

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Diseño de un banco de pruebas de alternadores entre 12V a 24V para una empresa
portuaria

INGE-2946

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Mecánico

Presentado por:

Luis Enrique Jurado Echeverria

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

Dedicatoria

El presente proyecto lo dedico a mi familia que me ha apoyado en los momentos más complicados durante mi carrera, a los profesores de la universidad por prestar su apoyo incondicional durante mi formación académica y a los profesionales que me acompañaron y me guiaron durante la elaboración de la materia integradora.

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento a los técnicos e ingenieros que aportaron con su guía y conocimientos para la realización de la materia integradora y los ingenieros Henry Fuentes por su guía en la parte eléctrica de la materia integradora.

Declaración Expresa

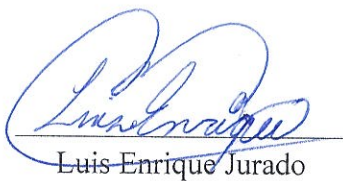
Yo Luis Enrique Jurado Echeverría acuerdo y reconozco que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al autor que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 5 de Junio del 2025.



Luis Enrique Jurado

Echeverría

Evaluadores

PhD. Miguel Quilambaqui Jara

Profesor de Materia

MSc. Galo Durazno Palacios

Tutor de proyecto

Resumen

Dada la necesidad de una empresa portuaria y con el fin de realizar mantenimientos preventivos a alternadores, se realizó el diseño de un banco de prueba de alternadores que permitió la obtención de datos y la determinación del estado del equipo, además del diseño y modelado de la estructura, la elaboración de planos constructivos, la selección de materiales y la redacción de un manual de operación; todo ello con el propósito de agregar herramientas a la empresa y facilitar su trabajo con equipos que respondan a sus criterios y necesidades. Para ello, se recopiló información del empleador mediante entrevistas y opiniones, y se consultaron normas como INEN, NEMA, IEEE y ASTM para establecer restricciones, medidas estandarizadas y criterios de selección de materiales. Al final del proyecto, se obtuvo un diseño de fácil mantenimiento, con la capacidad de realizar modificaciones a conveniencia del empleador, junto con planos y una guía para su construcción y uso. Con base en los resultados obtenidos, se concluyó que el equipo puede soportar alternadores con voltajes de hasta 24 V y 90 A, empleando materiales disponibles en gran parte dentro del Ecuador.

El diseño del banco consideró el peso de los alternadores, priorizando la seguridad y el mantenimiento conforme a los requisitos del cliente, lo que incrementó los costos al garantizar fiabilidad. Modelado en Inventor, cumplió las condiciones de resistencia sin superar el límite de elasticidad. Además, el manual describió funciones, procedimientos y recomendaciones futuras.

Palabras Clave: Alternadores, Energía eléctrica, Mantenimiento preventivo, Diagnostico.

Abstract

Given the need of a port company to perform preventive maintenance on alternators, a test bench was designed to allow data collection and equipment condition assessment. This process also included the structural design and modeling, the preparation of construction drawings, material selection, and the drafting of an operation manual. All these components were developed with the purpose of providing the company with tools that facilitate its work and meet its technical requirements and operational needs. To this end, information was gathered from the employer through interviews and feedback, while technical standards such as INEN, NEMA, IEEE, and ASTM were consulted to establish restrictions, standardized measurements, and material selection criteria.

As a result, a low-maintenance design was achieved, capable of being adapted to the employer's needs, and accompanied by construction plans and a user guide. Based on the results, it was concluded that the equipment can support alternators with voltages up to 24 V and 90 A, using materials largely available in Ecuador. The test bench design considered the weight of the alternators, prioritizing safety and maintenance according to client requirements, which increased costs by ensuring reliability. Modeled in Inventor, the design met resistance conditions without exceeding the elasticity limit of the selected material. Additionally, the operation manual described functions, procedures, and future recommendations.

Keywords: Alternators, Electric power, Preventive maintenance, Diagnostics.

Índice general

Resumen	VI
Abstract	VII
Índice general	VIII
Abreviaturas	X
Simbología	XI
Índice de figuras	XII
Índice de tablas.....	XIII
ÍNDICE DE PLANOS	XIV
Capítulo 1	1
1.1 Introducción.....	2
1.2 Descripción del Problema.....	2
1.3 Justificación del Problema.....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos	4
1.5 Marco teórico.....	4
1.5.1 Función de un alternador	4
1.5.2 Principio de funcionamiento de un alternador	5
1.5.3 Partes de un alternador.....	8
1.5.4 Funcionamiento eléctrico de un alternador	13
1.5.5 Problemas presentes en un alternador	15
1.5.6 Función de un banco de pruebas para alternador	16
Capítulo 2	18
2. Metodología	19
2.1 Diagrama de flujo para el proyecto	19
2.2 Criterios de selección	22

2.3	<i>Alternativas de solución y diseño conceptual.....</i>	25
2.4	<i>Tabla comparativa ventajas y desventajas</i>	27
2.5	<i>Selección de la mejor alternativa</i>	27
2.6	<i>Diagrama eléctrico.....</i>	28
2.7	<i>Diseño preliminar.....</i>	30
2.8	<i>Requerimientos para selección de piezas y partes</i>	30
2.9	<i>Diseño detallado de la alternativa seleccionada</i>	31
Capítulo 3		33
3. Resultados y análisis		34
3.1 Memoria de cálculo		34
3.2 Simulación por Inventor		37
3.5 Análisis de simulación.....		47
3.6 Cotización.....		48
3.7 Manual de uso		49
Capítulo 4		53
4 Conclusiones y recomendaciones.....		54
4.1 Conclusiones		54
4.1 Recomendaciones.....		55

Abreviaturas

ASTM	American Society for Testing and Materials
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
RTG	Rubber Tire Gantry
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
EOT	Electric Overhead Traveling
ODS	Objetivos de Desarrollo sostenible
IAPM	International Association of Project Managers
ASQ	American Society for Quality
ANSI	American National Standards Institute

Simbología

m	Metro
cm	Centímetro
V	Voltio
A	Amperio
Kg	Kilogramo
W	Vatio
Rpm	Revoluciones por minuto
Ω	Ohmio
Hz	Hercio

Índice de figuras

Figura 1 Gráfica de consumidores de un vehículo.	5
Figura 2 Movimiento de energía en un alternador	6
Figura 3 Gráfico de desfase de conexión trifásica.	7
Figura 4 Gráfica del proceso de rectificación y regulación de una corriente trifásica.	8
Figura 5 Partes de un alternador.....	9
Figura 6 Rotor de un alternador.	10
Figura 7 Estador de un alternador.	11
Figura 8 Diagrama eléctrico de un puente rectificador.	11
Figura 9 Rectificador de alternador.....	12
Figura 10 Regulador de alternador.....	12
Figura 11 Circuito de carga.....	13
Figura 12 Circuito de excitación	14
Figura 13 Circuito de preexcitación	15
Figura 14 Metodología del proyecto	19
Figura 15 Análisis de funciones de banco de pruebas para el proyecto.....	22
Figura 16 Diseño conceptual alternativa 1	25
Figura 17 Diseño conceptual alternativa 2	26
Figura 18 Diseño conceptual diagrama eléctrico	29
Figura 19 Diseño preliminar banco de pruebas.....	30
Figura 20 Diseño detallado de banco de pruebas para alternadores	32
Figura 21 Gráfica de vigas de banco de pruebas.....	34
Figura 22 Gráfica de función de esfuerzos cortantes	36
Figura 23 Gráfica de función de momentos cortantes.....	36
Figura 24 Diseño del cuerpo principal del banco de pruebas	38
Figura 25 Diseño de tapa del banco de pruebas	39
Figura 26 Diseño de carcaza de seguridad	39
Figura 27 Modelo de ensamblaje de banco de pruebas.....	40
Figura 28 Punto de carga y cara fija de simulación estructura banco de pruebas.....	41
Figura 29 Simulación del cuerpo principal banco de pruebas en desplazamiento.....	43
Figura 30 Simulación del cuerpo principal del banco de pruebas en desplazamiento en Y	43
Figura 31 Simulación de banco de pruebas en desplazamiento en X	44

Figura 32 Simulación estructura banco de pruebas en tensión de Von Mises	45
Figura 33 Simulación de banco de pruebas en primera tensión principal.....	45
Figura 34 Simulación estructura banco de pruebas en tercera tensión principal	46
Figura 35 Simulación de banco de pruebas en coeficiente de seguridad	47
Figura 36 Elementos banco de pruebas para alternadores	52

Índice de tablas

Tabla 1 Tabla de posibles problemas en un alternador	16
Tabla 2 Características de alternador 24 V / 70 A (P/N 5282843, compatible Cummins QSB6.7)	23
Tabla 3 Características Alternador 12V 90A para DMAX 2019 Marca: DENSO	24
Tabla 4 Tabla comparativa de alternativas.....	27
Tabla 5 Matriz de decisión	28
Tabla 6 Parámetros de simulación de estructura de banco de pruebas	37
Tabla 7 Características físicas y mecánicas de simulación estructura banco de pruebas.....	42
Tabla 8 Parámetros de malla estructura banco de pruebas.....	42
Tabla 9 Resultados desplazamiento estructura banco de pruebas.....	42
Tabla 10 Resultado de tensiones estructura banco de pruebas.....	44
Tabla 11 Resultado factor de seguridad estructura banco de pruebas.....	46
Tabla 12 Costo de materiales del banco de pruebas.....	48
Tabla 13 Costo de accesorios, herramientas y consumibles del banco de pruebas.....	48
Tabla 14 Listado de elementos banco de pruebas para alternadores.....	52

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1 Plano explotado Banco de Pruebas.....	62
PLANO 2 Plano ISO A carcaza de seguridad.....	63
PLANO 3 ISO A estructura banco de pruebas.....	64
PLANO 4 ISO A tapa banco de pruebas.....	65
PLANO 5 ISO A Pieza de sujeción	66

Capítulo 1

1.1 Introducción

En la industria portuaria se utilizan diversas maquinarias y vehículos que facilitan tanto el traslado del personal como el movimiento de contenedores, gracias al trabajo integral de los componentes que permiten el buen trabajo de los equipos. Uno de ellos, es precisamente el alternador, cuya función es de ser un generador de corriente, capaz de transformar la energía mecánica en energía eléctrica. Debido a la frecuencia de su uso, es fundamental realizar un mantenimiento adecuado preventivo correctivo, con un control estadístico de acuerdo a las horas de funcionamiento, ya que estos vehículos pueden presentar fallas que los dejen fuera de servicio por periodos prolongados. Las fallas en sistemas mecánicos o eléctricos pueden generar demoras operativas y dificultades para el personal, por lo que es fundamental disponer de herramientas de diagnóstico y mantenimiento. Según EOT Crane Kit (s.f.), equipos como las grúas RTG pueden alcanzar una vida útil de 20 a 30 años con mantenimiento preventivo adecuado a las horas de uso, mientras que, sin planificación, esta se reduce de 10 o 15 años debido al desgaste de componentes críticos (Ahmad et al., 2022).

Este proyecto se enfoca en los vehículos, tales como camionetas y camas bajas, que son fundamentales para las operaciones de traslado de personal y movimiento de contenedores respectivamente. Se propone el diseño de un banco de pruebas para la revisión de alternadores, el cual debe proporcionar información suficiente y necesaria para efectuar un mantenimiento adecuado preventivo. Se tendrá en cuenta la función del alternador en el vehículo, su modo de funcionamiento, sus componentes internos y la interacción entre ellos.

1.2 Descripción del Problema

La terminal portuaria cuenta con una variedad de vehículos, tales como camionetas y grúas de diferentes tipos, que se utilizan de forma continua y que pueden ser sometidos a pruebas en el banco para asegurar su funcionalidad. Esto permitirá evaluar su desempeño en condiciones

controladas e identificar posibles fallos presentes en los alternadores, de acuerdo con el alcance del proyecto y control estadístico de las horas de funcionamiento que se debe llevar en los vehículos.

1.3 Justificación del Problema

El banco de pruebas permitirá evaluar la condición de los alternadores de los diferentes equipos tales como grúas de patio y vehículos de movilización interna que pueden ser sometidas al banco en condiciones controladas, identificar problemas para asegurar su óptimo funcionamiento dependiendo del alcance de este.

Del lado comercial sobre la adquisición de banco de pruebas para alternadores, hoy en día en Ecuador si bien existen documentos relacionados a la fabricación de bancos de pruebas tanto de manera artesanal como con un enfoque más profesional por parte de instituciones dentro del país, no hay fabricantes de bancos de pruebas conocidos que ofrezcan dicho producto, lo que, si el país cuenta con importadoras que traen el equipo de países como Brasil, Colombia, Perú, México, entre otros.

A su vez el proyecto sigue los siguientes objetivos de desarrollo sostenible (ODS) según la organización de las naciones Unidas (ONU) (Organización de las Naciones Unidas, 2015).

- Garantizar una educación inclusive y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos.
- Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivo general

Diseñar un banco de pruebas de alternadores a través de sistemas de monitoreo y adquisición de datos que permita determinar su correcto funcionamiento y fallos mecánicos bajo diferentes condiciones.

1.4.2 Objetivos específicos

- Realizar el diseño del banco de pruebas para alternadores de 12V a 24V.
- Evaluar el modelo del diseño y simulaciones como parte de análisis de estructura en AUTODESK Inventor versión estudiantil.
- Elaborar los planos constructivos de la estructura y el sistema de control.
- Producir un manual de operación del banco de prueba diseñado.

1.5 Marco teórico

1.5.1 Función de un alternador

Un alternador es una máquina fija en un lugar en donde se encuentra conectada de la polea del cigüeñal y permite la transformación de energía mecánica transmitida por el cigüeñal a través de las bandas de transmisión hacia el motor para su consumo y a la batería en donde se almacena como energía eléctrica mediante el principio de inducción magnética, al cual debe pasar por un puente rectificador de diodos para los alternadores trifásicos y un regulador de voltaje para estabilizar el voltaje antes de almacenar y usar la energía generada.

El alternador guarda relación en la obtención de energía con las revoluciones que proporciona un motor, en general, los motores de uso diario de gasolina proporcionan un rango de

velocidades alrededor de 2000 a 3000 rpm en su punto de operación idóneo y la de los motores diésel proporcionan entre 1500 a 2000 rpm en su punto de trabajo óptimo (Bosch, 2004).

Dicha energía enviada a la batería es consumida por los diferentes accesorios del vehículo, de entre los más importantes se encuentran el sistema de encendido, bomba de combustible, motor de arranque, motor de aire acondicionado, luces, ventiladores, etc.; como se muestran en la figura de consumidores proporcionada por el manual de BOSH.

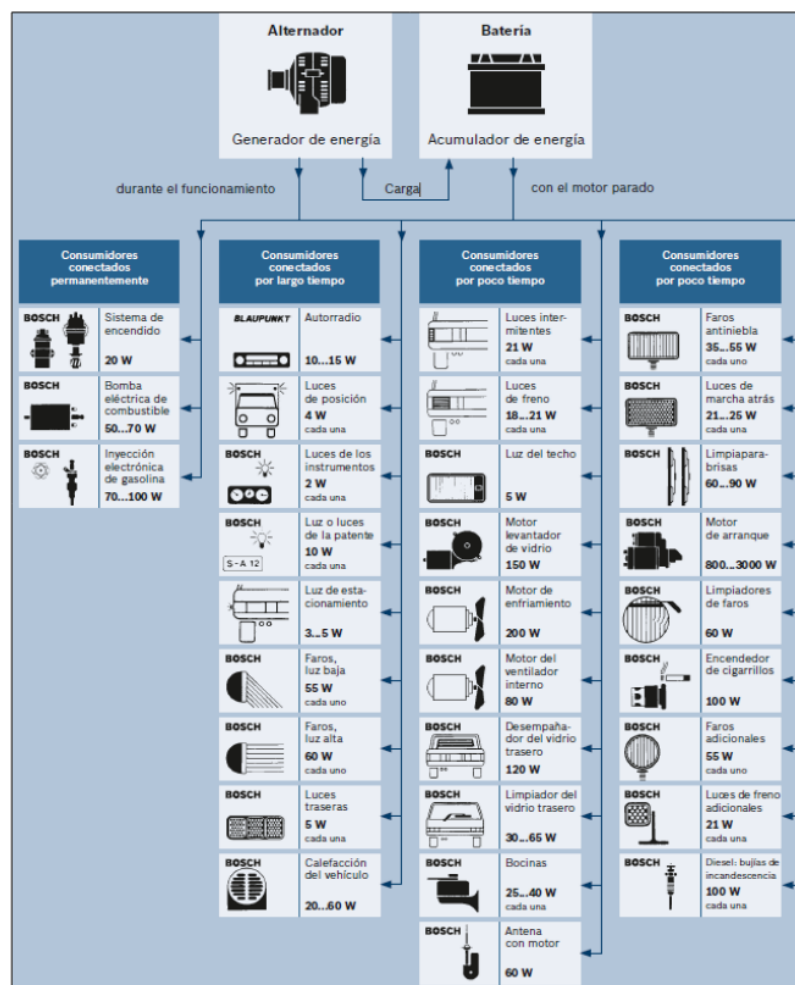


Figura 1 Gráfica de consumidores de un vehículo.

Obtenido de manual BOSH 4ª edición

1.5.2 Principio de funcionamiento de un alternador

Como se mencionó antes, el alternador genera energía mediante el principio de inducción magnética, en donde un flujo magnético interactúa con un conductor eléctrico al pasar por dicho campo lo cual genera una fuerza electromotriz también conocida como ley de Faraday o F.E.M. conectada a un circuito exterior, dicha fuerza guarda relación con el giro de los polos del campo magnético. La dirección que toma se muestra en la figura 1.2.

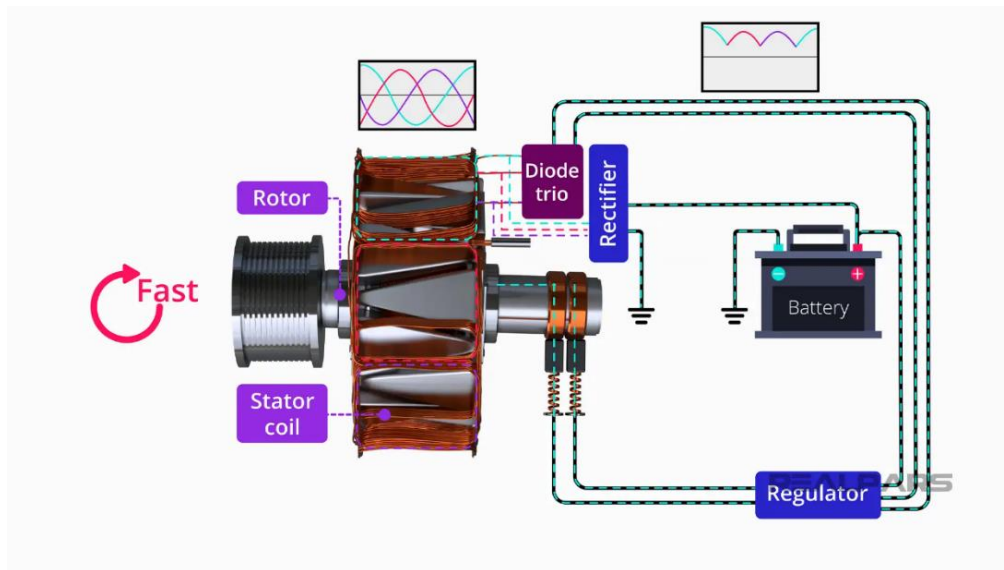


Figura 2 Movimiento de energía en un alternador

Fuente: Adaptado de RealPars (2025)

Dicha ley menciona que la fuerza electromotriz es proporcional a la intensidad del campo magnético, el número de espiras de conducción y la velocidad a la que se mueven dichas espiras, relación establecida bajo la siguiente ecuación:

$$f.e.m = \beta * L * v * \text{sen}\varphi \quad (1.1)$$

Donde:

B = densidad del campo magnético

V= velocidad

L= longitud del objeto

Φ = ángulo de inducción magnética

Conexión trifásica.

Los alternadores compactos generalmente usan una conexión trifásica, En dicha conexión existen arrollamientos independientes que se encuentran desplazados 120° .

Al aplicar la ley de Faraday se genera un f.e.m. en los diferentes arrollamientos y debido al desfase generado crea ondas de energía eléctrica alterna como se ve en la figura 1.3.

