



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ARRANQUE ELÉCTRICO EN EL BANCO
DINAMOMÉTRICO MARCA SOFT ENGINE, MODELO BRAKER ENGINE 120 PARA
EL ACCIONAMIENTO DEL MOTOR PARILLA IAME SUDAM 125cm³

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Automotriz

AUTORES: JOHN JAHIRO MOROCHO LUDEÑA
MARCOS FERNANDO MUÑOZ PINDUISACA
TUTOR: ING. CHRISTIAN OMAR PULLA MOROCHO, MSc.

Cuenca - Ecuador
2023

CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, John Jahiro Morocho Ludeña con documento de identificación N° 1104750284 y Marcos Fernando Muñoz Pinduisaca con documento de identificación N° 0106136450; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 19 de julio del 2023

Atentamente,



John Jahiro Morocho Ludeña

1104750284



Marcos Fernando Muñoz Pinduisaca

0106136450

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, John Jahiro Morocho Ludeña con documento de identificación N° 1104750284 y Marcos Fernando Muñoz Pinduisaca con documento de identificación N° 0106136450, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Implementación de un sistema de arranque eléctrico en el banco dinamométrico marca Soft Engine, modelo Braker Engine 120 para el accionamiento del motor parilla Iame Sudam 125cm³”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 19 de julio del 2023

Atentamente,



John Jahiro Morocho Ludeña

1104750284



Marcos Fernando Muñoz Pinduisaca

0106136450

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Christian Omar Pulla Morocho con documento de identificación N° 0103570602, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ARRANQUE ELÉCTRICO EN EL BANCO DINAMOMÉTRICO MARCA SOFT ENGINE, MODELO BRAKER ENGINE 120 PARA EL ACCIONAMIENTO DEL MOTOR PARILLA IAME SUDAM 125cm3, realizado por John Jahiro Morocho Ludeña con documento de identificación N° 1104750284 y por Marcos Fernando Muñoz Pinduisaca con documento de identificación N° 0106136450, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 19 de julio del 2023

Atentamente,



Ing. Christian Omar Pulla Morocho, MSc.

0103570602

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de titulación a Dios, quien ha sido mi guía y mi fortaleza en cada etapa de mi vida.

Mis padres, Jahiro Patricio Morocho Calero y Teresa del Rocío Ludeña Ramírez, han sido mi inspiración y apoyo en este camino hacia la realización de un sueño más, gracias a su amor incondicional, paciencia y esfuerzo.

Agradezco a mis demás familiares y amigos por brindarme su apoyo y aliento en cada paso y por extenderme su mano en momentos difíciles.

Hoy puedo celebrar este importante hito en mi vida académica como un tributo al ejemplo de esfuerzo y valentía que me han inculcado.

Gracias por ser mi inspiración constante y por confiar en mí incluso en momentos difíciles. Cada éxito está marcado por su amor y dedicación.

Dedico este trabajo con profundo agradecimiento y amor a mi familia y seres queridos, quienes han sido pilares fundamentales para mi éxito.

John Jahiro Morocho Ludeña

DEDICATORIA

Este proyecto es dedicado a mis padres, quienes me han estado apoyando moralmente a lo largo de mi carrera; mi madre Elisabeth, quien siempre me ha sabido apoyar moralmente e indicarme que la vida no es fácil y que siempre habrá obstáculos que superar; y mi padre Nelson, quien a lo largo de mi carrera me ha sabido dar todo su conocimiento, lo que fue fundamental para comprender varios aspectos de la carrera. Ambos han sido pilares fundamentales para mi

De la misma manera, a mis amigos, profesores y tutores de tesis que también me guiaron a lo largo de mi carrera.

Marcos Fernando Muñoz Pinduisaca

AGRADECIMIENTO

Nosotros los autores expresamos el más profundo sentimiento de agradecimiento a la universidad, profesores, amigos por estar en este amplio camino de enseñanzas. Así también agradecemos especialmente al Ing. Christian Pulla por su tiempo, apoyo y supervisión brindado en todo el proceso del trabajo de titulación.

***John Jahiro Morocho Ludeña
Marcos Fernando Muñoz Pinduisaca***

RESUMEN

La investigación desarrollada en la siguiente tesis tiene como objetivo implementar un sistema de arranque eléctrico en el banco dinamométrico marca Soft Engine, modelo Braker Engine 120, para accionar un motor Parilla Iame Sudam de 125 cm³. Para lograr el objetivo planteado, se han establecido varios pasos, que serán discutidos en el presente documento.

Durante la primera fase del proyecto se realizará un completo estudio bibliográfico para entender la definición, componentes y funcionamiento del motor de arranque, así como los detalles técnicos del motor Iame y el banco dinamométrico, para así proporcionar la base de conocimientos necesaria para el diseño y la fabricación del sistema de arranque eléctrico propuesto.

Luego, durante la fase de diseño, se revisan los aspectos técnicos y funcionales para asegurar que el diseño del sistema de arranque sea eficiente y no entorpezca el propósito principal del mismo, también se realizarán cálculos y evaluaciones para determinar los componentes necesarios y la configuración óptima del sistema. Una vez completo el diseño, se empezará con la implementación del sistema de arranque en el banco, para posteriormente proceder con la realización de pruebas de funcionalidad del mismo. Se realizarán pruebas de puesta en marcha del motor Iame y funciones extendidas utilizando el sistema de arranque instalado. De esta manera se podrá verificar el funcionamiento normal del sistema diseñado y asegurando que cumple con la puesta en marcha del motor Parilla Iame Sudam de 125 cm³.

Palabras clave: Implementación, Sistema de arranque eléctrico, Banco Dinamométrico, Soft Engine Motor Braker 120, Motor IAME

ABSTRACT

The research developed in the following thesis aims to implement an electric start system on the Soft Engine brand dynamometer bank, model Braker Engine 120, to drive a 125 cm³ Parilla Iame Sudam engine. To this goal, several steps have been established, which will be discussed in this document.

During the first phase of the project, a comprehensive bibliographic study will be carried out to understand the definition, components and operation of the starter engine, as well as the technical details of the Iame engine and the dynamometric bank, to provide the knowledge base necessary for the design and manufacture of the proposed electric starter system.

Then, during the design phase, technical and functional aspects are reviewed to ensure that the design of the boot system is efficient and does not disturb the main purpose of it, also calculations and evaluations will be carried out to determine the necessary components and optimal system configuration. Once the design is complete, it will begin with the implementation of the boot system in the bank, to subsequently proceed with the performance of functionality tests of the same. Testing of the Iame engine and extended functions will be carried out using the installed boot system. This way you can check the normal operation of the designed system and ensure that it complies with the start-up of the 125 cm³ Parilla Iame Sudam engine.

Keywords: Implementation, Electric Starting System, Dynamic Bank, Soft Engine Motor Braker 120, Motor IAME

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	II
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	IV
DEDICATORIA	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
INTRODUCCIÓN.....	1
PROBLEMA.....	2
ANTECEDENTES	2
IMPORTANCIA Y ALCANCES	3
DELIMITACIÓN.....	3
OBJETIVOS	4
OBJETIVO GENERAL	4
OBJETIVOS ESPECIFICOS	4
CAPÍTULO I	5
1. Fundamentación teórica y Estado del Arte	5
1.1. Componentes Principales de un Motor de Arranque.....	6

1.2.	Tipos de motor de arranque	7
1.2.1	Motor de arranque de corriente continua (DC)	7
1.2.2	Motor de arranque corriente alterna (AC).....	8
1.2.3	Motor de arranque Neumático.....	10
1.2.4	Motor de arranque hidráulico.....	12
1.2.5	Motor de arranque pirotécnico	13
1.3.	Sistema de Encendido.....	14
1.4.	Mantenimiento del Motor de Arranque	16
1.4.1.	Limpieza.....	16
1.4.2.	Inspección Visual	17
1.4.3.	Pruebas de diagnóstico	17
1.4.4.	Sustitución de piezas defectuosas	17
1.4.5.	Lubricación.....	17
1.5.	Motor Parilla IAME	18
1.6.	Motor IAME Parilla Sudam 125 cm ³	19
1.7.	Banco dinamométrico.....	21
1.7.1.	Características de los Bancos dinamométricos	21
1.7.1.1.	Frenos de Fricción	21
1.7.1.2.	Frenos Hidráulicos.....	22
1.7.1.3.	Frenos de Corriente Parasitas o Foucault	22
1.7.2.	Banco dinamométrico Marca Soft-Engine Motor Braker 120	23
CAPÍTULO II.....		25
2. Diseño del Sistema de arranque eléctrico para su implementación en el Banco de Potencia Soft-Engine Motor Braker 120.....		25
2.1.	Introducción al diseño del sistema de Arranque.....	25
2.2.	Toma de medidas.....	26
2.3.	Modelado de cada elemento	28
2.4.	Diseño del sistema de arranque	30
2.4.1.	Diseño del Volante de Inercia	30
2.5.	Cálculos de la relación de transmisión	37
CAPÍTULO III.....		42
3. Implementación del sistema de arranque en el banco dinamométrico para pruebas funcionalidad con el motor IAME Sudam 125cc.		42
3.1.	Implementación del Sistema de arranque.....	42
3.1.1.	Diseño de la base de apoyo del sistema (Prueba 1).....	44
3.1.2.	Diseño de la base de apoyo del sistema (Prueba 2).....	49
3.1.1.	Diseño de la base de apoyo del sistema (Prueba 1).....	53
3.2.	Cálculos en base al nuevo motor de arranque	55
3.2.1.	Relación de transmisión	58
3.3.	Tabla de Simbología del conexionado.....	59
3.4.	Diagrama de conexión del Motor de arranque	61
3.5.	Sistema de Apagado de emergencia	64

3.6.	Elementos adicionales	66
3.7.	Pasos para la el uso del sistema de arranque	72
3.7.1.	Puesta en marcha del sistema de arranque	72
3.7.2.	Proceso de Apagado del motor.....	75
3.8.	CONCLUSIONES.....	76
3.9.	RECOMENDACIONES	77
BIBLIOGRAFÍA.....		78
ANEXOS		80

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. 1. Componentes Principales del Motor de Arranque</i>	6
<i>Tabla 1. 2. Elementos de un Motor de Arranque AC</i>	9
<i>Tabla 1. 3. Elementos del Motor de arranque Neumático</i>	11
<i>Tabla 1. 4. Componentes del Sistema de encendido.</i>	14
<i>Tabla 1. 5. Tabla de elementos de limpieza</i>	18
<i>Tabla 1. 6. Ficha técnica motor IAME Sudam 125 cc</i>	20
<i>Tabla 1. 7. Tabla de Datos</i>	39
<i>Tabla 2. 1. Tabla de Medidas</i>	27
<i>Tabla 2. 2. Tabla de Modelados</i>	28
<i>Tabla 2. 3. Tabla de Mecanizado y Diseño del Volante de inercia.</i>	30
<i>Tabla 2. 4. Tabla de característica del Motor de arranque de Podadora John Deere E110.</i>	33
<i>Tabla 3. 1. Tabla comparativa de motores de Arranque</i>	49
<i>Tabla 3. 2. Tabla de datos</i>	56
<i>Tabla 3. 3. Tabla de Resultados</i>	58
<i>Tabla 3. 4. Tabla de Relaciones de transmisión</i>	59
<i>Tabla 3. 5. Tabla de Simbología</i>	59
<i>Tabla 3. 6. Tabla de elementos del Sistema de Arranque</i>	62
<i>Tabla 3. 7. Tabla de Porcentaje de Carga</i>	73

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 0. 1. Ubicación de la UPS</i>	3
<i>Ilustración 1. 2. Solenoide.</i>	6
<i>Ilustración 1. 3 Piñón de accionamiento.</i>	6
<i>Ilustración 1. 4. Engranaje Planetario.</i>	6
<i>Ilustración 1. 5. Motor Eléctrico.</i>	6
<i>Ilustración 1. 6. Anillos colectores.</i>	7
<i>Ilustración 1. 7. Motor de Arranque DC</i>	8
<i>Ilustración 1. 9. Motor de Arranque AC</i>	10
<i>Ilustración 1. 10. Motor de Arranque Neumático.</i>	11
<i>Ilustración 1. 11. Motor de Arranque Hidráulico.</i>	13
<i>Ilustración 1. 12. Motor de Arranque Pirotécnico</i>	14
<i>Ilustración 1. 13. Bobina de encendido</i>	14
<i>Ilustración 1. 14. Bujía</i>	15
<i>Ilustración 1. 15. Unidad de control del encendido</i>	15
<i>Ilustración 1. 16. Motor IAME Sudam 125cc</i>	20
<i>Ilustración 1. 17. Freno de Fricción</i>	21
<i>Ilustración 1. 18. Freno hidráulico</i>	22
<i>Ilustración 1. 19. Freno de Corrientes Foucault</i>	23
<i>Ilustración 1. 20. Banco Dinamométrico Soft-Engine Motor Braker 120</i>	24
<i>Ilustración 2. 1. Banco Dinamométrico</i>	25
<i>Ilustración 2. 2. Elementos Banco Dinamométrico</i>	26
<i>Ilustración 2. 3. Catalina</i>	27
<i>Ilustración 2.4. Porta Catalina</i>	27
<i>Ilustración 2.5. Buje Posterior</i>	27
<i>Ilustración 2.6. Eje</i>	27
<i>Ilustración 2.7. Estructura Banco Dinamométrico</i>	27
<i>Ilustración 2. 8. Catalina</i>	28
<i>Ilustración 2. 9. Modelado Catalina</i>	28
<i>Ilustración 2. 10. Estructura Banco Dinamométrico</i>	28
<i>Ilustración 2. 11. Modelado Estructura Banco Dinamométrico</i>	28
<i>Ilustración 2. 12. Buje Posterior</i>	29
<i>Ilustración 2. 13. Modelado Buje Posterior</i>	29
<i>Ilustración 2. 14. Porta Catalina</i>	29
<i>Ilustración 2. 15. Modelado Porta Catalina</i>	29
<i>Ilustración 2. 16. Eje</i>	29
<i>Ilustración 2. 17. Modelado Eje</i>	29
<i>Ilustración 2. 18. Modelo 3D Banco Dinamométrico Soft- Engine Motor Braker 120</i>	29
<i>Ilustración 2. 19. Volante vista frontal Sin Mecanizar</i>	30

