesis para título de Ingeniero Electrónico. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima-Perú. Junio, 2015.
- [20] F. Sánchez Moya, H. Valverde Mariño. Diseño y construcción de un mezclador para la obtención de crema solar. Tesis ingeniería, escuela superior politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2014.
- [21] O. Van Roderick. Design of an Orbital shaker for future laboratory use. Thesis Master. University of Twente. Industrieterrein Gelkenes. Enchede-netherland. February, 2023.
- [22] Salgado, A. Norma oficial mexicana nom-001-sede-2012, instalaciones eléctricas. Presidenta del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas y directora general de Distribución y Abastecimiento de Energía Eléctrica, y Recursos Nucleares. México. 2012
- [23] Claudia, S. Rodríguez. L. Diseño y automatización de una mezcladora de resina para la empresa proyectos PET. Venezuela. Diciembre. 2016.
- [24] WEG. Guía de especificación motores eléctricos. Catálogo 2020
- [25] D. Nieto, R. Berisso y N. Bonvini, Manual de Buenas Prácticas de ganadería. Ministerio de Agricultura. Bolívar, 2012
- [26] Quintero, C. Fernández, V. Diseño y construcción de una mezcladora de balanceado para pollos parrilleros. Quito-Ecuador. 2014.
- [27] Escobar, L. Diseño e implementación de una máquina mezcladora de balanceado para aves en la granja avícola "El Abuelo". Ambato. 2011.

# **ANEXOS**

**(8)**

**Figura 8.1.** Esfuerzos por cargas similares.

9 Apoyos simples: cargas idénticas



$$R_1 = R_2 = F \quad V_{AB} = F \quad V_{BC} = 0$$

$$V_{CD} = -F$$

$$M_{AB} = Fx \quad M_{BC} = Fa \quad M_{CD} = F(l - x)$$

$$y_{AB} = \frac{Fx}{6EI}(x^2 + 3a^2 - 3la)$$

$$y_{BC} = \frac{Fa}{6EI}(3x^2 + a^2 - 3lx)$$

$$y_{\max} = \frac{Fa}{24EI}(4a^2 - 3l^2)$$

**Tabla 8.2.** Catálogo SKF de coeficiente de rozamientos.

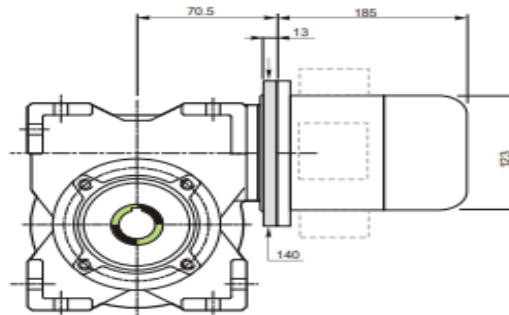
**tabla 1 - Coeficientes de fricción para diferentes combinaciones de superficies de contacto deslizantes (valores orientativos)**

Superficie de contacto deslizante combinación	Coeficiente de fricción	
	μ mín.	máx.
Acero/acero	0,08	0,20
Acero/bronce	0,10	0,25
Acero/bronce sinterizado de PTFE	0,05	0,25
Acero/tejido de PTFE	0,02	0,15
Acero/plástico reforzado con fibra de vidrio de PTFE	0,05	0,20
Acero/acero SKF Explorer	0,05	0,20

**Tabla 8.3.** Valores de relación para reducir RPM del catálogo RAMFE.

TÑO RED	$n_2$	$M_2$	$i_{trans.}$	$F_s$	Codigo Equipo	
	[ 1/min ]	[ Nm ]	[ - ]	[ - ]		
FG02	Kw / Hp <b>0.18 / 0.25</b> - Frame - Polos <b>63 - 4</b>					
	26.2	65.6	65.22	2.9	2202	22H G04
	23.4	73.4	72.97	2.6	2202	22I G04
	22.0	78.2	77.78	2.4	2202	22J G04
	19.2	89.4	88.94	2.1	2202	22K G04
	16.6	103.3	102.71	1.8	2202	22L G04
	15.4	111.5	110.89	1.7	2202	22M G04
	Kw / Hp <b>0.25 / 0.33</b> - Frame - Polos <b>63 - 4</b>					
	34.9	68.4	48.98	2.8	2202	22F G05

Tabla 8.4. Especificaciones de salida de reductor de tornillo sin fin



Output data

Gear unit		M RT 40 B3 40 63 B5 AC 19 MT 0.18 kW 63 B4 B5 X3
Type	RT - Worm speed reducers	
Input type	M	
Size	40	
Ratio (i=)	40	
Input flange	B5	
Input speed	[rpm]	1800
Output speed	[rpm]	45
Rated output torque	[Nm]	23.3
Service Factor	1.8	
Efficiency	0.61	
Inertia moment	[kgm <sup>2</sup> ]	0.000018
<b>Gear unit configuration</b>		
Output shaft	Hollow output shaft	
Fixing	Universal	
Version	B3	

Tabla 8.5. Catálogo de planchas de acero inoxidable

## PLANCHA ACERO INOXIDABLE



Tipo de estructura	Tipo de Composición	Descripción de acero a AISI*	Descripción de acero a AISI**	Descripción de acero a DIN***	COMPOSICIÓN QUÍMICA %					
					C	Si max	Mn	P max	S max	Ni
Austenítico	17 Cr-5Ni-7Mn	SUS 201	201		0,15 max	1,00	5,50 ~ 7,50	0,05	0,030	3,50 ~ 5,5
	18 Cr-6Ni-10Mn	SUS 202	202		0,15 max	1,00	7,50 ~ 10,00	0,06	0,030	4,00 ~ 6,00
	17Cr-7Mn	SUS 301	301	4310	0,15 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	6,00 ~ 8,00
	18Cr-8Ni-highC	SUS 302	302	4300	0,15 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	8,00 ~ 10,00
	18Cr-8Ni	SUS 304	304	4301	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	8,00 ~ 10,50
	18Cr-8Ni-extra-low-C	SUS 304 L	304L	4306	0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
	18Cr-12Ni	SUS 305	305	3955	0,12 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,50 ~ 13,00
	23Cr-12Ni	SUS 309 S	309 S	4845	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	12,00 ~ 15,00
	25Cr-20Ni	SUS 310 S	310 S		0,08 max	1,50	2,00 - max	0,04	0,030	19,00 ~ 22,00
	18Cr-12Ni-2,5Mo	SUS 316	316	4401	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,00 ~ 14,00
	18Cr-12Ni-7,5Mo-extra-low-C	SUS 316 L	316 L	4404	0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	12,00 ~ 15,00
	18Cr-12Ni-3Mo-2Cu	SUS 316 31		4505	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,00 ~ 14,00
	18Cr-13Ni-3,5Mo	SUS 317	317	4402	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	18,00 ~ 15,00
	18Cr-13Ni-3,5Mo-extra-low-C	SUS 317 L	317 L		0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	11,00 ~ 15,00
	18Cr-8Ni-Ti	SUS 321	321	4541	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
18Cr-9Ni-4Nb	SUS 347	347	4550	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00	
Ferrítico	13Cr-A1	SUS 405	405	4002	0,08 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	16Cr	SUS 429	429	4009	0,12 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
	18Cr	SUS 430	430	4016	0,12 max	0,75	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	18Cr-Mo	SUS 434	434	4113	0,12 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
Martensítico	13Cr-low Si	SUS 403	403	4024	0,15 max	0,50	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	13Cr	SUS 410	410	4000	0,15 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	13Cr-high C	SUS 420 J2	420	4021	0,26 ~ 0,40	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
	18Cr-high C	SUS 440 A	440 A		0,60 ~ 0,75	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
Endurecido por precipitación	17Cr-7Ni-L41	SUS 631	631		0,09 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	6,50 ~ 7,75

Tabla 8.6. Catálogo de planchas de acero

# PLANCHAS



## MÉTODO PRÁCTICO PARA CALCULAR PESO DE LAS PLANCHAS DE ACERO

### NOMENCLATURA

- L = Largo (mm)
- A = Ancho (mm)
- E = Espesor (mm)
- Peso = Kgs.

$$\text{Peso} = \frac{L \times A \times E \times 7,85}{1,000.00}$$

Ejemplo:  $\frac{L = 1220\text{mm} \times A = 2440\text{mm} \times E = 5.0\text{mm} \times 7,85}{1,000.00} = 23.368\text{ Kg}$

Reducción de Fracciones de Pulgadas a milímetros		
Pulgadas = Milímetros	Pulgadas = Milímetros	Pulgadas = Milímetros
1/128 = 0.20	25/64 = 9.82	27/32 = 21.43
1/64 = 0.40	13/32 = 10.32	55/64 = 21.83
3/128 = 0.60	27/64 = 10.72	7/8 = 22.23
1/40 = 0.64	7/16 = 11.11	57/64 = 22.62
1/32 = 0.79	29/64 = 11.51	29/32 = 23.02
1/25 = 1.02	15/32 = 11.91	59/64 = 23.42
3/64 = 1.19	31/64 = 12.30	15/16 = 23.81
1/20 = 1.27	1/2 = 12.70	61/64 = 24.21
1/16 = 1.59	33/64 = 13.10	61/32 = 24.61
5/64 = 1.98	17/32 = 13.49	63/64 = 25.00
3/32 = 2.38	35/64 = 13.89	1 = 25.40
7/64 = 2.78	9/16 = 14.29	11/10 = 27.00
1/8 = 3.18	37/64 = 14.68	11/8 = 28.60
9/64 = 3.57	19/32 = 15.08	18/16 = 30.20
5/32 = 3.97	39/64 = 15.48	11/4 = 31.70
11/64 = 4.37	5/8 = 15.88	15/16 = 33.30
3/16 = 4.76	41/64 = 16.27	13/8 = 34.90
13/64 = 5.16	21/32 = 16.67	17/16 = 36.50
7/32 = 5.56	46/64 = 17.07	11/2 = 38.10
15/64 = 5.95	11/16 = 17.46	18/10 = 39.70
1/4 = 6.35	45/64 = 17.86	15/8 = 41.30
17/64 = 6.75	23/32 = 18.26	111/16 = 42.90
9/32 = 7.14	47/64 = 18.65	13/4 = 44.40
19/64 = 7.54	3/4 = 19.05	113/16 = 46.00
5/16 = 7.94	49/64 = 19.45	17/8 = 47.60
21/64 = 8.33	25/32 = 19.84	115/16 = 49.20
11/32 = 8.73	51/64 = 20.24	2 = 50.80
23/64 = 9.13	13/16 = 20.64	
3/8 = 9.53	53/64 = 21.03	

Dimensiones en (mm)			Pesos
Ancho	Largo	Espesor	Kg
1220	2440	2	46.74
1220	2440	3	70.10
1220	2440	4	93.47
1500	2440	4	114.92
1220	2440	5	116.84
1500	2440	5	143.66
1220	2440	6	140.21
1500	2440	6	172.39
1220	2440	8	186.94
1500	2440	8	228.85
1220	2440	10	233.68
1500	2440	10	287.31
1220	6000	12	689.54

Tabla 8.7. Catálogo de ejes de acero

## EJES

### ACERO DE TRANSMISIÓN

#### Especificaciones Generales:

Norma: AISI 1018

Descripción: Es un acero de cementación no aleado principalmente utilizado para la elaboración de piezas pequeñas, exigidas al desgaste y donde la dureza del núcleo no es muy importante.

Aplicaciones: Levas uniones, bujes, pines, pivotes, pernos grado 3.