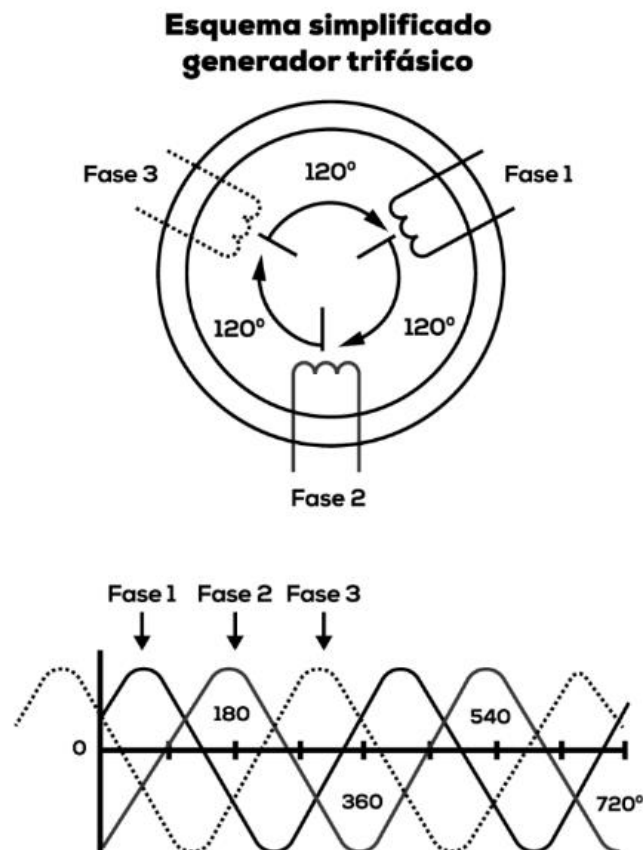


Figura 3 Gráfico de desfase de conexión trifásica.

Fuente: Adaptado de Cruz y Pacha (2016)

Rectificación de la señal

La corriente alterna para el uso del vehículo necesita pasar por la rectificación de la señal, su transformación a señal monofásica y su regulación.

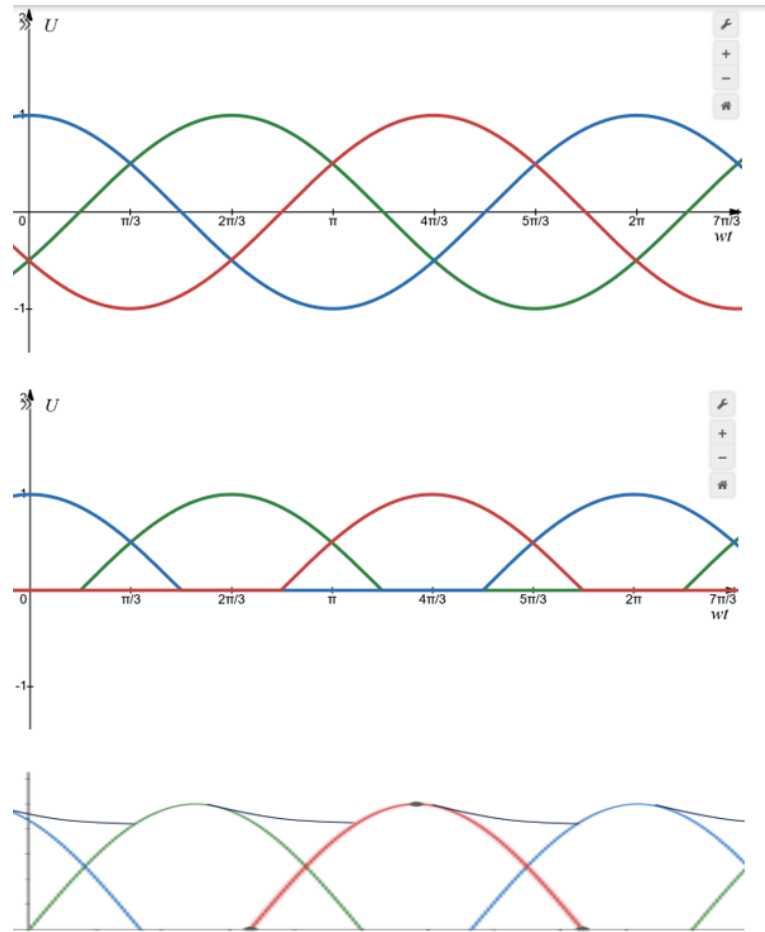


Figura 4 Gráfica del proceso de rectificación y regulación de una corriente trifásica.

1.5.3 Partes de un alternador

A pesar de la aplicación que cumplan los alternadores en la industria todos comparten un principio de funcionamiento común y hoy en día se pueden ver alternadores compactos con piezas vistas en la figura 1.5.

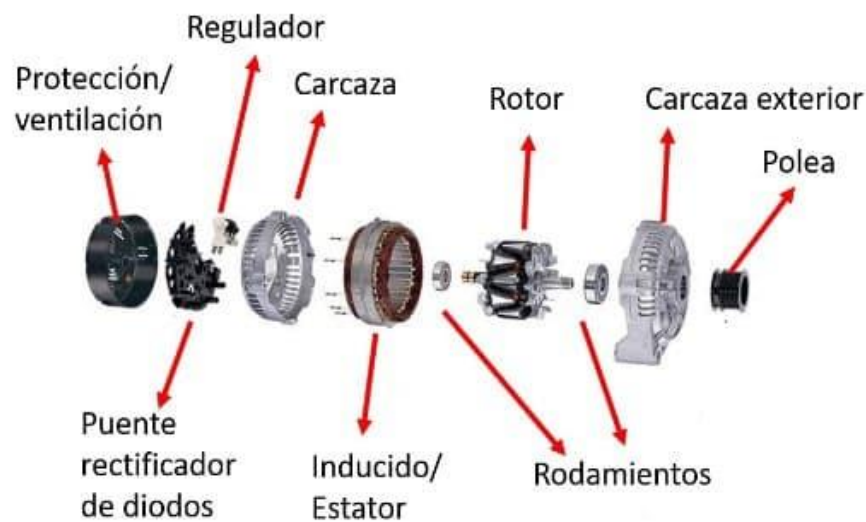


Figura 5 Partes de un alternador

Fuente: Adaptado de Partes del alternador, por Servicios Globales, s, f.

- **Rotor**

El alternador está compuesto por un eje de acero sostenido por la carcasa mediante rodamientos. Este eje sostiene masas metálicas con forma de dientes, que actúan como polos del campo magnético. En el interior de estas masas se instala una bobina inductora, la cual se conecta a anillos rozantes ubicados en uno de los extremos del eje. A través de escobillas, se suministra energía eléctrica a la bobina, permitiendo que funcione como un electroimán. El eje, a su vez, está acoplado a una polea que recibe energía mecánica transmitida mediante bandas de transmisión, lo que permite su rotación. (Cruz & Pacha, 2022, p 9)



Figura 6 Rotor de un alternador.

Fuente: Adaptado de Rotor Alternador Delco Remy, por Encendido Total, s.f.

- **Estator**

Se trata de un cilindro hueco conformado por un núcleo de acero aislado, generalmente compuesto por chapas metálicas comprimidas que contienen ranuras, a través de las cuales se introduce un devanado que conforma una corona circular. En el caso de un alternador trifásico, dicho devanado cuenta con seis polos alternados entre positivos y negativos. Cuando la bobina es excitada por el campo magnética, se induce una corriente alterna. Esta corriente pasa posteriormente por un rectificador y un regulador de voltaje antes de ser almacenada en la batería o usada por el motor. (Cruz & Pacha,2022, p 9)



Figura 7 Estador de un alternador.

Fuente: Adaptado de Estador de alternador, por Valeo Service, s.f.

- **Rectificador**

Parte del alternador que se encarga de transformar la corriente alterna del estator a corriente continua. Las salidas del estator son conectadas a un conjunto de diodos instalados en el rectificador mientras que otro conjunto de diodos son conectados a tierra que permite la rectificación como se muestra en la figura 1.8.

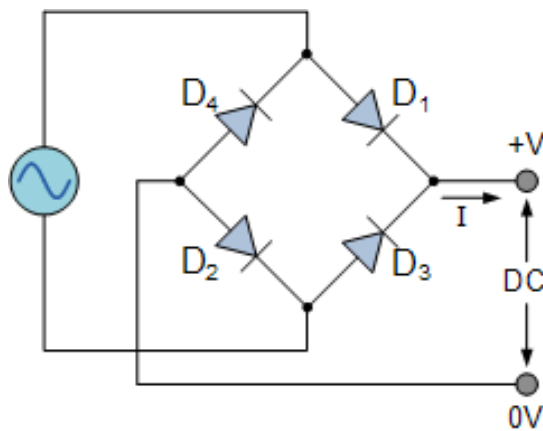


Figura 8 Diagrama eléctrico de un puente rectificador.

Fuente Recuperado de Full Wave Rectifier, por Electronics Tutorials, s.f.

Los módulos de rectificación actuales se ven como en la figura 1.9. (Cruz & Pacha,2022, p 10)



Figura 9 Rectificador de alternador

Fuente: Recuperado de Cuales son las partes del alternador por Autofacil s.f.

- **Regulador**

Dispositivo que regula el voltaje rectificado del alternador la cual se debe al rango de velocidad que actúa el rotor lo que cambia el flujo del campo magnético al cambiar la intensidad de la corriente de excitación lo que provoca un cambio en la fuerza del campo magnético del electroimán lo que se traduce en una variación de voltaje constante, el regulador por ende limita el voltaje de salida para evitar daños tanto en la batería como en el sistema eléctrico del vehículo. (Cruz & Pacha,2022, p 11). A continuación, se ilustra un regulador en la figura 1.10.



Figura 10 Regulador de alternador

Fuente: Recuperado de Regulador alternador Gauss, por Maxcar Megacentro, s.f.

1.5.4 Funcionamiento eléctrico de un alternador

La conexión de un alternador no solo se basa en el suministro de energía a la batería y consumidores, esta también se encarga de la corriente de excitación para la intensidad de los polos para el campo magnético inducido, a continuación, se encuentran los siguientes circuitos según EVOLUCION-@.

- **Circuito de carga o principal**

La conexión de carga se encarga de suministrar la energía generada por el rotor a la batería y/o consumidores bajo una corriente rectificada y tratada. El paso de la corriente empieza desde el devanado para luego pasar por los diodos positivos donde la corriente es rectificada, separando la corriente negativa en la corriente alterna, al estar rectificada esta presenta picos las cuales son suavizadas por un capacitor que luego se almacena en la batería pasando por el borne B+ y termina en tierra, para cerrar la conexión entra por el borne D-, pasa por los diodos negativos y vuelve al devanado.

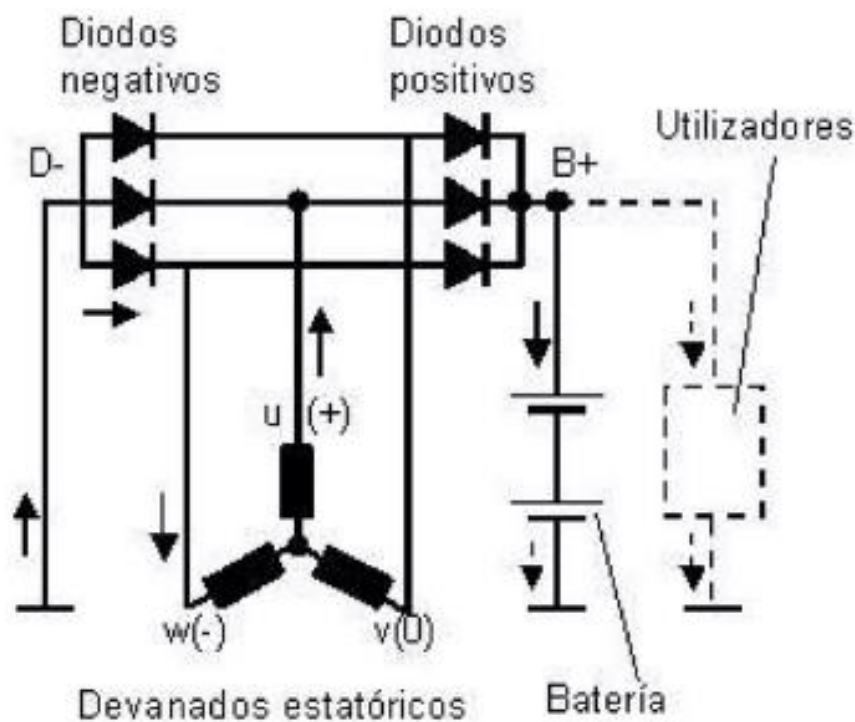


Figura 11 Circuito de carga.

Fuente: Recuperado de Automoción por EVOLUCION-@, s.f.

- **Circuito de excitación**

Se encarga de proveer y regular la tensión de salida del alternador a través de la corriente inducida para la fuerza del campo magnético, para lograr esto el regulador cuenta con transistores que permiten cortes rápidos para reducir la intensidad de la corriente inducida junto con un diodo sensor que cambia la dirección de conductividad cuando el voltaje supera los 13.7V o 27V según el vehículo. (García Ochoa, 2016)

Su conexión empieza por el devanado del estator y pasa por los diodos de excitación, pasa por el regulador a través del borne D+ donde la corriente alimenta la fuerza de campo magnético del devanado del rotor, se cierra la conexión al pasar la corriente por los diodos negativos y al devanado del estator como se muestra en la figura.

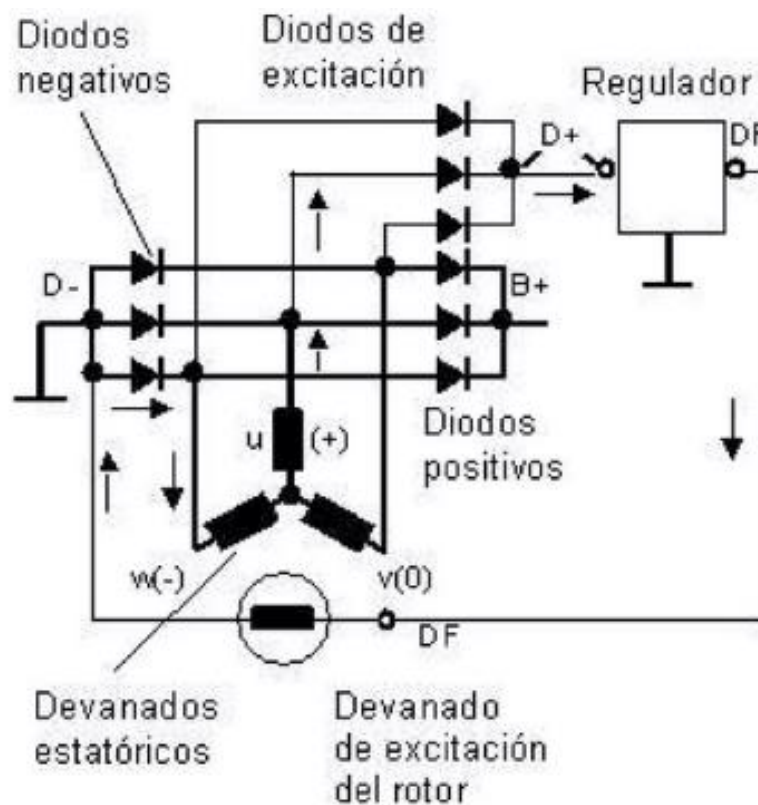


Figura 12 Circuito de excitación

Fuente: Recuperado de Automoción por EVOLUCION-@, s.f.

- **Circuito de preexcitación**

La conexión de preexcitación se encarga de generar la f.e.m. necesaria para activar los diodos de excitación, para lograrlo utiliza el concepto de magnetismo residual presente en metales cuando una corriente es abruptamente retirada para generar una corriente en el devanado de

excitación que genera a su vez que el devanado obtenga una f.e.m. cada vez más grande hasta poder superar el voltaje necesario para pasar a la conexión de excitación. (García Ochoa, 2016)

La conexión de preexcitación empieza por el devanado de excitación, conectada a la batería, donde se acciona un conmutador de arranque durante la puesta a marcha del vehículo que conecta a un foco o lámpara de control donde su consumo genera una corriente que aumenta con cada iteración que atraviesa el regulador y el devanado hasta llegar a una corriente mínima para el circuito de excitación punto en el cual el conmutador de arranque se abre y termina la función del circuito.

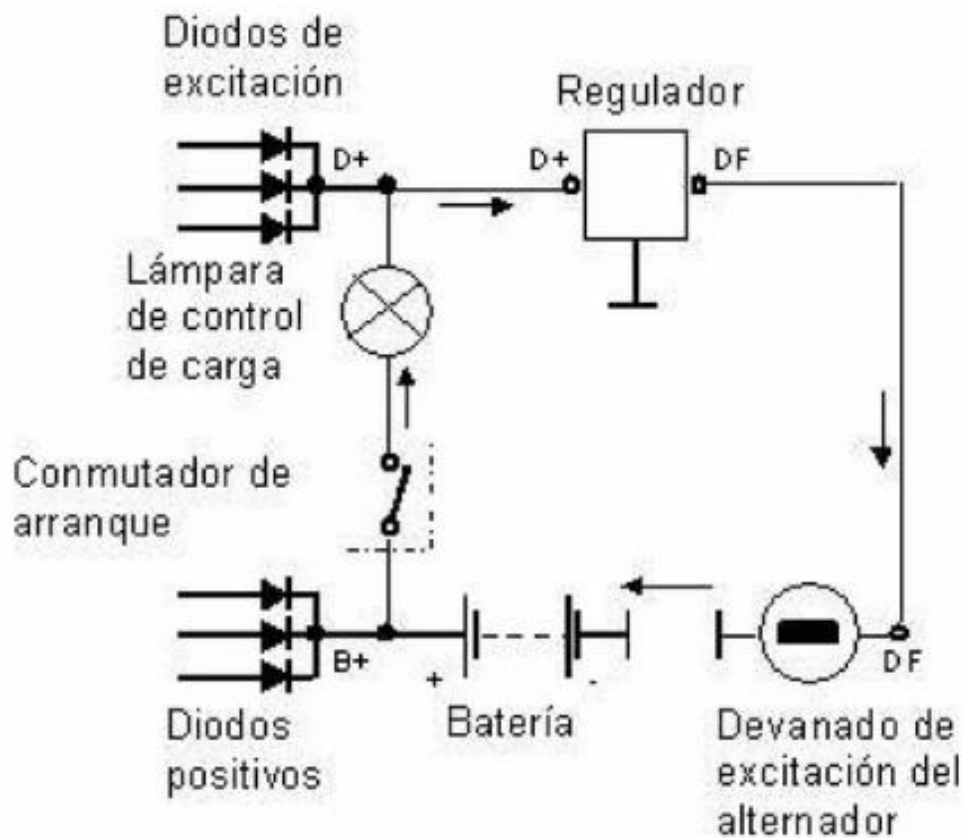


Figura 13 Circuito de preexcitación

Fuente: Recuperado de Automoción por EVOLUCION-@, s.f.

1.5.5 Problemas presentes en un alternador

Según BORG AUTOMOTIVES se presenta una tabla con problemas presentes en los alternadores junto con sus causas y como identificarlos.

Tabla 1 *Tabla de posibles problemas en un alternador*

Problema	Causa	Como identificarlo
Voltaje demasiado alto	Falla en el sensor	Lámpara de carga encendida en el tablero
Alternador sobrecalentado/ posible rotura de correa.	Carga sobre valores normales.	Alternador caliente, mal olor, Voltaje debajo de 13.7V para alternadores de 12V y 27V para alternadores de 24V.
Lámpara de carga no se apaga.	Carga de batería baja.	Después de arranque la lampara no se apaga.
Corrosión.	Agua o fuga en sistema de refrigeración.	Después de arranque la lampara no se apaga.
Alternador inundado de aceite.	Escobillas o anillos desgastados.	Aceite en bomba de dirección.
Alternador no carga después de instalación.	Falta función lampara o entrada de encendido.	Verificar cable de lampara y cable de encendido para ver la salida de voltaje.
Alternador caliente y voltaje debajo de 14V.	Alto consumo del vehículo	Medición de consumo en cable tierra de la batería.
Tensión baja del alternador.	Caída de tensión.	Con los consumidores activos, medir voltaje entre B+ de la batería al B+ del alternador y de B- de batería a tierra, voltaje no mayor a 0.3V.

1.5.6 Función de un banco de pruebas para alternador

Según Amores, Chávez, y Miranda (2018) un banco de pruebas permite la verificación o funcionamiento de un elemento, identifica cualquier suceso, falla o problema que puede presentar un equipo, en el caso para alternadores, antes y después de las reparaciones tomando en cuenta análisis de parámetros.

Para cumplir con dicho objetivo, este debe cumplir con las siguientes funciones:

- Sujetar el alternador de manera segura tanto para la pieza como para el operador, mientras es posible el movimiento para el ajuste y rectitud de la correa de transmisión conectada a un motor.
- Suministrar energía mecánica al alternador a través de la correa mientras se regula las r.p.m. para coincidir con las condiciones de operación del alternador.
- Almacenar la energía generada por el alternador y consumirla de acuerdo con el consumo de vehículos.
- Visualizar principalmente el voltaje, amperaje y foco de consumo del alternador durante su operación en el banco de pruebas.

Sistema de consumo.

El Se busco la capacidad de poner a prueba los alternadores bajo el consumo de un vehículo.

Para el sistema de consumo se usa la ley de ohm y la fórmula de potencia para calcular la resistencia necesaria para simular el consumo de energía.

$$R = \frac{V}{I} \quad (1.2)$$

Donde:

R es la resistencia en ohm.

V es el voltaje medido en voltios.

I es la corriente medida en amperios.

$$P = I * V \quad (1.3)$$

Donde P es la potencia medida en vatios.