<i>Ilustración 2. 20. Volante vista lateral Sin Mecanizar</i>	30
<i>Ilustración 2. 21. Vista frontal Volante Mecanizado</i>	31
<i>Ilustración 2. 22. Vista lateral Volante Mecanizado</i>	31
<i>Ilustración 2. 23. Vista frontal Volante Modelado</i>	31
<i>Ilustración 2. 24. Vista lateral Volante Modelado</i>	31
<i>Ilustración 2. 25. Modelado Acople Expansor</i>	31
<i>Ilustración 2. 26. Modelado Banco Dinamométrico</i>	32
<i>Ilustración 2. 27. Podadora John Deere E110</i>	33
<i>Ilustración 2. 28. Motor de Arranque Podadora John Deere E110</i>	33
<i>Ilustración 2. 29. Modelado Motor de Arranque</i>	34
<i>Ilustración 2. 30. Modelado Estructura de apoyo</i>	35
<i>Ilustración 2. 31. Modelado Estructura de apoyo con Motor de Arranque</i>	36
<i>Ilustración 2. 32. Banco Dinamométrico implementado con el motor de arranque</i>	36
<i>Ilustración 2. 33. Transmisión de movimiento del banco</i>	37
<i>Ilustración 2. 34. Diagrama de Grupos de Transmisión</i>	38
<i>Ilustración 2. 35. Diagrama de Bobina PVL</i>	65
<i>Ilustración 2. 36. Conexión del Apagado de emergencia</i>	66
<i>Ilustración 3. 1. Construcción del Acople Expansor</i>	43
<i>Ilustración 3. 2. Instalación del acople expansor con el volante en el eje</i>	44
<i>Ilustración 3. 3. Vista Panorámica de la Instalación</i>	44
<i>Ilustración 3. 4. Soldado de la estructura de apoyo</i>	45
<i>Ilustración 3. 5. Estructura de apoyo construida</i>	46
<i>Ilustración 3. 6. Sellado de la Estructura para mejorar su estética</i>	47
<i>Ilustración 3. 7. Instalación del Motor de arranque con su Estructura de apoyo en el Banco Dinamométrico</i>	48
<i>Ilustración 3. 8. Motor Arranque motor 4 tiempos</i>	50
<i>Ilustración 3. 9. Modelado Motor Arranque 4 tiempos</i>	50
<i>Ilustración 3. 10. Modelado Banco con base Prueba 2</i>	51
<i>Ilustración 3. 11. Construcción de la nueva estructura de apoyo</i>	52
<i>Ilustración 3. 12. Instalación del nuevo Motor de Arranque con su estructura de apoyo</i>	52
<i>Ilustración 3. 13. Cambio de sentido del sistema de arranque</i>	53
<i>Ilustración 3. 14. Banco con base invertida</i>	54
<i>Ilustración 3. 15. Base de apoyo invertida</i>	54
<i>Ilustración 3. 16. Volante con cinta reflectiva</i>	55
<i>Ilustración 3. 17. Tacómetro digital</i>	56
<i>Ilustración 3. 18. Switch de arranque</i>	59
<i>Ilustración 3. 19. Relé</i>	59
<i>Ilustración 3. 20. Porta Fusible</i>	60
<i>Ilustración 3. 21. Motor de Arranque</i>	60
<i>Ilustración 3. 22. Batería</i>	60
<i>Ilustración 3. 23. Portafusibles</i>	60
<i>Ilustración 3. 24. Bobina de alta PVL</i>	61
<i>Ilustración 3. 25. Diagrama de conexión del motor de arranque</i>	61
<i>Ilustración 3. 26. Switch de arranque</i>	62
<i>Ilustración 3. 27. Relé</i>	62
<i>Ilustración 3. 28. Porta Fusible</i>	63

<i>Ilustración 3. 29. Cables</i>	63
<i>Ilustración 3. 30. Conexión del Sistema de Arranque</i>	64
<i>Ilustración 3. 31. Diagrama del Sistema de apagado de emergencia</i>	65
<i>Ilustración 3. 32. Diseño de caja de mandos</i>	67
<i>Ilustración 3. 33. Impresora 3D Wanhao D12/230</i>	68
<i>Ilustración 3. 34. Aplicación Ultimaker Cura</i>	69
<i>Ilustración 3. 35. Interfaz de la Aplicación</i>	69
<i>Ilustración 3. 36. Laminado de la Caja de mandos</i>	70
<i>Ilustración 3. 37. Caja de mandos</i>	70
<i>Ilustración 3. 38. Caja de mandos con elementos implementados</i>	71
<i>Ilustración 3. 39. Caja de mando implementada en el Banco Dinamométrico</i>	71
<i>Ilustración 3. 40. Cartel de Uso del Equipo de Seguridad</i>	72
<i>Ilustración 3. 41. Conexión de la batería</i>	74
<i>Ilustración 3. 42. Botón de Paro de emergencia en posición OFF</i>	74

ANEXOS

<i>Anexo 1. Peso del Volante sin mecanizar para Tabla 2.3.....</i>	<i>80</i>
<i>Anexo 2. Peso Volante Mecanizado Tabla 2.3.....</i>	<i>80</i>
<i>Anexo 3. Prueba 1 de RPM obtenida en Prueba de Velocidad de Volante para Tabla 3.1</i>	<i>81</i>
<i>Anexo 4. Prueba 2 de RPM obtenida en Prueba de Velocidad de Volante para Tabla 3.1</i>	<i>81</i>
<i>Anexo 5. Prueba 2 de RPM obtenida en Prueba de Velocidad de Volante para Tabla 3.1</i>	<i>82</i>
<i>Anexo 7. Numeración M.A Podadora John Deere E110 para Tabla 3.1</i>	<i>82</i>
<i>Anexo 8. Numeración Motor Arranque de Motor 4 tiempos para Tabla 3.1</i>	<i>83</i>
<i>Anexo 6. Prueba con el Fugometro en el Motor IAME</i>	<i>83</i>
<i>Anexo 9. Prueba de compresión del motor IAME</i>	<i>84</i>

INTRODUCCIÓN

El proyecto propuesto sobre la “Implementación de un sistema de arranque eléctrico en el banco dinamométrico marca Soft Engine, modelo Braker Engine 120 para el accionamiento del motor parilla Iame Sudam 125cm³” para solucionar la problemática de la falta de un sistema de arranque eléctrico en el banco de potencia para el accionamiento del motor, el cual es uno de los motores mayormente utilizado en la industria del Karting. Al no contar con un sistema de arranque integrado y eficiente, la puesta en marcha del motor conlleva a realizarlo con una cuerda, lo que podría ocasionar accidentes al operador y requiere un gran esfuerzo físico.

Se diseñará un sistema de arranque eléctrico para su implementación en el banco dinamométrico para el accionamiento del motor IAME, con la finalidad de lograr un arranque rápido y seguro para así reducir el esfuerzo físico del operador. Para lograrlo, se diseñará el sistema de arranque eléctrico y se implementará en el banco de potencia para pruebas de funcionalidad con el motor.

PROBLEMA

Los motores mayormente utilizados en los Kart son motores IAME, que en los modelos antiguos se requiere un esfuerzo físico muy elevado para su puesta en marcha; debido a que no cuentan con un sistema de arranque propio.

En este proyecto, nos centraremos en un banco dinamométrico SOFT ENGINE que tiene instalado un Motor IAME Sudam 125cc, el problema del mismo es la puesta en marcha del motor, ya que, al no disponer de un sistema de arranque integrado y eficiente, comúnmente se lo realiza mediante una cuerda, lo que podría ocasionar que la misma pueda engancharse a la transmisión del motor, pudiendo provocar leves o serios accidentes al operador del equipo. Siendo por lo tanto este método peligroso, aparte de consumir demasiado esfuerzo físico para la persona que opera el banco.

ANTECEDENTES

Los motores de combustión interna son herramientas indispensables en la industria automotriz y en la ingeniería en general. Por lo cual los bancos de pruebas son una herramienta fundamental para medir el rendimiento y la potencia de los motores. En el caso específico de los motores utilizados en el karting, los motores IAME Sudam 125cc son ampliamente utilizados debido a su desempeño y bajo costo de mantenimiento y reparación. Sin embargo, estos motores en los modelos antiguos no cuentan con un sistema de arranque propio, lo que hace que la puesta en marcha sea un proceso manual que consume mucho esfuerzo físico y, en algunos casos, puede resultar peligroso.

Es por esto que se hace necesario desarrollar un sistema de arranque eléctrico que pueda ser implementado en el banco de potencia Soft-Engine Motor Braker 120 para el

accionamiento del motor IAME Sudam 125cc. Esto permitiría una puesta en marcha más rápida y segura del motor, y disminuiría el esfuerzo físico requerido para su operación.

IMPORTANCIA Y ALCANCES

Este proyecto se realiza para el beneficio a la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana, con el aporte al mejoramiento en la puesta en marcha del motor ubicado en el banco dinamométrico con la implementación de un sistema de arranque eléctrico el cual permitirá la realización de pruebas de funcionamiento de manera más segura y eficiente, lo que beneficiara a estudiantes y a docentes de la carrera de Ingeniería Automotriz que requieran realizar pruebas en investigaciones en el banco de potencia como practicas o identificación de funcionamiento.

DELIMITACIÓN

El presente proyecto, como Delimitación Geográfica se llevará a cabo en la Universidad Politécnica Salesiana en la Provincia del Azuay, Ciudad de Cuenca, ubicada al sur del Ecuador, la cual tiene una altitud de 2538 m.s.n.m, una superficie de 15730 hectáreas y una población aproximada de 580000 habitantes.¹



Ilustración 0. 1.Ubicación de la UPS

Fuente: Google Maps

¹ *Fuente:* (Alcaldía de Cuenca, s.f.)

Como Delimitación Temporal, el tiempo estimado para el desarrollo del presente proyecto es en el mes de agosto del 2022 con el propósito de desarrollar la implementación de un sistema de arranque eléctrico para facilitar el encendido del motor IAME.

Como Delimitación Académica, el proyecto realizado cumplirá con los parámetros establecidos por la Universidad Politécnica Salesiana, el cual está asociado al área de conocimiento de la Ingeniería Automotriz, específicamente con la materia de: Motores de combustión interna y Electricidad Automotriz

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema de arranque eléctrico en el banco dinamométrico marca Soft Engine, modelo Braker Engine 120 para el accionamiento del motor parrilla IAME Sudam 125 cm^3

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Investigar las generalidades del motor IAME Parilla Sudam 125cc y del banco dinamométrico Soft Engine Motor Braker 120, mediante la indagación de fuentes bibliográficas.
- Diseñar el sistema de arranque eléctrico para su implementación en el banco de potencia Soft Engine Motor Braker 120.
- Implementar el sistema de arranque en el banco dinamométrico para pruebas funcionalidad con el motor IAME Sudam 125cc.

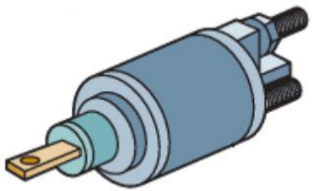



FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**1. Fundamentación teórica y Estado del Arte**

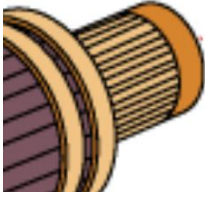
Los motores de combustión interna son ampliamente utilizados en diversas industrias, especialmente en la industria automotriz. En este caso, el motor utilizado en el banco dinamométrico Soft Engine Motor Braker 120, es un motor IAME Sudam de 125cc muy utilizado en carreras de karts por su bajo costo de mantenimiento, potencia y eficiencia. Este motor es del tipo de dos tiempos, es decir que en dos tiempos lineales del pistón (una revolución del cigüeñal) pasa por cuatro etapas termodinámicas, lo que le otorga mayor aceleración y velocidad en comparación con un motor de cuatro tiempos de la misma cilindrada. El arranque de este tipo de motores se suele realizar mediante un sistema de arranque por empuje, lo que requiere un esfuerzo físico considerable por parte del operador del banco. Una alternativa a este sistema es la introducción de un sistema de arranque eléctrico que agiliza el proceso y reduce el esfuerzo físico requerido. Para este proyecto, el objetivo fue implementar un sistema de arranque eléctrico que permitiera arrancar el motor IAME Sudam 125cc sin afectar la función y los objetivos de aprendizaje del banco dinamométrico Soft Engine Motor Braker 120.

Para implementar este sistema de arranque eléctrico, se deben considerar varios aspectos, como la posición del motor de arranque en el dinamómetro, el tipo de motor de arranque utilizado, el tipo de batería que requiere el sistema, etc. Se ha investigado mucho en el campo de la implementación de sistemas de arranque eléctrico en motores de combustión interna. Por ejemplo, en un estudio de Denia Guzmán y Francisco David buscaban diseñar y fabricar una caja de cambios para arrancar una moto de competición sin sistema de encendido propio.

1.1. Componentes Principales de un Motor de Arranque

Tabla 1. 1. Componentes Principales del Motor de Arranque

Elemento	Descripción	Imagen
Solenoid	<p>Cuando se activa el interruptor de inicio, el solenoide del motor de arranque, que tiene un núcleo de hierro y una bobina de alambre, mueve el pistón de accionamiento en la dirección de la rueda del motor.</p>	 <p><i>Ilustración 1. 1. Solenoide.</i></p>
Piñón de Accionamiento	<p>Se conecta al volante del motor cuando se enciende el solenoide y se encuentra en el final del eje inicial del motor. Transfiere la energía mecánica necesaria para iniciar el motor de combustión interna girando junto al motor de arranque.</p>	 <p><i>Ilustración 1. 2 Piñón de accionamiento.</i></p>
Engranaje Planetario	<p>Es un conjunto de engranajes que aumentan la velocidad de rotación del piñón de accionamiento y del motor de arranque. Al circular la energía por el solenoide, el piñón de accionamiento se acopla al volante motor y gira a gran velocidad gracias a dicho engranaje</p>	 <p><i>Ilustración 1. 3. Engranaje Planetario.</i></p>
Motor eléctrico	<p>Proporciona la energía para accionar y girar el piñón de accionamiento. Compuesto de alambre, un rotor y un estator este último genera el campo magnético que hace gira el motor y este transfiere la energía al piñón de accionamiento</p>	 <p><i>Ilustración 1. 4. Motor Eléctrico.</i></p>

<p>Cepillos y anillos colectores</p>	<p>Son componente que se utilizan para transferir la energía desde la batería al motor de arranque. Los cepillos son contactos eléctricos que hacen contacto sobre los anillos para que así fluya la energía eléctrica hace el motor.</p>	 <p><i>Ilustración 1. 5. Anillos colectores.</i></p>
---	---	---

Fuente: (Sánchez Gutiérrez)

1.2. Tipos de motor de arranque

Como sabemos el motor de arranque tiene a misión específica de encender el motor de combustión el cual puede variar dependiendo las diferentes demandas de mismo, entre estos podemos encontrar:

1.2.1 Motor de arranque de corriente continua (DC)

Este tipo de motor es el más utilizado en los motores de combustión interna, el cual funciona mediante el uso de corriente continua. Dentro de sus componentes principales se destacan los siguientes elementos:

- **Solenoide**
- **Motor eléctrico**
- **Piñón**
- **Carcasa.**

Para poner a funcionar el motor se gira la llave de encendió del vehiculo en el switch la cual manda una señal eléctrica al solenoide, que a su vez activa el motor eléctrico del motor de arranque que provoca que gire el piñón y se enganche con la corona dentada del motor de

combustión y lo pone en marcha, Luego que sucede esto se desconecta automáticamente.²



Ilustración 1. 6. Motor de Arranque DC

Fuente: Autores

1.2.2 Motor de arranque corriente alterna (AC)

Los motores de corriente alterna son comunes en aplicaciones de alta potencia, como en la industria y en la maquinaria pesada. Son muy eficientes y confiables, pero requieren un sistema especial para comenzar a funcionar. Este sistema se llama motor de arranque.

El motor de arranque de corriente alterna consta de dos componentes principales: un motor de corriente alterna y un interruptor de arranque. El motor de corriente alterna es un motor eléctrico que está diseñado para arrancar con una carga pesada. El interruptor de arranque es un dispositivo que se usa para conectar y desconectar el motor de corriente alterna. Cuando se activa el interruptor de arranque, el motor de corriente alterna comienza a girar, lo que permite que el motor principal se ponga en marcha.