Largo: 6 mts



EJES

#### COMPOSICIÓN QUÍMICA

%C	%Si	%Mn	%P	%S
0 - 0,20	0 - 0,25	0 - 0,70	0 - 0,04	0 - 0,05

#### PROPIEDADES MECÁNICAS

RESISTENCIA MECÁNICA (N/mm <sup>2</sup> )	PUNTO DE FLUENCIA (N/mm <sup>2</sup> )	Elongación % Min.	DUREZA ROCKWELL B
410 - 520	235	20	143

#### DIMENSIONES

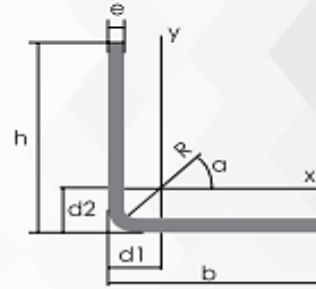
DIÁMETRO
3/8"
1/4"
5/8"
3/4"
7/8"
1"
1-1/4"
1-1/2"
1-3/4"
2"
2-1/4"
2-1/2"
2-3/4"
3"
3-1/2"
4"
4-1/2"
5"
6"

Tabla 8.8. Catálogo de ángulos de acero

## PERFILES ESTRUCTURALES ÁNGULOS "L" DOBLADO

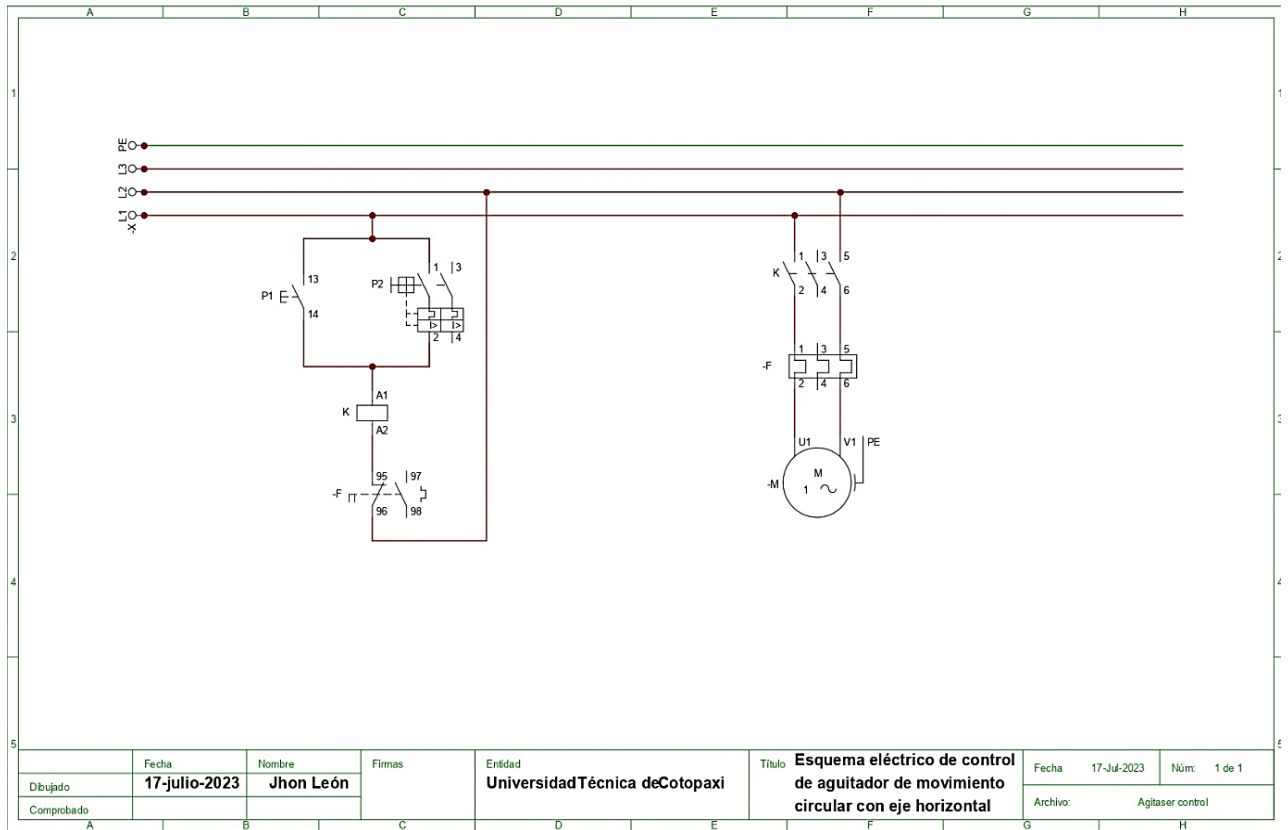
### Especificaciones Generales:

<b>Norma:</b>	NTE INEN 1623
<b>Calidad:</b>	ASTM A36
<b>Largo Normal:</b>	6,00m y medidas especiales
<b>Espesores:</b>	Desde 2,00mm - 12mm
<b>Acabado:</b>	Acero Negro

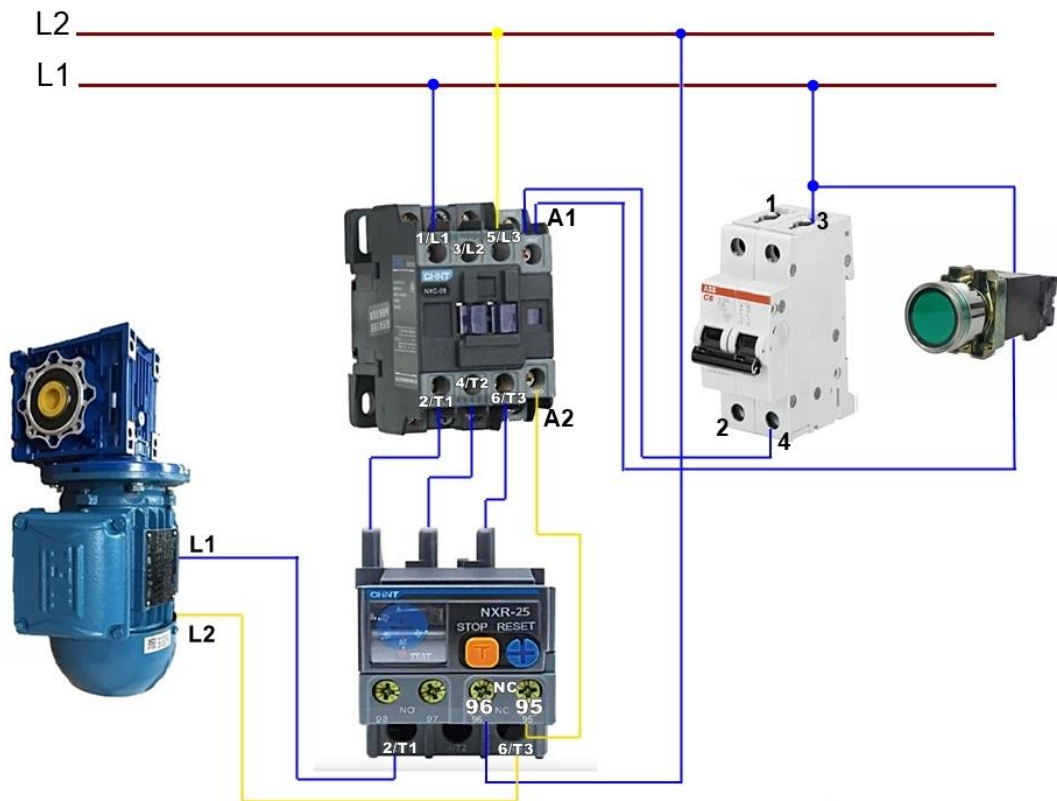


Descripción	b mm	h mm	e mm	Masa Kg/m	Área cm <sup>2</sup>	d1 cm	d2 cm	Ángulo °	Ángulos de alas iguales															
									Eje X - X			Eje Y - Y			Eje U - U			Eje V - V						
									Ix cm <sup>4</sup>	Wy cm <sup>3</sup>	rx cm	Iy cm <sup>4</sup>	Wx cm <sup>3</sup>	ry cm	Iu cm <sup>4</sup>	Wu cm <sup>3</sup>	ru cm	Iv cm <sup>4</sup>	Wv cm <sup>3</sup>	rv cm				
L 20x 2	20	20	2	0,57	0,73	0,60	0,60	45,00	0,28	0,20	0,62	0,28	0,20	0,62	0,46	0,32	0,79	0,10	0,14	0,37				
L 20x 3	20	20	3	0,81	1,03	0,65	0,65	45,00	0,38	0,28	0,60	0,38	0,28	0,60	0,63	0,45	0,78	0,12	0,17	0,34				
L 25x 2	25	25	2	0,73	0,93	0,72	0,72	45,00	0,56	0,32	0,78	0,56	0,32	0,78	0,82	0,52	1,00	0,20	0,23	0,47				
L 25x 3	25	25	3	1,05	1,33	0,78	0,78	45,00	0,78	0,45	0,77	0,78	0,45	0,77	1,30	0,74	0,99	0,26	0,30	0,45				
L 30x 2	30	30	2	0,88	1,13	0,85	0,85	45,00	1,00	0,46	0,94	1,00	0,46	0,94	1,63	0,77	1,20	0,37	0,35	0,57				
L 30x 3	30	30	3	1,28	1,63	0,90	0,90	45,00	1,40	0,67	0,93	1,40	0,67	0,93	2,32	1,09	1,19	0,49	0,46	0,55				
L 30x 4	30	30	4	1,65	2,10	0,95	0,95	45,00	1,76	0,86	0,91	1,76	0,86	0,91	2,93	1,38	1,18	0,58	0,55	0,52				
L 40x 2	40	40	2	1,20	1,33	1,10	1,10	45,00	2,44	0,84	1,26	2,44	0,84	1,26	3,96	1,40	1,61	0,92	0,65	0,78				
L 40x 3	40	40	3	1,75	2,23	1,15	1,15	45,00	3,49	1,22	1,25	3,49	1,22	1,25	5,71	2,02	1,60	1,27	0,90	0,75				
L 40x 4	40	40	4	2,28	2,90	1,20	1,20	45,00	4,44	1,59	1,24	4,44	1,59	1,24	7,23	2,59	1,59	1,55	1,10	0,73				
L 40x 5	40	40	5	2,77	3,54	1,25	1,25	45,00	5,29	1,92	1,22	5,29	1,92	1,22	8,80	3,11	1,58	1,77	1,25	0,71				
L 50x 2	50	50	2	1,51	1,93	1,35	1,35	45,00	4,85	1,33	1,59	4,85	1,33	1,59	7,85	2,22	2,02	1,85	1,05	0,96				
L 50x 3	50	50	3	2,22	2,83	1,40	1,40	45,00	7,01	1,86	1,57	7,01	1,86	1,57	11,42	3,23	2,01	2,61	1,47	0,96				
L 50x 4	50	50	4	2,90	3,70	1,45	1,45	45,00	8,01	2,54	1,56	8,01	2,54	1,56	14,76	4,18	2,00	3,25	1,84	0,94				
L 50x 5	50	50	5	3,56	4,54	1,50	1,50	45,00	10,84	3,10	1,55	10,84	3,10	1,55	17,89	5,06	1,99	3,79	2,14	0,91				
L 60x 3	60	60	3	2,69	3,43	1,65	1,65	45,00	12,34	2,84	1,90	12,34	2,84	1,90	20,03	4,72	2,42	4,65	2,19	1,16				
L 60x 4	60	60	4	3,53	4,50	1,70	1,70	45,00	15,96	3,71	1,70	15,96	3,71	1,70	26,04	6,14	2,40	5,88	2,77	1,14				
L 60x 5	60	60	5	4,34	5,54	1,75	1,75	45,00	19,33	4,55	1,87	19,33	4,55	1,87	31,72	7,48	2,39	6,95	3,27	1,12				
L 75x 3	75	75	3	3,40	4,33	2,02	2,02	45,00	24,55	4,48	2,38	24,55	4,48	2,38	38,72	7,49	3,03	9,38	3,53	1,47				
L 75x 4	75	75	4	4,47	5,70	2,07	2,07	45,00	31,94	5,88	2,37	31,94	5,88	2,37	51,90	9,79	3,02	11,99	4,51	1,45				
L 75x 5	75	75	5	5,52	7,04	2,12	2,12	45,00	38,96	7,24	2,35	38,96	7,24	2,35	63,56	11,99	3,01	14,35	5,40	1,43				
L 75x 6	75	75	6	6,53	8,33	2,17	2,17	45,00	45,60	8,56	2,34	45,60	8,56	2,34	74,73	14,09	2,99	16,46	6,20	1,41				
L 80x 4	80	80	4	4,79	6,10	2,20	2,20	45,00	38,00	6,72	2,53	38,00	6,72	2,53	63,30	11,19	3,22	14,70	5,19	1,55				
L 80x 5	80	80	5	5,91	7,54	2,25	2,25	45,00	47,65	8,29	2,51	47,65	8,29	2,51	77,64	13,72	3,21	17,65	6,23	1,53				
L 80x 6	80	80	6	7,00	8,93	2,30	2,30	45,00	55,86	9,79	2,50	55,86	9,79	2,50	91,39	16,16	3,20	20,32	7,17	1,51				
L 80x 8	80	80	8	9,11	11,61	2,40	2,40	45,00	71,03	12,68	2,47	71,03	12,68	2,47	117,22	20,72	3,18	24,85	8,78	1,46				
L 80x 10	80	80	10	11,09	14,14	2,50	2,50	45,00	94,59	15,39	2,45	94,59	15,39	2,45	140,84	24,90	3,16	28,34	10,04	1,42				
L 100x 5	100	100	5	7,48	9,54	2,75	2,75	45,00	95,23	13,13	3,16	95,23	13,13	3,16	154,55	21,86	4,03	35,95	10,13	1,94				