Capítulo 2

2. Metodología

2.1 Diagrama de flujo para el proyecto

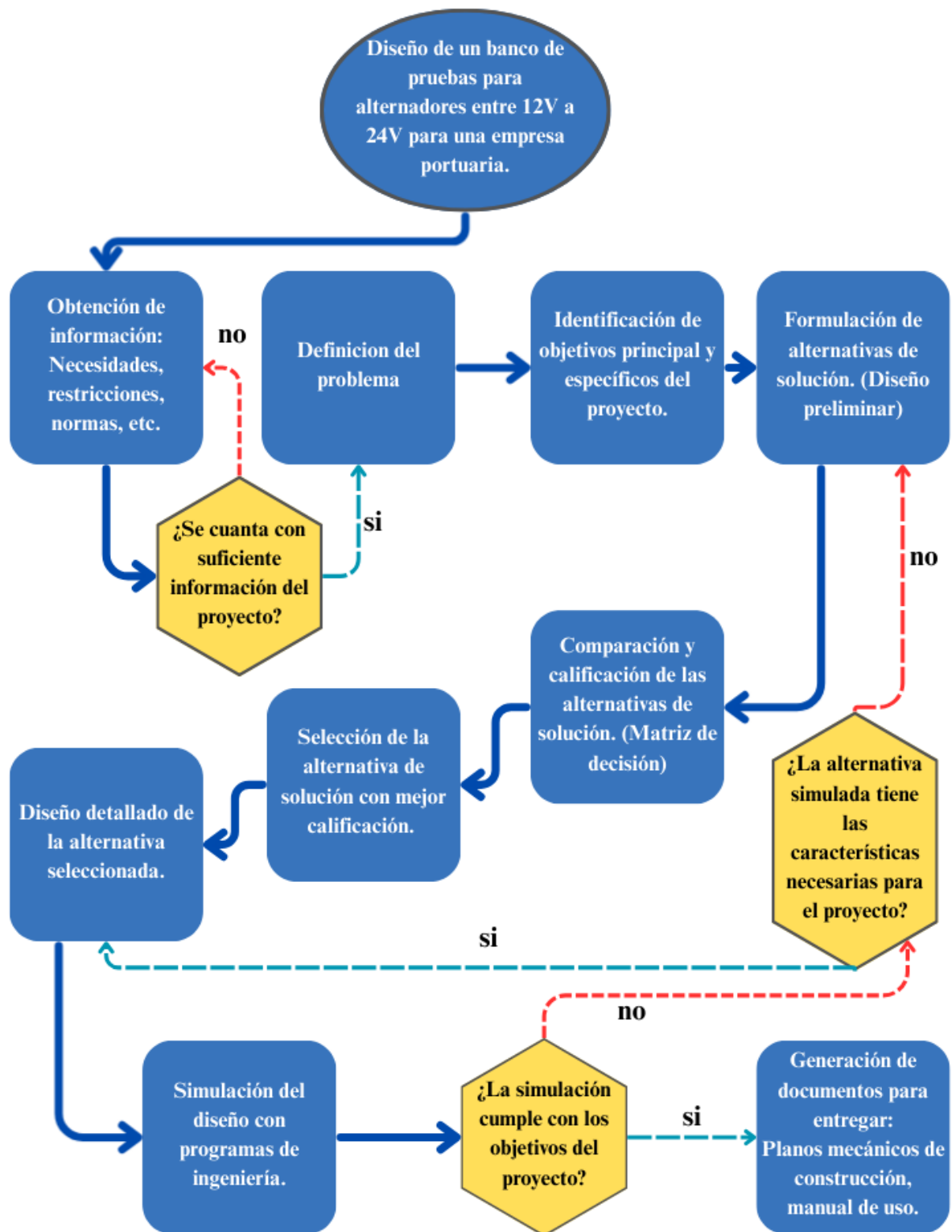


Figura 14 Metodología del proyecto

La metodología para la obtención y selección de alternativas se basa en el libro de Introducción a la Ingeniería: Un enfoque a través del diseño de Pablo Grech (2013), manteniendo similitudes con trabajos semejantes en el campo como el de Cruz M. & Pacha J. (2022) y se siguió un proceso iterativo durante el proyecto lo que significa que durante los diferentes pasos de la metodología se realizaron pausas o puntos de control para su retroalimentación. Según International Association of Project Managers (IAPM) (n.d.), el uso de procesos iterativos permite el desarrollo de un producto hasta la calidad deseada, incorporando cambios y mejoras constantes en el proceso, producto de los hallazgos de ciclos anteriores, lo que reduce riesgos e incrementa la eficiencia sirviendo como un proceso dinámico y flexible. En los pasos mostrados en la figura 14, se realizaron las siguientes actividades con respecto a cada paso.

1. Obtención de información: Necesidades, restricciones, normas, etc.

Necesidades del banco de pruebas a través de recopilación de las características de los alternadores existentes en la empresa.

Entrevistas a técnicos mecánicos y eléctricos las necesidades que un técnico requiere del banco y entrevista a empleados en puestos de poder dentro de la empresa para obtener las necesidades como empresa.

Investigación de normativas relevantes tanto de alternadores como banco de pruebas para diseño y uso de un banco de pruebas.

Comparación de bancos de pruebas para alternadores y diseños existentes en el mercado como referencias para diseño, construcción y uso.

2. Definición del problema.

Definición de la problemática, importancia de la solución y actores involucrados.

3. Identificación de objetivos principal y específicos del proyecto.

Formulación del objetivo principal y objetivos específicos tomando en cuenta la problemática investigada previamente y los conocimientos obtenidos durante el curso de la carrera de ingeniería mecánica.

4. Formulación de alternativas de solución (Diseño preliminar).

Diseño y explicación de alternativas a la problemática definida cumpliendo con las necesidades del cliente mediante dibujos a mano alzada con el objetivo de demostrar las capacidades de diseño in situ.

5. Comparación y calificación de las alternativas de solución.

Aplicación de la matriz de decisión que según la American Society for Quality (ASQ) es una herramienta de toma de decisiones que establece los criterios ponderados para la evaluación de alternativas.

6. Selección de la alternativa de solución.

Comparación de las calificaciones obtenidas en la matriz de decisión con la cual se eligió la alternativa que se adapta mejor a las necesidades del cliente.

7. Diseño detallado de la alternativa seleccionada.

Desarrollo en profundidad de la alternativa seleccionada manteniendo congruencia con normativas y restricciones previamente obtenidas.

8. Simulación del diseño con programas de ingeniería

Elaboración del modelado del diseño detallado a través del programa de ingeniería AutoCAD Inventor con una licencia estudiantil

9. Generación de documentos para entregar

Elaboración de planos constructivos en el programa de ingeniería AutoCAD Inventor siguiendo las normas CPE INEN 003 (1989): Código de dibujo técnico, mecánico.

Elaboración de manual de uso del banco de pruebas.

2.2 Criterios de selección

Para el proyecto, se tomó en cuenta las principales funciones que debe cumplir el banco de pruebas las cuales fueron la sujeción y alineación del alternador al sistema mecánico, un sistema mecánico capaz de suministrar la energía mecánica necesaria para funcionamiento del alternador, almacenamiento de la energía eléctrica generada por el alternador, equipo que actúe como el consumo de un vehículo en operación y un sistema de monitoreo de las diferentes lecturas proporcionadas por el alternador.

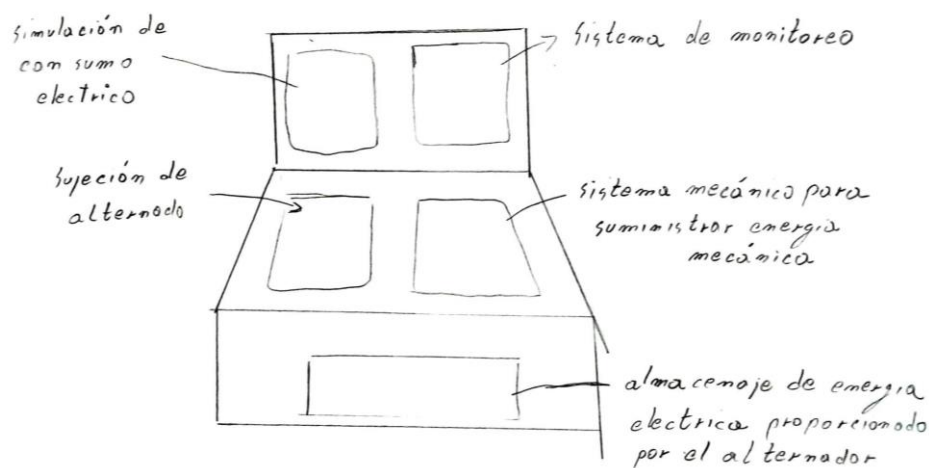


Figura 15 Análisis de funciones de banco de pruebas para el proyecto.

Se diseñó el banco de trabajo para que pueda cargar y asegurar el alternador de forma segura durante la puesta a prueba y toma de mediciones que pueda ser utilizado en alternadores utilizados en el puerto, es decir, que puedan soportar alternadores de 12 y 24V con amperajes de hasta 100Amp tomando en cuenta los rpm aplicados generalmente en los vehículos; con el fin de obtener más información, se buscó los modelos de alternadores más usados en la empresa los cuales son los siguientes:

- ALTERNADOR QSB6.7 Marca: CUMMINS-KALMAR.
- ALTERNADOR 12V 90A para DMAX 2019 Marca: DENSO.

De los modelos mencionados se encontraron las características en las siguientes tablas.

Tabla 2 Características de alternador 24 V / 70 A (P/N 5282843, compatible Cummins QSB6.7)

Parámetro	Detalles confirmados
Número de parte OEM	5282843 (FridayParts, s. f.)
Referencias equivalentes	8600506, 8600348, 8600016, 333 / E4581 (FridayParts, s. f.)
Voltaje nominal	24 V (FridayParts, s. f.)
Corriente nominal de salida	70 A (FridayParts, s. f.)
Tipo de montaje	Pad mount (“Pad”) ((Delco Remy, s. f.-a)
Terminal B+ (salida principal de batería)	Empernado / espárrago de 5/16 in. (Delco Remy, s. f.-a)
Terminal “R”	Conector (“CONN”) (Delco Remy, s. f.-a)
Terminal “I”	Conector (“CONN”) (Delco Remy, s. f.-a)
Remote Sense	No incorpora Remote Sense (Delco Remy, s. f.-a)
Polaridad	Negativa (Negative Ground) (Delco Remy, s. f.-a)
Modelos de motor compatibles	Cummins B6.7, L9, QSB6.7, QSL9 (y variantes CM2350 etc.) (FridayParts, s. f.)
Serie / Familia del alternador	24SI (Delco Remy) (Delco Remy, s. f.-b)
Clasificación de temperatura / ambiente	Temperatura de operación ~ 105 °C para la versión 24SI (Delco Remy, s. f.-b)
RPM máximo intermitente / continua	≈ 10000 RPM continuo / 12000 RPM intermitente para alternadores de esta línea 24SI (Delco Remy, s. f.-b)
Longitud / diámetro de estator / peso	
Peso	9.8 Kg

Tabla 3 Características Alternador 12V 90A para DMAX 2019 Marca: DENSO

Parámetro	Especificación	Cita APA
Voltaje nominal	12 V	(Autodoc, s. f.-a)
Corriente nominal	90 A	(AS-PL, s. f.)
Polea / canales	Polea 7 ranuras (7PK)	(Chinarunrun, s. f.)
Diámetro de polea	≈ 63 mm	(Autodoc, s. f.-a)
Terminal B+	Rosca M8	(Excavator Parts Supplier, s. f.)
Tipo de enchufe	CPA0448	(Autodoc, s. f.-a)
Soportes de montaje	3 boquetes + 1 roscado	(Autodoc, s. f.-a)
Regulador de voltaje	Interno	(Autolink Parts, s. f.)
Sentido de rotación	Horario (CW)	(Chinarunrun, s. f.)
Peso aproximado	≈ 5.6 kg	(Drivecore Automotive, s. f.)
Distancia entre patas	≈ 160 mm center-to-center	(Drivecore Automotive, s. f.)
Diámetro del eje	17 mm	(Drivecore Automotive, s. f.)

Además, se buscó que las alternativas de diseño y el diseño final cumpla con requisitos bajo los siguientes criterios de diseño propuestos por el cliente de la empresa después de realizar una entrevista.

- Seguridad y bienestar: El banco debe ser capaz de sujetar el alternador sin riesgo que se pueda soltar antes, durante y después de la puesta a prueba.
- Ambientales: Evitar consumo excesivo de energía.
- Mantenimiento: Debe ser fácil de revisar y mantener las diferentes partes del banco tanto en procedimiento como en accesibilidad.
- Económico: Tanto el diseño como selección de piezas deben buscar tener el menor precio posible.

Con énfasis en la facilidad de mantenimiento y la seguridad del banco de pruebas.

Tomando en cuenta los requerimientos establecidos se plantearon las siguientes alternativas de diseño.

2.3 Alternativas de solución y diseño conceptual

Se propuso las siguientes alternativas de solución para la sujeción de los alternadores tomando en cuenta las dimensiones de los alternadores.

Alternativa 1

La primera alternativa se divide en tres partes:

La primera pieza AB se encarga de sujetar el alternador en el punto 1 en uno de los extremos aprovechando la estructura normalizada del alternador usando una varilla o perno, esta pieza puede moverse como se muestra en la figura, la pieza C tiene una forma curva que permite el ajuste a un rango de alternadores sujetándolo en la parte 2 del alternador, el motor eléctrico está posicionado de manera que pueda moverse para ajustar la banda de transmisión del alternador.

El propósito de esta alternativa es permitir un ajuste para una variedad de alternadores fuera de los mencionados en los criterios de selección, el movimiento de la pieza AB permite la alineación correcta del alternador con respecto a la polea del motor eléctrico para rectificar la banda de transmisión y el movimiento del motor eléctrico permite tensar la banda de transmisión.

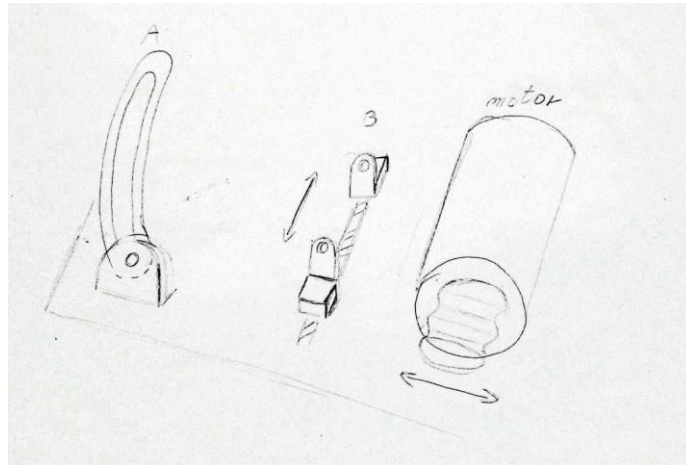


Figura 16 Diseño conceptual alternativa 1

Alternativa 2

Esta alternativa utiliza tres piezas para el ajuste del alternador, rectificación y tensión de la banda de transmisión, La pieza A se basa en una pieza conformada por varillas introducidas en un disco la cual se atornilla al banco, dichas varillas están fijas a la medida del alternador por lo que esta pieza se construye según el modelo de los alternadores de la empresa, con énfasis en el espacio entre las ranuras de sujeción 1 y 2 del alternador, la pieza B se encarga de hacer un 3º punto de sujeción para mayor seguridad en la sujeción del alternador, la pieza C funciona como un tensor para la banda de transmisión la cual se mide la tensión con un tensiómetro, el motor eléctrico se coloca alineado al tensor.

Esta alternativa se enfoca en asegurar un ajuste al diseñar la sujeción a la medida de los alternadores y mantener simple los pasos necesarios para sujetar el alternador, cada modelo tiene su propio diseño para el ajuste y el operador al colocar el alternador se asegura de colocar el alternador para alinear la banda de transmisión, una vez sujeto, la banda de transmisión es tensada con la pieza C hasta llegar a la tensión acorde a la banda usada.

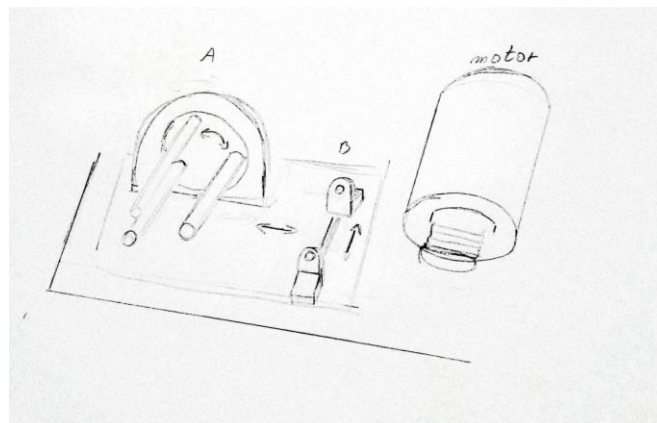


Figura 17 Diseño conceptual alternativa 2

2.4 Tabla comparativa ventajas y desventajas

Tabla 4 Tabla comparativa de alternativas

Alternativa 1	Alternativa 2
Ventajas	
• Usa el diseño general del alternador para su sujeción. • Mayor precisión al momento de rectificar la banda. • Capaz de adaptarse al alternador para su sujeción.	• Simplicidad en el uso • Mantiene conexiones del motor fijas • Baja cantidad de piezas móviles.
Desventajas	
• Centra la carga del alternador y la correa en un solo punto del tornillo • La cantidad de piezas móviles puede complicar repuestos o mantenimientos de este.	• Al usar varillas con diámetros específicos, no todos los alternadores tendrán el mismo diámetro • Es más dependiente de la mano del técnico.

2.5 Selección de la mejor alternativa

Tomando en cuenta la función y características se realizó la siguiente matriz de decisión la sigue el siguiente método:

La ponderación de las características se consideran de un rango de 0 a 1 con respecto a la prioridad que esta tiene en el proyecto, la sumatoria de las ponderaciones debe sumar 1, la calificación de las alternativas se califica con una calificación de 3 a 5 tomando como 5 la máxima calificación según la característica, la cual ha fue asignada a la alternativa que mejor cumple con la característica y subsecuentemente las alternativas se califican en como cumplen con la característica en comparación de la alternativa mejor calificada, las calificaciones luego se multiplicaron con la ponderación de la característica y para y se sumaron para obtener la calificación. final.

En las características se utilizó las entrevistas y la prioridad a tanto jefes como técnicos las cuales se resumen en:

- Facilidad de mantenimiento: El banco de pruebas y sus características debe tener la facilidad de realizar mantenimientos, es decir, que sus piezas sean fáciles de reemplazar y el acceso a la parte interna sea rápido y simple.
- Seguridad: El banco debe tener los componentes de seguridad necesarios para que un técnico pueda parar la operación del banco y evitar incidentes y accidentes durante la operación del banco.
- Costos: En la medida de lo posible realizar el proyecto de manera que no genera pérdidas a la empresa y su precio sea competitivo con otros bancos.
- Facilidad de uso: El banco debe ser fácil de entender al momento de operar y hacer mantenimiento, de modo que un técnico solo necesite el manual de usuario para entender la operación y características del banco.

Con todo explicado se obtiene la matriz completa de las alternativas de sujeción para el alternador, que según la tabla 4, la alternativa 2 cumple mejor las necesidades del cliente.

Tabla 5 Matriz de decisión

Características	Ponderación	Alternativa 1	Ponderación 1	Alternativa 2	Ponderación 2
Facilidad de mantenimiento	0.50	4	2	5	2.5
Seguridad	0.25	3	0.75	5	1.25
Costos	0.10	3	0.3	5	0.5
Facilidad de uso	0.15	5	0.75	5	0.75
Total	1	//	3.55	//	5

2.6 Diagrama eléctrico

Continuación se presenta el diseño de diagrama eléctrico del banco de pruebas del alternador, en el cual se conforma de las siguientes partes:

- Motor conectado al alternador mediante bandas de transmisión
- Alternador conectado a los equipos de monitoreo: Foco preexcitación, voltímetro, y amperímetro.
- Los equipos de monitoreo se conectan a la batería y resistencias de consumo.

El amperímetro se conecta entre el alternador y la batería para medir la intensidad de la corriente, el voltímetro se conecta entre el alternador y tierra para medir la diferencia de potencial del alternador, las baterías se seleccionan en base a las características de los alternadores presentados en la tabla 2, por último, las resistencias de consumo se miden en base a consumidores expuestos en la figura 1.

Con todo lo expuesto se ilustra un diseño conceptual del diagrama eléctrico en la figura 18.