El motor de arranque de corriente alterna funciona mediante el uso de un circuito de arranque y un circuito de funcionamiento. El circuito de arranque está diseñado para proporcionar la energía necesaria para arrancar el motor de corriente alterna y el circuito de

² *Fuente:* (Candela, 2009)

funcionamiento proporciona la energía necesaria para mantener el motor en marcha. El circuito de arranque utiliza una bobina de arranque y un condensador para crear un campo magnético que hace girar el motor de corriente alterna. Sus componentes principales son los siguientes:

Tabla 1. 2.Elementos de un Motor de Arranque AC

Elementos	Características
Motor AC	El motor de corriente alterna es el componente principal del motor de arranque. Está diseñado para manejar cargas pesadas y para proporcionar el par necesario para poner en marcha el motor principal. Los motores de corriente alterna se componen de un rotor, que gira dentro de un estator, que contiene los devanados de la bobina.
Interruptor de arranque	El interruptor de arranque es el dispositivo que se utiliza para conectar y desconectar el motor de corriente alterna. Se puede accionar manualmente o mediante un dispositivo automático, como un relé. Cuando se activa el interruptor de arranque, se proporciona la energía necesaria para iniciar el motor de corriente alterna.
Condensador	El condensador es un componente importante del circuito de arranque. Se utiliza para almacenar energía eléctrica y para liberarla rápidamente cuando se activa el motor de corriente alterna. El condensador ayuda a proporcionar el par necesario para iniciar el motor.
Bobina de arranque	La bobina de arranque es otro componente importante del circuito de arranque. Está diseñada para crear un campo magnético que ayuda a girar el rotor del motor de corriente alterna. La bobina de arranque se coloca en serie con el circuito de corriente alterna para proporcionar la energía necesaria para iniciar el motor.
Protección térmica	La protección térmica es un dispositivo de seguridad que se utiliza para evitar que el motor se sobrecaliente. Se activa cuando la temperatura del motor supera un cierto límite y desconecta automáticamente el motor de corriente alterna para evitar daños.

Fuente: (Inc. Inkwel Co., 1987)

Su funcionamiento es el siguiente para poner a funcionar el motor de arranque el aire

comprimido se dirige hacia el rotor a través de las válvulas, estas cuentan con unas paletas que se mueven y crean un flujo de aire que provoca que el rotor gire a gran velocidad. Este movimiento se transfiere al motor de combustión interna para ponerlo en marcha.

Este tipo de motores son utilizados en industrial y en maquinaria pesada, por la gran potencia que cuenta lo que los hace los más óptimos para este tipo de motores de combustión.

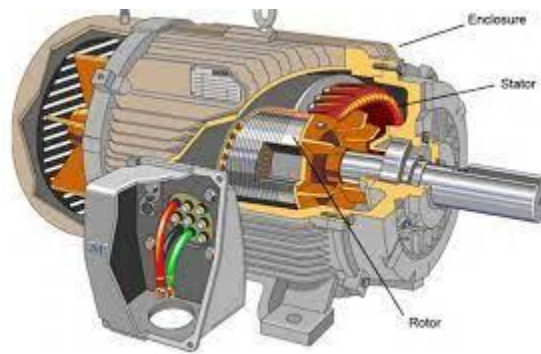


Ilustración 1. 7. Motor de Arranque AC

Fuente: (Apunte cátedra, s.f.)

1.2.3 Motor de arranque Neumático

Un motor de arranque neumático es un dispositivo que se utiliza para arrancar motores de combustión interna. Este tipo de motor de arranque utiliza aire comprimido para proporcionar la energía necesaria para girar el motor de combustión interna, consta de tres componentes principales:



Ilustración 1. 8. Motor de Arranque Neumático

Fuente: (Gen Mar Latam, s.f.)

Tabla 1. 3. Elementos del Motor de arranque Neumático

Elementos	Características
Carcasa	Es la estructura exterior del motor de arranque neumático. Proporciona la protección y el soporte necesarios para los componentes internos y está diseñada para soportar las fuerzas generadas durante el arranque del motor de combustión interna.
Rotor	Es un componente clave del motor de arranque neumático. Consiste en un disco que tiene una serie de paletas o aletas que se mueven dentro de la carcasa cuando el aire comprimido se dirige hacia el rotor. El movimiento del rotor proporciona el par necesario para arrancar el motor de combustión interna.
Válvulas	Son los componentes que se utilizan para controlar el flujo de aire comprimido hacia el rotor. Pueden ser válvulas manuales o automáticas y se utilizan para controlar la presión y el flujo de aire para garantizar un arranque suave y controlado.
Acoplamiento	Es el componente que se utiliza para transferir el movimiento del rotor del motor de arranque neumático al motor de combustión interna. Puede ser un acoplamiento directo o un acoplamiento flexible, dependiendo de la aplicación.
Conexiones de aire	Son los componentes que se utilizan para conectar el motor de arranque neumático al suministro de aire comprimido. Estas conexiones suelen ser tuberías o mangueras que se conectan al compresor de aire.

1.2.4 Motor de arranque hidráulico

Un motor de arranque hidráulico es un dispositivo utilizado para arrancar un motor de combustión interna que utiliza fluidos a alta presión en lugar de aire comprimido o electricidad para proporcionar la potencia necesaria para arrancar el motor. Los componentes principales del arrancador hidráulico incluyen: **la bomba hidráulica, el motor hidráulico, la válvula de control y el depósito de fluido hidráulico.**

Cuando se activa el motor de arranque hidráulico, la bomba hidráulica suministra fluido hidráulico a alta presión al motor hidráulico. El motor hidráulico convierte la energía hidráulica del fluido en energía mecánica para hacer girar el motor de combustión interna. La válvula de control se usa para controlar el flujo de fluido hidráulico al motor hidráulico y para controlar la velocidad de rotación del motor de arranque. Estos son ideales para instalaciones industriales y maquinaria pesada donde se requiere mucha potencia para arrancar motores grandes y potentes. También son útiles en entornos donde no se puede utilizar un motor eléctrico debido a peligros de explosión o peligro eléctrico. En general, el motor de arranque hidráulico es una solución confiable y segura para arrancar motores de combustión interna en entornos industriales y de maquinaria pesada. Utiliza fluido hidráulico para proporcionar la potencia necesaria para arrancar el motor y es una alternativa eficiente y segura a los arrancadores eléctricos o de gas.³

³ *Fuente:* (Inc. Inkwel Co., 1987)

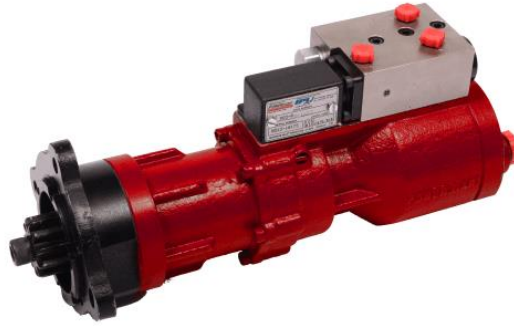


Ilustración 1. 9. Motor de Arranque Hidráulico

Fuente: (servintel, s.f.)

1.2.5 Motor de arranque pirotécnico

Los motores de arranque pirotécnicos son un tipo especial que se usa en algunos motores de aeronaves y helicópteros. En lugar de usar electricidad para hacer girar un motor de combustión interna, un iniciador pirotécnico usa una pequeña explosión controlada para hacer girar el motor. Consiste en un pequeño cartucho de pólvora colocado en la cámara de combustión. Cuando el cartucho se enciende, se produce una pequeña explosión que empuja el pistón hacia la cámara de combustión. Este movimiento del pistón se transmite a través del mecanismo de engranajes a la corona dentada del motor de combustión interna haciendo que gire.

Tan pronto como se enciende el motor de combustión interna, el iniciador de fuegos artificiales se apaga para que no pueda seguir girando. Este tipo de arrancador es muy eficiente y se utiliza en numerosas aplicaciones aeronáuticas por su fiabilidad y seguridad. Sin embargo, también tiene algunas desventajas, como tener que cambiar el cartucho de polvo después de cada uso, y el ruido y vibración que produce al arrancar.⁴

⁴*Fuente:* (Inc. Inkwel Co., 1987)




Ilustración 1. 10. Motor de Arranque Pirotécnico



Fuente: (Alamy, s.f.)

1.3. Sistema de Encendido

Tenemos que para un motor IAME Parilla el sistema de encendido es diferente a un sistema de un motor de combustión. El sistema de encendido en estos consta de varios componentes clave, que incluyen:

Tabla 1. 4. Componentes del Sistema de encendido.

Elementos	Características	Imagen
<p>Bobina de Encendido</p>	<p>En un motor Parilla, la bobina de encendido se encuentra ubicada en el extremo del cigüeñal y es responsable de generar la alta tensión necesaria para encender la mezcla de combustible y aire dentro de los cilindros. La bobina de encendido tiene dos terminales: una se conecta a la bujía y la otra a la unidad de control del encendido.</p>	 <p><i>Ilustración 1. 11. Bobina de encendido</i></p> <p><i>Fuente: Autores</i></p>

<p>Bujía</p>	<p>Es el componente encargado de producir la chispa necesaria para encender la mezcla de combustible y aire dentro de los cilindros. La bujía se encuentra ubicada en la culata del motor.</p>	 <p><i>Ilustración 1. 12. Bujía</i></p> <p><i>Fuente: Autores</i></p>
<p>Unidad de control del encendido</p>	<p>Es el componente que controla el momento adecuado para enviar la chispa a la bujía. En un motor Parilla, la unidad de control del encendido se encuentra integrada en la bobina de encendido</p>	 <p><i>Ilustración 1. 13.Unidad de control del encendido</i></p> <p><i>Fuente: Autores</i></p>

Fuente: (Earl Lester Consoliver, 1920)

El sistema de encendido en un motor Parilla es relativamente simple en comparación con otros motores de combustión interna. Sin embargo, es importante asegurarse de que todos los componentes estén en buenas condiciones para garantizar un rendimiento óptimo del motor. Además, es importante seguir el programa de mantenimiento recomendado por el fabricante para prolongar la vida útil del motor y evitar problemas.

Este sistema, al igual que en cualquier otro motor de combustión interna, es esencial para su correcto funcionamiento. Un problema en cualquiera de los componentes del sistema de encendido puede provocar dificultades para arrancar el motor, pérdida de potencia, vibraciones y un aumento en el consumo de combustible.

Para mantener el sistema de encendido en buen estado, es importante realizar el mantenimiento preventivo recomendado por el fabricante. Esto incluye revisar el estado de las bujías y reemplazarlas si están desgastadas o sucias. También es importante revisar la bobina de encendido y la unidad de control del encendido para asegurarse de que están funcionando correctamente. Si hay algún problema con estos componentes, es necesario reemplazarlos para evitar daños mayores en el motor.

Otro aspecto importante para considerar en el sistema de encendido del motor Parilla es el ajuste de la bujía. La distancia adecuada entre la bujía y el electrodo es esencial para garantizar una buena chispa y un buen funcionamiento del motor. Si la distancia no es la adecuada, se puede producir una chispa débil o nula, lo que puede provocar problemas en el rendimiento del motor.⁵

1.4. Mantenimiento del Motor de Arranque

Uno buen mantenimiento periódico del motor de arranque garantiza un correcto funcionamiento del mismo. Por lo cual hablaremos de las diferentes consideraciones para ello.

1.4.1. Limpieza

El primer paso en el mantenimiento es la limpieza del mismo. Es importante mantener el motor de arranque libre de suciedad, polvo, y cualquier otra sustancia que pueda obstruir su correcto funcionamiento. La suciedad y el polvo pueden acumularse en las partes móviles del motor de arranque y reducir su eficiencia. La limpieza se realiza utilizando un cepillo suave o una brocha, asegurándose de no dañar las piezas del motor.

⁵ (Candela, 2009)

1.4.2. Inspección Visual

Es importante realizar una inspección visual del motor de arranque para detectar cualquier signo de desgaste o daño. Se deben revisar todas las conexiones eléctricas y mecánicas para asegurarse de que estén en buenas condiciones. Además, se deben verificar los contactos del motor de arranque, los cepillos y los anillos deslizantes para detectar cualquier signo de desgaste.

1.4.3. Pruebas de diagnóstico

Las pruebas de diagnóstico son una parte importante del mantenimiento del motor de arranque. Estas pruebas pueden detectar cualquier problema con el motor de arranque y permitir la reparación antes de que el problema se convierta en una falla completa. Las pruebas de diagnóstico incluyen la comprobación de la resistencia eléctrica tanto de los cables de alimentación como el solenoide de arranque y las escobillas del motor de arranque, la tensión de la batería y la carga del motor de arranque en otras palabras el amperaje consumido del motor de arranque que tiene que oscilar entre 50 y 200 A.

1.4.4. Sustitución de piezas defectuosas

Si se detecta algún problema durante la inspección visual o las pruebas de diagnóstico, es necesario sustituir las piezas defectuosas. Las piezas que se deben sustituir con mayor frecuencia son los cepillos, los anillos deslizantes y los contactos del motor de arranque. La sustitución de estas piezas asegura que el motor de arranque tenga un rendimiento óptimo.

1.4.5. Lubricación

La lubricación del motor de arranque es importante para mantener sus piezas móviles en buen estado. Es recomendable lubricar las piezas móviles del motor de arranque al menos una vez al año para asegurarse de que no se desgasten demasiado. La lubricación se realiza utilizando grasa especial para motor de arranque, que se aplica con una brocha o un pulverizador. Algunas de dichas partes tienden a ser:

Tabla 1. 5. Tabla de elementos de limpieza

Elementos	Características
Cojinete del eje	El eje del motor de arranque está montado sobre un cojinete, que puede requerir lubricación. Dependiendo del diseño del motor de arranque, puede ser necesario aplicar una pequeña cantidad de lubricante en el cojinete del eje para reducir la fricción y el desgaste
Engranajes	El motor de arranque utiliza un sistema de engranajes para transmitir el torque del motor al volante del motor y girarlo. Estos engranajes también pueden beneficiarse de la lubricación adecuada. Se recomienda utilizar una grasa especial para engranajes que ayude a reducir la fricción y proteger los dientes de los engranajes contra el desgaste prematuro.

1.5. Motor Parilla IAME

El motor Parilla IAME es un tipo de motor externo utilizado en karting de alta competición. IAME es una empresa italiana que se especializa en la fabricación de motores para karts de carreras. El motor Parilla IAME es uno de los motores de carreras más populares y exitosos en el mundo del karting de competición.

El motor Parilla IAME está disponible en varias configuraciones de cilindrada, desde 60cc hasta 175cc, y se utiliza en diferentes clases de carreras de karting. La mayoría de los motores Parilla IAME tienen un diseño de dos tiempos, lo que significa que generan una potencia significativa con un peso relativamente bajo. Además, los motores Parilla IAME cuentan con tecnología de vanguardia, como el sistema de admisión de aire forzado, que mejora la eficiencia de combustión y la potencia.

Una de las ventajas del motor Parilla IAME es su durabilidad y confiabilidad. Los motores IAME son construidos con materiales de alta calidad y utilizan tecnologías avanzadas de fabricación. Además, los motores son sometidos a rigurosas pruebas y controles de calidad antes de ser puestos a la venta. Esto garantiza que los motores IAME sean altamente confiables y que puedan soportar las exigencias de las carreras de karting de alta

competición.

Otra ventaja del motor Parilla IAME es su facilidad de mantenimiento. El motor ha sido diseñado para que los mecánicos y pilotos puedan realizar el mantenimiento y las reparaciones necesarias de manera rápida y sencilla. Además, los repuestos y accesorios para los motores Parilla IAME son ampliamente disponibles en todo el mundo, lo que facilita su mantenimiento y reparación.⁶

El motor Parilla IAME también es conocido por su rendimiento. La potencia que produce el motor IAME es impresionante, lo que permite a los pilotos alcanzar velocidades muy altas en la pista. Además, la tecnología de admisión de aire forzado utilizada en los motores IAME mejora la eficiencia de combustión y la potencia del motor, lo que se traduce en un mayor rendimiento en la pista.