**CIRCUITO ELÉCTRICO DEL  
AGITADOR DE MOVIMIENTO  
VERTICAL CON EJE HORIZONTAL**

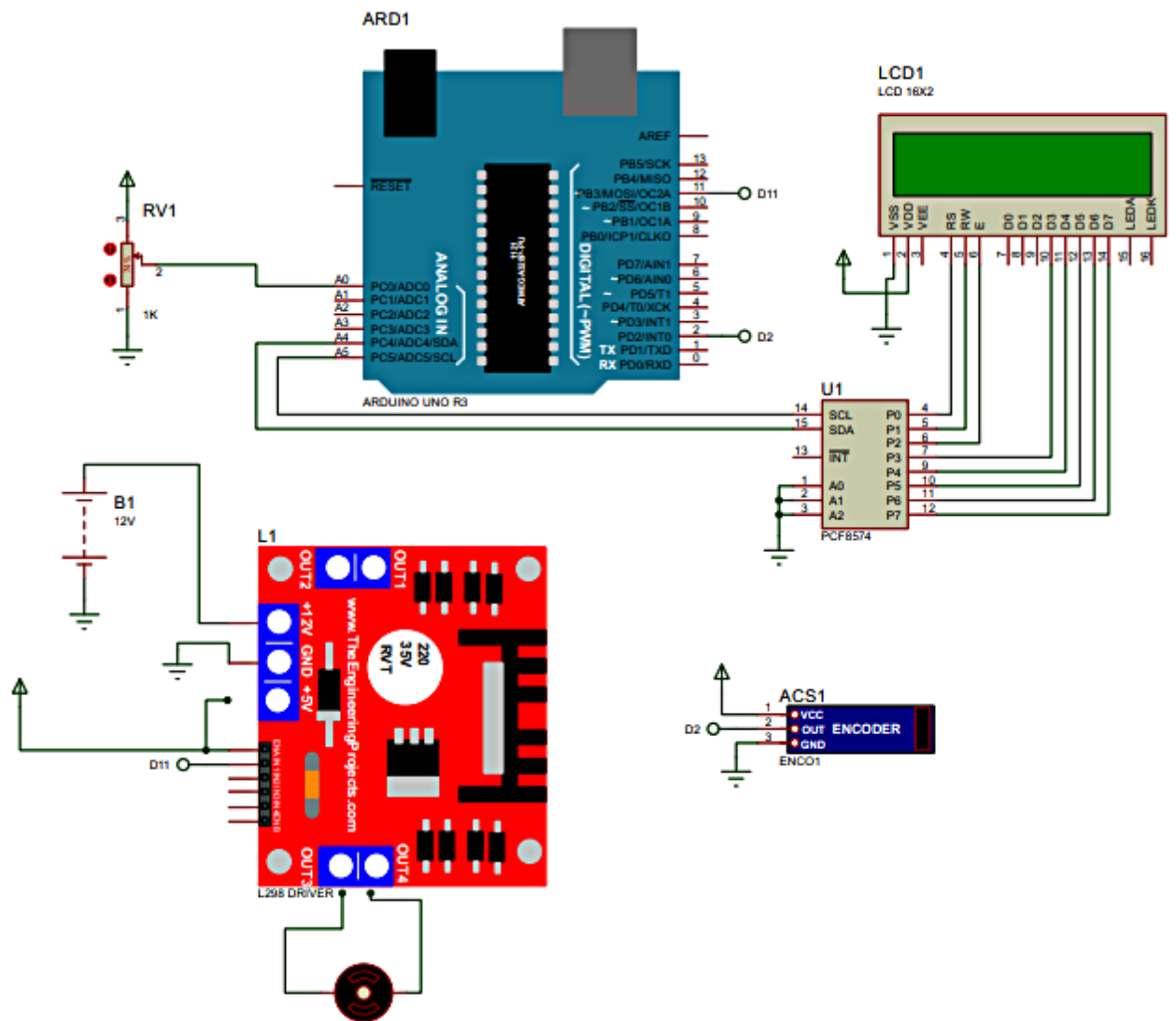


(1)



(2)

**CIRCUITO ELECTRÓNICO DEL  
MEZCLADOR DE MOVIMIENTO  
ORBITAL**



**CÓDIGO EN ARDUINO DEL CIRCUITO  
ELECTRÓNICO DEL MEZCLADOR DE  
MOVIMIENTO ORBITAL**

```

#define PIN_EC 2
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

uint32_t t0;
uint32_t t1;
uint32_t pulsos;
uint32_t rpm;
uint32_t velocidad;
char inputString1[ 255 ];
uint8_t index1=0;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);

void setup() {

  lcd.init();           // initialize the lcd
  lcd.init();
  // Print a message to the LCD.
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(3,0);
  lcd.print("Hello, world!");
  lcd.setCursor(2,1);
  lcd.print("Ywrobot Arduino!");
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("Arduino LCM IIC 2004");
  lcd.setCursor(2,3);
  lcd.print("Power By Ec-yuan!");
  Serial.begin(9600);
  pinMode( PIN_EC, INPUT_PULLUP );

  attachInterrupt(1, contador, RISING );

  t0 = millis();

  delay(100);
  lcd.clear();

```

```

}
void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  if( millis()-t0>=250 ){
    t0 = millis();
    Serial.print(pulsos*4);
    velocidad=(((pulsos*4)*60)/30);
    Serial.print(" ");
    Serial.println(velocidad);

    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("RMP:");
    lcd.setCursor(5,0);
    lcd.print(velocidad);

    pulsos=0;
    velocidad=0;
  }

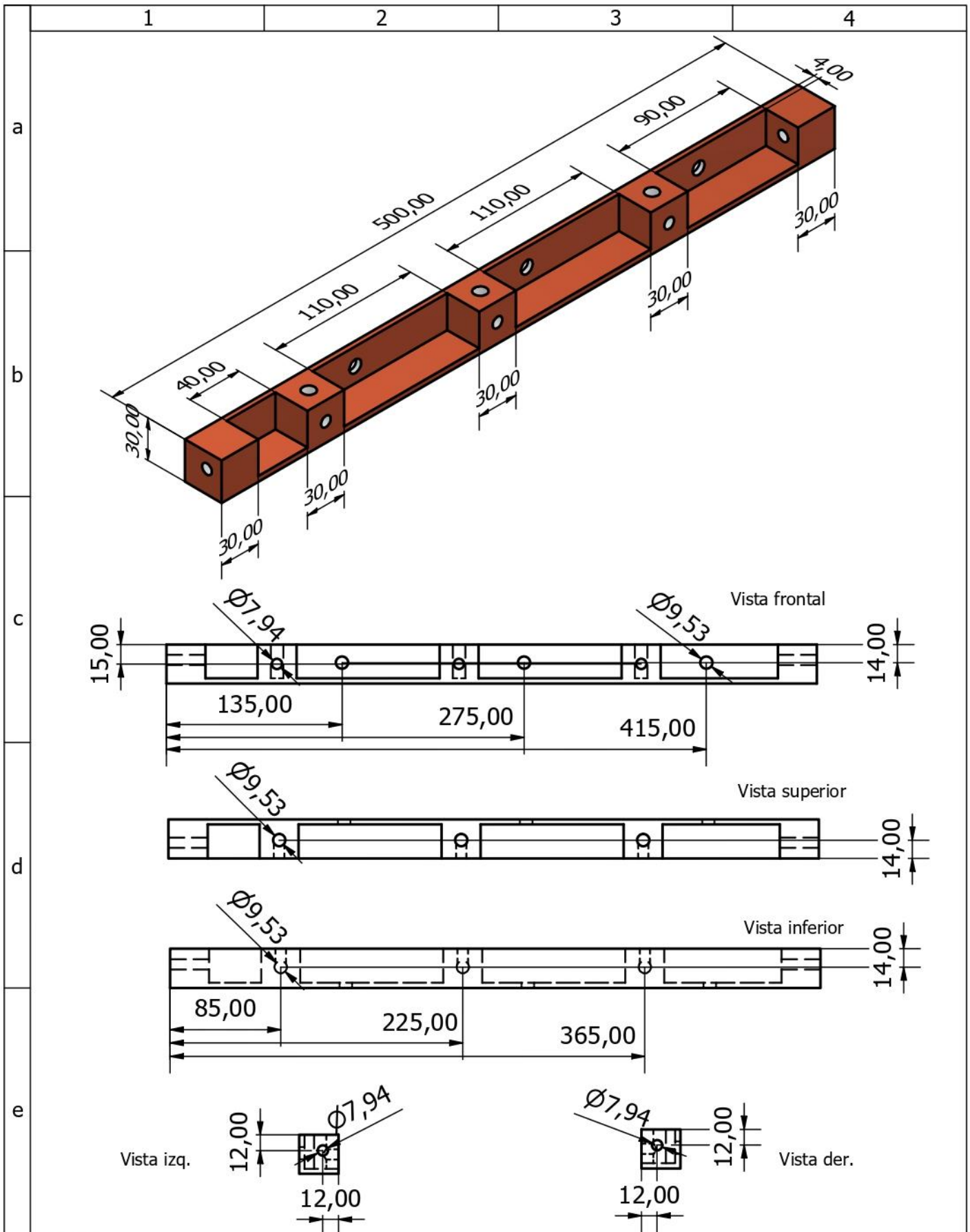
  // lcd.setCursor(0,0);
  // lcd.print("RMP:");
  // lcd.setCursor(5,0);
  // lcd.print(velocidad);
  int adc0=analogRead(A0);
  analogWrite(11,adc0/4);

  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("RMP:");
  lcd.setCursor(5,0);
  lcd.print(adc0/4);
  delay(100);
  lcd.clear();
}
void contador(){
  pulsos++;