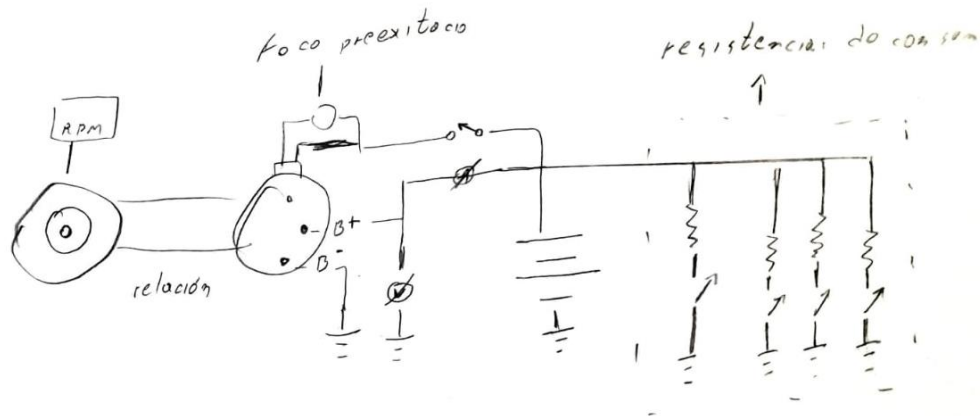


Figura 18 Diseño conceptual diagrama eléctrico

Para el cálculo de las resistencias se utiliza el método de mallas para cálculo de circuitos con el fin de obtener las ecuaciones necesarias para obtener las resistencias en ohmios (Ω), adicional se utilizan datos de batería, alternadores y la potencia usada en los consumidores más usados para simplificar y completar la malla.

2.7 Diseño preliminar

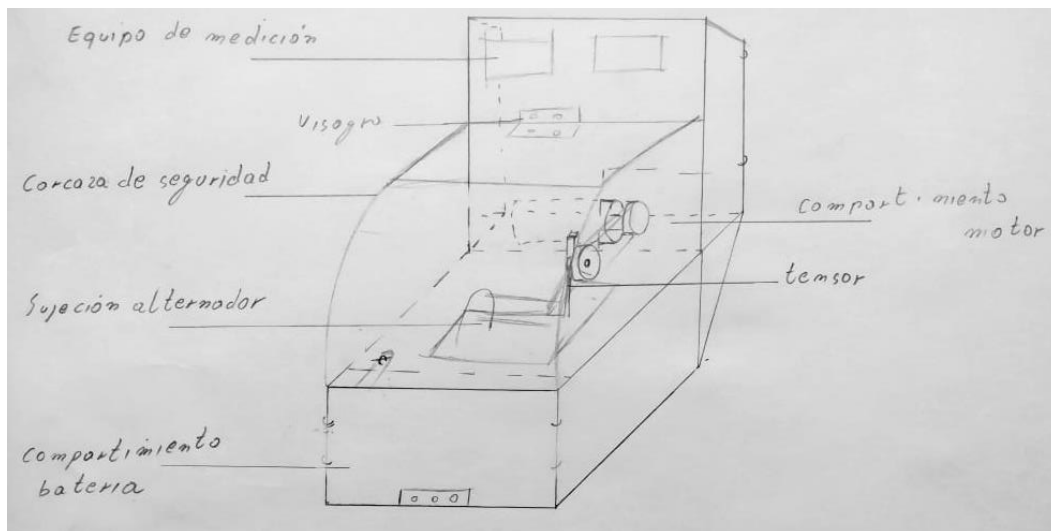


Figura 19 Diseño preliminar banco de pruebas

Partes:

- Sujeción
- Compartimiento para batería
- Compartimiento para motor
- Carcasa de seguridad
- Equipo de medición

2.8 Requerimientos para selección de piezas y partes

Carcasa de seguridad.

Altura mínima para la carcasa depende de la posición y dimensionamiento del alternador

300 mm

Equipo de medición.

Motor.

$$P = V * I \quad (2.1)$$

$$P = 24V * 70A$$

$$P = 1680W$$

$P = 2.25HP$ Revoluciones por minuto (rpm)

$$RPM = f * \frac{120}{n} \quad (2.2)$$

Siendo:

f = frecuencia en Hz

n =número de polos = 3 polos

Sea la frecuencia de trifásico de 6 polos igual a 60 Hz

$$RPM = 60Hz * 120/3$$

En Ecuador se cuenta con una red eléctrica que trabaja a 60 Hz según la norma INEN 30998:2016 Bateria.

Basado en los datos de alternadores:

$V=12V, 24V$

$I=70A, 90A$

Por la facilidad de obtención se usó baterías de 12V, 100A para el diseño, en el cual se conectan 2 baterías en serie para llegar a los 24 V y en paralelo para obtener 12V.

2.9 Diseño detallado de la alternativa seleccionada

Se obtuvo como solución un diseño de banco de pruebas de 60cm*40cm*90cm en el cual consta de:

Un compartimiento de 60cm*40cm*30cm para el almacenaje de las baterías usadas.

Un compartimiento de 60cm*40cm*30cm para posición y sujeción del alternador, motor y tensor la cual está cubierta por un panel que sirve de protección, dicho panel se encuentra conectado al cuerpo principal mediante una bisagra en la parte superior para poder introducir el alternador y cerrarlo para la seguridad del usuario.

Por último, un compartimiento de 15cm* 40cm*30cm para la introducción de la parte eléctrica (Equipos de medición, resistencia de consumo, foco de preexcitación), Los equipos de medición se colocó en la parte frontal del compartimiento para la visualización de las mediciones, los consumidores se colocaron dentro del compartimiento para su protección de elementos externos.

El panel de seguridad puede removerse para acceder a la cara frontal del banco y abrir el compartimiento eléctrico para su mantenimiento.

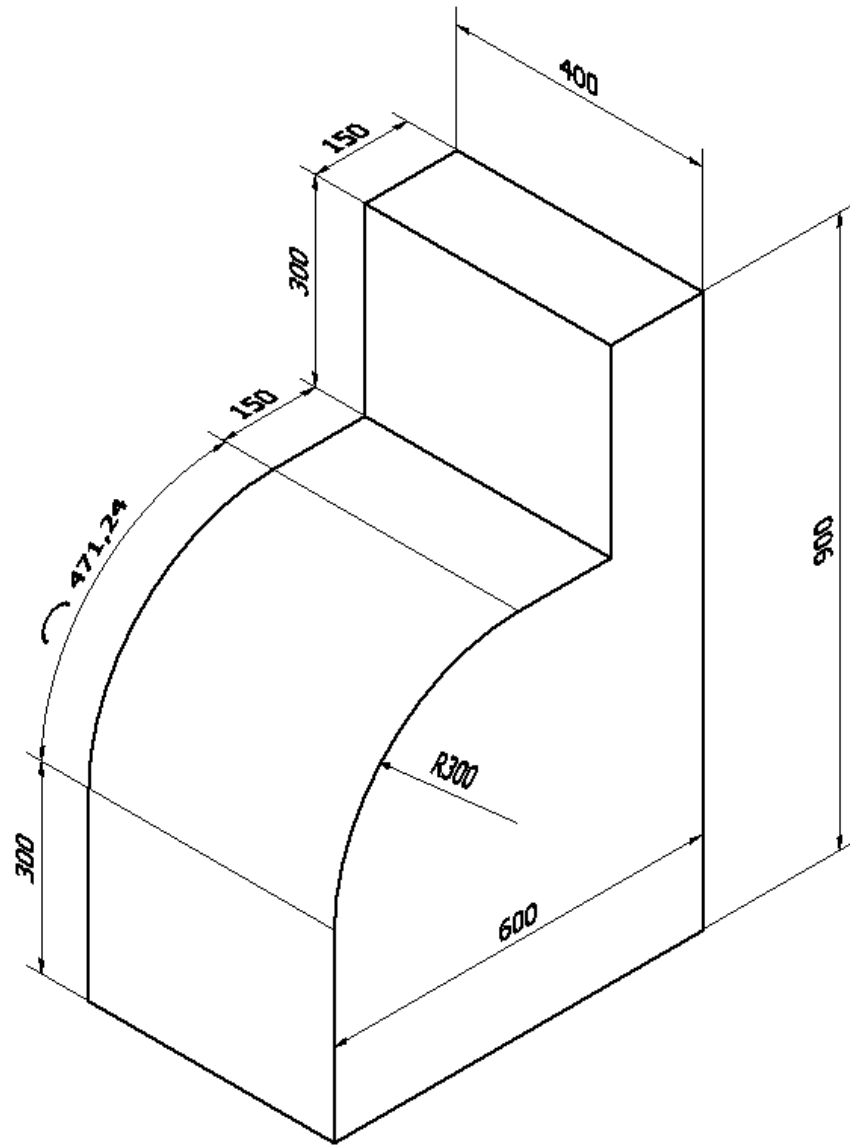


Figura 20 Diseño detallado de banco de pruebas para alternadores

Capítulo 3

3. Resultados y análisis

3.1 Memoria de cálculo

Esfuerzos.

Cálculo de esfuerzos máximos en compartimiento de batería:

Área total: $0.6\text{m} * 0.4\text{m}$

Peso batería: 32kg

Numero de baterías: 2

Suponiendo:

Las baterías tienen una masa uniforme.

Concentración de los pesos en el centro del área.

Según la figura de la posición de las baterías.

El esfuerzo máximo se encuentra en el eje z.

Usando la formula:

$$F = m * g \quad (3.1)$$

Donde:

F = fuerza (N)

m = masa (kg)

g = gravedad (m/s^2)

$$F = 32\text{kg} * 2 * 9.8\text{m/s}^2$$

$$F = 627.2\text{ N}$$

Representación gráfica de fuerzas.

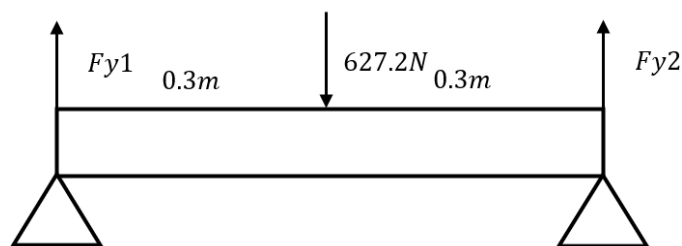


Figura 21 Gráfica de vigas de banco de pruebas

Cálculo de fuerzas.

Usando las fórmulas:

$$\Sigma Fy = 0 \quad (3.2)$$

$$\Sigma M_{y1} = 0 \quad (3.3)$$

$$\Sigma M_{y1} = F_{y1} * 0 - 627.2N * 0.3m + F_{y2} * 0.6m = 0$$

$$\Sigma M_{y1} = -627.2N * 0.3m + F_{y2} * 0.6m = 0$$

$$F_{y2} * 0.6m = 627.2N * 0.3m$$

$$F_{y2} = 313.6 N$$

$$\Sigma F_y = F_{y1} + F_{y2} - 627.2N$$

$$F_{y1} = 627.2N - 313.6N$$

$$F_{y1} = 313.6N$$

Cálculo de esfuerzos.

Para el cálculo de esfuerzo máximo se aplica la siguiente formula.

Esfuerzo cortante:

$$V(x) = \int_0^x F_y(x) \quad (3.4)$$

Siendo

$V(x)$ = Función de esfuerzo cortante en el eje x

$F_y(x)$ = Función de fuerzas en y en el eje x

$$F_y(x) = \begin{cases} 313.6\delta(x) & x = 0 \\ -627.2\delta(x) & x = 0.3 \\ 313.6\delta(x) & x = 0.6 \end{cases}$$

$$V(x) = \int_0^x F(x) \quad (3.5)$$

$$V(x) = \begin{cases} 313.6 & 0 \leq x < 0.3 \\ -313.6 & 0.3 \leq x < 0.6 \\ 0 & x = 0.6 \end{cases}$$

Para el cálculo de momentos cortantes se aplica la ecuación:

$$M(x) = \int_0^x V(x) \quad (3.6)$$

Donde:

$M(x)$ = *funcion de momentos cortantes en el eje x*

$$M(x) = \begin{cases} -313.6 x & 0 \leq x < 0.3 \\ 313.6(x - 0.3) - 94.08 & 0.3 \leq x \leq 0.6 \end{cases}$$

Visualización gráfica de esfuerzos.

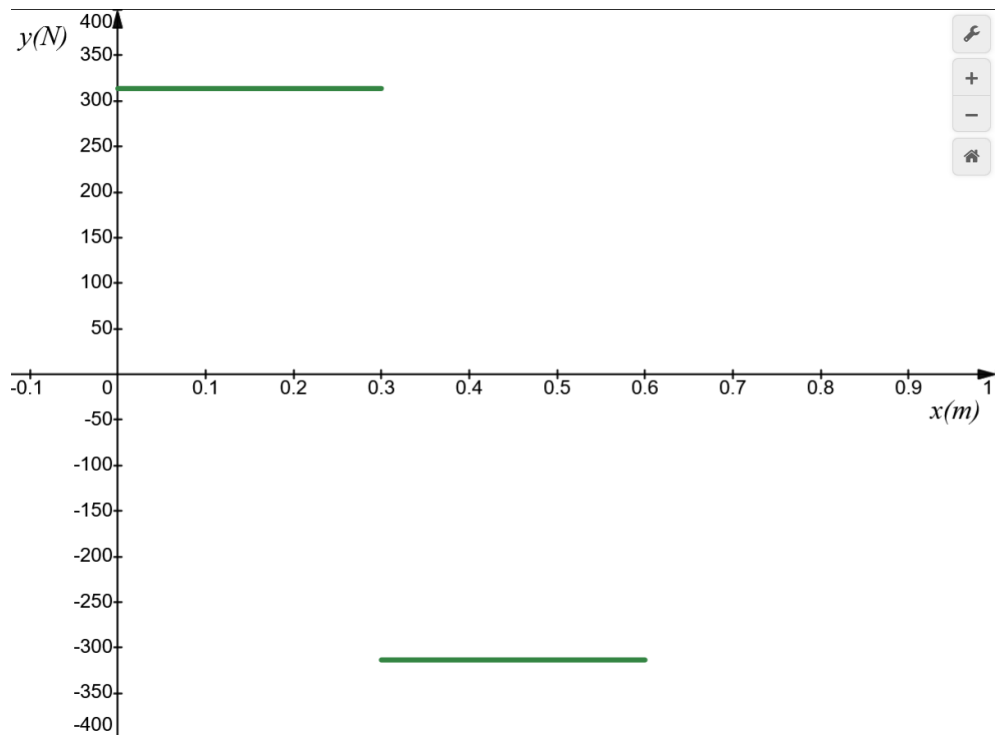


Figura 22 Gráfica de función de esfuerzos cortantes

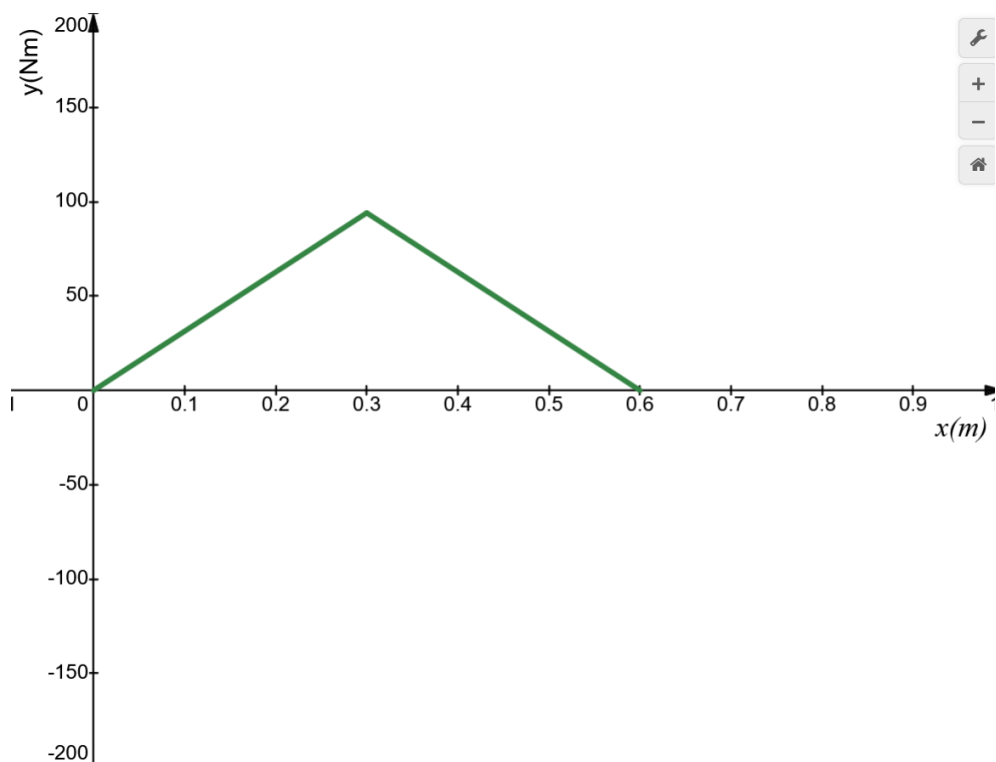


Figura 23 Gráfica de función de momentos cortantes

Por lo tanto:

El esfuerzo cortante máximo es de 300N.

El momento cortante máximo es de 94.08Nm.

3.2 Simulación por Inventor

Para elaborar y simular el análisis de esfuerzos presentes en la estructura principal se usó el programa de diseño para ingeniería Autodesk Inventor Professional con licencia estudiantil para el diseño de la estructura y la función de análisis de tensión incorporado en el programa en la cual se especificas cargas con su posición, material de la estructura para realizar la simulación.

Para el análisis se aplicaron las siguientes condiciones y parámetros.

Tabla 6 Parámetros de simulación de estructura de banco de pruebas

Parámetro	Detalle
Cara total (Sistema Y)	868.6N
Material estructura	ASTM A36
Espesor perfil U	4 mm
Espesor placa soporte	6 mm
Espesor placa base	6 mm

A continuación, se muestran los modelados de las piezas principales del banco de pruebas así mismo del modelo ensamblado.