Además, el motor Parilla IAME es altamente personalizable. Los motores IAME pueden ser ajustados y personalizados para adaptarse a las necesidades específicas de cada piloto y cada pista. Esto significa que los pilotos pueden ajustar la potencia y la respuesta del motor para lograr el mejor rendimiento posible en la pista.⁷

1.6. Motor IAME Parilla Sudam 125 cm³

Es un potente motor de la marca IAME diseñado específicamente para Sudamérica de ahí su nombre Sudam, es el más utilizado en Karting gracias, a su gran potencia y desempeño, así mismo su bajo costo de reparación y mantenimiento que lo hace apto para dichos usos. El motor cuenta con los siguientes datos técnicos:

⁶ (tkart, s.f.)

⁷ (IAME Kating, s.f.)

Tabla 1. 6. Ficha técnica motor IAME Sudam 125 cc

Género	Kart
Cilindrada	123.67 cc
Diámetro del Cilindro	54mm
Carrera	54mm
Arranque	Empuje
Refrigeración	Aire
Marca	Parilla
Modelo	Sudam 125 cc
Potencia	32 HP
Carburador	Tillotson HL 334 AB
Número de Cilindros	1
RPM Máximo	15000 rpm

Fuente: (Ordoñez Ochoa & Sarmiento Correa, s.f.)



Ilustración 1. 14. Motor IAME Sudam 125cc

Fuente: Autores

1.7. Banco dinamométrico

El uso de un banco dinamométrico es esencial en investigación llevadas a cabo en universidades y centros tecnológicos especializados en mecánica entre otros más. Este equipo es diseñado específicamente para prevenir, identificar y analizar cualquier posible problema en los vehículos. Su principal función es medir y representar gráficamente y numeradamente la potencia y el par motor en función de la velocidad de giro del motor del vehículo.

1.7.1. Características de los Bancos dinamométricos

Una de las características principales de un banco dinamométrico son los frenos, estos son los que generan la carga necesaria para que el motor sea evaluado a su máximo rendimiento. Los tipos de frenos son:

1.7.1.1. Frenos de Fricción

Los frenos dinamométricos de fricción se distinguen por su capacidad para ser controlados por computadora en pruebas de tiempo limitado. Estos frenos tienen un disco móvil que está conectado al eje del motor y perforado para enfriar. Dos elementos rígidos deslizan sobre este disco y producen la resistencia que es medida por una celda de carga. El fuelle los acciona a través de una válvula que el ordenador controla.⁸

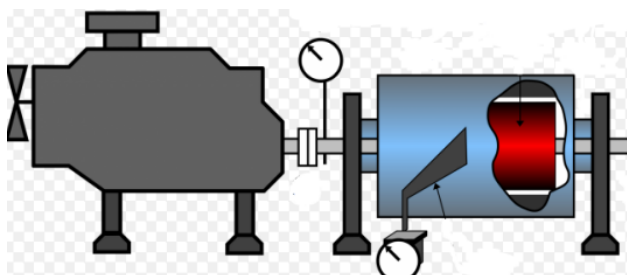


Ilustración 1. 15. Freno de Fricción

Fuente: (Ordoñez Ochoa & Sarmiento Correa, s.f.)

⁸ *Fuente:* (Patente n° WO1999067616A1, 1999)

1.7.1.2. Frenos Hidráulicos

Los frenos hidráulicos, también conocidos como hidrodinamómetros o manodinamómetros, funcionan utilizando un manómetro analógico o electromecánico para medir la presión. Este tipo de freno utiliza una celda hidráulica como sensor de fuerza, que contiene líquido que se presuriza según la fuerza que se le aplique. El manómetro muestra la cantidad de fuerza aplicada a la celda.⁹



Ilustración 1. 16. Freno hidráulico

Fuente: (Ordoñez Ochoa & Sarmiento Correa, s.f.)

1.7.1.3. Frenos de Corriente Parasitas o Foucault

Este tipo de máquina eléctrica usa las corrientes parásitas de Foucault que se producen en las máquinas eléctricas. En un freno de corrientes de Foucault, se aprovechan estas corrientes para generar la resistencia que se opone al movimiento del eje, a diferencia de los motores eléctricos, donde se intenta minimizar estas corrientes parásitas para aumentar su eficiencia. El rotor, con su diseño dentado, produce corrientes en el estator que se oponen al movimiento bajo un campo magnético creado por una bobina en el estator. Este campo magnético puede ajustarse electrónicamente. La potencia de frenado es igual y el par de

⁹ *Fuente:* (Asociados, 2009)

resistencia del freno es proporcional a la intensidad aplicada en la bobina.¹⁰



Ilustración 1. 17. Freno de Corrientes Foucault

Fuente: (Fernández Muñoz, 2017)

1.7.2. Banco dinamométrico Marca Soft-Engine Motor Braker 120

Este banco cuenta con una mecánica sólida y un frenado de gran capacidad, el motor a evaluarse se conecta al eje del freno y se controla desde la consola. Este banco está constituido por un batidor que cuenta con una base maciza fresada de chapa doblada, en donde se encuentra el freno por corriente Foucault el cual nos permite hacer pruebas con motores de hasta 130 CV¹¹. Este tipo de freno es el más utilizado y eficaz que existe, debido a su sencillez de manejo y cuenta con las siguientes características:

- **Gran velocidad de giro:** esta velocidad únicamente la limita los rodamientos y la estructura del rotor.
- **Escaso par residual:** Debido a que la potencia absorbida en vacío es mínima, es posible realizar pruebas a motores que se encuentren dentro de un amplio rango de potencia.

¹⁰ *Fuente:* (Fernández Muñoz, 2017)

¹¹ *Fuente:* (Balladares Pico & Saeteros Amorozo, s.f.)

- **Ningún desgaste del rotor:** El mantenimiento del freno se limita a realizar, de forma ocasional, una limpieza en el circuito de agua o reemplazar los rodamientos.
- **Elevada velocidad de respuesta:** Cualquier cambio en la excitación de la bobina se refleja inmediatamente en una modificación del par de frenado.
- **Varios modos de regulación:** Los frenos eléctricos se pueden ajustar con facilidad para operar a velocidades constantes o en características intermedias. Por lo tanto, estos frenos permiten la prueba de cualquier tipo de motor, ya sea térmico, eléctrico o de otro tipo.
- **Facilidad de automatización:** Debido a que la excitación del freno es completamente eléctrica, es sencillo programarlo en un ordenador.



Ilustración 1. 18. Banco Dinamométrico Soft-Engine Motor Braker 120

Fuente: Autores

2. Diseño del Sistema de arranque eléctrico para su implementación en el Banco de Potencia Soft-Engine Motor Braker 120**2.1. Introducción al diseño del sistema de Arranque.**

En este capítulo, se abordará en detalle el diseño de los componentes del banco dinamométrico, así como el diseño para la implementación del motor de arranque. Para cumplir con dichos objetivos utilizaremos el software Inventor. Este programa es utilizado y altamente reconocido por su interfaz intuitiva y herramientas potentes de diseño 3D lo que hace que el programa sea ideal para el diseño preciso y detallado de cada una de las piezas.

También se considerarán las especificaciones técnicas del motor IAME Sudam 125 cm^3 y del Banco dinamométrico Soft Engine Motor Braker 120, para lograr la compatibilidad y el óptimo funcionamiento del sistema de arranque para que este no afecte el funcionamiento del Banco.



Ilustración 2. 1. Banco Dinamométrico

Fuente: Autores

2.2. Toma de medidas

En esta etapa inicial del proceso de diseño del sistema, se realizaron las tomas de medidas precisas de cada uno de los componentes del banco dinamométrico como también número de dientes de cada engranaje. Esto es fundamental para tener garantizado que los modelos tridimensionales creados en el programa sean fieles y se asemejen a las dimensiones reales de los componentes. Al obtener medidas exactas, se puede realizar el modelado de cada componente y así obtener una representación digital en 3D del tamaño real del banco y elementos que lo componen. Una vez culminado este proceso se procede a realizar el modelado de cada elemento del banco para tener una referencia y así poder tener una idea del espacio que va a ocupar el motor de arranque.

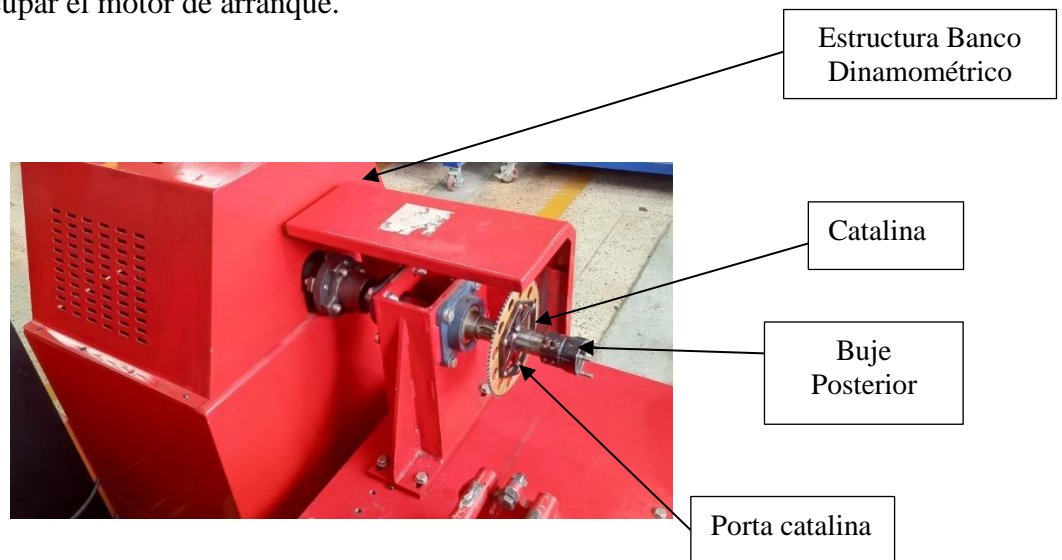
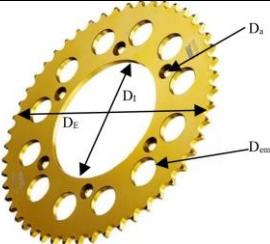
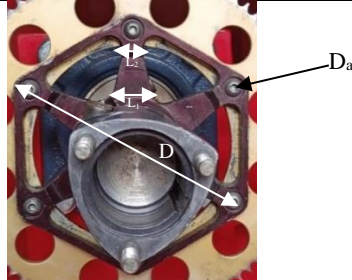
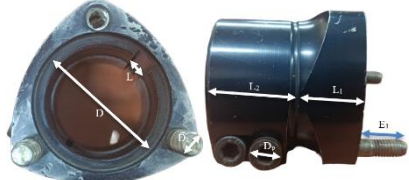

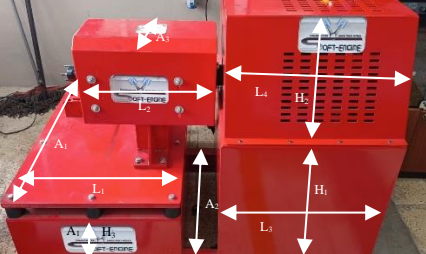


Ilustración 2. 2. Elementos Banco Dinamométrico

Fuente: Autores

Tabla 2. 1. Tabla de Medidas


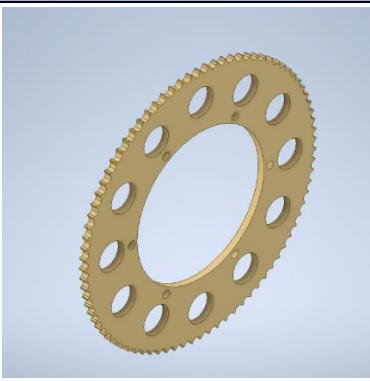

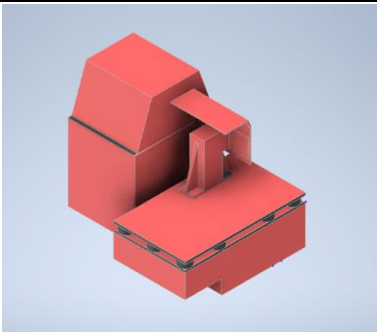


Elemento	Pieza	Dimensiones
<p>Catalina</p>	 <p><i>Ilustración 2.3. Catalina</i></p>	<p>Diámetro agujero (D_a) = 6 mm Diámetro Interno (D_i) = 114 mm Diámetro Externo (D_e) = 208 mm Diámetro embellecedores (D_{em}) = 22 mm Espesor = 8 mm Nº de dientes = 84</p>
<p>Porta Catalina</p>	 <p><i>Ilustración 2.4. Porta Catalina</i></p>	<p>Diámetro = 124 mm Diámetro agujero = 6 mm Espesor = 9 mm L_1 = 18 mm L_2 = 6 mm</p>
<p>Buje Posterior</p>	 <p><i>Ilustración 2.5. Buje Posterior</i></p>	<p>Diámetro(D) = 35 mm Diámetro (D_1) = 7.5 mm L = 8.4 mm L_1 = 3.3 mm L_2 = 28 mm D_p = 7.5 mm E_1 = 29.5 mm</p>
<p>Eje</p>	 <p><i>Ilustración 2.6. Eje</i></p>	<p>L_1 = 500 mm L_2 = 200 mm</p>
<p>Estructura Banco</p>	 <p><i>Ilustración 2.7. Estructura Banco Dinamométrico</i></p>	<p>A_1 = 1008.95 mm A_2 = 698 mm A_3 = 221.25 mm H_1 = 643 mm H_2 = 377.20 mm H_3 = 315.75 mm L_1 = 600 mm L_2 = 460 mm L_3 = 560 mm L_4 = 550 mm</p>


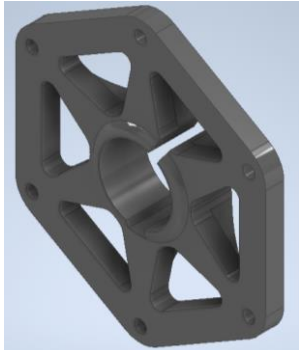

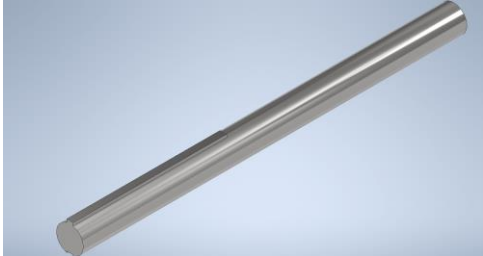
Fuente: Autores

2.3. Modelado de cada elemento

En este apartado, se presentará unas tablas donde se detallará las ilustraciones de cada una de las piezas, con su modelado en 3D, lo que permitirá al lector observar claramente cada una de las piezas utilizadas y consideradas en el proceso de ensamblaje de los elementos del banco y del motor IAME. Como resultado final obtendremos un diseño a escala del banco dinamométrico y del motor.

Tabla 2. 2. Tabla de Modelados

Elemento	Pieza	Modelado
Catalina	 <p data-bbox="618 1121 863 1150"><i>Ilustración 2. 8. Catalina</i></p>	 <p data-bbox="1089 1121 1446 1150"><i>Ilustración 2. 9. Modelado Catalina</i></p>
Banco	 <p data-bbox="483 1539 997 1568"><i>Ilustración 2. 10. Estructura Banco Dinamométrico</i></p>	 <p data-bbox="1040 1507 1495 1568"><i>Ilustración 2. 11. Modelado Estructura Banco Dinamométrico</i></p>
Buje Posterior		

	<i>Ilustración 2. 12. Buje Posterior</i>	<i>Ilustración 2. 13. Modelado Buje Posterior</i>
Porta Catalina	 <i>Ilustración 2. 14. Porta Catalina</i>	 <i>Ilustración 2. 15. Modelado Porta Catalina</i>
Eje	 <i>Ilustración 2. 16. Eje</i>	 <i>Ilustración 2. 17. Modelado Eje</i>

Fuente: Autores

Ya diseñadas todas las piezas se presenta el ensamblaje de las mismas para así tener el diseño del banco, el cual nos va a facilitar el análisis, el diseño y en qué espacio se implementará el motor de arranque.