```

**PLANOS DEL AGITADOR DE  
MOVIMIENTO VERTICAL CON EJE  
HORIZONTAL.**

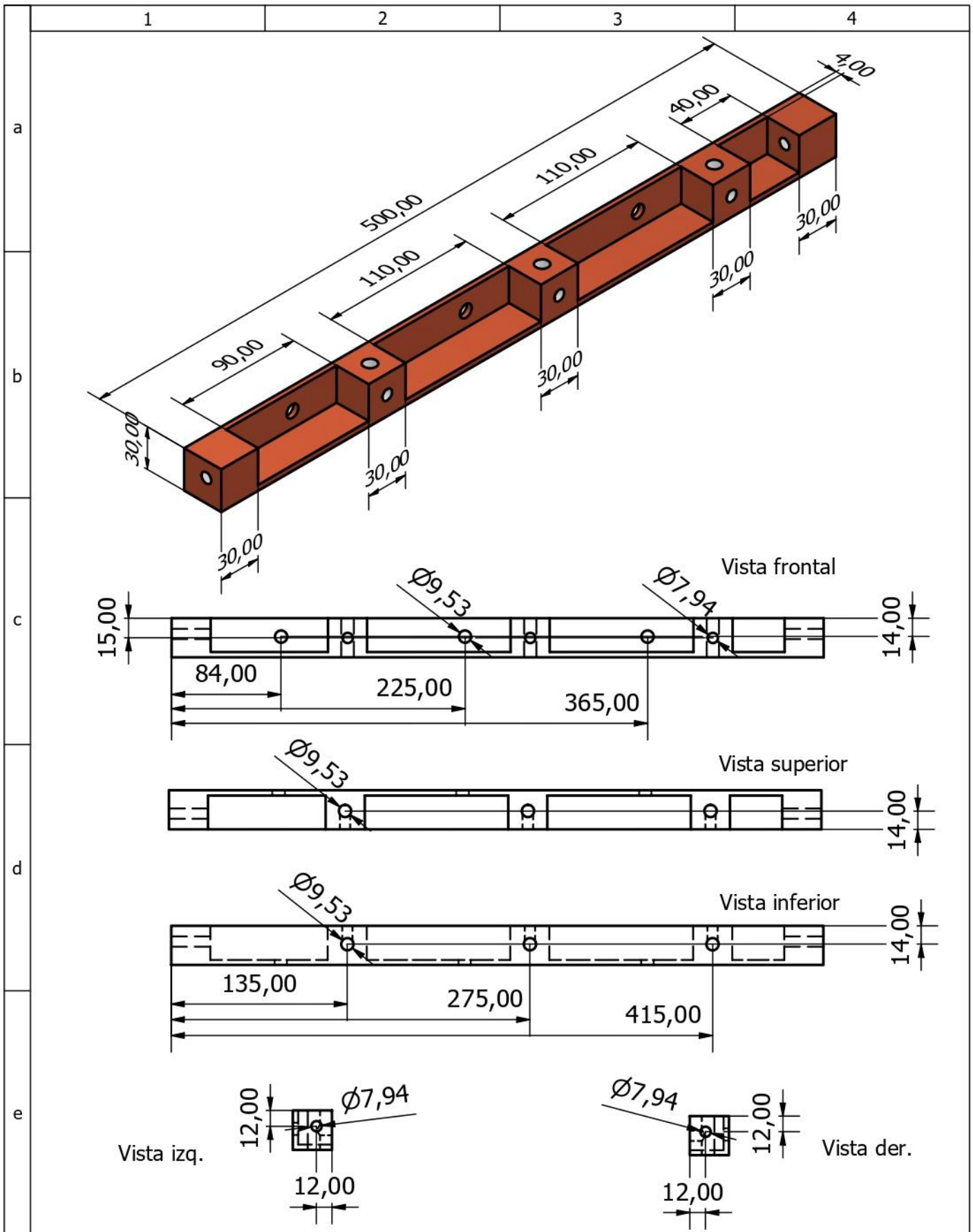




# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



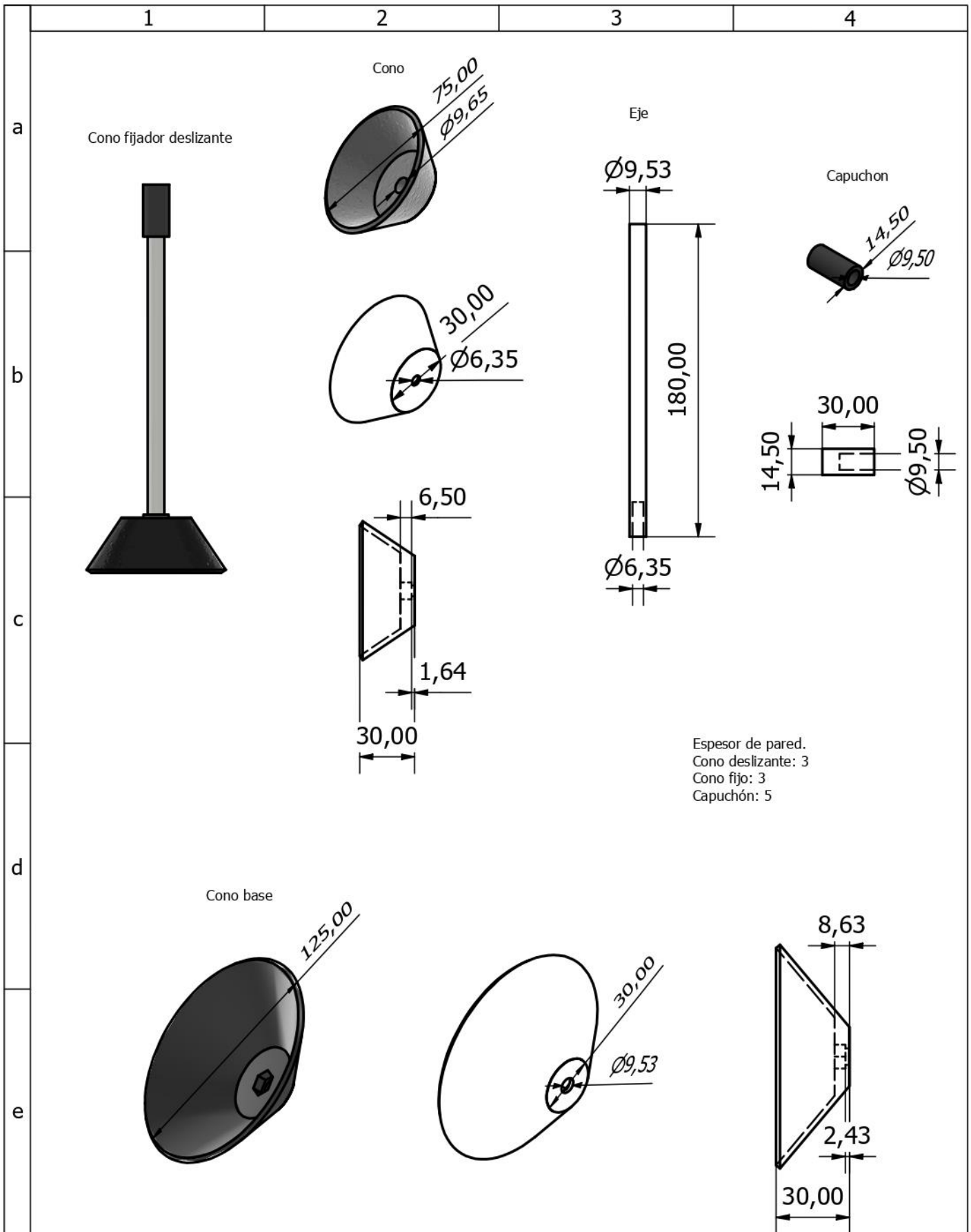
Fecha: 23-02-2024		Nombre: León Jhon		Escala: 1:4		<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	
Dib. 23-02-2024		Rev. 15-08-2024		Aprob. 19-08-2024			
Proyecto: Agitador de movimiento vertical con eje horizontal		N° de plano: 01		Unidad dimensional: mm			
Asignatura: Propuesta tecnológica			Denominación: Soporte horizontal 1				



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



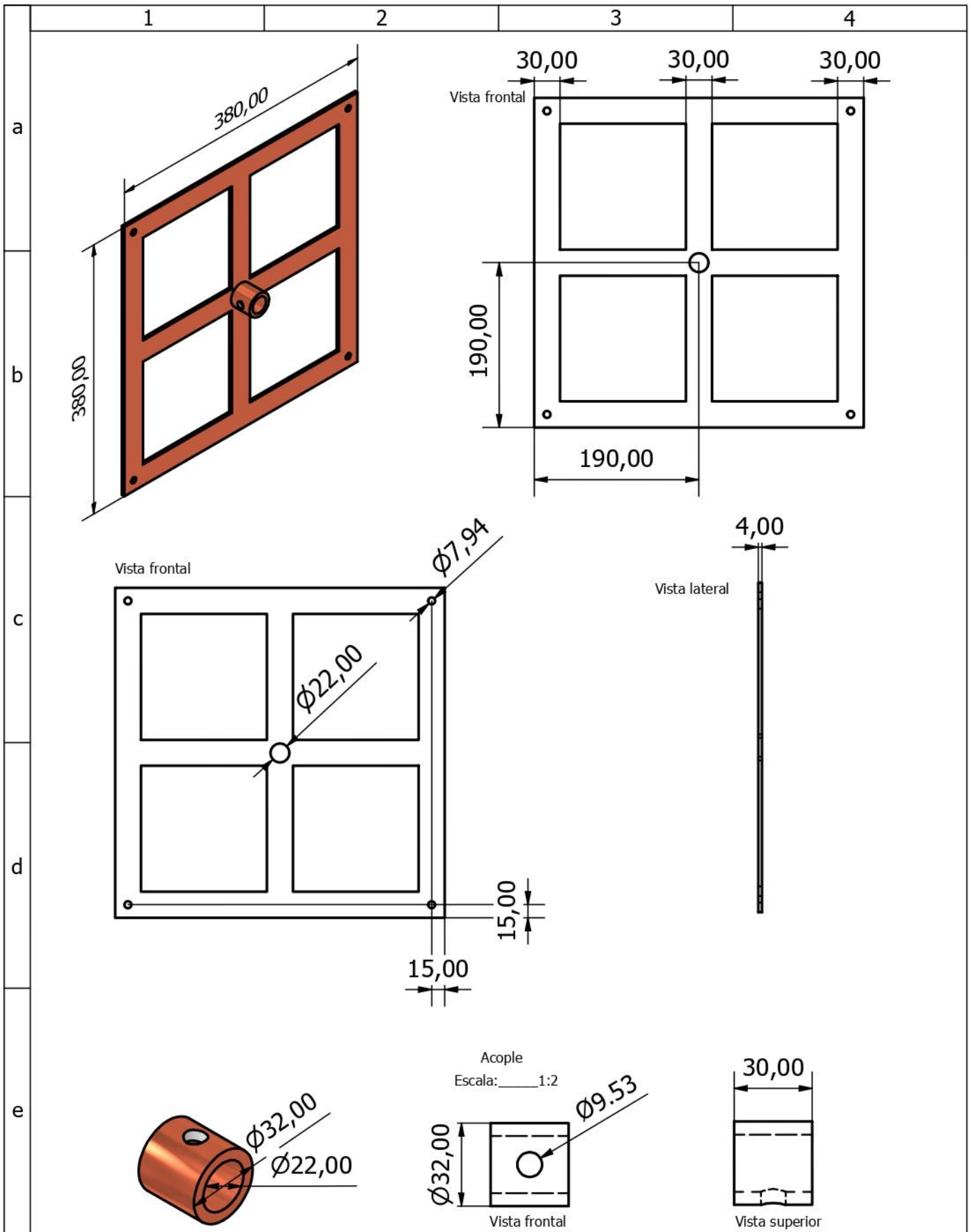
Fecha: 23-02-2024		Nombre: León Jhon		Escala: 1:4		<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	
Div. 23-02-2024		Rev. 15-08-2024		Aprob. 19-08-2024			
Proyecto: Agitador de movimiento vertical con eje horizontal		Nº de plano: 02		Unidad dimensional: mm			
Asignatura: Propuesta tecnológica			Denominación: Soporte horizontal 2				



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



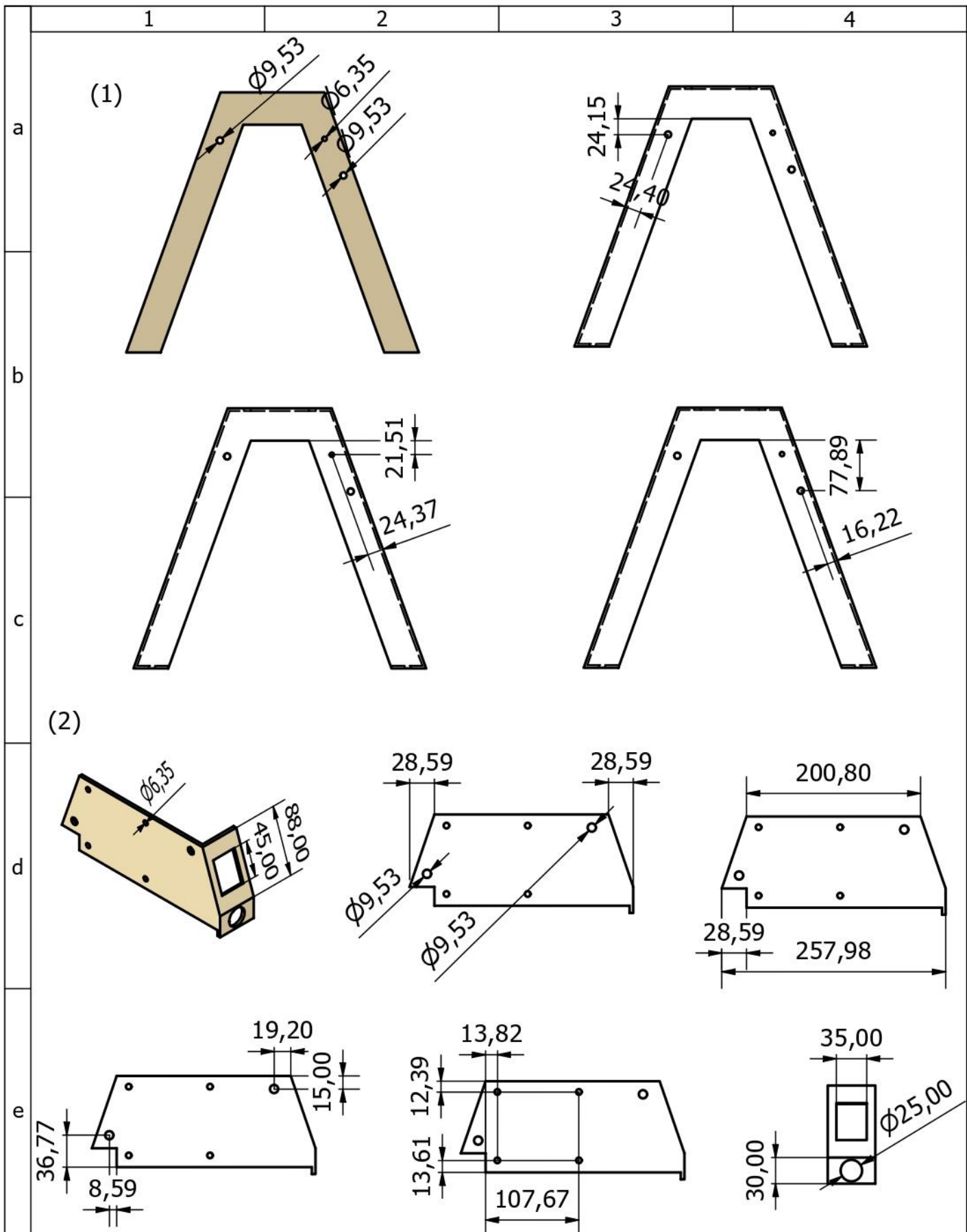
Fecha: 23-02-2024		Nombre: León Jhon		Escala: 1:3		<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	
Dib. 23-02-2024		Rev. 15-08-2024		Aprob. 19-08-2024			
Proyecto: Agitador de movimiento vertical con eje horizontal		N° de plano: 03		Unidad dimensional: mm			
Asignatura: Propuesta tecnológica			Denominación: Conos de fijación				