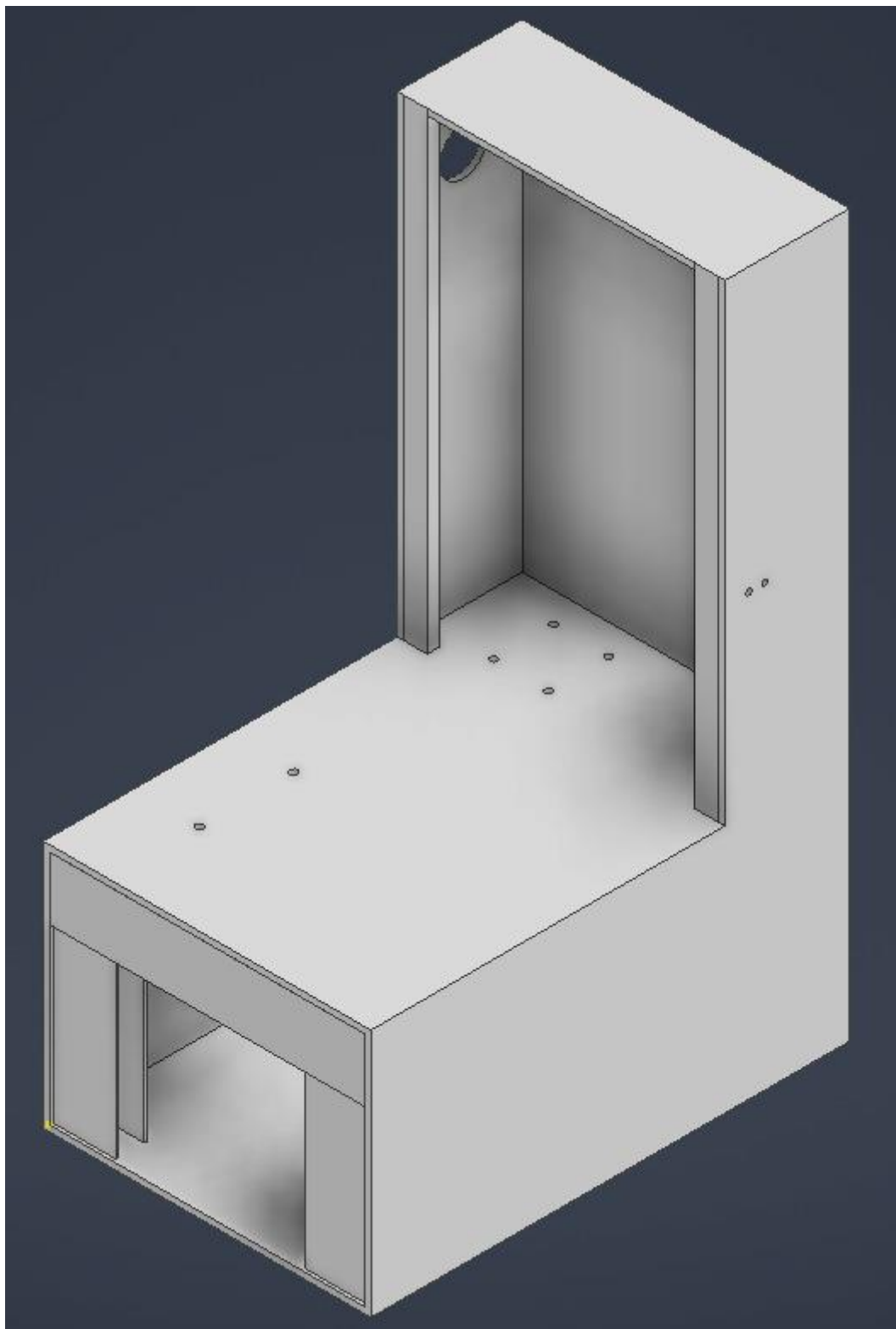


Figura 24 Diseño del cuerpo principal del banco de pruebas

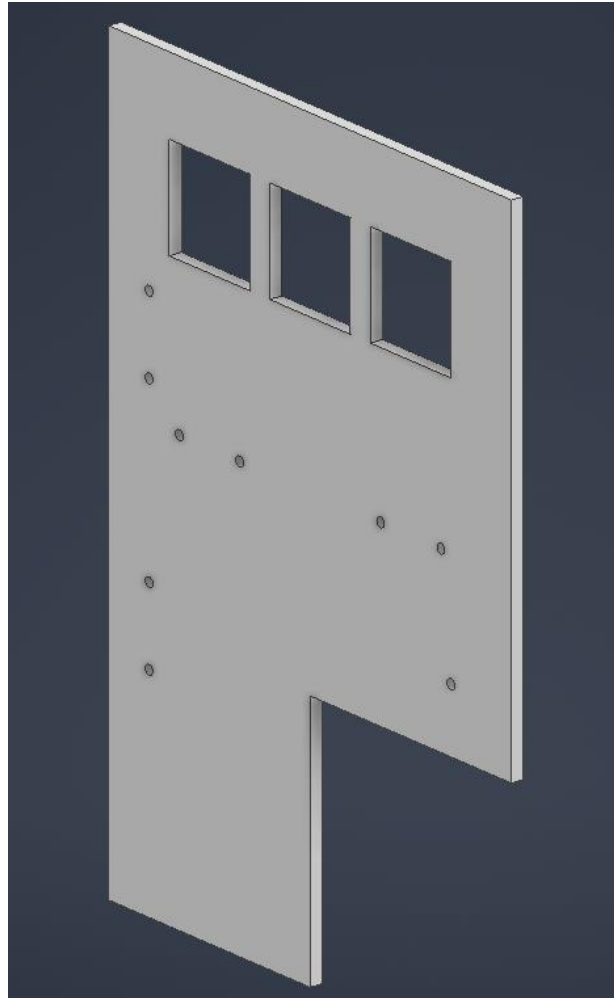


Figura 25 Diseño de tapa del banco de pruebas

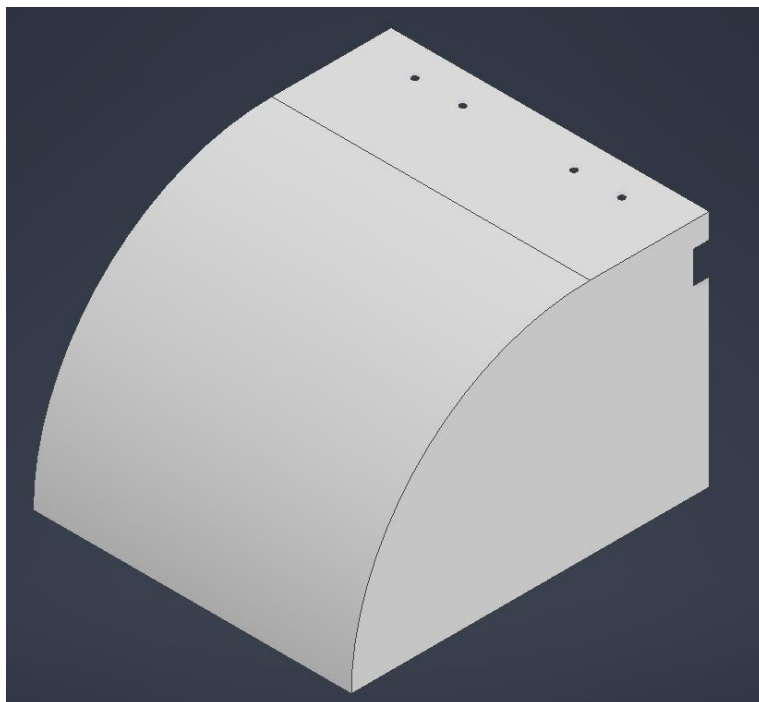


Figura 26 Diseño de carcasa de seguridad

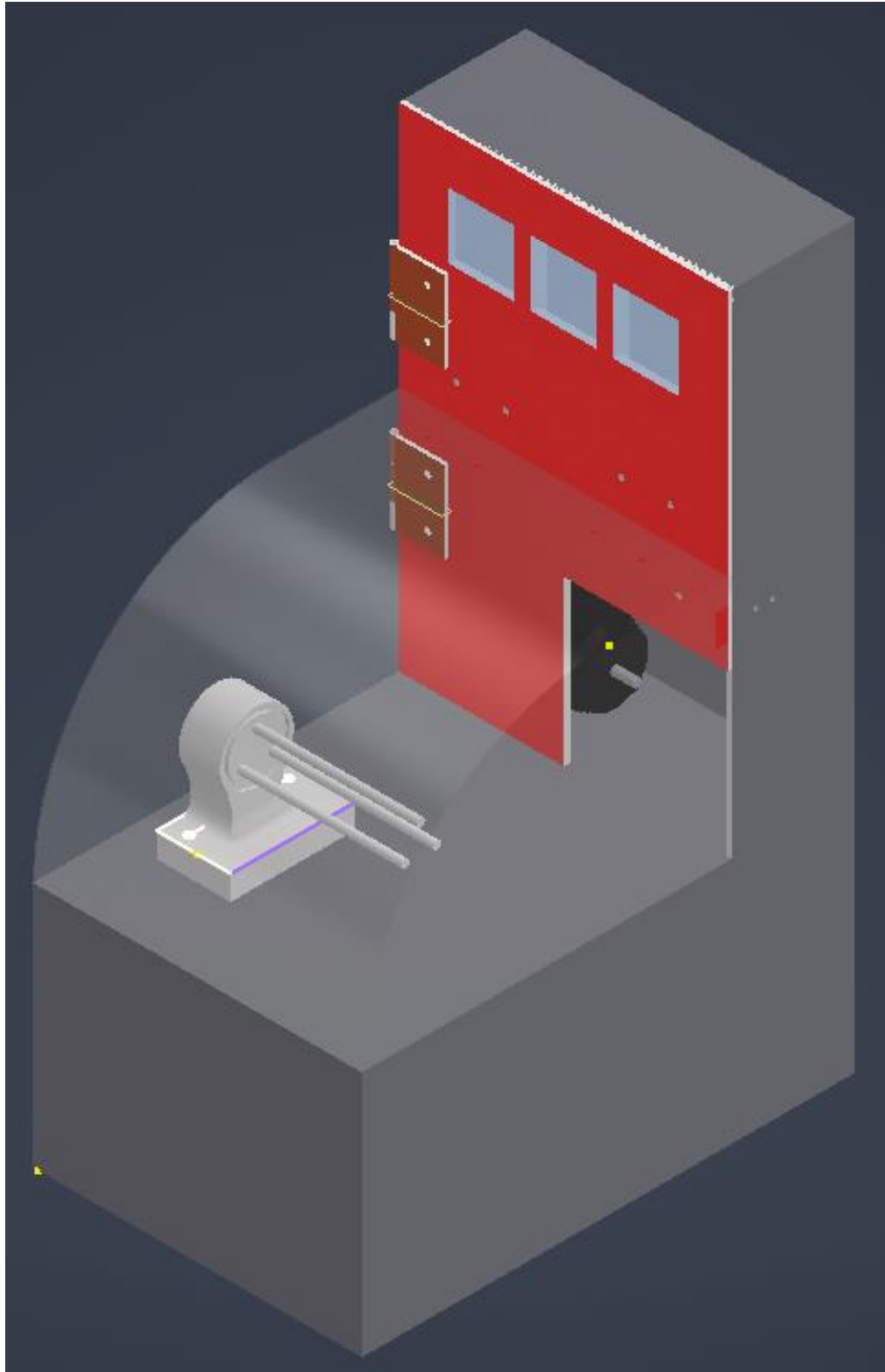


Figura 27 Modelo de ensamblaje de banco de pruebas

Para la simulación se aplicaron 2 fuerzas principales representando el peso del alternador mas pesado y el peso del motor eléctrico, la restricción de movimiento es colocada en la base de la estructura principal.

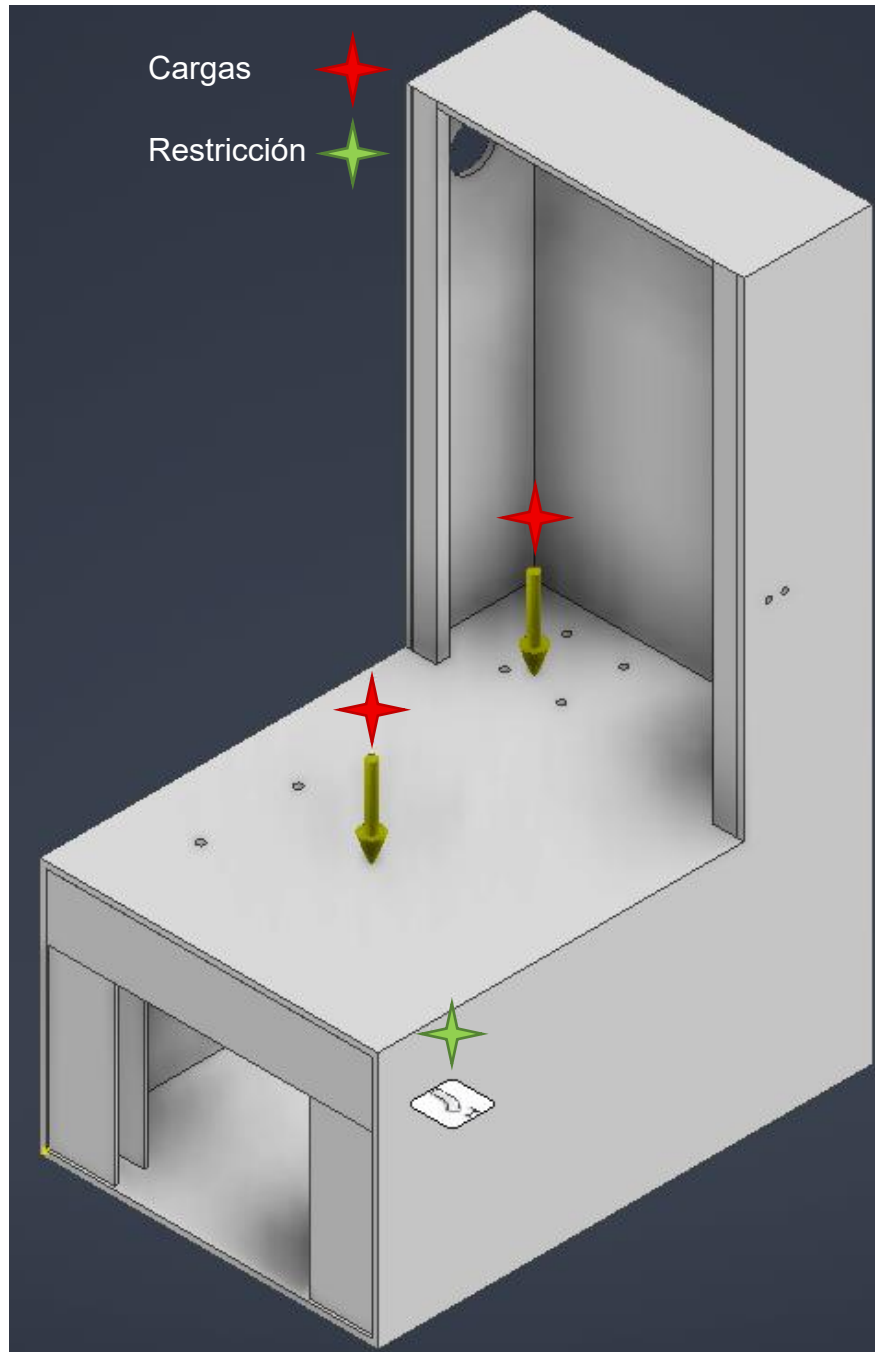


Figura 28 Punto de carga y cara fija de simulación estructura banco de pruebas

Informe de resultados

Tabla 7 Características físicas y mecánicas de simulación estructura banco de pruebas

Nombre de la pieza	Banco de pruebas estructura
Material	ASTM A36
Masa	132.84 kg
Volumen	16922254.88 mm ³
Límite de tracción	399.90 MPa
Limite elástico	248.23 MPa

Parámetros de la simulación:

Tabla 8 Parámetros de malla estructura banco de pruebas

Tipo de simulación	Análisis estático
Tipo de malla	Elementos solidos triangulares
Tamaño promedio de elementos	0.080 mm
Máximo ángulo de giro	30 gr
Malla de elementos curvos	Activado
Número de elementos	169608
Número de nodos	261967

Resultados

Tabla 9 Resultados desplazamiento estructura banco de pruebas

	Mínimo (mm)	Máximo (mm)
Desplazamiento	0.00	0.000403
Desplazamiento X	0.00	0.000102
Desplazamiento Y	0.00	0.000403
Desplazamiento Z	0.00	0.000097

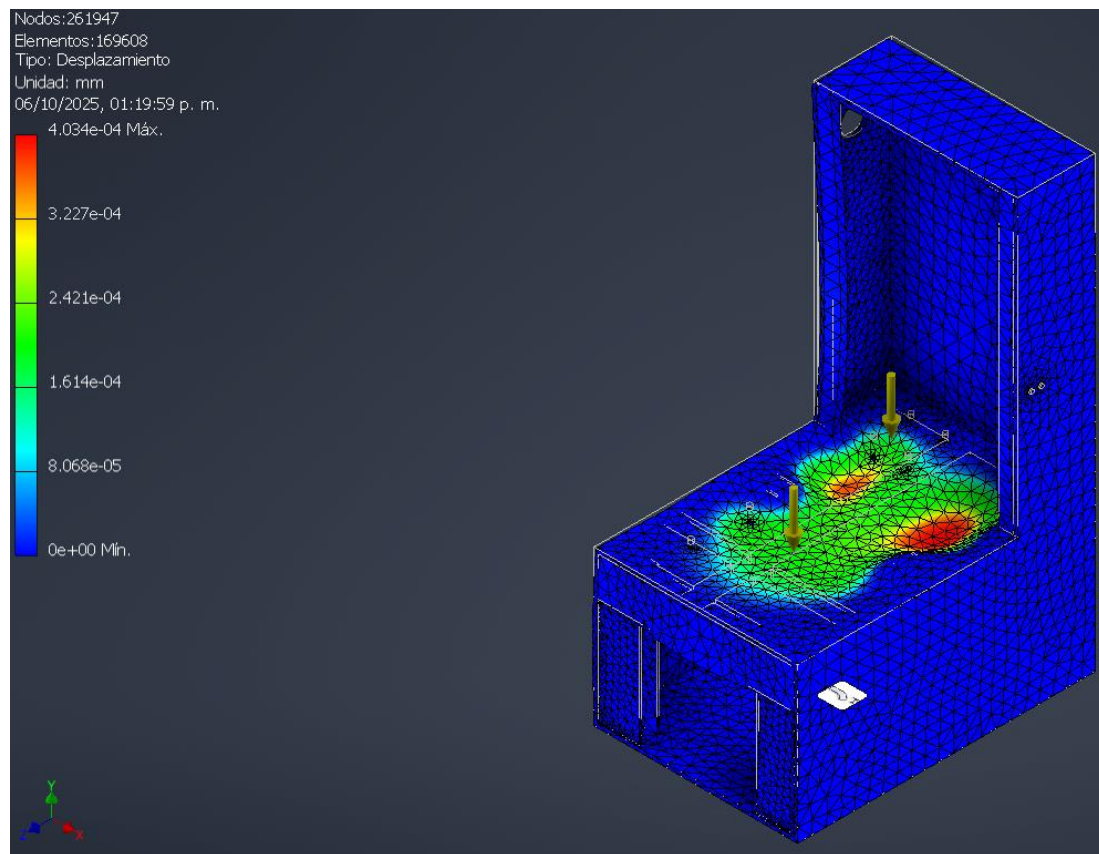


Figura 29 Simulación del cuerpo principal banco de pruebas en desplazamiento

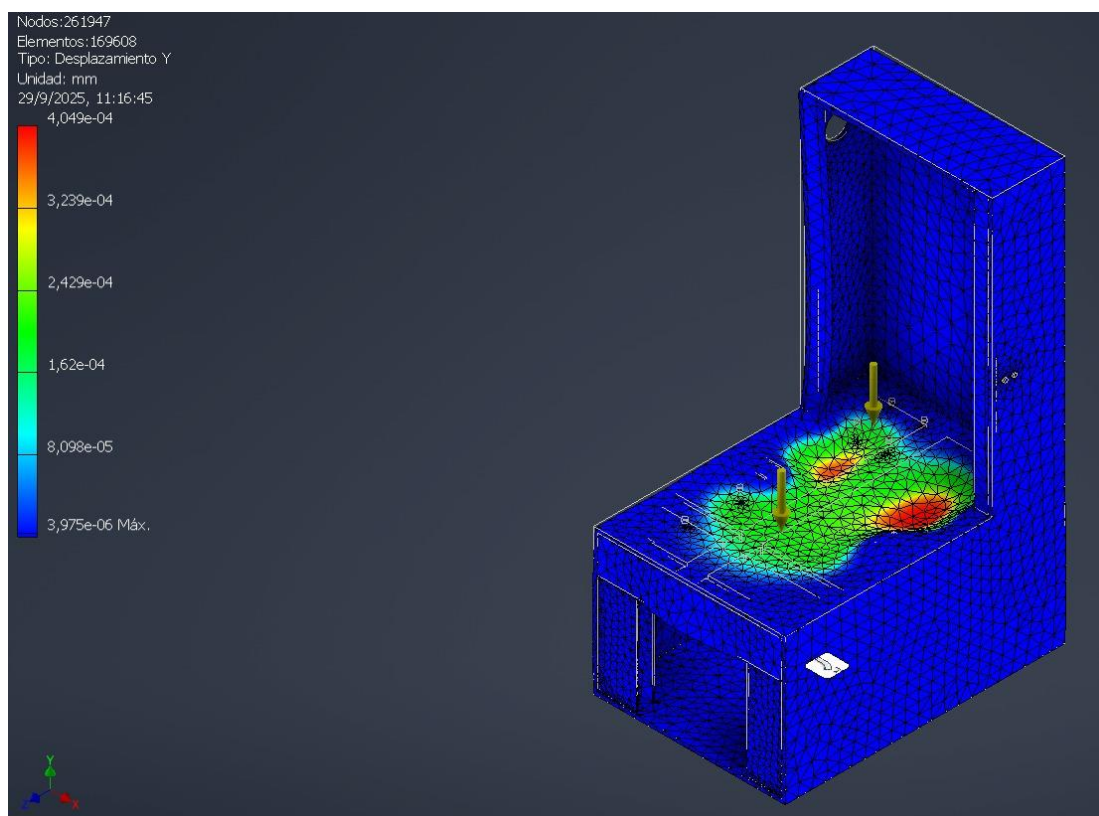


Figura 30 Simulación del cuerpo principal del banco de pruebas en desplazamiento en Y

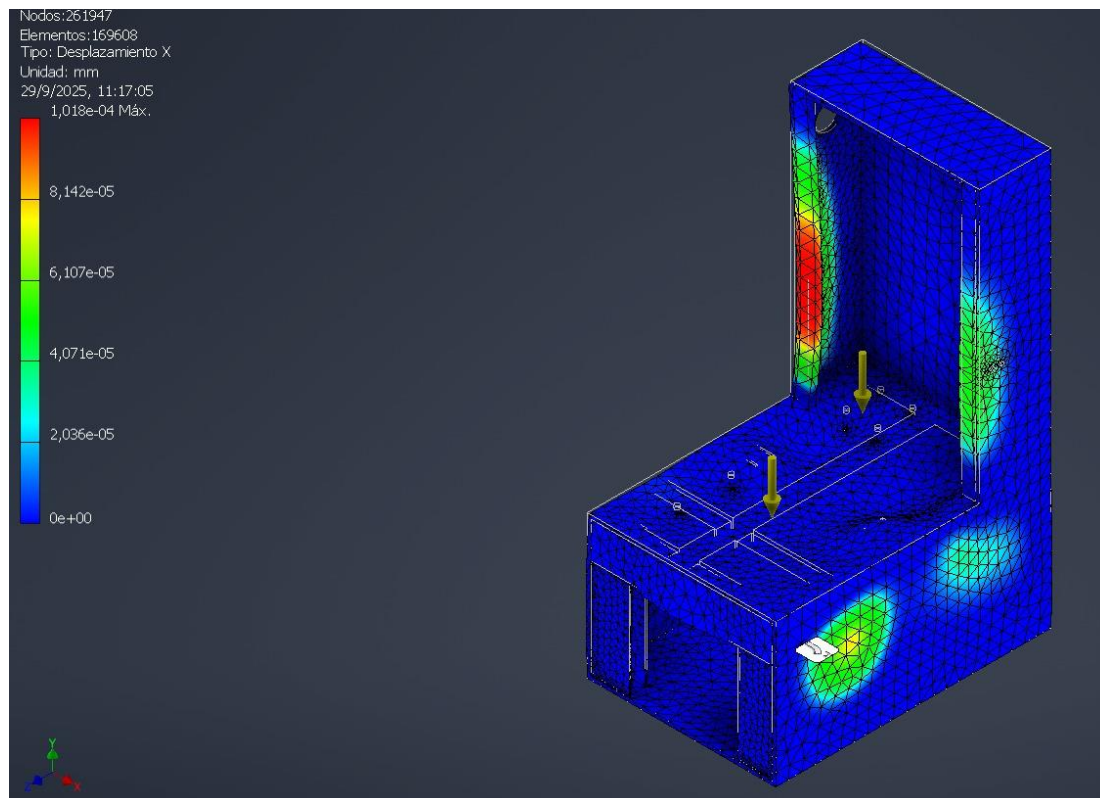


Figura 31 Simulación de banco de pruebas en desplazamiento en X

Tabla 10 Resultado de tensiones estructura banco de pruebas

	Mínimo (MPa)	Máximo (MPa)
Tensión de Von mises	0	0.75
Primera tensión principal	0	0.33
Tercera tensión principal	0.072	0.96