Ilustración 2. 18. Modelo 3D Banco Dinamométrico Soft- Engine Motor Braker 120

Fuente: Autores

2.4. Diseño del sistema de arranque

Para el diseño del sistema de arranque se propuso el implementar un volante de inercia en el eje del banco dinamométrico, el cual será impulsado por un motor de corriente continua (DC), lo que permitirá un arranque de motor IAME eficiente y sin la intervención de esfuerzo físico alguno.



2.4.1. Diseño del Volante de Inercia



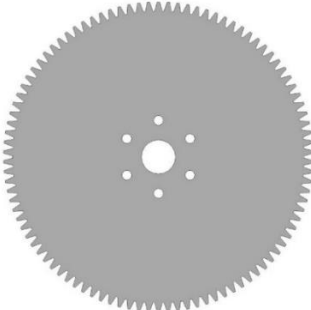
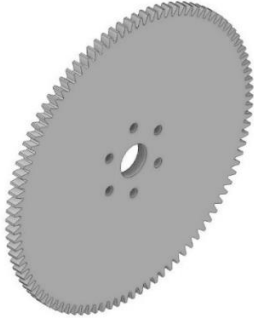
Se realizaron mejoras en el diseño del sistema de arranque mediante la incorporación de un volante de inercia. Para garantizar la eficiencia del banco dinamométrico, se llevó a cabo un proceso de mecanizado con el objetivo de reducir su peso. Una vez finalizado el mecanizado, se tomaron medidas de las nuevas dimensiones del volante para llevar a cabo su modelado en Inventor.

El volante de inercia se ubicará en el Buje Posterior con un acople expansor en el cual anteriormente se encontraba una rueda de Kart para genera el arranque al motor.

En la siguiente tabla se mostrará el volante motor antes y después de mecanizarlo incluyendo el peso, para tener una referencia del proceso que se le realizo y una imagen del modelado en 3D.

Tabla 2. 3. Tabla de Mecanizado y Diseño del Volante de inercia

Elemento	Peso	Vistas	
Volante Sin mecanizar	19.120 lb	 <i>Ilustración 2. 19. Volante vista frontal Sin Mecanizar</i>	 <i>Ilustración 2. 20. Volante vista lateral Sin Mecanizar</i>

<p>Volante Mecanizado</p>	<p>5.765 lb</p>	 <p><i>Ilustración 2. 21. Vista frontal Volante Mecanizado</i></p>	 <p><i>Ilustración 2. 22. Vista lateral Volante Mecanizado</i></p>
<p>Volante modelado</p>	<p>-----</p>	 <p><i>Ilustración 2. 23. Vista frontal Volante Modelado</i></p>	 <p><i>Ilustración 2. 24. Vista lateral Volante Modelado</i></p>

Fuente: Autores

Acople Expansor

Modelado 3D

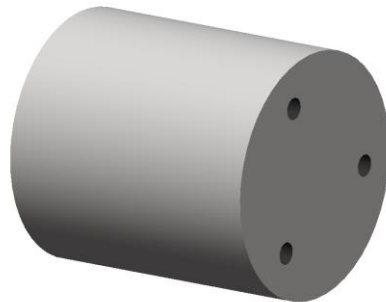


Ilustración 2. 25. Modelado Acople Expansor

Fuente: Autores

Teniendo dichas piezas modeladas procedemos a implementarlo en el modelo del banco para observar si debe modificarse en algún aspecto algún parámetro una de las piezas anteriores.

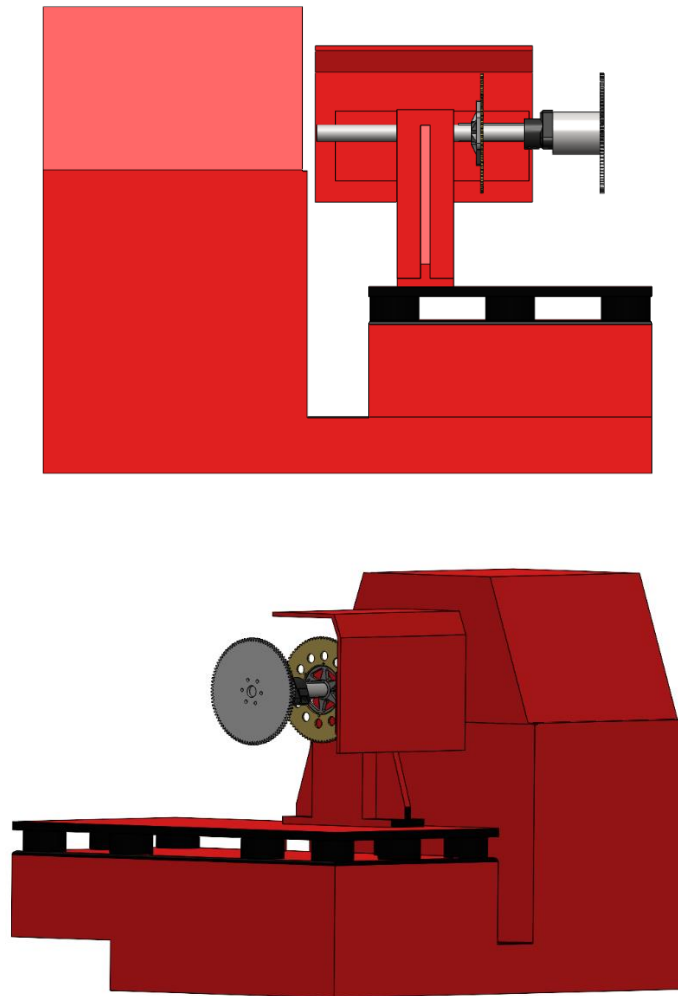


Ilustración 2. 26. Modelado Banco Dinamométrico

Fuente: Autores

Para realizar el arranque del motor, se seleccionará un motor de arranque DC en el cual se tomaron medidas para modelarlo, este motor proviene de una Podadora John Deere E110. se acoplará al volante de inercia y ocasionará que el eje gire, generando, una reacción

que encienda el motor. Este motor de arranque tiene las siguientes especificaciones técnica:



Ilustración 2. 27. Podadora John Deere E110

Fuente: Autores

Tabla 2. 4. Tabla de característica del Motor de arranque de Podadora John Deere E110

Denominación	Características
Tipo de Motor Arranque	DC (Corriente continua)
Voltaje de Funcionamiento	12 V
N° de Dientes del Piñón Bendix	14 dientes
Numeración	150916C

Fuente: Autores



Ilustración 2. 28. Motor de Arranque Podadora John Deere E110

Fuente: Autores

Modelado 3D

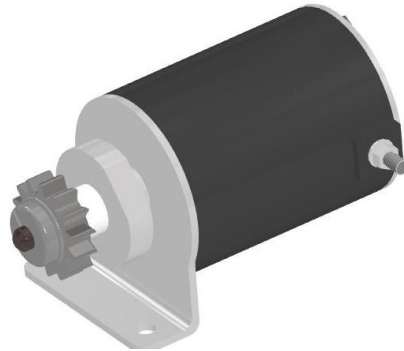


Ilustración 2. 29. Modelado Motor de Arranque

Fuente: Autores

Para que el motor de arranque funcione correctamente se debe construir una base para que el mismo tenga una superficie de soporte, esta base se realizara en relación a las medidas del motor de arranque y del banco para que no interfiera con ningún elemento para así no generar ninguna falla o error en el funcionamiento.

Teniendo todos estos datos se procede a diseñar la estructura donde ira apoyado el motor de arranque

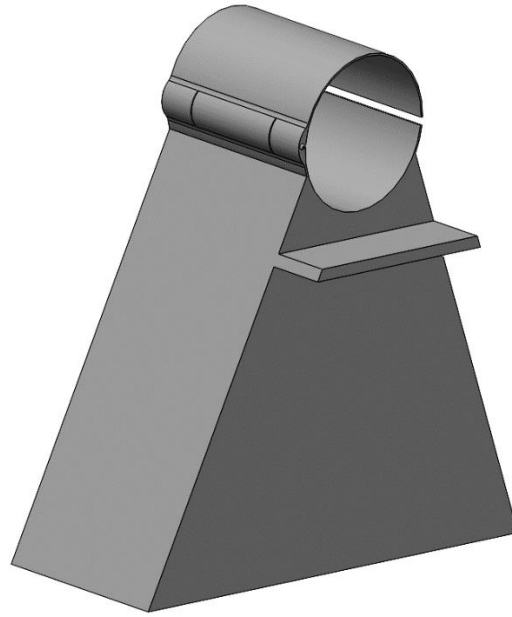


Ilustración 2. 30. Modelado Estructura de apoyo

Fuente: Autores

Ya diseñadas y planteadas todos los elementos que se van agregar al banco se procede a realizar el ensamble para ver qué tan preciso es el diseño propuesto y si no entorpece al banco dinamométrico.

En la ilustración 2.31 se muestra cómo se encuentran ensambladas la base con el motor de arranque.

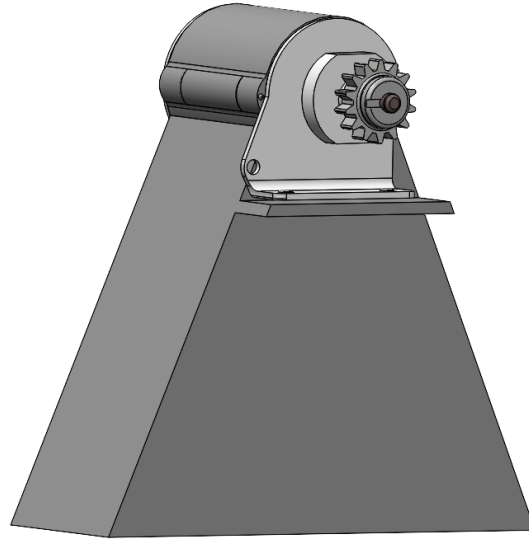


Ilustración 2. 31. Modelado Estructura de apoyo con Motor de Arranque

Fuente: Autores

Ya realizado el ensamble anterior procedemos a adicionarlo en el modelado del banco para observar la compatibilidad que tienen entre sí para así dar el visto bueno y proceder a diseñar la base en la vida real.

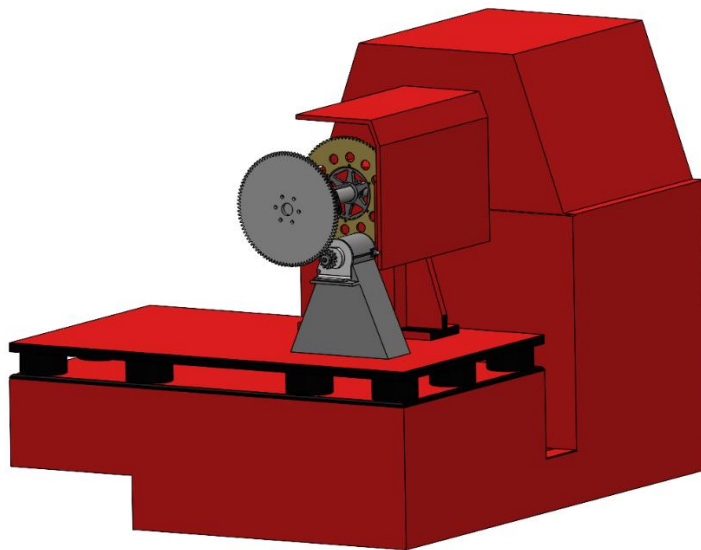


Ilustración 2. 32. Banco Dinamométrico implementado con el motor de arranque

Fuente: Autores

2.5. Cálculos de la relación de transmisión

Para comprender el comportamiento de la transmisión de movimiento en el sistema descrito, se plantea el siguiente escenario:

Tenemos un motor de arranque que suministra una cierta cantidad de revoluciones por minuto (rpm). Este motor de arranque tiene dientes que entran en contacto con el volante motor, el cual ha sido previamente mecanizado. El volante motor se encuentra en el eje compartido de una catalina.

La transmisión de movimiento se realiza a través de una cadena conectada al eje piñón del cigüeñal de nuestro motor IAME.

A continuación, se plantean los cálculos necesarios para comprender el funcionamiento de este sistema, por ello se optó de dividir el funcionamiento mediante grupos de transmisión, el funcionamiento de nuestro sistema se muestra en la figura 2.32.

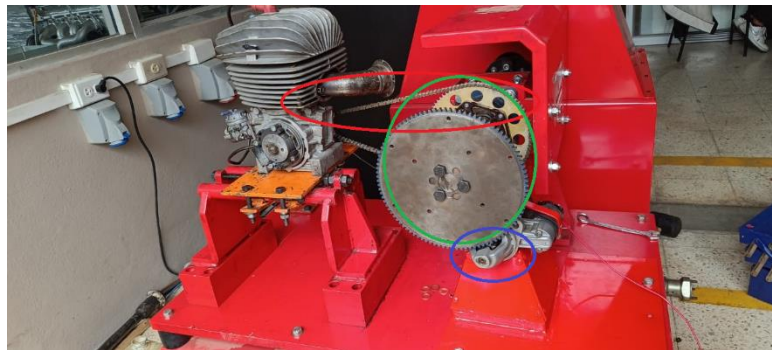


Ilustración 2. 33. Transmisión de movimiento del banco

Fuente: Autores

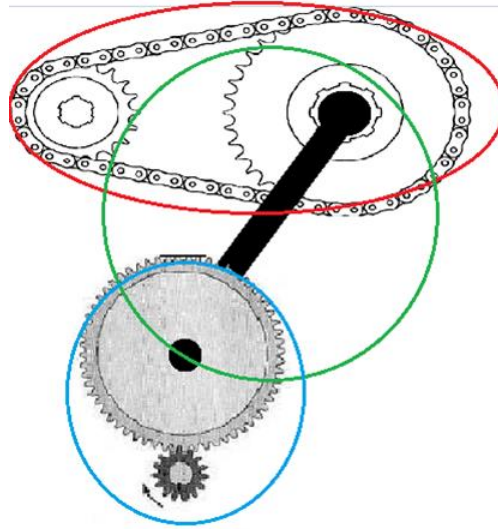


Ilustración 2. 34. Diagrama de Grupos de Transmisión

Fuente: Autores

En el contexto de la transmisión de movimiento en estudio, se han identificado tres grupos principales. En la ilustración 2.34 se observa la representación de estos grupos y sus respectivos componentes.

El primer grupo de color azul, resaltado en la ilustración 2.34 está compuesto por el piñón Bendix del motor de arranque y los dientes del volante motor. Estos dos elementos están directamente relacionados y su interacción es crucial para el correcto funcionamiento del sistema. El piñón Bendix se encarga de transmitir el movimiento desde el motor de arranque al volante motor, permitiendo el arranque del motor principal.

El segundo grupo, identificado en la ilustración 2.34 mediante el color verde, está formado por el volante y la catalina. Estos dos componentes están unidos por un eje, lo que les permite compartir el movimiento de manera eficiente. El volante, almacena energía cinética y actúa como un volante de inercia, mientras que la catalina es responsable de transmitir el movimiento hacia el siguiente grupo.