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



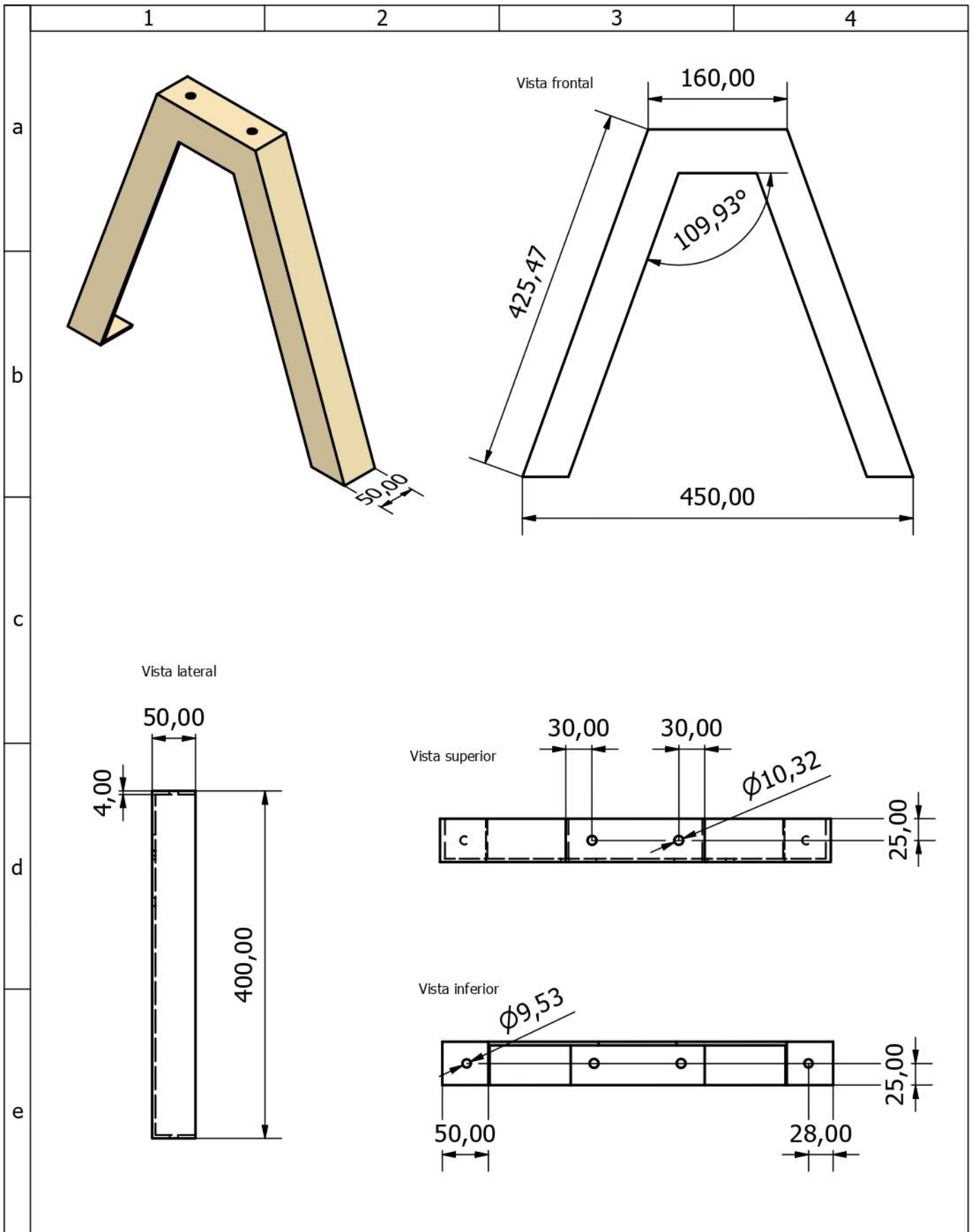
Fecha: 23-02-2024		Nombre: León Jhon		Escala: 1:6		<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	
Dib. 23-02-2024		Rev. 15-08-2024		Aprob. 19-08-2024			
Proyecto: Agitador de movimiento vertical con eje horizontal		N° de plano: 04		Unidad dimensional: mm			
Asignatura: Propuesta tecnológica			Denominación: Estructura de soporte lateral				



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



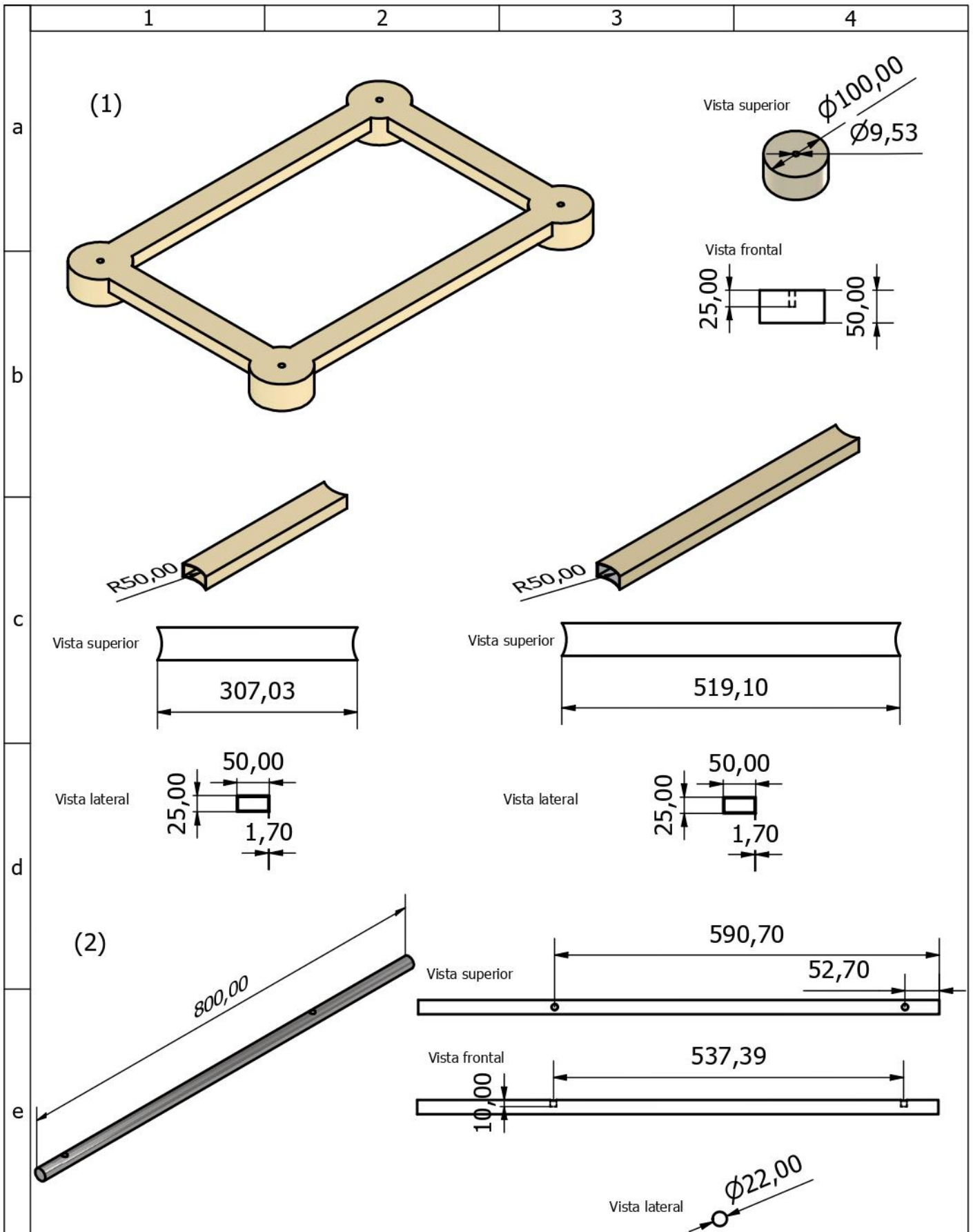
Fecha:	Nombre:	Escala:	<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>		
Dib. 23-02-2024	León Jhon	(1) 1:8			
Rev. 15-08-2024		(2) 1:6			
Aprob. 19-08-2024			Unidad dimensional	Asignatura:	Denominación:
Proyecto:		Nº de plano	mm	Propuesta tecnológica	(1) soporte vertical 1 (2) soporte para motor
Agitador de movimiento vertical con eje horizontal		05			



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha: 23-02-2024		Nombre: León Jhon		Escala: 1:6		INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 23-02-2024		Rev. 15-08-2024		Aprob. 19-08-2024			
Proyecto: Agitador de movimiento vertical con eje horizontal		N° de plano: 06		Unidad dimensional: mm			
Asignatura: Propuesta tecnológica			Denominación: Soporte vertical 2				



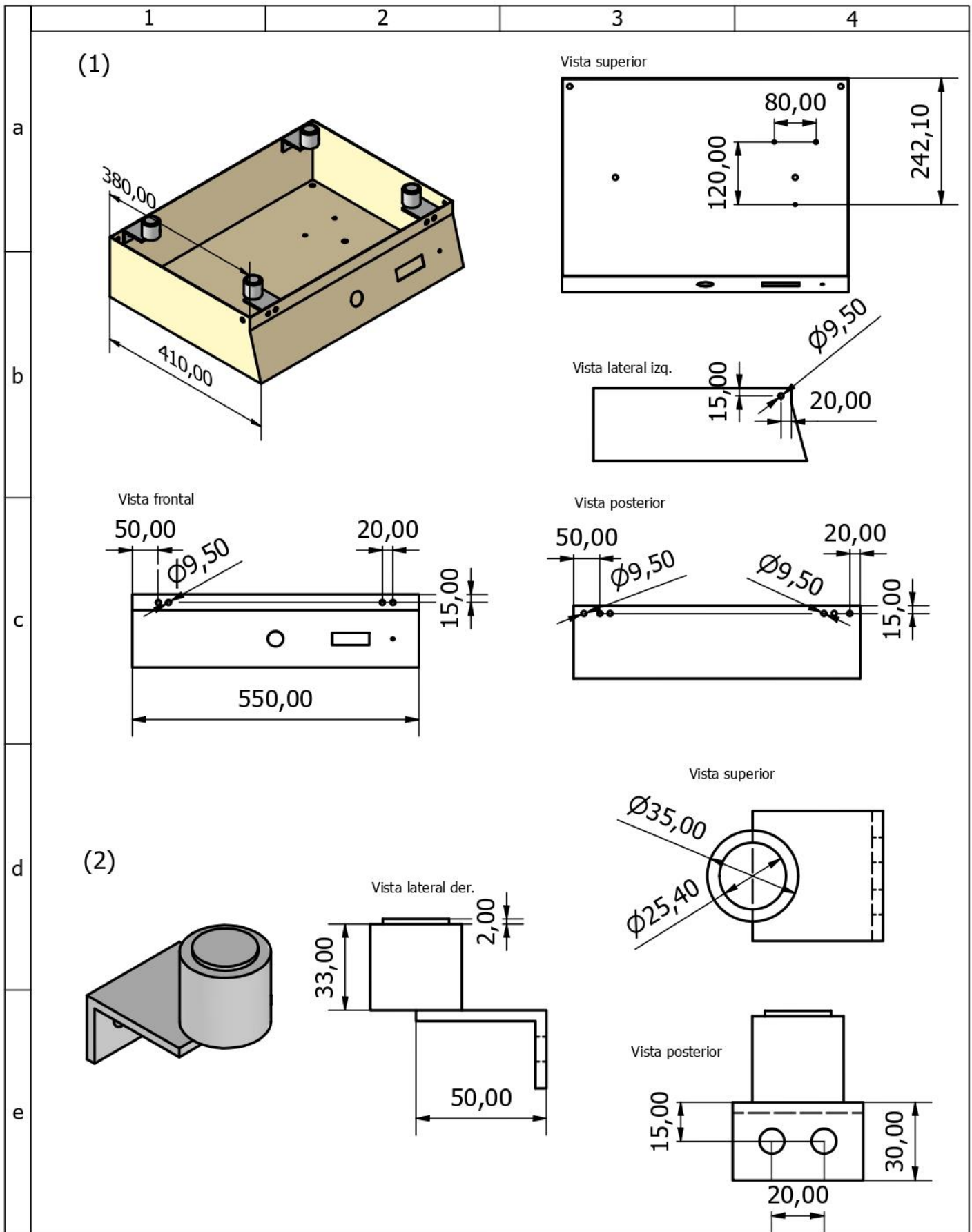
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha: 23-02-2024		Nombre: León Jhon		Escala: 1:8		<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	
Dib. 23-02-2024		Rev. 15-08-2024		Aprob. 19-08-2024			
Aprob. 19-08-2024							
Proyecto: Agitador de movimiento vertical con eje horizontal		Nº de plano: 07		Unidad dimensional: mm		Asignatura: Propuesta tecnológica	
						Denominación: (1) Base (2) Eje de transmisión	