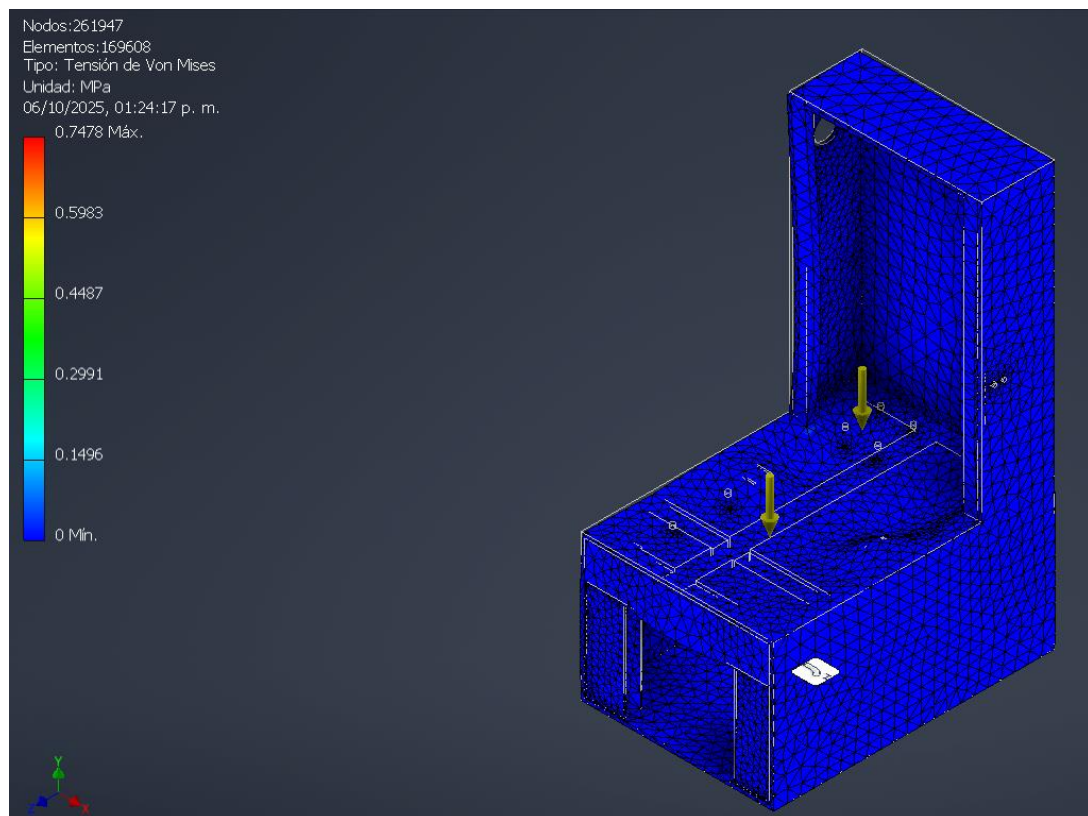


Figura 32 Simulación estructura banco de pruebas en tensión de Von Mises

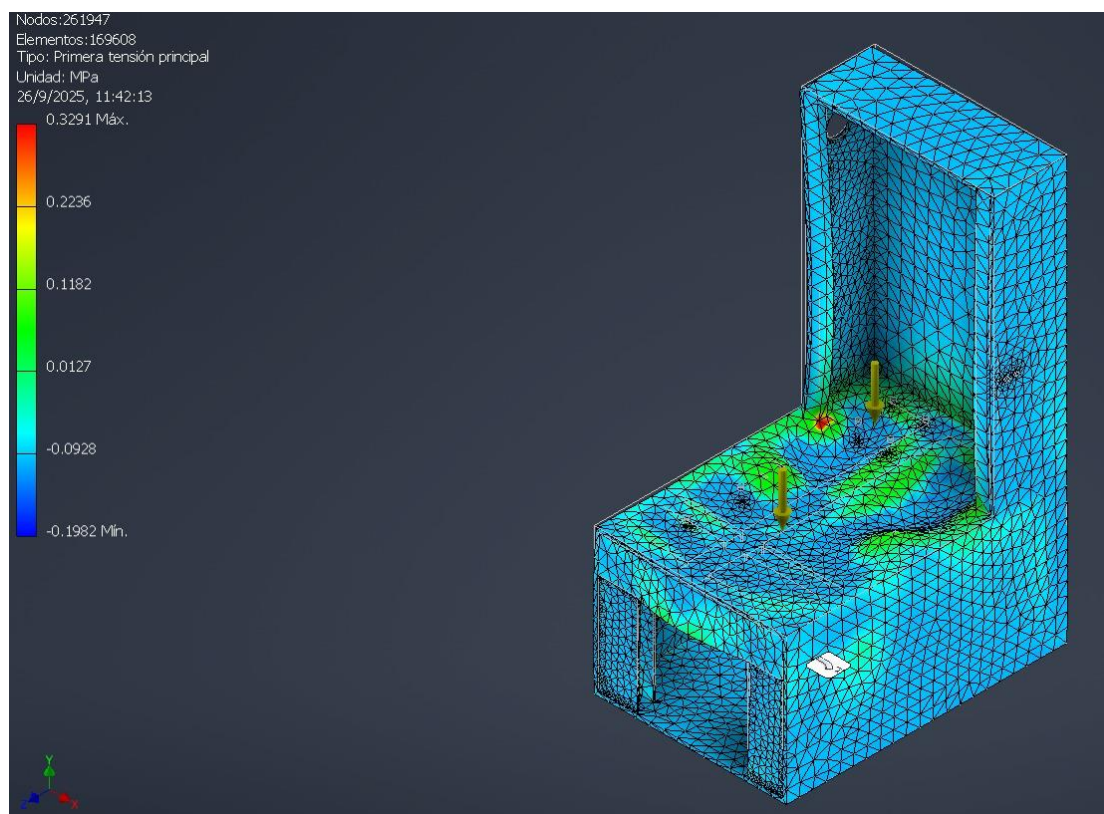


Figura 33 Simulación de banco de pruebas en primera tensión principal

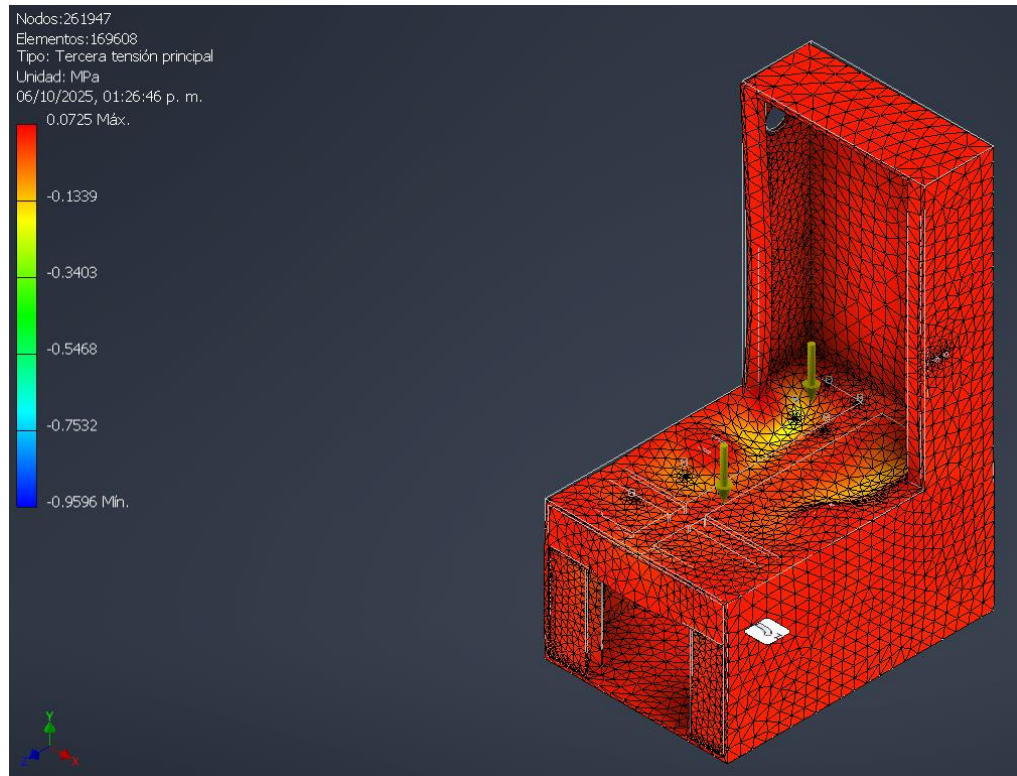


Figura 34 Simulación estructura banco de pruebas en tercera tensión principal

Tabla 11 Resultado factor de seguridad estructura banco de pruebas

	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
<i>Factor de seguridad</i>	<i>15</i>	<i>15</i>

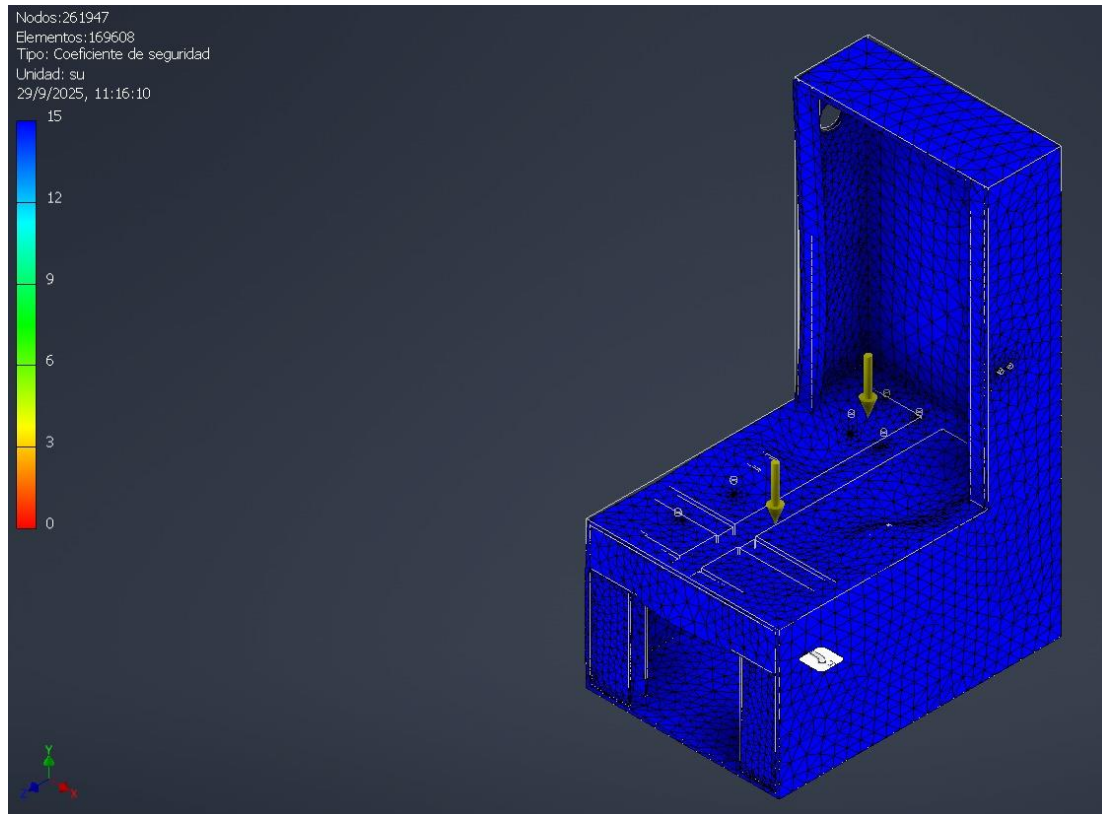


Figura 35 Simulación de banco de pruebas en coeficiente de seguridad

3.5 Análisis de simulación

Simulaciones preliminares mostraron un alta de formación elástica en el cuerpo por lo cual se optó por la inserción de perfiles en un debajo de la zona de sujeción además de la zona del motor eléctrico para reducir la deflexión del banco de pruebas.

Debido a que el programa no cuenta con una profunda configuración de mallado se optó por realizar una malla poligonal con ángulo máximo de polígono de 30° y un tamaño promedio de 0.1 mm para compensar la cantidad de nodos obtenidos para el cálculo de medidas durante la simulación.

Como resultados se obtuvo un coeficiente de seguridad de 15 máximo lo cual asegura la estabilidad y seguridad de la estructura y a su vez que puede realizarse iteración para reducir el sobredimensionamiento que esta también refleja, en cuanto a los desplazamientos esta no pasa de 0.0005 mm lo cual asegura la rigidez de la estructura en cuanto a fuerzas externas y peso de la estructura respecta.

3.6 Cotización

El precio se basa en datos obtenidos en mercados en línea con ubicación dentro del país además el costo de mano de obra se la obtiene mediante una estimación de las horas trabajo para la fabricación del banco de pruebas con respecto al salario mensual de un técnico de soldadura como eléctrico.

Materiales

Tabla 12 Costo de materiales del banco de pruebas

	Precio unidad (\$)	cantidad	Precio total (\$)
Acero ASTM A36 6mm 1200x1400mm	675	1	675
Lamina acero perforado 41x81 cm	40	1	40
Perfil U a36 40x80x6mm	55.50	1	55.1

Selección de herramientas

Tabla 13 Costo de accesorios, herramientas y consumibles del banco de pruebas

	Precio unidad (\$)	Cantidad	Precio total (\$)
Resistencia 50W 250hm Aluminio	6	6	36
Motor eléctrico 2hp 1800rpm	450	1	450
Batería 12V 100A	250	2	500
Voltímetro/Amperímetro digital 100V 100A	12.50	1	12.50
Tacómetro digital 9999rpm 24V	29.25	1	29.28
Bisagra acero 3"x3"	26	1	26
Cable AWG 70mm2	30	3	90
Total	//	//	1914.28

3.7 Manual de uso

Resumen

Este manual proporciona instrucciones detalladas para la utilización segura y efectiva de un banco de pruebas para alternadores, incluyendo normas de seguridad, procedimiento de prueba, mantenimiento y solución de problemas.

Palabras clave: alternador, banco de pruebas, manual de uso, diagnóstico eléctrico.

1. Introducción

Un banco de pruebas de alternadores es un dispositivo cuya función es evaluar y diagnosticar el funcionamiento de alternadores de vehículos. Este permite simular condiciones de trabajo y medir parámetros como voltaje, corriente y rpm.

2. Normas de seguridad

1. Utilizar equipos de protección personal (guantes y gafas de seguridad).
2. No manipular el alternador durante la operación.
3. Verificar que las conexiones eléctricas estén firmes antes de encender el equipo.
4. No exceder el rango de voltaje (12 o 24V) o corriente (100A) especificado.
5. Desconectar el banco antes de realizar mantenimiento.

3. Componentes del banco de pruebas

1. Motor eléctrico.
2. Sujeción de alternador.
3. Panel de control con interruptores y reguladores.

- 4. Instrumentación: voltímetro, amperímetro, tacómetro.
- 5. Sistema de carga simulada.
- 6. Carcaza de seguridad

4. Procedimiento de uso

4.1 Preparación

- Verificar que el banco esté desconectado.
- Revisar cables de prueba en búsqueda de oxido, aislamiento dañado, corrosión etc.
- Fijar el alternador al soporte insertándolo en las varillas y después ajustar con perno asegurando el ajuste y uniformidad de la banda de transmisión conectada al motor.

4.2 Conexión del alternador

- Conectar terminal positivo (+) y negativo (-) al banco.
- Conectar señal del excitador/regulador al foco de prueba.

4.3 Arranque de la prueba

- Cerrar carcaza de seguridad
- Encender el banco y motor de arrastre.
- Aumentar gradualmente los rpm hasta llegar al rango nominal (1800rpm).

4.4 Medición

- Verificar voltaje de salida (13.5-14.8 V). o (23.3-27V)
- Verificar corriente de carga, dependiendo del alternador esta puede ser de 70^a o 100A.

- Observar estabilidad del regulador durante la operación.

4.5 Prueba bajo carga

- Activar carga simulada (consumidores de 25W, 50W y 100W).
- Registrar variaciones de voltaje y corriente en comparación de prueba sin carga.
- Observar estabilidad.

4.6 Finalización

- Reducir gradualmente los rpm.
- Apagar motor de arrastre.
- Abrir carcasa de seguridad
- Desconectar cables
- Retirar alternador al desajustar los pernos de las varillas de la zona de ajuste.

5. Mantenimiento preventivo

- Limpiar conexiones y bornes.
- Revisar motor de arrastre y lubricación.
- Calibrar instrumentos anualmente.
- Sustituir cables o fusibles dañados.

6. Posibles fallas detectadas

- Voltaje bajo: regulador, bobinas o diodos dañados.
- Corriente insuficiente: escobillas gastadas o rotor dañado.
- Ruidos o vibración: rodamientos defectuosos.
- Voltaje inestable: regulador defectuoso o malas conexiones.

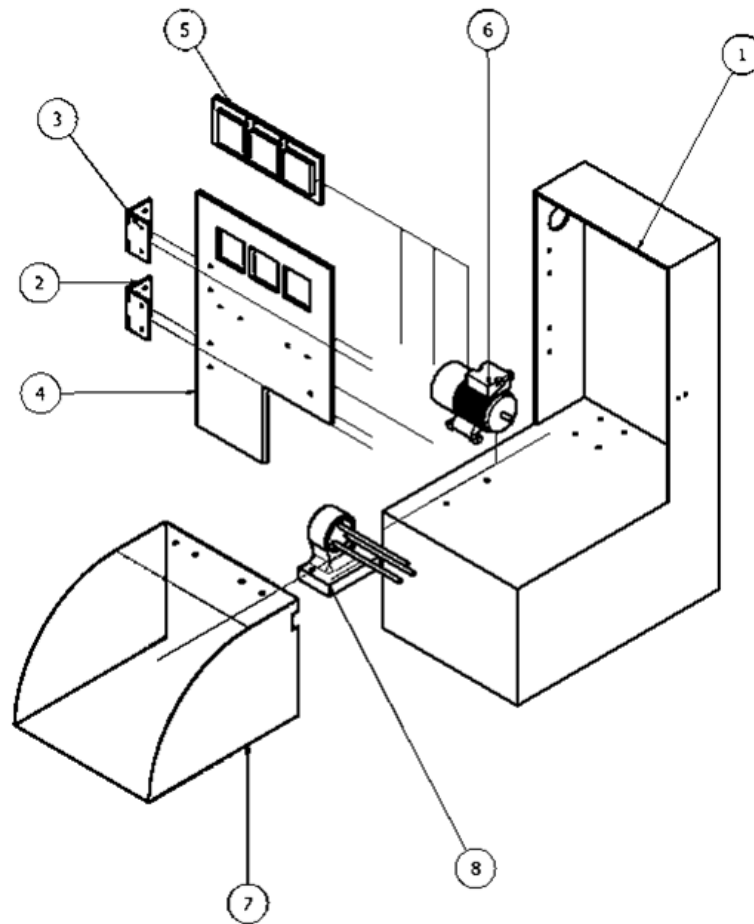


Figura 36 Elementos banco de pruebas para alternadores

Tabla 14 Listado de elementos banco de pruebas para alternadores

Lista de piezas		
Elemento	Cantidad	Descripción
1	1	Estructura banco de pruebas
2	2	Pieza bisagra A
3	2	Pieza bisagra B
4	1	Estructura de monitoreo
5	3	Dispositivo de medición
6	1	Motor eléctrico 2 HP
7	1	Caraca de seguridad
8	1	Pieza de sujeción

Capítulo 4

4 Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

Al realizar el diseño del banco se obtuvo datos tales como el peso de los alternadores que debe sostener, así mismo el diseño prioriza seguridad y facilidad de mantenimiento por requerimiento del cliente lo que repercute en los costos al agregar materiales que aseguren la fiabilidad y seguridad del equipo en beneficio de los técnicos.