Por último, el tercer grupo de color rojo, representado en la ilustración 2.34, consiste

en la catalina que transmite el movimiento mediante una cadena al piñón del motor IAME. Esta cadena, al ser accionada por la catalina, impulsa el piñón del motor IAME, permitiendo así la transferencia de movimiento y la generación de fuerza motriz en el sistema.

Entonces una vez comprendido el proceso de transmisión de movimiento definiremos los datos y variables que se usaran posteriormente en los caculos de potencia, así tendremos la siguiente tabla de datos:

Tabla 1. 7. Tabla de Datos

Denominación	Descripción	Datos
Z_1	Número de dientes de dientes de piñón del motor de arranque	14
n_1	Número de rpm de entrada, en este caso del motor de arranque	666.6 rpm
Z_2	Número de dientes del volante	98
n_2	Número de rpm de salida transmitida de nuestro piñón béndix hacia el volante	X (incógnita a resolver)
Z_3	Número de dientes de la catalina	84
n_3	Número de rpm que se encuentra la catalina, en este caso las rpm de nuestra catalina serán las mismas que la del volante motor	$n_3 = n_2$
Z_4	Número de dientes del eje de	10

	nuestro motor IAME	
n_4	Número de rpm de encendido que tendrá nuestro motor IAME en este caso será nuestra incógnita debido a que la misma dependerá de nuestro número de rpm de nuestro motor de arranque.	X (incógnita a resolver)

Fuente: Autores

Una vez determinada y definida las variables de nuestro sistema lo que se procederá es a realizar el cálculo de los mismos, utilizando la siguiente fórmula:

$$Z_1 * N_1 = Z_2 * N_2$$

Remplazando a la misma con los datos ya asignado anteriormente obtendremos que

$$14 * 666,6 = 98 * n_2$$

$$n_2 = \frac{14 * 666,6}{98}$$

$$n_2 = 95,23 \text{ rpm}$$

Dando como tal un resultado de 95,23 rpm, dato comprendido a nuestro volante motor.

Como anteriormente se explicó que el volante de inercia y la catalina están unidas por un eje, por lo que se asignará el siguiente valor $n_2 = n_3$, sabiendo esto podemos decir que el valor de esta que será $n_3 = 95,23 \text{ rpm}$

Definido este mismo se procederá a calcular el número de rpm de encendido para el motor IAME, este otro grupo viene a ser comprendido por la catalina que se encuentra

conectado mediante cadena a la punta del eje de nuestro motor de combustión por lo que el cálculo viene a ser comprendido de la siguiente manera

$$Z_4 * N_4 = Z_3 * N_3$$

Definiendo que aquí la incógnita que nos queda es el número de rpm de encendido de nuestro motor IAME despejaríamos a la misma quedándonos la fórmula de la siguiente manera

$$N_4 = \frac{Z_3 * N_3}{Z_4}$$

Remplazando datos que daría de la siguiente manera

$$N_4 = \frac{95,23 * 84}{10}$$

$$N_4 = 799,9 \text{ rpm}$$

Dando como resultado que a nuestro motor IAME tiene unas 799,9 rpm de giro, satisfaciendo el número de rpm para conseguir el encendido de nuestro motor.

	CAPÍTULO III
	3. Implementación del sistema de arranque en el banco dinamométrico para pruebas funcionalidad con el motor IAME Sudam 125cc.

3.1. Implementación del Sistema de arranque

En el capítulo 3, se realizará la instalación del sistema de arranque diseñado en el Capítulo 2, con el objetivo de verificar el correcto funcionamiento e integración en el banco dinamométrico. Además, se integrará un sistema de apagado de emergencia para garantizar la seguridad durante las pruebas.

Durante el desarrollo de este proyecto, nos encontramos con un desafío significativo al intentar materializar nuestro sistema de arranque según lo previsto en el diseño. El problema principal que enfrentamos fue la correcta transmisión del movimiento. Basándonos en nuestras investigaciones y considerando el diseño inicial, decidimos utilizar un volante motor de un vehículo como elemento clave en nuestro sistema. Sin embargo, nos percatamos de que este componente presentaba un peso excesivo, lo cual afectaba negativamente el rendimiento general del sistema.

Con el objetivo de solucionar este problema, nos embarcamos en un proceso de mejora y optimización del volante motor. Después de un análisis minucioso, tomamos la decisión de mecanizar el volante, eliminando una capa de material para reducir su espesor. Esta modificación nos permitió aligerar considerablemente el peso del volante motor, lo que a su vez mejoró la eficiencia y la transferencia de energía en el sistema de arranque. Como resultado, logramos una mejora significativa en el rendimiento global del sistema, superando la barrera

inicial y acercándonos a nuestros objetivos planteados. Ver análisis de pesos del volante en la tabla 2.3. Tabla de Mecanizado y diseño del volante de inercia

No obstante, durante el proceso de implementación, nos encontramos con un nuevo desafío relacionado con la longitud del sistema. Al utilizar la longitud original, observamos que el acople del sistema tendía a chocar con la estructura del banco donde se encontraba ubicado. Este obstáculo planteaba la necesidad de encontrar una solución que nos permitiera ajustar la longitud de manera adecuada y evitar cualquier interferencia que pudiera comprometer el funcionamiento óptimo del sistema.

Con el fin de resolver este nuevo inconveniente, optamos por incorporar un acople ajustable que nos brindará la flexibilidad necesaria para adaptar la longitud del sistema a nuestras necesidades específicas. Esta solución nos permitió evitar colisiones con la estructura del banco y garantizar un funcionamiento eficiente del sistema de arranque.

Gracias a estas mejoras implementadas, se pudo superar los desafíos iniciales y lograr un sistema de arranque más eficaz y preciso. Estas optimizaciones contribuyeron a mejorar la operatividad general del sistema y nos acercaron a la consecución exitosa de nuestros objetivos planteados.



Ilustración 3. 1. Construcción del Acople Expansor

Fuente: Autores

Antes de instalar el sistema de arranque se instalará el acople en el buje posterior, ya instalado se seguirá como la instalación del volante de inercia mecanizada.



Ilustración 3. 2. Instalación del acople expansor con el volante en el eje

Fuente: Autores

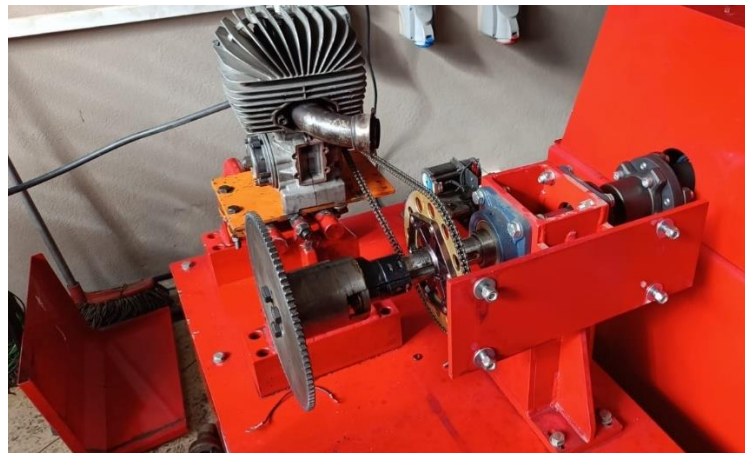


Ilustración 3. 3. Vista Panorámica de la Instalación

Fuente: Autores

3.1.1. Diseño de la base de apoyo del sistema (Prueba 1)

Con la finalización del modelado en 3D del sistema de arranque, se inicia la etapa crucial de construcción de la base de apoyo para el motor de arranque. En este componente esencial, hemos optado por utilizar una varilla angular de acero moldeada en forma de pirámide.

La selección de esta forma geométrica se basa en su capacidad para proporcionar una distribución óptima de carga y una eficiencia estructural destacada en comparación con otras alternativas.

La forma de pirámide nos brinda ventajas significativas en términos de distribución equitativa de cargas a lo largo de la estructura. Esto conlleva una mayor resistencia y una capacidad mejorada para soportar las fuerzas generadas durante el funcionamiento del motor de arranque. Al asegurar una distribución de estrés más uniforme, se minimiza el riesgo de deformaciones y fallas prematuras, asegurando la seguridad del sistema.



Ilustración 3. 4. Soldado de la estructura de apoyo

Fuente: Autores



Ilustración 3. 5. Estructura de apoyo construida

Fuente: Autores

Con el objetivo de fortalecer aún más la base de apoyo, se ha incorporado una placa de hierro en la parte inferior. Esta adición no solo aumenta la resistencia estructural, sino que también proporciona un punto de anclaje sólido para fijar la base a la estructura del banco dinamométrico. Esta conexión segura y estable es de vital importancia para garantizar un funcionamiento confiable del sistema de arranque durante las pruebas y evitar cualquier movimiento indeseado que pudiera afectar los resultados y la seguridad.

La estructura casi final es la siguiente que se instalara en el banco para realizar pruebas previas de funcionamiento, para ver si se cumple el objetivo por el cual fue construido. Si cumple con lo establecido se procederá a pintar la base del motor de arranque y realizar su instalación permanente.

Se busca mantener la fidelidad al diseño original, representado en la ilustración 3.3, se han realizado modificaciones adicionales en la construcción de la base de apoyo del motor de

arranque. Se ha decidido incorporar puntos de sujeción estratégicos para permitir la extracción del motor de arranque de manera sencilla y segura. Esta mejora se ha implementado con el objetivo de facilitar la realización de pruebas específicas en el banco dinamométrico, especialmente cuando se requiere evaluar un motor con un sistema de encendido integrado.

La inclusión de puntos de sujeción adicionales en la base de apoyo brinda la flexibilidad necesaria para separar el motor de arranque del sistema en caso de ser necesario. Esto permite realizar pruebas específicas en el motor de encendido sin interferencias, optimizando el proceso de evaluación y permitiendo un análisis más preciso de su rendimiento. Al proporcionar la capacidad de extraer el motor de arranque de manera fácil y rápida, se minimizan los tiempos de preparación y se maximiza la eficiencia del banco dinamométrico.

Con esta mejora, se garantiza que el sistema de arranque pueda adaptarse de manera flexible a las necesidades de las pruebas, permitiendo una mayor versatilidad y eficacia en el análisis de diferentes motores. Además, se promueve una metodología de trabajo más eficiente al facilitar el intercambio de componentes y la realización de pruebas específicas sin afectar la estructura de la base de apoyo.



Ilustración 3. 6. Sellado de la Estructura para mejorar su estética

Fuente: Autores

Posteriormente, se instaló el motor de arranque con su base en el banco dinamométrico para realizar las pruebas de encendido del motor IAME. Para el funcionamiento del motor de arranque, se debe conectar la carcasa a tierra y el terminal positivo en el terminal positivo de la batería.



Ilustración 3. 7. Instalación del Motor de arranque con su Estructura de apoyo en el Banco Dinamométrico

Fuente: Autores

Durante la etapa inicial de puesta en marcha del motor de arranque, nos encontramos con un desafío significativo: el motor existente no contaba con la fuerza necesaria para superar la resistencia generada por el Motor IAME. Conscientes de esta limitación, se tomó la decisión de buscar un motor de arranque más potente que pudiera superar esta fuerza y proporcionar el giro necesario para arrancar el motor de manera eficiente.

Tabla 3. 1. Tabla comparativa de motores de Arranque

Denominación	M.A Podadora John Deere E110	M.A
Tipo de Motor Arranque	DC (Corriente continua)	DC (Corriente Continua)
Voltaje de Funcionamiento	12 V	12 V
N° de Dientes del Piñón Bendix	14 dientes	9 dientes
Kilovatios	-----	0.8
Numeración	150916C	28000-197

Fuente: Autores

3.1.2. Diseño de la base de apoyo del sistema (Prueba 2)

El presente proyecto de tesis aborda el desafío de optimizar el sistema de arranque, teniendo en cuenta que el sistema utilizado inicialmente no logró proporcionar la potencia necesaria para generar el giro del motor. Como solución, se tomó la decisión de cambiar el motor de arranque existente y rediseñar la estructura de apoyo. Se optó por seleccionar un motor de arranque proveniente de un motor de 4 tiempos, ya que estos motores ofrecen una mayor potencia y eficacia en el encendido de motores similares, lo cual lo convierte en la opción más viable.

El primer paso fue el modelado del nuevo motor de arranque, tomando en cuenta las dimensiones establecidas, con el propósito de diseñar una base de apoyo que se adaptara de manera precisa al banco dinámico. Este enfoque permitió asegurar que la estructura no

obstaculizara el funcionamiento del banco ni causara daños tanto al motor de arranque como al banco en sí.



Ilustración 3. 8. Motor Arranque motor 4 tiempos

Fuente: Autores

Una vez completado el modelado detallado de cada componente, se procedió a realizar un ensamble virtual para evaluar el acabado final y asegurar que todos los elementos se integraran de manera adecuada. Posteriormente, se llevó a cabo la construcción de la estructura de apoyo.

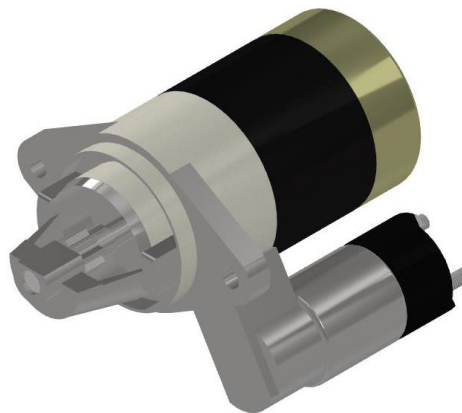


Ilustración 3. 9. Modelado Motor Arranque 4 tiempos

Fuente: Autores

Con el objetivo de facilitar la extracción del motor de arranque y su integración con el

volante motor, se realizó una modificación en la estructura de la base. Considerando que el nuevo motor de arranque era de mayor tamaño, se tomó la decisión de reducir el tamaño de la base para ubicarla estratégicamente en un lugar que permitiera un engrane fácil y preciso con el volante motor.

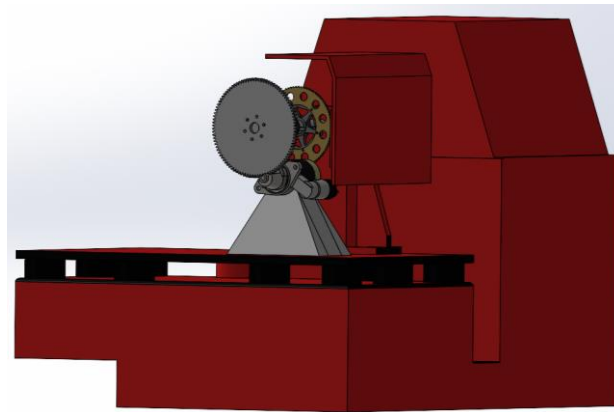


Ilustración 3. 10. Modelado Banco con base Prueba 2

Fuente: Autores

Esta adaptación en el tamaño de la base aseguró una alineación adecuada entre el motor de arranque y el volante motor, mejorando así la transferencia de energía y facilitando el proceso de arranque del motor. Además, se implementó una correa de sujeción en la base para garantizar la posibilidad de extraer fácilmente el motor de arranque cuando sea necesario. Esta correa proporcionó una sujeción segura y confiable, permitiendo un acceso rápido y sencillo para realizar ajustes o reemplazos en el motor de arranque sin comprometer la integridad de la base o del sistema en general.

Para reforzar aún más la estabilidad del motor de arranque durante las pruebas, se incorporó un punto de sujeción adicional en la parte inferior de la base. Este punto de sujeción se aseguró mediante un perno, lo que evitó cualquier movimiento no deseado y garantizó la estabilidad del motor de arranque durante las pruebas en el banco dinamométrico. Esta medida

adicional de seguridad previno posibles desplazamientos o vibraciones que pudieran afectar negativamente el rendimiento del sistema.