# **PLANOS DEL MEZCLADOR DE MOVIMIENTO ORBITAL**

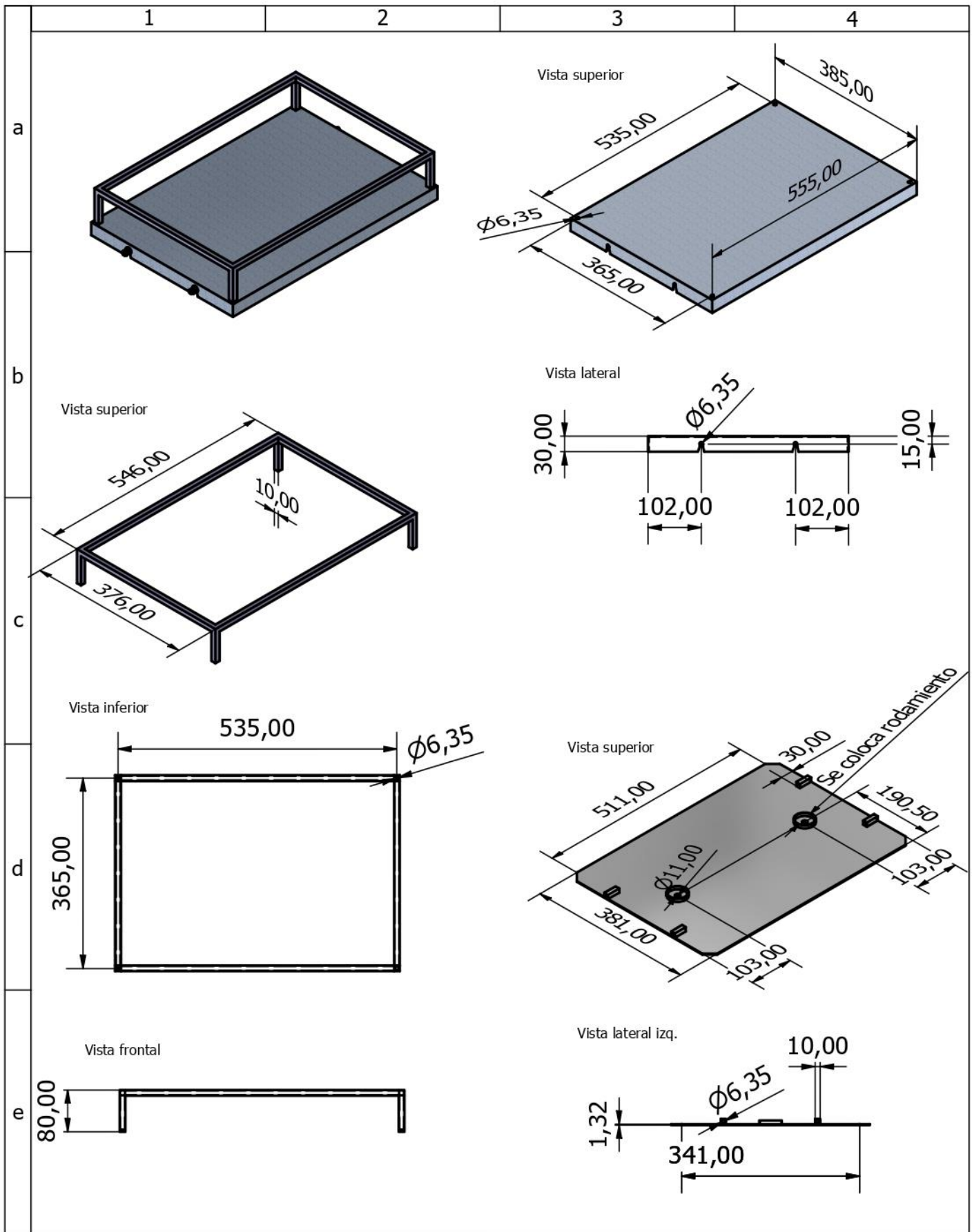




UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



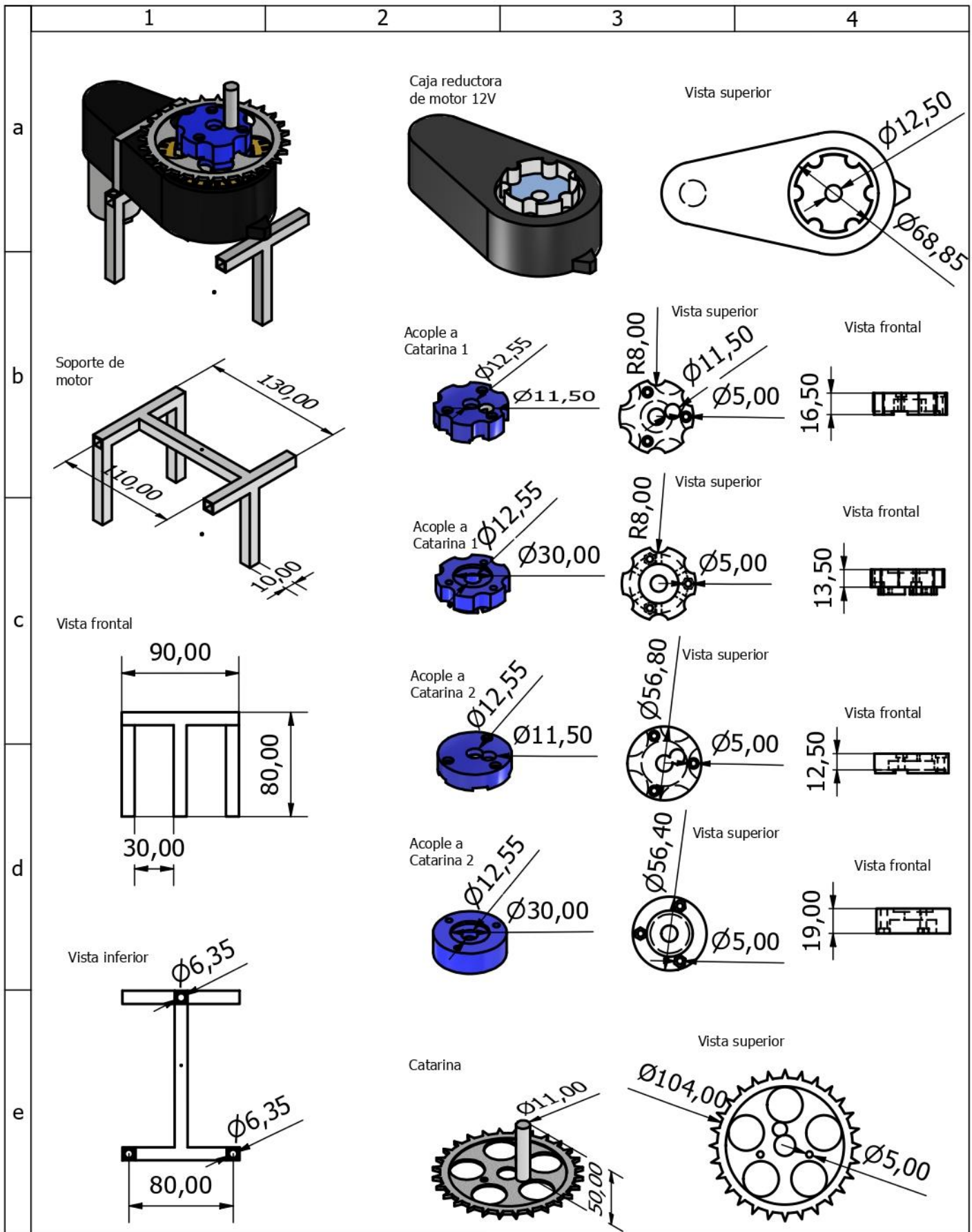
Fecha: 23-02-2024		Nombre: León Jhon		Escala: (1) 1:10 (2) 1:2		INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 23-02-2024							
Rev. 15-08-2024							
Aprob. 19-08-2024							
Proyecto: Mezclador con plataforma de movimiento orbital		N° de plano: 01		Unidad dimensional: mm		Asignatura: Propuesta tecnológica	
						Denominación: Carcasa y soporte de plataforma	



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha: 23-02-2024		Nombre: León Jhon		Escala: 1:10		<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	
Dib. 23-02-2024		Rev. 15-08-2024		Aprob. 19-08-2024			
Proyecto: Mezclador con plataforma de movimiento orbital		Nº de plano: 02		Unidad dimensional: mm			
Asignatura: Propuesta tecnológica				Denominación: Plataforma			



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 23-02-2024	León Jhon	1:4	Asignatura:	Denominación:
Rev. 15-08-2024			Propuesta tecnológica	Soporte de motor y acoples para Catarina
Aprob. 19-08-2024				
Proyecto:		Nº de plano	Unidad dimensional	
Mezclador con plataforma de movimiento orbital		03	mm	

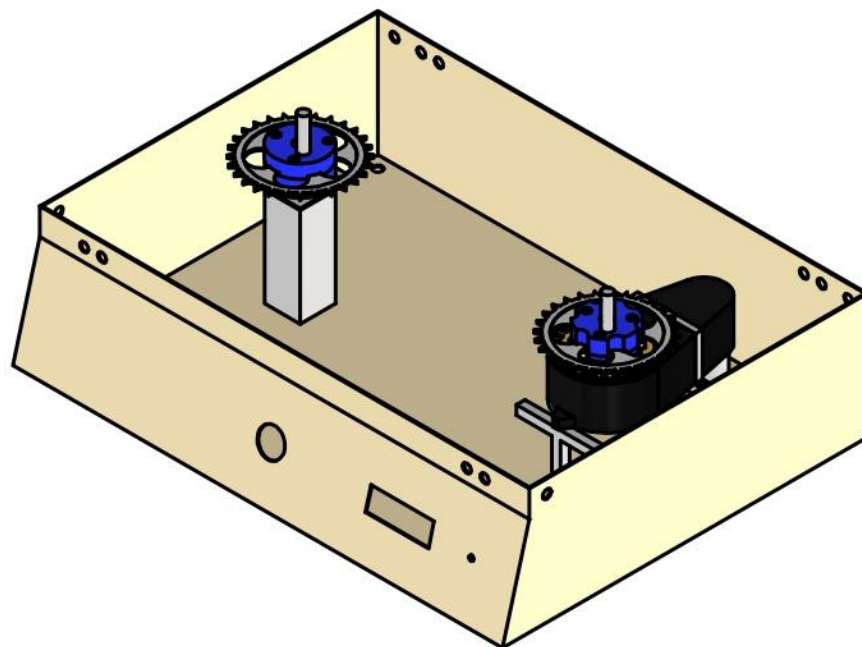
1

2

3

4

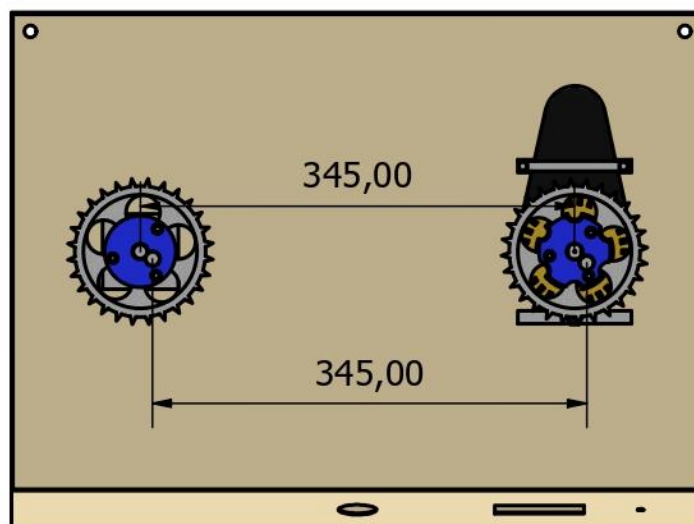
a



b

c

d



e



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:		Nombre:		Escala:		INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	23-02-2024	León Jhon		1:6			
Rev.	15-08-2024						
Aprob.	19-08-2024						
Proyecto:		N° de plano		Unidad dimensional	Asignatura:	Denominación:	
Mezclador con plataforma de movimiento orbital		04		mm	Propuesta tecnológica	Distancia entre centros de Catarinas para transmisión de potencia	

**MANUAL DEL USUARIO DEL  
AGITADOR DE MOVIMIENTO  
VERTICAL CON EJE HORIZONTAL**

# FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

Carrera: ELECTROMÉCANICA

## Manual de uso y mantenimiento de agitador de giro circular con eje horizontal

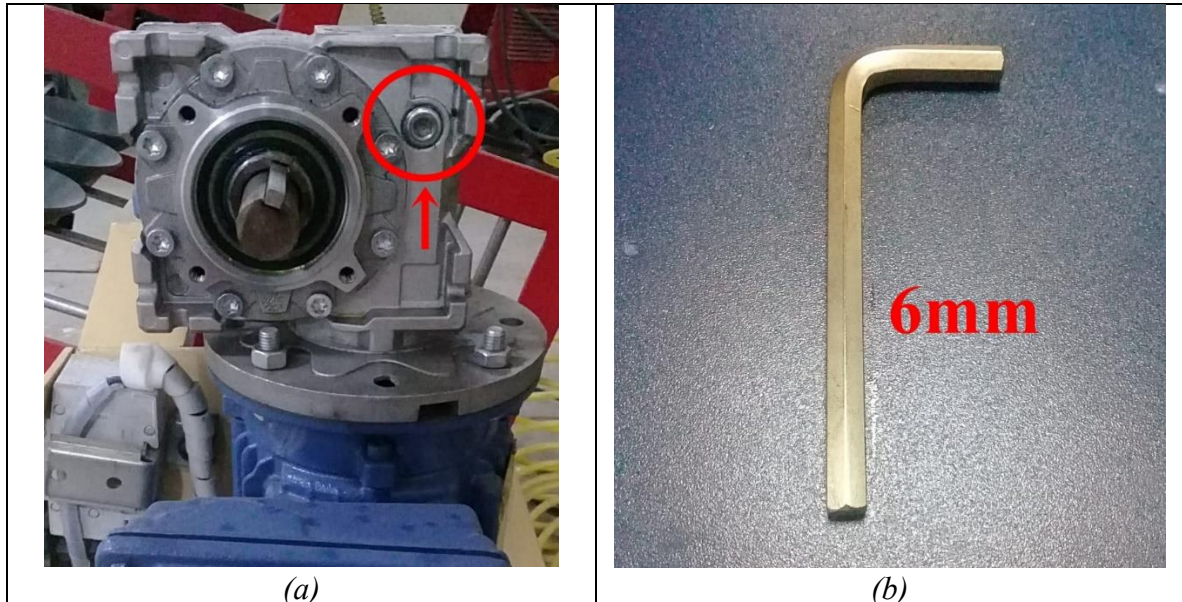


El presente manual hace referencia al uso y mantenimiento de la máquina de movimiento vertical con eje horizontal. Si el uso de la maquina se mantiene correctamente, debería dar un mantenimiento externo solo después de un uso considerable. A continuación, se proporciona sugerencias e información que ayude al cuidado de su máquina.