El diseño construccional realizado en el programa inventor tiene las características básicas para asegurar la fiabilidad, así mismo la simulación propuesta muestra tensiones que no sobrepasan el límite de elasticidad del material propuesto, sin embargo, el mallado carece del detalle necesario cerca de los perfiles colocados dentro del compartimiento.

Por último, el manual de uso explica la función del banco, los rangos en los que trabaja y el procedimiento general que debe realizar un técnico que usa el banco, y para futuras referencias de ser construido el banco, se puede agregar imágenes, comentarios y sección de preguntas frecuentes basados en la experiencia del usuario.

4.1 Recomendaciones

El proyecto se aplica a alternadores compatibles con motores de combustión interna, sin embargo, en los últimos años se ha visto un cambio tecnológico debido a factores como impacto en el cambio climático, sostenibilidad, eficiencias, etc.; que ha producido la aparición de vehículos híbridos y eléctricos, lo que provoca cambios en la forma de los alternadores, en el caso de los vehículos híbridos, los alternadores son acoplados directamente al cigüeñal a diferencia de los de motores de combustión interna que cuentan con una banda de transmisión para el paso de la energía mecánica del cigüeñal, en el caso de vehículos eléctricos, el alternador es reemplazado por un convertidor DC-DC para transformar el voltaje de las celdas de energía a los diferentes equipos del vehículo.

En cuanto a la simulación, el mallado se optimizó para computadoras de bajo poder de procesamiento por lo cual existe mejoras tanto como en la estructura de la malla como puntos críticos que puedan observar con una malla diferente u otros programas de simulación.

Al ser cierto que se realizaron simulación para la estructura del banco, se tiene falencias en el área eléctrica, así mismo en el impacto comercial que se pueden obtener al realizar diferentes estudios de mercado, así como cambios en la industria a la que va dirigido el proyecto ya que la industria automotriz es parte de gran parte de los procesos en la industria en general.

Por último, cabe mencionar que el diseño final puede ser tanto adaptado como mejorado para satisfacer las necesidades del cliente si este lo necesitase, tales como una estructura más sólida para cargar con alternadores de mayor tamaño, separación del compartimiento de baterías de tener un mayor espacio para el banco en el apartado de adaptabilidad; en la parte de mejora un lector de frecuencia de onda, detector de sensor computacional del alternador, sistema de sujeción universal para los alternadores, entre otros.

Referencias

- [1] EOT Crane Kit. (s. f.). Cost & Maintenance of Railroad Rubber-Tyred Gantry Cranes. Recuperado de: <https://www.eotcranekit.com/>
- [2] Ahmad, P., Haswika, & Mail, A. (2022, septiembre 27). Planning of Preventive Maintenance Time Interval on Rubber Tyred Gantry Unit Using Reliability Centered Maintenance (RCM) II. Industrial Engineering, 6(1). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/364113226_Planning_of_Preventive_Maintenance_Time_Interval_on_Rubber_Tyred_Gantry_Unit_Using_Reliability_Centered_Maintenance_RCM_II
- [3] Cruz Tenempaguay, M. S., & Pacha Chicaiza, J. C. (2022). Diseño e implementación de un banco de pruebas de alternadores, para la obtención de las curvas características de amperaje y voltaje y determinar su estado funcional (Trabajo de titulación de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Recuperado de: <https://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/17994>
- [4] García Ochoa, E. I. (2016). Diseño y construcción de un banco de entrenamiento para alternadores y motores de arranque [Trabajo de titulación, Universidad Internacional del Ecuador]. Recuperado de: https://www.academia.edu/45582292/T_UIDE
- [5] Bosch. (2004). Automotive handbook (6.^a ed.). Stuttgart: Robert Bosch GmbH.
- [6] Borg Automotive. (s. f.). Troubleshooting guidelines: Alternators [Folleto técnico]. Recuperado de: https://www.dri.dk/media/1169/troubleshooting_alternators.pdf

- [7] RealPars. (2025). Alternator rectifier diagram illustrating rotor, stator coils, diode trio, rectifier, regulator, and battery. RealPars. Recuperado de: <https://www.realpars.com/blog/alternator>
- [8] Partes del alternador. (s.f.). En Servicios Globales. Recuperado el 12 de agosto de 2025, Recuperado de: <https://www.serviciosglobales.es/partes-del-alternador/>
- [9] Electronics Tutorials. (s. f.). Full Wave Rectifier and Bridge Rectifier Theory. Recuperado el 12 de agosto de 2025, Recuperado de: https://www.electronics-tutorials.ws/diode/diode_6.html
- [10] Valeo Service. (s.f.). Estator del alternador. Recuperado el 12 de agosto de 2025, Recuperado de: <https://www.valeoservice.com.ar/es-ar/turismo/sistemas-electricos/estator-alternador>
- [11] Autofácil. (2023, 27 de junio). Qué es y para qué sirve el alternador: estas son sus partes. Autofácil. Recuperado de: <https://www.autofacil.es/son-partes-alternador/>
- [12] EVOLUCION-@. (s.f.). *Alternador: Circuitos y funcionamiento* [Presentación de diapositivas]. SlideShare. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/slideshow/alternador-circuitosfuncionamiento/16987136>
- [13] Amores, I., Chavez, M., & Miranda, M. (2018). Diseño, implementación y control para un banco de pruebas con bombas centrífugas en conexión y paralelo. *Científica, Instituto Politécnico Nacional*, 22(1), 51-59. Obtenido de Científica, Recuperado de: <https://www.redalyc.org/journal/614/61458000006/html/>
- [14] American National Standards Institute. (2017). Safety standards for electrical testing equipment. ANSI.
- [15] Bosch, R. (2019). Automotive electrical systems and troubleshooting. Springer.
- [16] Hughes, A., & Drury, B. (2018). Electric motors and alternators: Theory and application. Routledge.

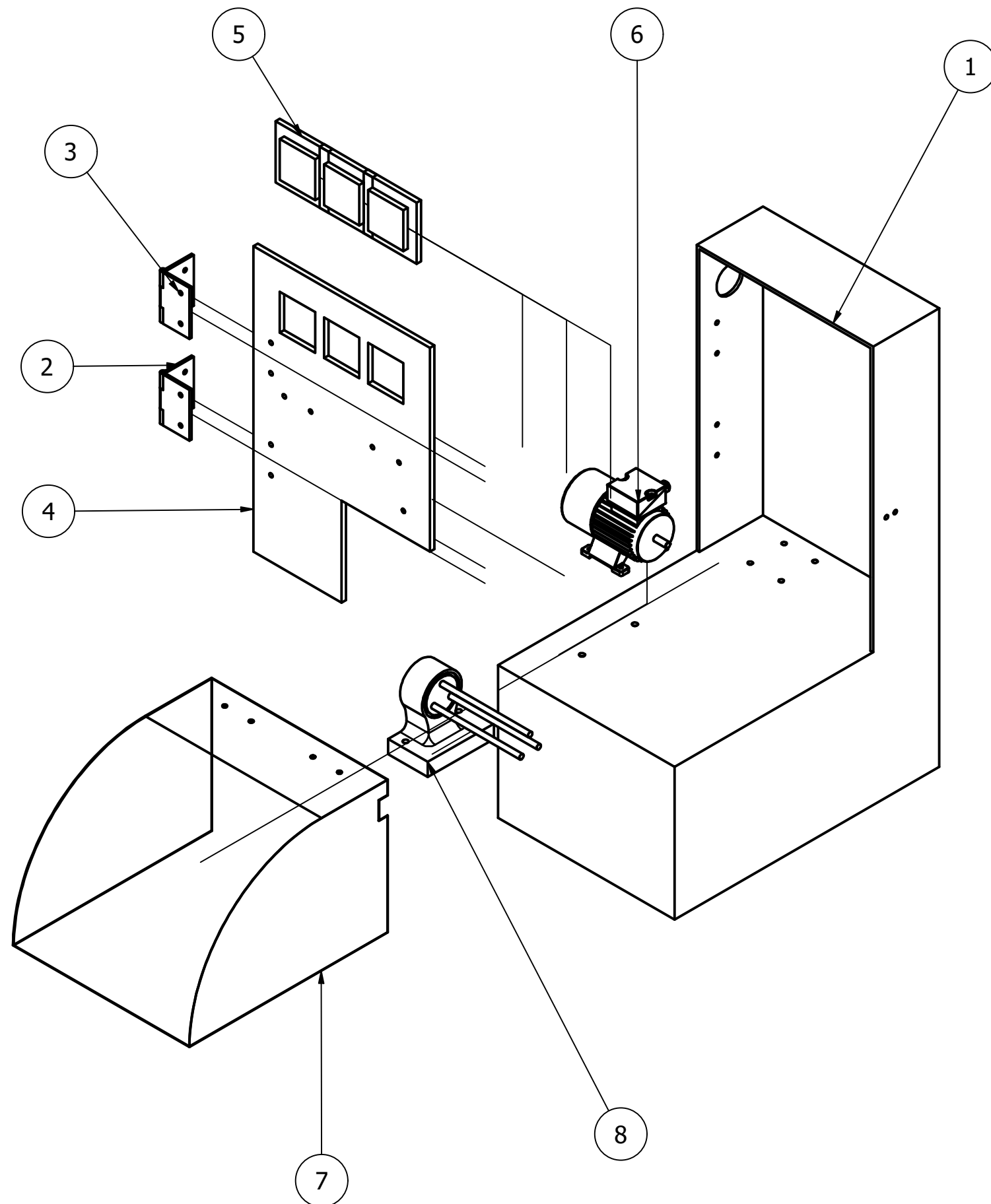
- [17] American National Standards Institute. (2017). Safety standards for electrical testing equipment. ANSI.
- [18] Springer. Hughes, A., & Drury, B. (2018). Electric motors and alternators: Theory and application. Routledge.
- [19] Organización de las Naciones Unidas. (s. f.-a). *Objetivo de Desarrollo Sostenible 4: Educación de calidad*. Naciones Unidas. Recuperado de <https://ecuador.un.org/es/sdgs/4>
- [20] Organización de las Naciones Unidas. (s. f.-b). *Objetivo de Desarrollo Sostenible 8: Trabajo decente y crecimiento económico*. Naciones Unidas. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/economic-growth/>
- [21] Encendido Total. (s. f.). *Rotor alternador Delco Remy 12 V, 160 A, 22Si-11119N, eje largo (WAI 22102075)* [Producto]. EncendidoTotal.cl. Recuperado el 12 de septiembre de 2025, de <https://encendidototal.cl/productos/alternadores/rotores/modelo-delco-remy-rotores/rotor-alternador-12v-160-amp-22si-11119n-eje-largo-wai-22102075/>
- [22] MAXCAR ECUADOR – Repuestos Automotrices. (2025). *Regulador alternador Gauss GA214 12V Astra 120A sin resistor de carbón arriba* [Producto]. <https://www.maxcarsumegacentro.com/products/regulador-alternador-gauss-ga214-12v-astra-120a-s-resis-carbon-arriba>
- [23] Grech Mayor, P. (2013). *Introducción a la ingeniería: un enfoque a través del diseño* (2.^a ed.). Pearson Educación. Bogotá, Colombia. 428 pp. ISBN 978-958-699-264-0
- [24] IAPM (n.d.). *What does iterative mean in project management?* IAPM. Recuperado de <https://www.iapm.net/en/blog/iterative/>
- [25] ASQ. (s. f.). *What is a Decision Matrix?* ASQ. Recuperado de <https://asq.org/quality-resources/decision-matrix>

- [26] Delco Remy. (s. f.). *Product cross reference: Part number 5282843*. Delco Remy. Recuperado el 14 de septiembre de 2025, de <https://www.delcoremy.com/find-a-part/product-xref/100/5282843>
- [27] Delco Remy. (s. f.). *Alternators – Find by model family (24SI series)*. Delco Remy. Recuperado el 14 de septiembre de 2025, de <https://www.delcoremy.com/alternators/find-by-model-family>
- [28] Delco Remy. (2014). *Delco Remy heavy duty catalog* (Catálogo técnico, 8/14). BorgWarner Inc. Recuperado el 14 de septiembre de 2025, de <https://www.delcoremy.com/getmedia/b2a794af-4ac6-401f-982b-76a5e64c6151/Delco-Heavy-Duty-Catalog-8-14.pdf.aspx>
- [29] FridayParts. (s. f.). *24V 70A alternator 5282843 for Cummins engine B6.7 L9 QSB6.7 QSL9*. FridayParts. Recuperado el 14 de septiembre de 2025, de <https://www.fridayparts.com/24v-70a-alternator-5282843-for-cummins-engine-b6-7-l9-qsb6-7-qs19>
- [30] AS-PL. (s. f.). *Alternador 12V 90A compatible con Isuzu D-Max*. Autodoc.es. Recuperado el 14 de septiembre de 2025, de <https://www.autodoc.es/as-pl/18817695>
- [31] Autodoc. (s. f.-a). *Alternadores para Isuzu D-Max (2019)*. Autodoc.parts. Recuperado el 14 de septiembre de 2025, de <https://www.autodoc.parts/car-parts/alternator-10450/isuzu/d-max/year-2019>
- [32] Autolink Parts. (s. f.). *OEX DXA4174HO alternator 130 Amp for Isuzu D-Max*. Autolink Parts. Recuperado el 14 de septiembre de 2025, de <https://www.autolinkparts.com.au/oex-dxa4174ho-alternator-130-amp-for-isuzu-d-max-m~2556092>
- [33] Chinarunrun. (s. f.). *12V 90A alternator for Isuzu D-Max*. Chinarunrun.com. Recuperado el 14 de septiembre de 2025, de https://www.chinarunrun.com/products_detail/128.html

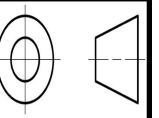
[34] Drivecore Automotive. (s. f.). *Alternator 12V 90A for Isuzu D-Max specifications*. Drivecore Automotive. Recuperado el 14 de septiembre de 2025, de <https://drivecoreautomotive.au/3568/>

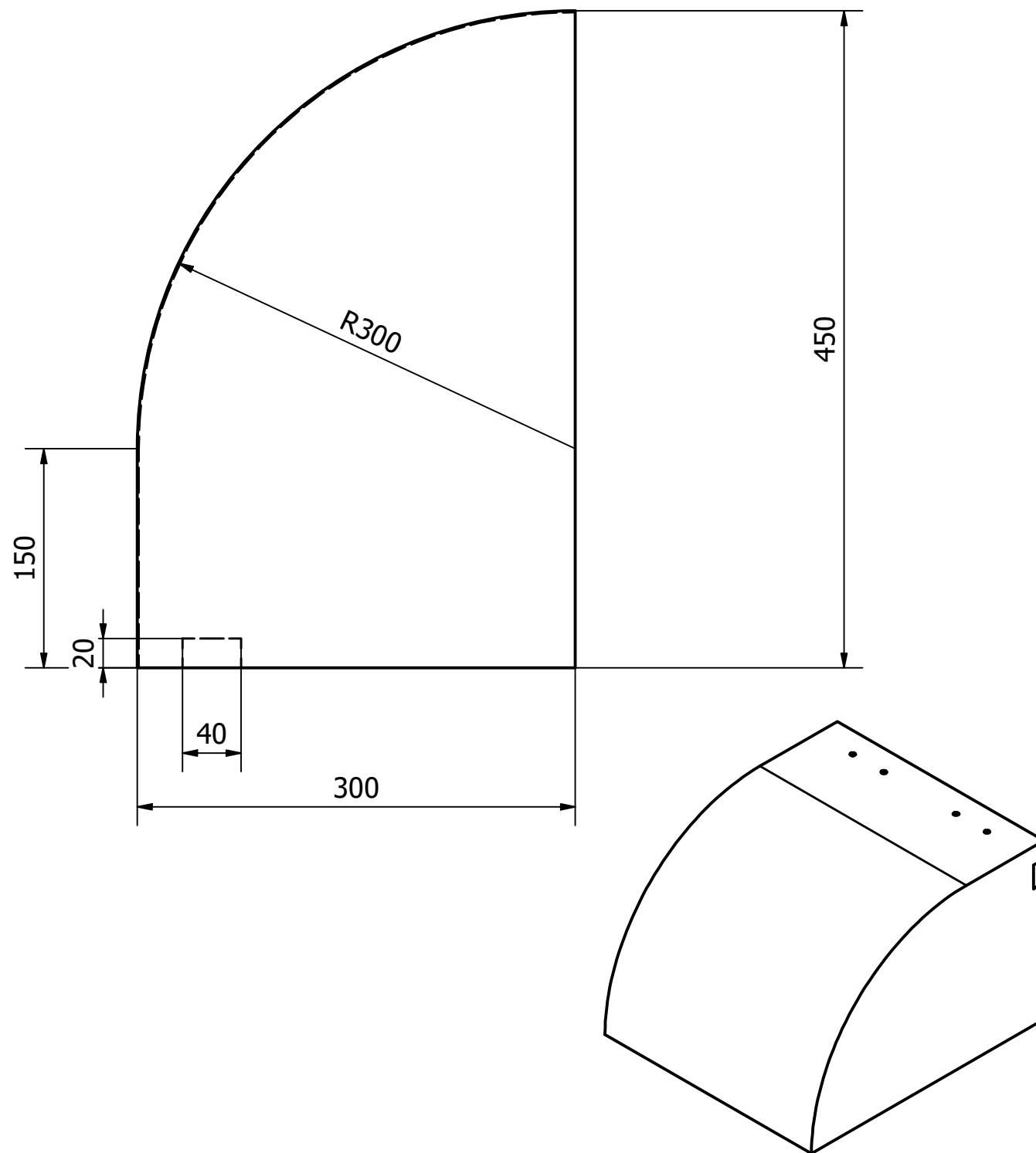
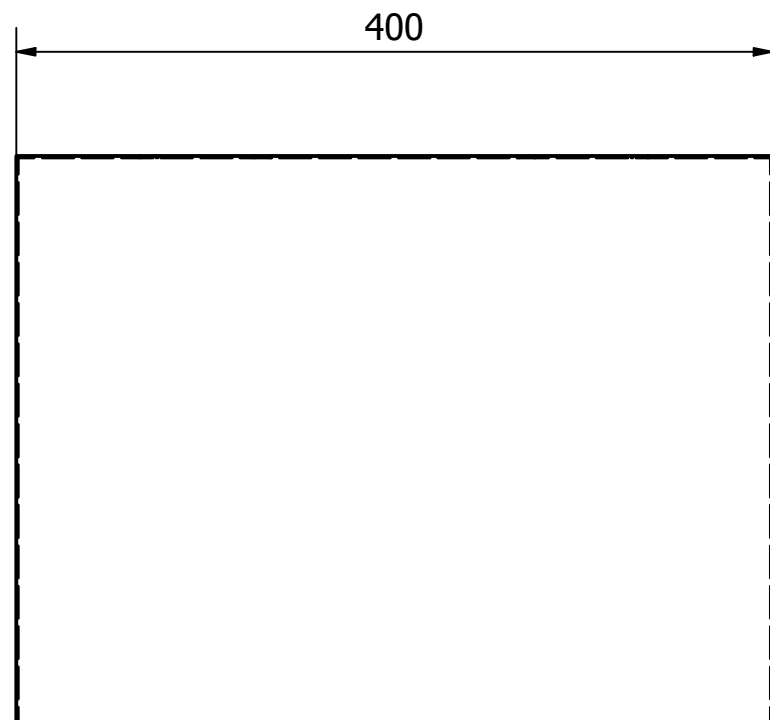
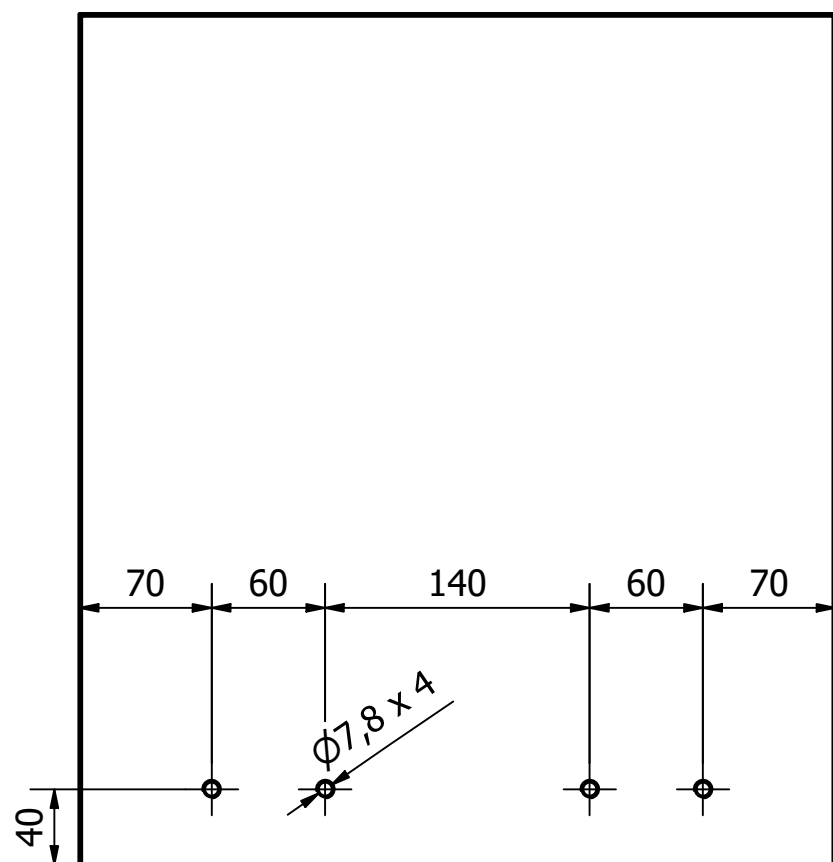
[35] Excavator Parts Supplier. (s. f.). *12V 90A alternator compatible with Isuzu 4JK1-TC engine (8973697160, etc.)*. Excavatorpartssupplier.com. Recuperado el 14 de septiembre de 2025, de <https://excavatorpartssupplier.com/products/12v-90a-alternator-compatible-with-isuzu-4jk1-tc-engine-8973697160-8973697161-8980060840-8981530040-8981965850-8982290710-8982290711>