Ilustración 3. 11. Construcción de la nueva estructura de apoyo

Fuente: Autores

Ya realizada la estructura se prueba la estructura en el banco para ver cómo queda y realizar prueba en el banco para observar si el motor de arranque genera la fuerza necesaria para vencer la resistencia del motor para provocar el giro del Motor IAME.



Ilustración 3. 12. Instalación del nuevo Motor de Arranque con su estructura de apoyo

Fuente: Autores

3.1.1. Diseño de la base de apoyo del sistema (Prueba 1)

El sentido de giro del motor puede determinar la dirección de la fuerza de rotación y el flujo de energía dentro del sistema. Dependiendo de cómo se configure el sistema de encendido, el sentido de giro del motor puede tener un impacto directo en el encendido del mismo, la eficiencia general del motor.

Al darse cuenta de esta relación fundamental entre el sentido de giro y el encendido, se ha tomado la decisión de darle la vuelta a nuestra base. Esto implica un proceso de reconfiguración y rediseño de la infraestructura existente para adaptarla a la nueva dirección de giro del motor. Además, se ha llevado a cabo un nuevo dimensionamiento de la base para garantizar una distribución óptima de los componentes y permitir un flujo de energía eficiente en el sistema.



Ilustración 3. 13. Cambio de sentido del sistema de arranque

Fuente: Autores

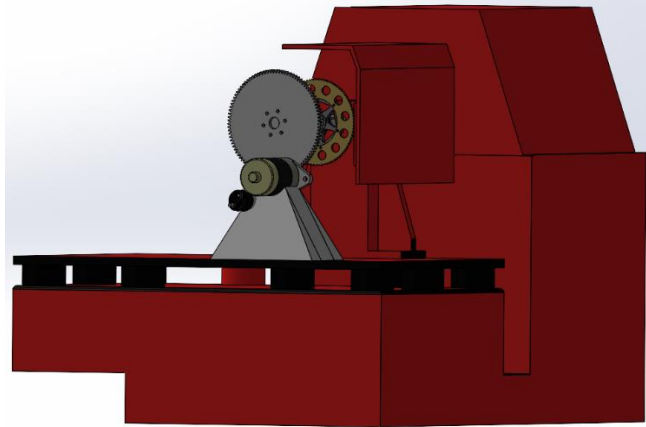


Ilustración 3. 14. Banco con base invertida

Fuente: Autores

La principal razón detrás de esta decisión es maximizar el rendimiento y la confiabilidad de nuestro motor. Al asegurarnos de que el sentido de giro sea compatible con el sistema de encendido, podemos lograr una combustión más eficiente, un funcionamiento más suave y potente del motor.



Ilustración 3. 15. Base de apoyo invertida

Fuente: Autores

3.2. Cálculos en base al nuevo motor de arranque

En el contexto de esta tesis, se realizó la incorporación de un nuevo motor de arranque en el sistema de transmisión de movimiento. Aunque se implementó un cambio en el motor de arranque, la idea general del sistema de transmisión se mantiene. Como resultado, es necesario realizar un pequeño reajuste en la toma de datos y análisis.

Se realizó una nueva recopilación de datos utilizando un tacómetro digital con el propósito de determinar la velocidad de rotación de nuestro volante de inercia. Para lograr esto, se aplicó un trozo de cinta reflectante en una sección del volante, tal como se ilustra en la figura adjunta.



Ilustración 3. 16. Volante con cinta reflectiva

Fuente: Autores

Consiguiente a ello con la ayuda del tacómetro tomamos la medida respectiva

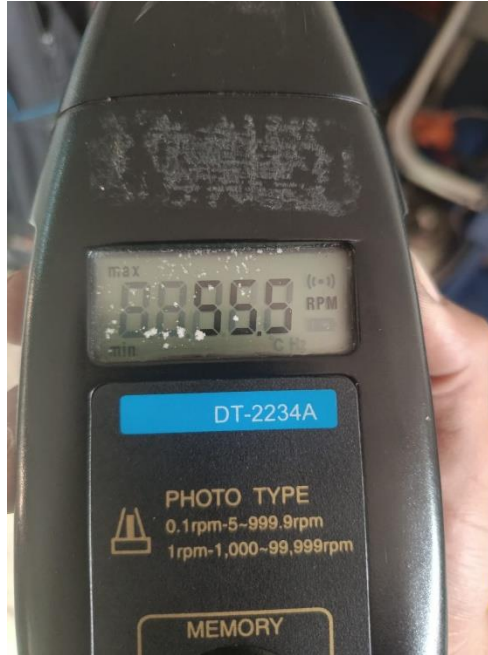


Ilustración 3. 17. Tacómetro digital

Fuente: Autores

Un aspecto clave que requiere atención es el piñón Bendix del motor de arranque, el cual ha experimentado una modificación en el número de dientes en comparación con el modelo anterior. Para proporcionar una información precisa y actualizada, se presenta la siguiente tabla con los nuevos valores de los dientes del piñón Bendix dando así un nuevo modelo de cálculo ahora con la entrada de rpm de nuestro volante de inercia:

Tabla 3. 2. Tabla de datos

Denominación	Descripción	Datos
Z_1	Número de dientes de dientes de piñón del motor de arranque	9
n_1	Número de rpm de salida, en este caso del motor de arranque	X (incógnita)
Z_2	Número de dientes del volante de inercia	98
n_2	Número de rpm de entrada, transmitida hacia nuestro piñón bendix hacia el volante	55.5 rpm

Z_3	Número de dientes de la catalina	84
n_3	Número de rpm que se encuentra la catalina, en este caso las rpm de nuestra catalina serán las mismas que la del volante motor	$n_3 = n_2$
Z_4	Número de dientes del eje de nuestro motor IAME	10
n_4	Número de rpm de encendido que tendrá nuestro motor IAME en este caso será nuestra incógnita debido a que la misma dependerá de nuestro número de rpm de nuestro motor de arranque.	X (incógnita a resolver)

Fuente: Autores

Para los cálculos es necesario comprender que el dato recolectado por medio del tacómetro digital viene a ser comprendido por la velocidad de giro de nuestro volante motor, por lo que para nuestros cálculos procederemos a calcular entorno a la relación de transmisión de giro del volante motor hacia el piñón béndix, por lo que remplazando la ecuación nos quedaría de la siguiente manera

$$Z_2 * n_2 = Z_1 * n_1$$

$$98 * 55.5 = 9 * n_1$$

$$n_1 = 604.33$$

El resultado me indica que mi motor de arranque girar a 604.33 rpm

Siguiente a ello cálculo de transmisión de la catalina hacia nuestro eje de motor, aquí como ya se especificó el número de rpm de nuestra catalina será el mismo que del volante de inercia, por lo que se le atribuye el valor de 55.5 rpm a nuestra catalina. Para determinar las rpm de nuestro eje del motor 2 tiempos, tendremos la siguiente ecuación

$$Z_4 * n_4 = Z_3 * n_3$$

$$10 * n_4 = 84 * 55.5$$

$$n_4 = 466.2$$

Este valor corresponde al número de rpm que gira nuestro motor, en este caso 466.2 rpm

3.2.1. Relación de transmisión

Para determinar el valor de relación de transmisión se usará la siguiente fórmula

$$i = \frac{\text{numero de rpm de mi engrane conducido}}{\text{numero de rpm de mi engrne conductor}}$$

Remplazando los datos en base a la relación de transmisión de mi volante moro con respecto al piñón béndix de mi motor de arranque la fórmula quedaría de la siguiente manera:

$$i = \frac{55.5}{604.33}$$

$$i = 0.091$$

Ahora para saber la relación de transmisión de mi catalina hacia mi engrane deleje del motor, aplicamos la misma fórmula quedándonos

$$i = \frac{466.2}{55.5}$$

$$i = 8.4$$

Quedando como tal los siguientes resultados

Tabla 3. 3. Tabla de Resultados

Elemento	Numero de rpm
Motor de arranque	604.33 rpm
Volante de inercia	55.5 rpm
Catalina	55.5 rpm
Eje del motor	466.2 rpm

Fuente: Autores

Tabla 3. 4. Tabla de Relaciones de transmisión


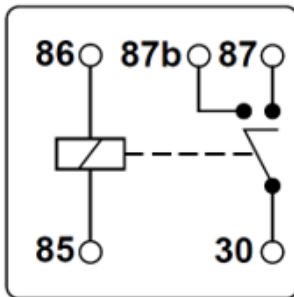
Conjunto	Relación de transmisión
Motor de arranque hacia el volante de inercia	$i= 0.091$
Volante hacia la catalina	$i= 1$
Catalina hacia el eje del motor	$i= 8.4$

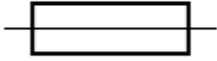
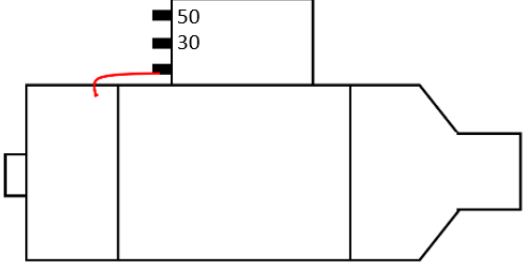
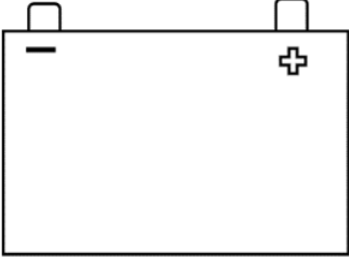

Fuente: Autores

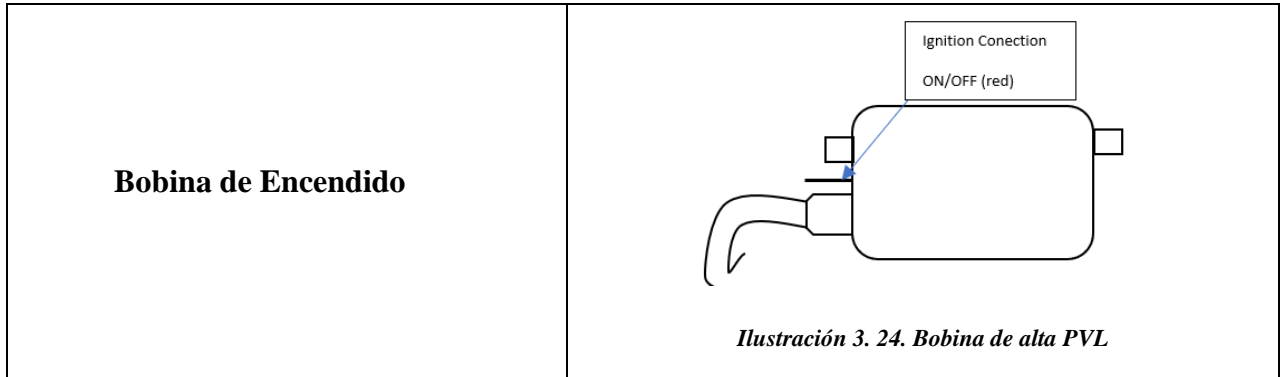
3.3. Tabla de Simbología del conexionado

En este apartado se establecerán la tabla de simbología de cada elemento eléctrico con el que cuenta el sistema de arranque que implementará en el banco para tener una base y una guía de cada elemento mostrado en los diagramas eléctricos.

Tabla 3. 5. Tabla de Simbología

Elementos	Imagen
Switch de arranque	 <p><i>Ilustración 3. 18. Switch de arranque</i></p>
Relé	 <p><i>Ilustración 3. 19. Relé</i></p>

<p>Porta fusibles</p>	 <p><i>Ilustración 3. 20. Porta Fusible</i></p>
<p>Motor de Arranque</p>	 <p><i>Ilustración 3. 21. Motor de Arranque</i></p>
<p>Batería</p>	 <p><i>Ilustración 3. 22. Batería</i></p>
<p>Interruptor</p>	 <p><i>Ilustración 3. 23. Portafusibles</i></p>



Fuente: Autores

3.4. Diagrama de conexión del Motor de arranque

Para que el motor de arranque funcione correctamente se debe realizar un correcto conexionado de sus elementos. El proceso de instalación del cableado se realizará siguiendo el siguiente diagrama de conexión.

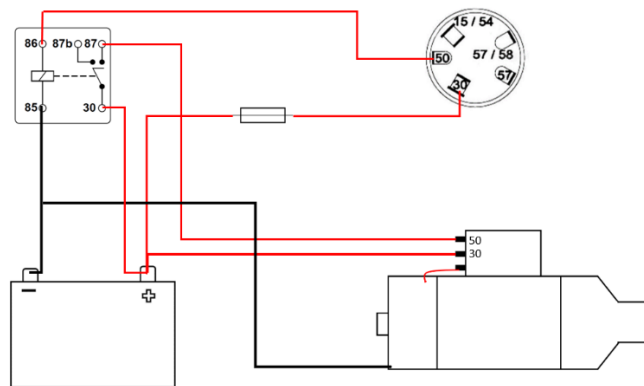


Ilustración 3. 25. Diagrama de conexión del motor de arranque



Fuente: Autores



El conexionado es el siguiente: Primeramente, se procederá con conectar el borne positivo de la batería a un terminal del portafusibles, el otro terminal se conectará a 30 del switch de arranque que es batería, luego se conectará el terminal 50 al 86 del relé y el terminal 85 se conectará directamente al borne negativo de la batería o a tierra. Ya realizado el conexionado anterior se procederá a conectar el borne positivo de la batería al terminal 30 del

relé y el terminal 87 se conectará al terminal 50 del motor de arranque, este conexasionado proporcionará que el relé del motor de arranque accione el piñón béndix para que engrane con el volante, pero para que funcione en su totalidad y el gire se debe conecta el borne positivo de la batería al terminal 30 del motor de arranque y el borne negativo al cuerpo del mismo.

Una vez realizado el diagrama de conexión se procede a numerar los elementos que se necesitan para realizar el armado del conexasionado

Tabla 3. 6. Tabla de elementos del Sistema de Arranque

Elementos	Imagen
<p style="text-align: center;">Switch de arranque</p>	 <p style="text-align: center;"><i>Ilustración 3. 26. Switch de arranque</i></p>
<p style="text-align: center;">Relé</p>	 <p style="text-align: center;"><i>Ilustración 3. 27. Relé</i></p>

<p>Porta fusibles</p>	 <p><i>Ilustración 3. 28. Porta Fusible</i></p>
<p>Cables</p>	 <p><i>Ilustración 3. 29. Cables</i></p>

Fuente: Autores

Con todos los elementos disponibles se procede a armar el circuito teniendo en cuenta las distancias apropiadas para poder garantizar que los cables no queden a plena vista y expuesto, con la facilidad de que alguien los manipule.

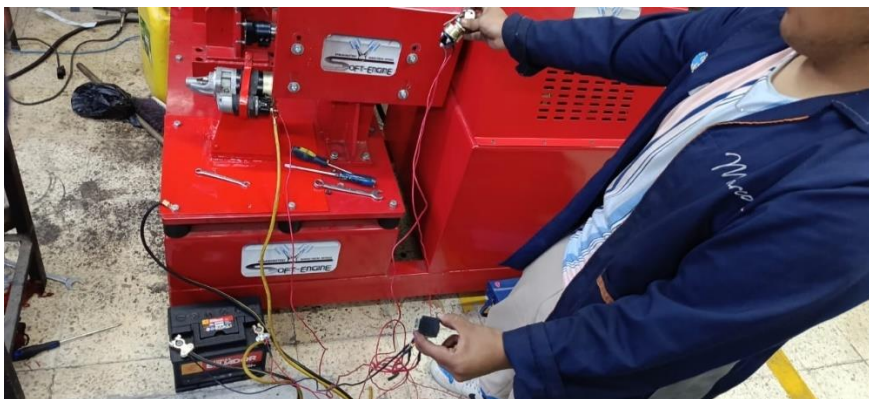


Ilustración 3. 30. Conexión del Sistema de Arranque

Fuente: Autores

Teniendo ya hecho el conexionado se procederá a colocarlo en una tubería corrugada para ordenar el cableado y a su vez no dañar la estética del banco, pero esto se realizará después de realizar el conexionado del sistema de apagado de emergencia.