### 1. Mantenimiento.

#### 1.1. Mantenimiento mecánico.

- El motor eléctrico está acoplado a una caja reductora que transmite el movimiento de trabajo hacia el eje colocado de forma horizontal. Dentro de esta caja reductora existe un mecanismo de tornillo sin fin en constante rozamiento con el engranaje del árbol de transmisión del motor. Este mecanismo necesita correcta lubricación con aceite de transmisión 80W-90. Se lo puede encontrar en cualquier taller mecánico de cualquier marca.
- Para colocar el aceite se necesita quitar el perno de seguridad, señalada en la *Figura 01-a*, con una llave hexagonal de 6mm. Al colocar el aceite, esta no debe rebasar el límite del perno de seguridad con el motor en posición vertical. Al volver ajustar el perno evitar ajustarlo con fuerza excesiva.






**Figura 01.** a) Perno se seguridad. b) Hexagonal de 6 mm.

- Si el uso de la maquina es excesivamente prolongada será necesario el cambio de aceite, de la caja reductora, una vez al año. Este tiempo empezara desde la primera actividad de uso transcurriendo 6 meses para remplazarlo. Si su uso no es frecuente será necesario solo 1 vez cada 3 años.
- Independientemente del lugar de operación de la maquina se deberá realizar limpieza por derrame de fluidos como también de polvo. Si el polvo es lo que más prevalece en la maquina solo será necesario limpiarlo con una brocha.
- Con respecto a los fluidos, limpiar las sobras de aceite que posiblemente haya caído en el motor con guaípe. Si cayo fluido en la estructura giratoria de la maquina se deberá limpiar con mucho cuidado para evitar estropear la pintura.
- Esta limpieza, de los 2 pasos anteriores, realizarla antes y después del uso de la máquina para evitar algún problema eléctrico o mecánico.

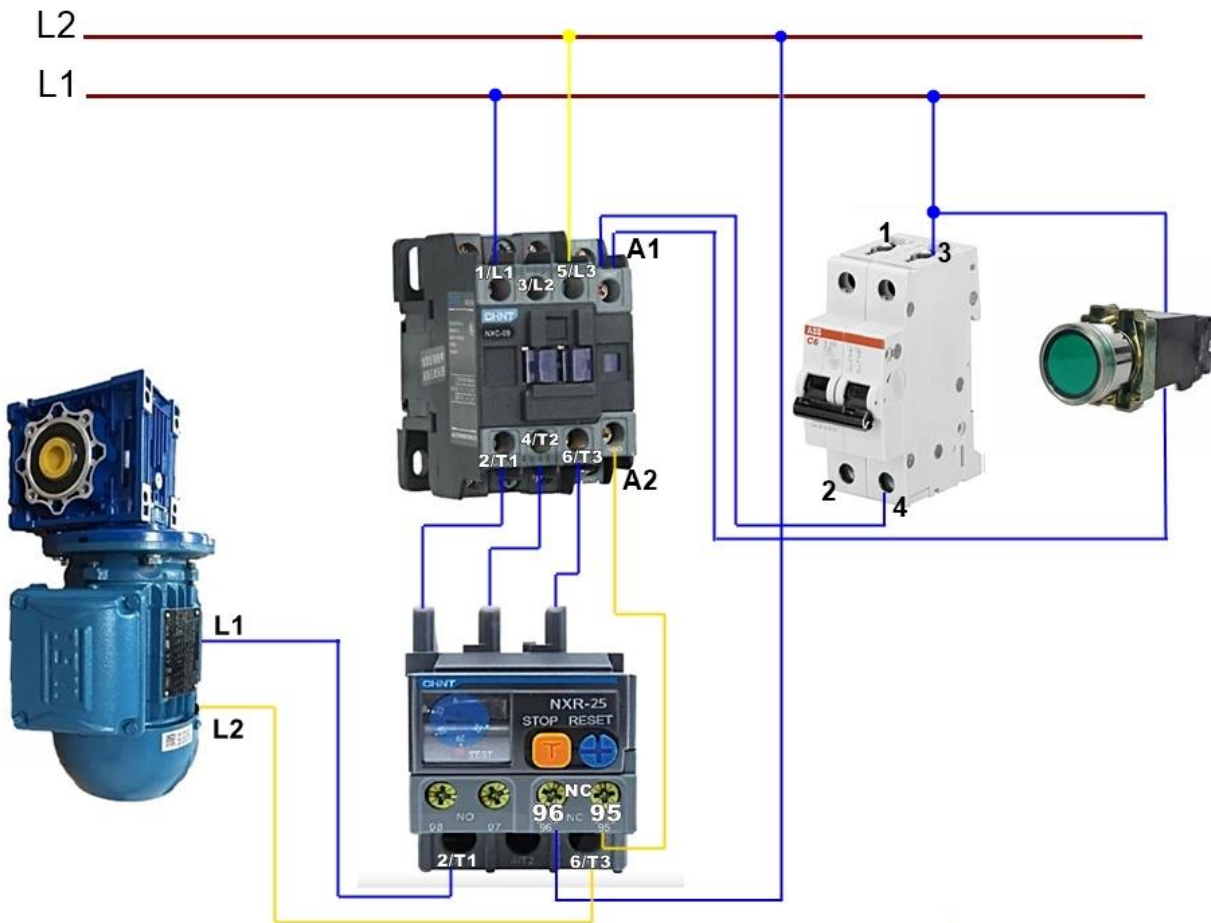
## 1.2 Mantenimiento eléctrico.

Los dispositivos eléctricos de la maquina están correctamente dimensionados por lo que no tendrá ningún tipo de falla. Por otro lado, el tiempo o las condiciones del ambiente de trabajo causará algún tipo de desgaste o avería se deberá reemplazar por un dispositivo nuevo con las mismas características descritas en la tabla 01.

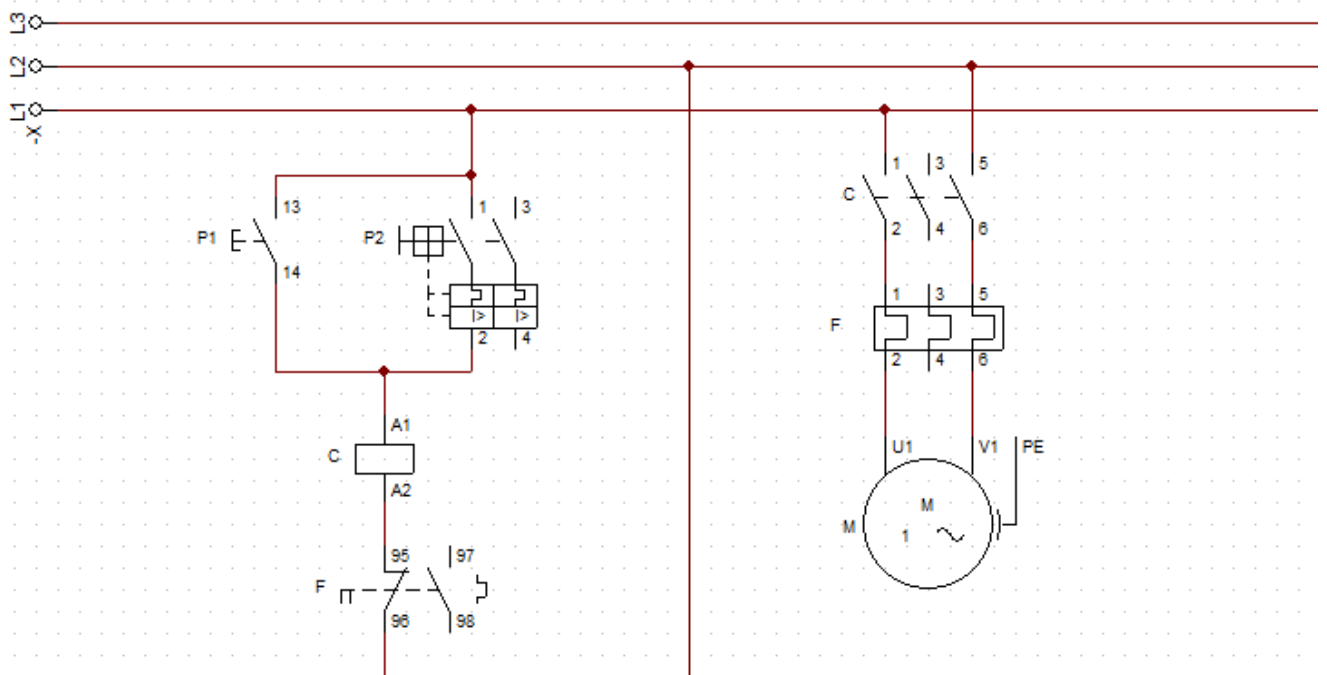
**Tabla 01.** Características técnicas de elementos eléctricos de la maquina agitadora.

Nombre	Características técnicas	Dispositivo
Interruptor termomagnético	2 polos - C6 -220V	
Contactador	3 polos - 220V - NXC-09	
Relé térmico	NXR-25 - 220V	
Motorreductor	1/4HP - 220V - 60Hz – reductor 45RPM	

A continuación, se muestra gráfica y esquemáticamente como se encuentra conectados todos los dispositivos eléctricos para que le agitador realice su correcto trabajo, ayudando así al técnico que caiga la responsabilidad de cambiar el dispositivo pueda hacerlo de una forma correcta.



*Figura 02. Cableado de elementos eléctricos.*



*Gráfico 03. Esquema eléctrico del circuito de control y potencia.*

## 2. Uso



Peligro  
Riesgo de  
atrapamiento

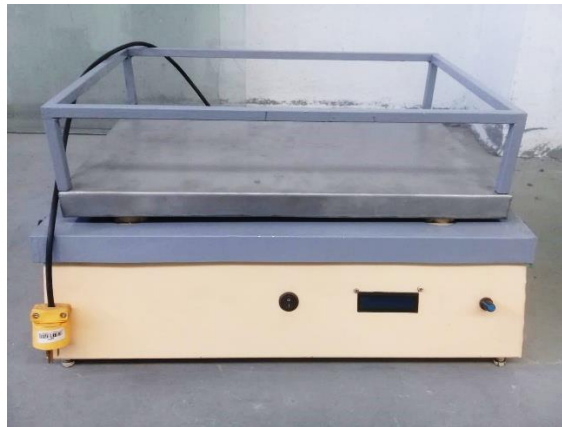
- 1) Antes de conectar la máquina, verificar que el interruptor termomagnético este en posición OFF.
- 2) Asegurarse que no exista ningún elemento u objeto que obstruya el giro circular de la estructura del agitador.
- 3) Colocarse la vestimenta de trabajo correcta y completamente abotonada. En el caso de las mujeres tener el cabello recogido, esto para evitar posible atrapamiento por los vástagos deslizantes de la maquina con el/la operador/a.
- 4) Al colocar las botellas con muestras se debe colocar la misma cantidad de botellas por cada lado de la estructura giratorio para equilibrar pesos.
- 5) Presionar el vástago deslizante lo suficientemente fuerte a la botella para atraparla y asegurarla con la perilla frontal fijándola así es sus respectivos compartimentos.
- 6) Ajustar correctamente las tapas de las botellas para evitar derrames de fluidos en el área de trabajo y los elementos eléctricos.
- 7) Para que cada lado de la estructura giratoria este en frente, pulsar el botón de color verde lo suficiente hasta tener un nuevo lado disponible y colocar las muestras.
- 8) Cuando haya verificado y seguido correctamente los pasos anteriores colocar el interruptor termomagnético en posición ON.