Apéndice A

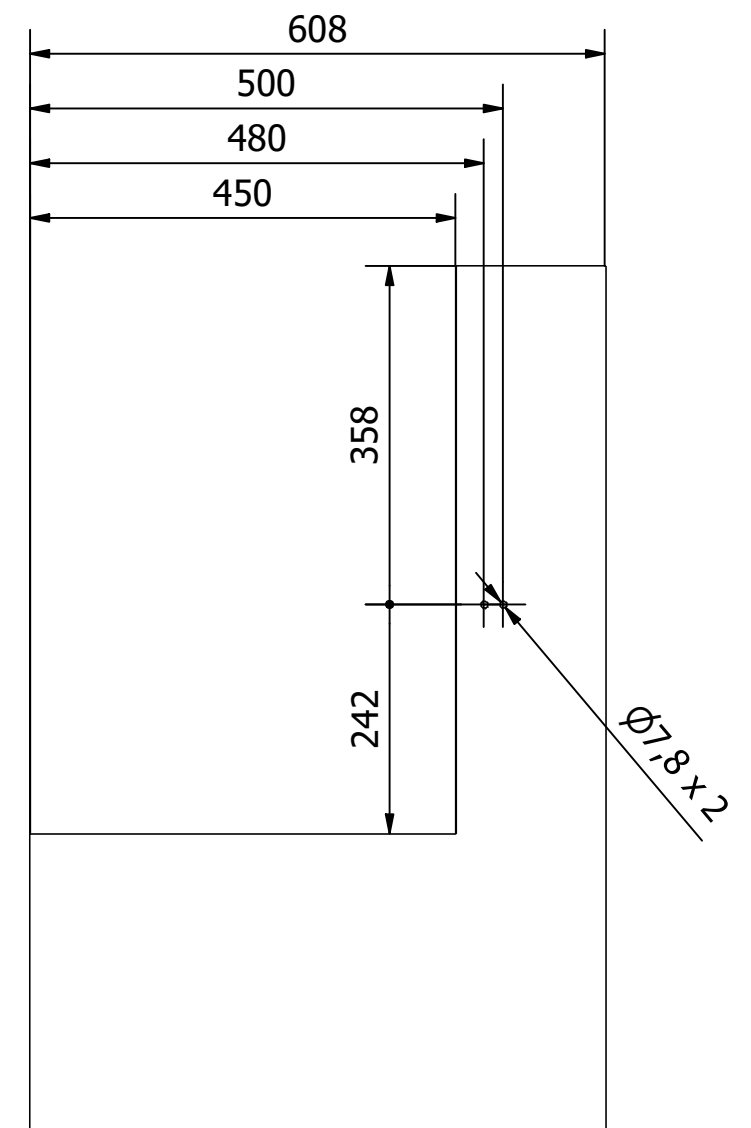
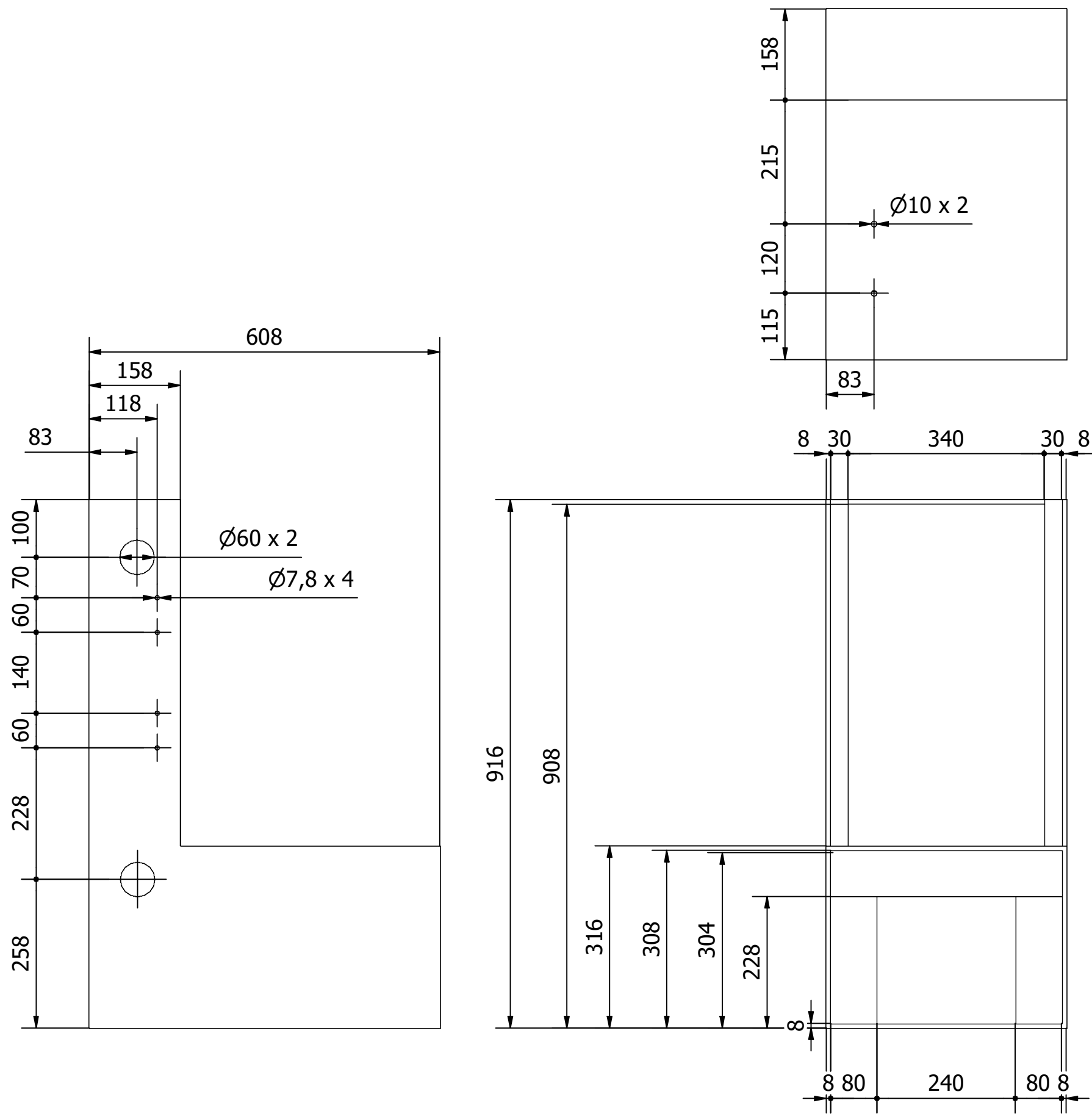


LISTA DE PIEZAS					
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN		
1	1	Estructura banco de pruebas			
2	2	Pieza bisagra A			
3	2	Pieza bisagra B			
4	1	Estructura de monitoreo			
5	3	Dispositivos de medicion			
6	1	Motor eléctrico 2 hp			
7	1	Estructura de monitoreo			
8	1	Pieza de sujección			
Autor:	Luis Enrique Jurado Echeverría		14/10/2025	Proyecto:	Tesis
Aprob.:				Cliente:	
Aprob.:				Nº Pieza:	
Escala:	Banco de pruebas para alternadores plano explotado			Unidades:	mm
1:8				Hoja:	1
				Formato:	A4

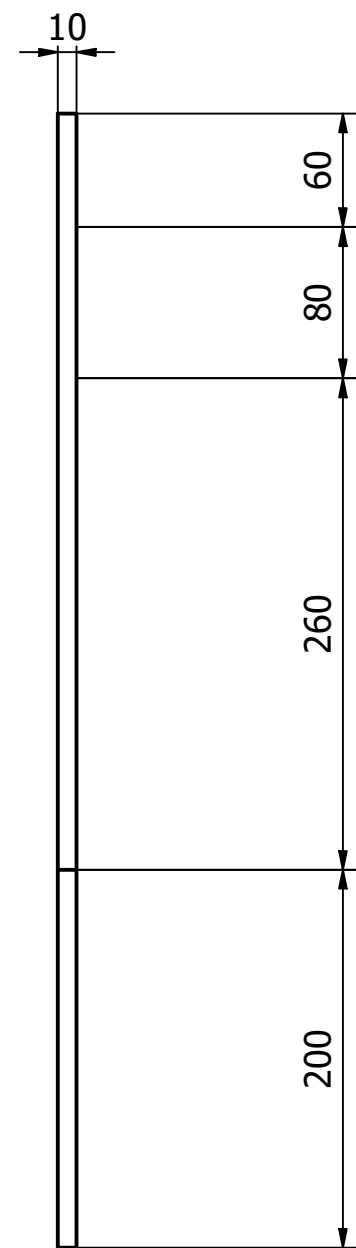


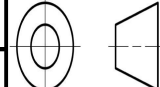


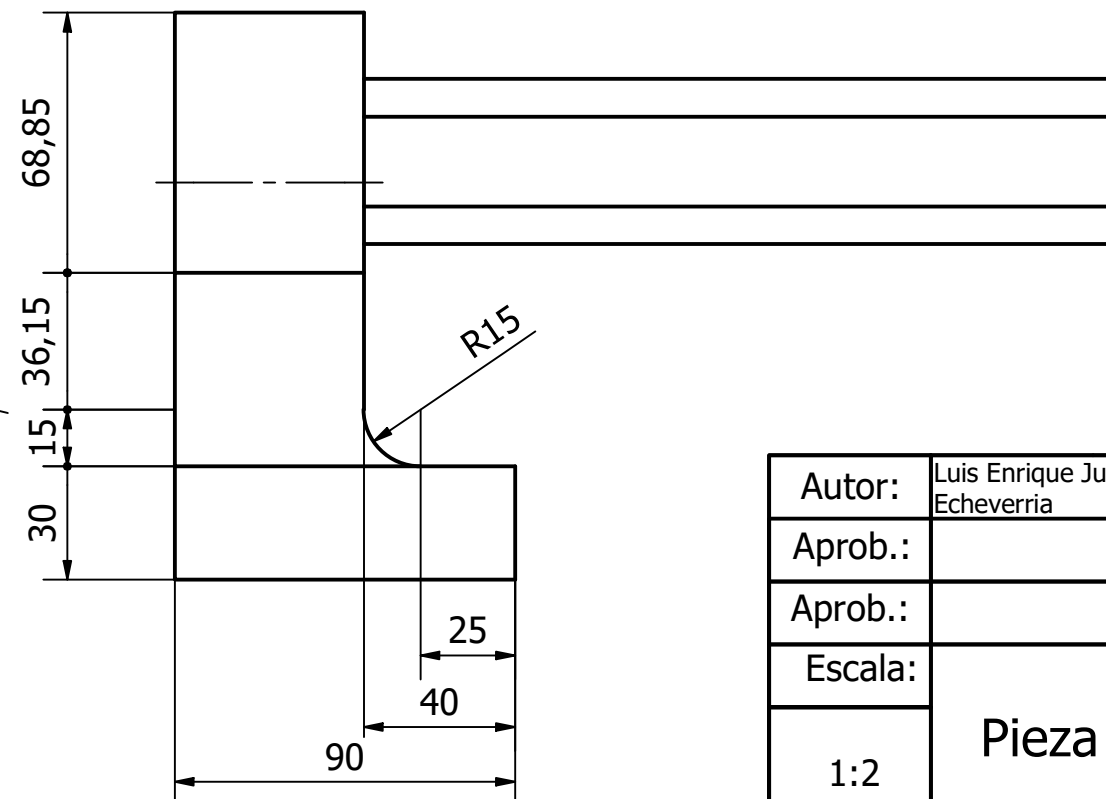
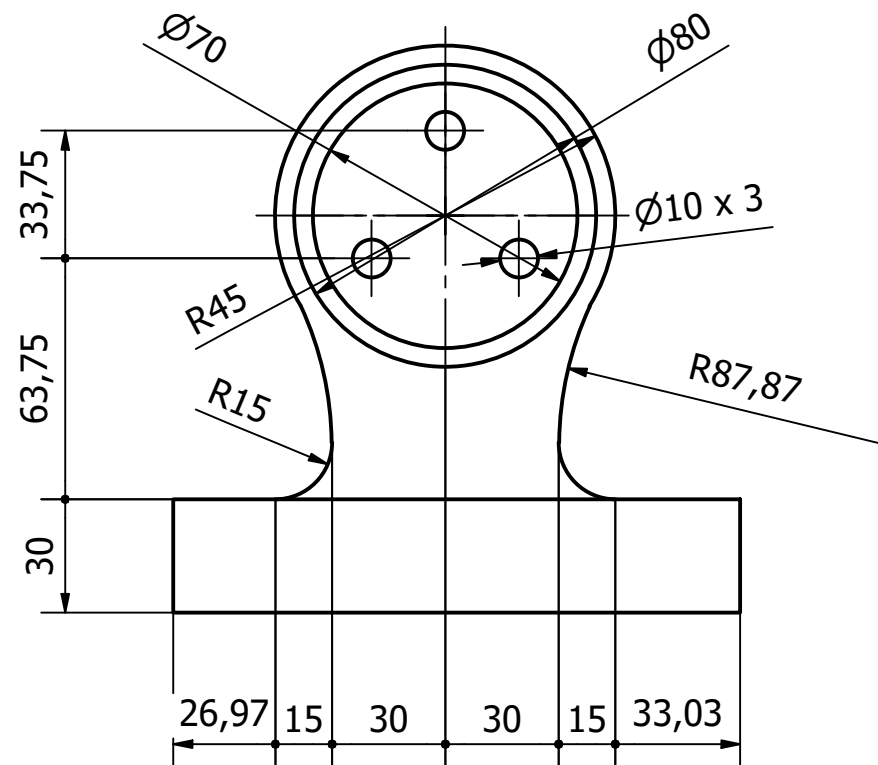
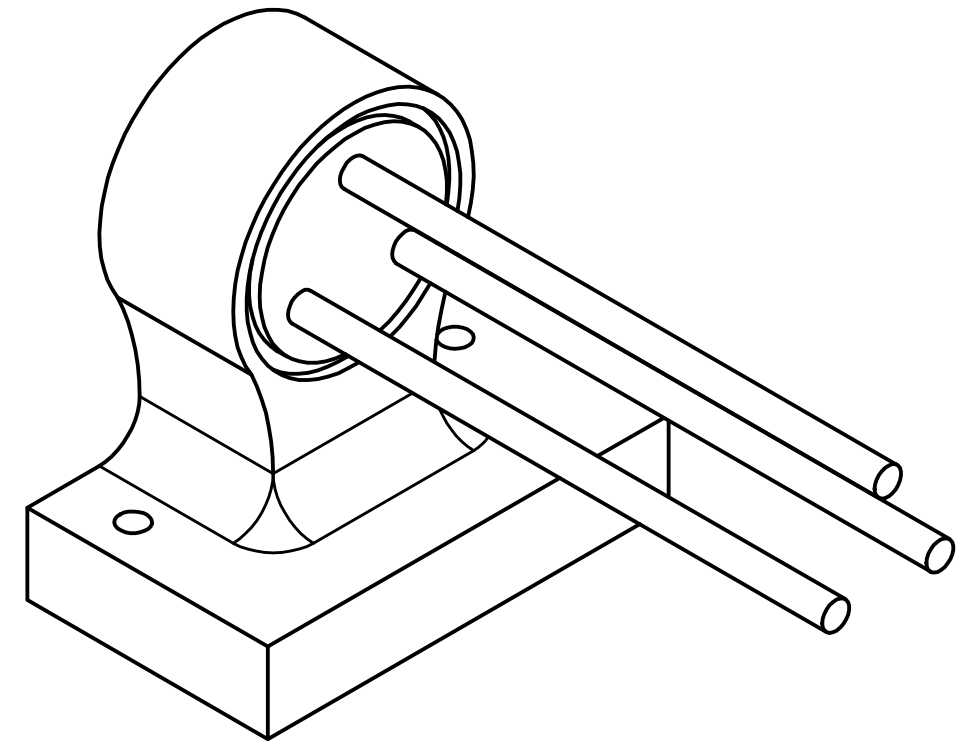
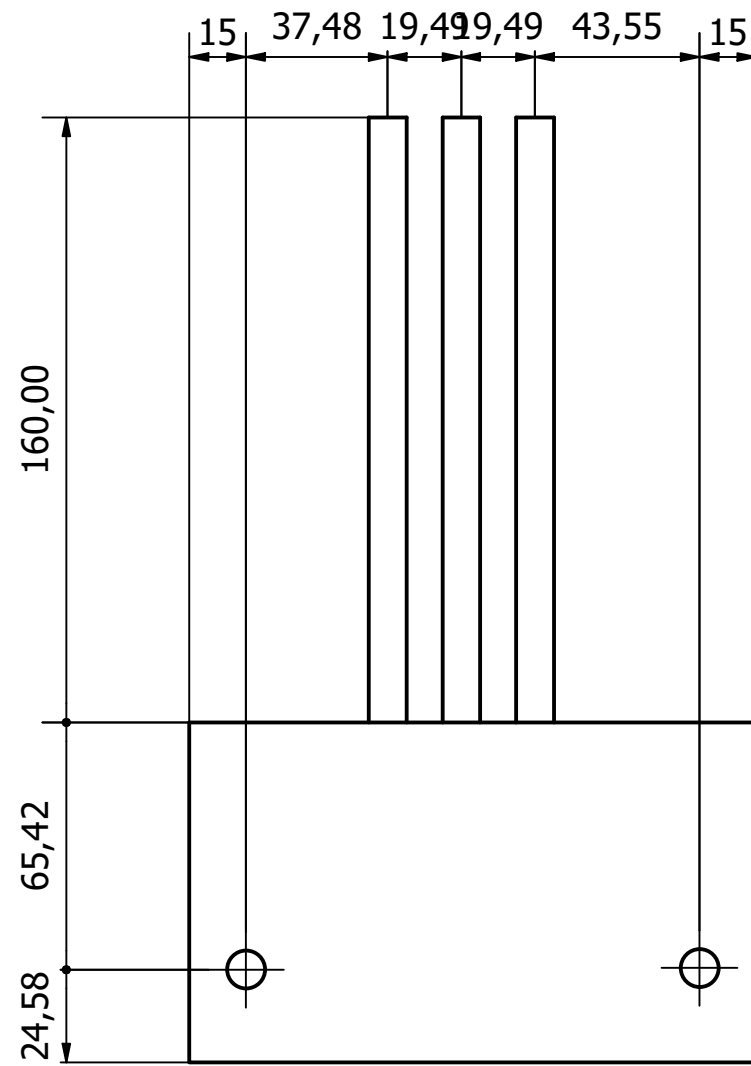
Autor:	Luis Enrique Jurado Echeverría	14/10/2025	Proyecto:	Tesis	
Aprob.:			Cliente:		
Aprob.:			Nº Pieza:		
Escala:	Carcaza de seguridad		Unidades:	mm	
1:8			Hoja:	1	
			Formato:	A4	



Autor:	Luis Enrique Jurado Echeverría	14/10/2025	Proyecto:	Tesis	
Aprob.:			Cliente:		
Aprob.:			Nº Pieza:		
Escala:	Estructura de banco de pruebas		Unidades:	mm	
1:8			Hoja:	1	
			Formato:	A4	



Autor:	Luis Enrique Jurado Echeverría	14/10/2025	Proyecto:	Tesis	
Aprob.:			Cliente:		
Aprob.:			Nº Pieza:		
Escala:	Tapa Banco de Pruebas		Unidades:	mm	
1:4			Hoja:	1	
			Formato:	A4	



Autor:	Luis Enrique Jurado Echeverria	06/10/2025	Proyecto:	Tesis	
Aprob.:			Cliente:		
Aprob.:			Nº Pieza:		
Escala:	Pieza de sujeción		Unidades:	mm	
1:2			Hoja:	1	
			Formato:	A4	