**MANUAL DEL USUARIO DEL  
MEZCLADOR DE MOVIMIENTO  
ORBITAL**

# FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

Carrera: ELECTROMÉCANICA

## Manual de uso y mantenimiento de agitador de movimiento orbital

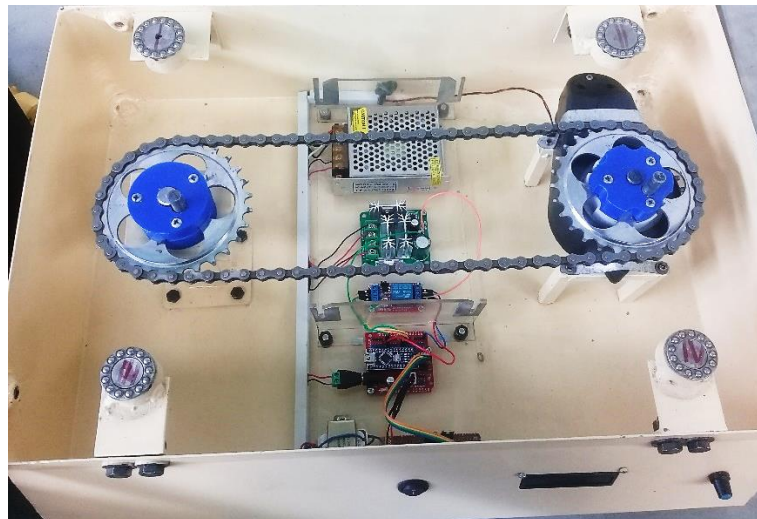


El presente manual hace referencia al uso y mantenimiento de la máquina de movimiento orbital. Si el uso de la máquina se mantiene correctamente, debería dar un mantenimiento externo solo después de un uso considerable. A continuación, se proporciona sugerencias e información que ayude al cuidado de su máquina.

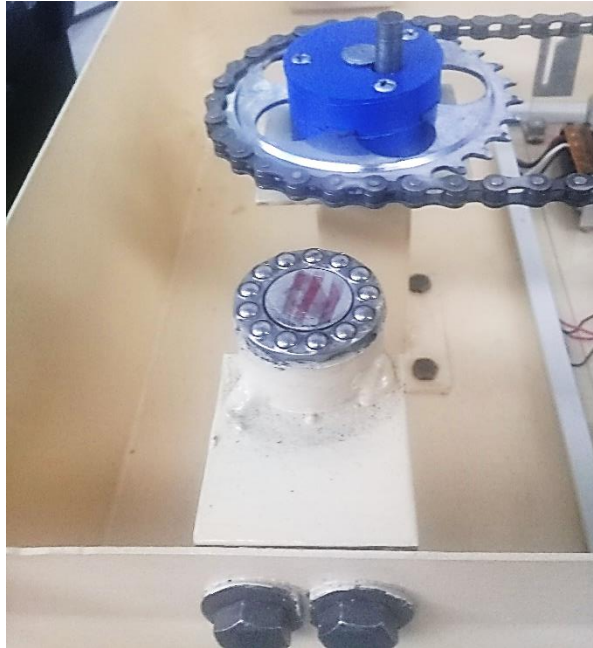
### 1. Mantenimiento.

#### 1.1. Mantenimiento mecánico.

- En la parte interna del mezclador se puede observar 2 catarinas con cadena en la cual se transmite movimiento por medio de una cadena.



- Es necesario engrasar cada una vez al año con grasa de cadena de transmisión.
- Colocar grasa de cadena de transmisión, se lo puede usar sin problema, en los 4 rodamientos que soportan la plataforma movable. Luego de que la maquina se haya usado 4 veces independientemente del tiempo de uso de la maquina




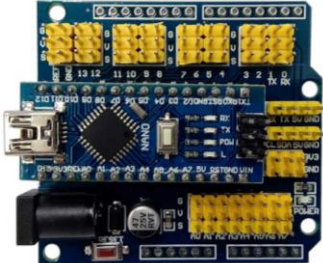





- Independientemente del lugar de operación de la maquina se deberá realizar limpieza por derrame de fluidos como también de polvo. Si el polvo es lo que más prevalece en la maquina solo será necesario limpiarlo con una brocha.
- Esta limpieza, del paso anterior, realizarla antes y después del uso de la máquina para evitar algún problema con las sustancias que se colocan para los ensayos de mezcla.
- Con respecto a los fluidos, si cayos fluidos en la plataforma y dentro de la carcasa de la máquina, se deberá limpiar con mucho cuidado para evitar estropear la pintura. En el interior de la maquina se encuentra el circuito electrónico protegido por una caja de acrílico. Por lo que habrá que verificar si logro ingresar algún fluido dentro de él.
- En el caso que haya ingresado dentro de la caja de acrílico secar con una franela seca y dejar un día sin usar la máquina para evitar algún cortocircuito.

## 1.2 Mantenimiento eléctrico.

Los dispositivos eléctricos de la maquina están correctamente dimensionados por lo que no tendrá ningún tipo de falla. Por otro lado, el tiempo o las condiciones del ambiente de trabajo causará algún tipo de desgaste o avería, por lo que se deberá reemplazar por un dispositivo nuevo con las mismas características descritas en la tabla 01.

**Tabla 01.** Características técnicas de elementos electrónicos de la maquina mezcladora.

Nombre	Características técnicas	Dispositivo
Fuente de voltaje a 12V	In:110V - Out:12V- 5A	
Controlador de motor PWM	12V-DC	
Relé On Delay	SRD-05-VDC-SL-C	
Shield para Arduino Nano y Arduino nano	7VDC a 12VDC.	
Pantalla Display	LCD 16x2 con I2C	

Motor eléctrico	12V-DC-550DL-(20-45W) 15000 RPM	
Interruptor redondo	110V	

A continuación, se muestra una gráfica esquemáticamente como se encuentra conectados todos los dispositivos eléctricos como también el esquema eléctrico, para que le agitador realice su correcto trabajo, ayudando así al técnico que caiga la responsabilidad de cambiar el dispositivo pueda hacerlo de una forma correcta.

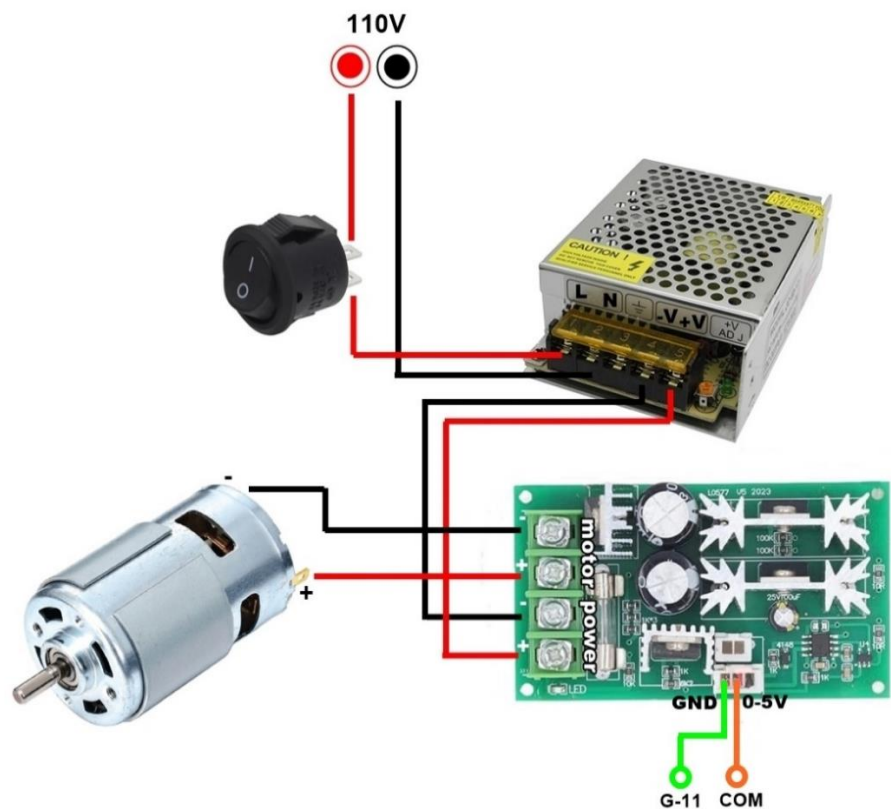


Figura 1.1. Conexión de toma corriente 110V a fuente de voltaje de 12V

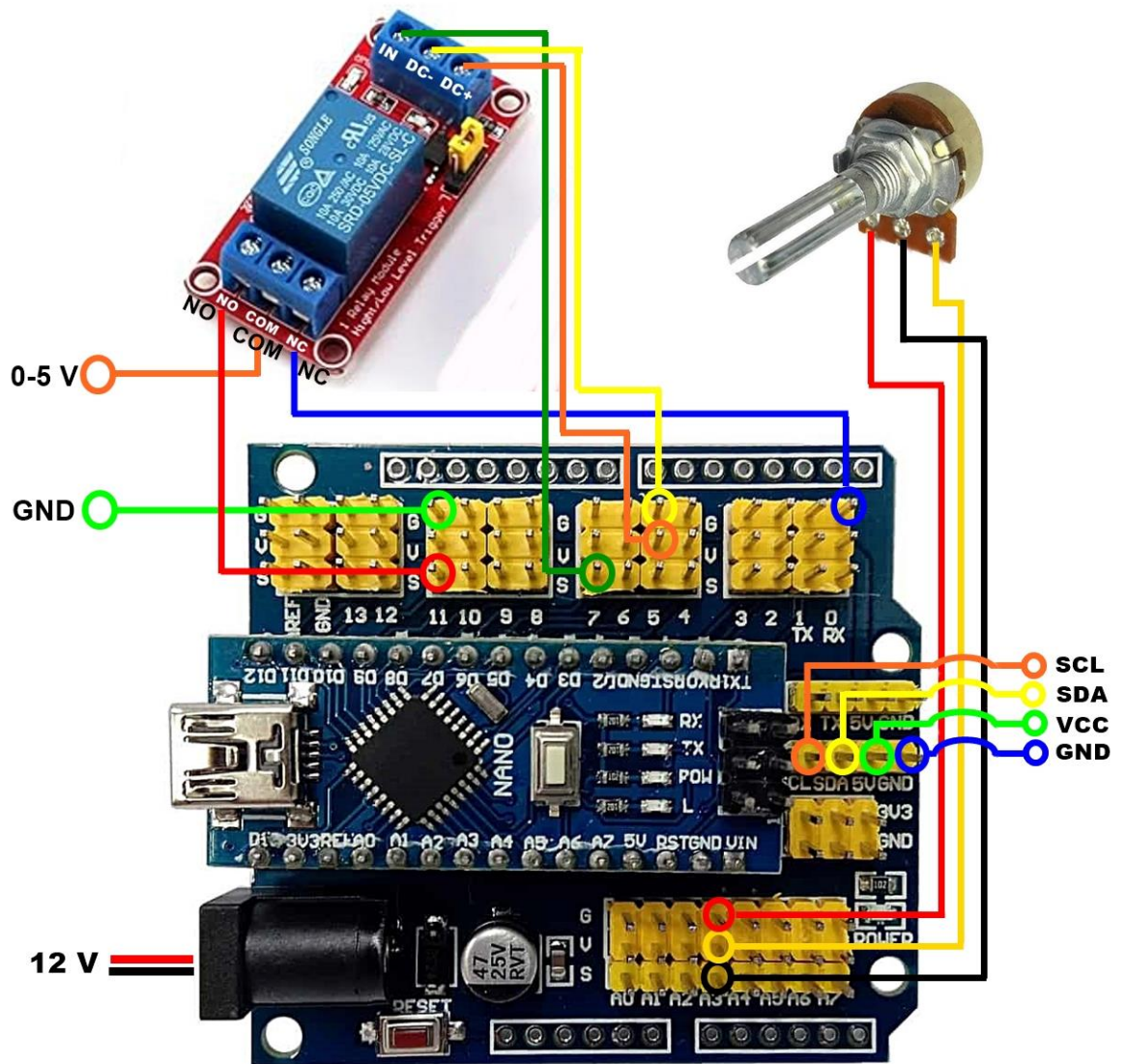


Figura 1.2. Conexión de shield Arduino nano a relé on delay.



Figura 1.3. Conexión de shield Arduino nano hacia display con I2C

## 2. Uso

- 1) Antes de conectar la máquina, verificar que el interruptor este en posición OFF y la perilla del regulador de velocidad se encuentre en 0 RPM.
- 2) Asegurarse que no exista ningún elemento u objeto que obstruya el giro circular de la estructura del mezclador.
- 3) Colocarse la vestimenta de trabajo correcta y completamente abotonada.
- 4) Los envases para los ensayos no deben estar completamente llenos. A razón de que al momento de moverse la plataforma pueda provocar la caída de la sustancia.
- 5) Al colocar los envases con la muestra, se debe colocar las correas sujetadas al borde de la plataforma para mantener sostenido el envase.
- 6) Teniendo sujetado todos los envases de ensayo a la plataforma encendemos la maquina presionando el interruptor en ON
- 8) Cuando haya verificado, en el display el valor de 0 proceda a girar la perilla de regulación de velocidad y colóquela en la velocidad que usted requiera.