3.5. Sistema de Apagado de emergencia

El sistema de apagado de emergencia se utiliza por si ocurre una falla en el banco mientras está en funcionamiento, el sistema es simple lo que realiza es un corte de la energía de la bobina de alta para así evitar que se produzca la chispa, esto se produce debido a que se realiza un corte en el paso de corriente lo que provoca que la bobina no trabaje y al no tener paso de energía no genere la chispa que es el elemento principal para la combustión al no tener esto no puede combustionar la mezcla dentro del cilindro lo que provoca que el motor se apague y deje de girar y se frene. Este corte se genera conectando la tierra con el terminal rojo de la bobina, si estos se desconectan la bobina puede continuar funcionando.

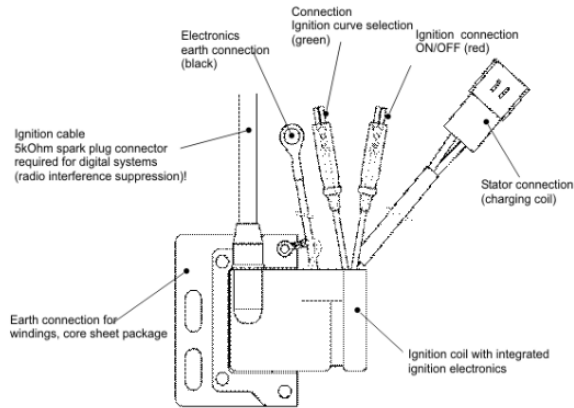


Ilustración 2. 35. Diagrama de Bobina PVL

Fuente: (manualzz, s.f.)

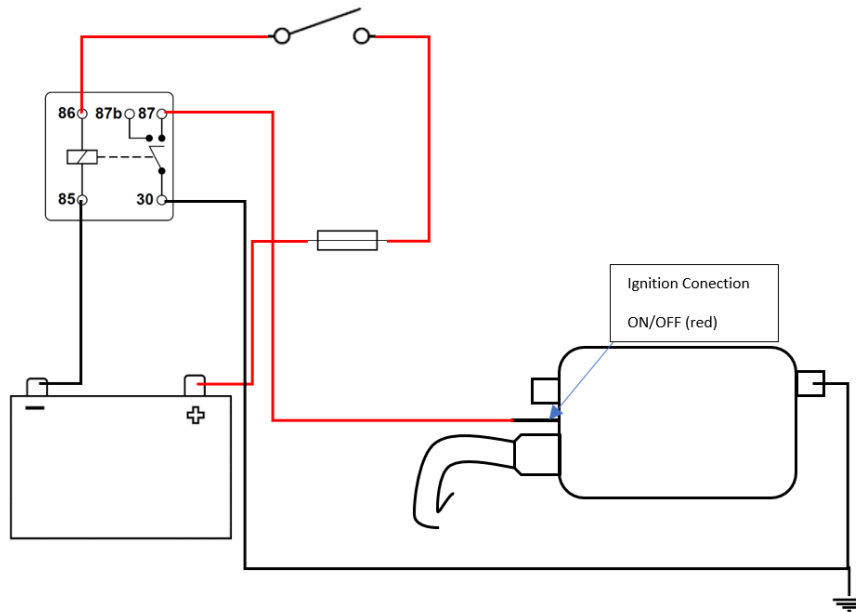


Ilustración 3. 31. Diagrama del Sistema de apagado de emergencia

Fuente: Autores

El conexionado es simple, el borne positivo de la batería se conectará al portafusibles y del mismo se conectará a un terminal del interruptor, del otro terminal del interruptor se conectará al terminal 86 del relé que es el terminal positivo del bobinado, Luego se conectará el terminal negativo de la batería al terminal 85 del relé para así cerrar el circuito del bobinado

y que este se accione. Ya conectado el bobinado se procede a conectar el terminal 87b a tierra que en nuestro caso sería un tornillo de sujeción del bobinado y el terminal 30 terminal del cable rojo quedando de la siguiente manera.

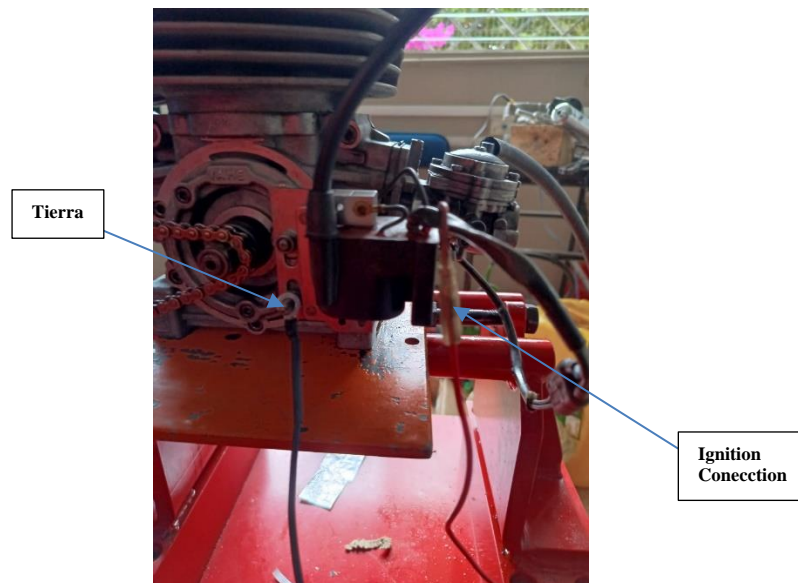


Ilustración 2. 36. Conexión del Apagado de emergencia

Fuente: Autores

3.6. Elementos adicionales

Después de completar el conexionado de los elementos, se procede a diseñar una caja de mandos para albergar los componentes. El objetivo general del diseño es evitar dañar la estética del banco y mantener todo organizado.

En el diseño de la caja de mandos se incluyó el switch, el interruptor, los relés y los portafusibles. Estos elementos son fundamentales para controlar el encendido del motor y apagado del mismo. Al colocarlos se logra proteger los elementos de cualquier daño externo y que no interfiera visualmente con el entorno.

Para asegurar que el diseño sea funcional y preciso, se procedió a toma de medida de cada elemento que se va a ubicar en cada caja. Esto nos permite ubicarla correctamente los

componentes y encajen, logrando un diseño ordenado y eficiente.

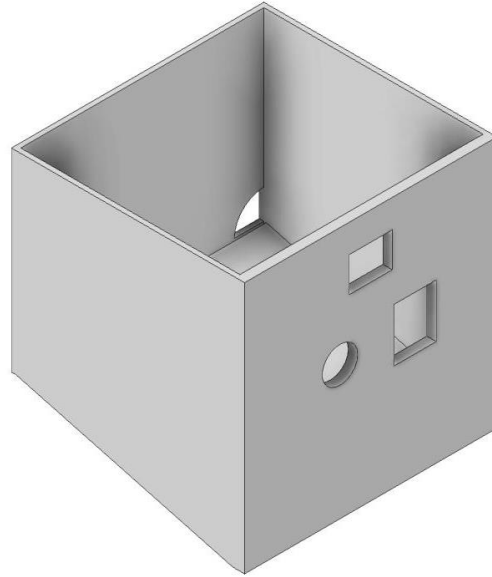


Ilustración 3. 32. Diseño de caja de mandos

Fuente: Autores

Luego de haber realizado el modelado se procederá a meterlo en un programa de laminador para que la impresora de impresión 3D pueda leer el modelo y poder imprimirlo, la impresora a utilizar es una Wanhao D12/230.

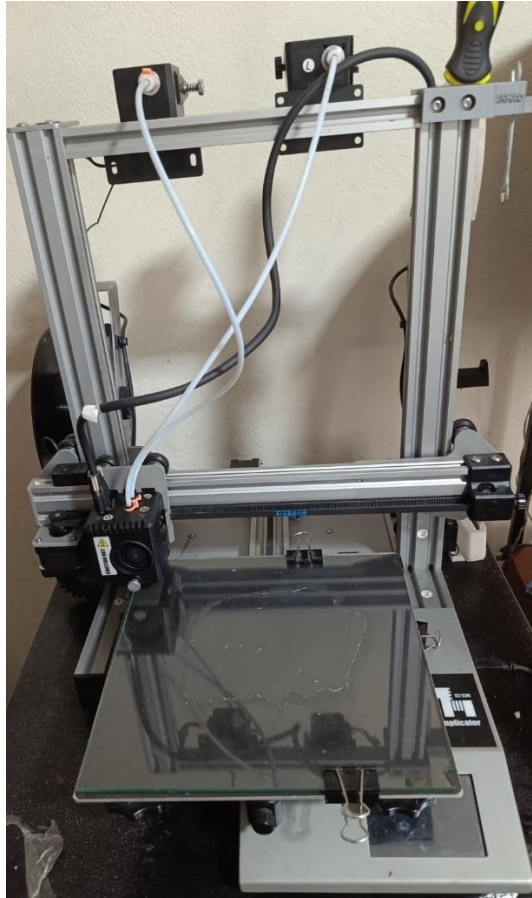


Ilustración 3. 33. Impresora 3D Wanhao D12/230

Fuente: Autores

El programa laminador seleccionado es Ultimaker Cura que es el programa mayormente utilizado por la comunidad 3D. Es una herramienta versátil y potente que nos permite preparar los modelos digitales para su impresión.

Este programa es popular por su amplia gama de características y funcionalidades. El programa nos ofrece una interfaz intuitiva que nos facilita cargar los modelos, visualizarlos y manipularlos antes de su impresión como puede ser la velocidad de impresión, densidad de relleno, grosor de capa y otros más parámetros. Este programa es compatible con la mayoría de impresoras, lo que nos brinda una flexibilidad de trabajo con diferentes modelos y marcas.



Ilustración 3. 34. Aplicación Ultimaker Cura

Fuente: Autores

Se ingresa el modelo a la aplicación para laminarla y proceder a imprimir.

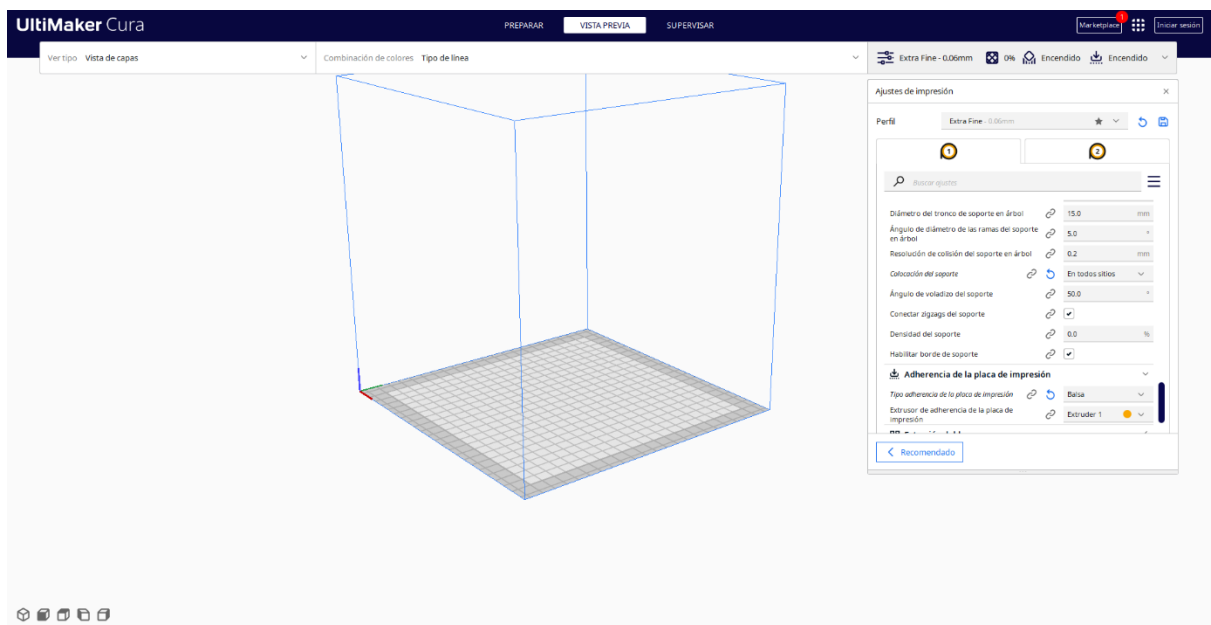


Ilustración 3. 35. Interfaz de la Aplicación

Fuente: Autores

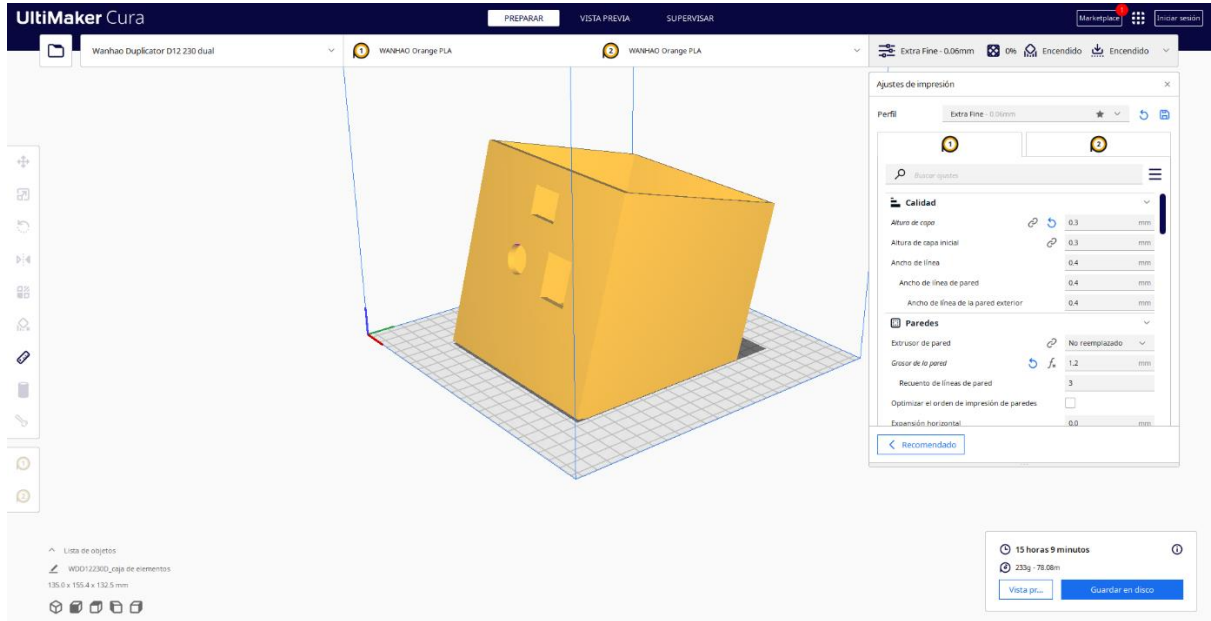


Ilustración 3. 36. Laminado de la Caja de mandos

Fuente: Autores

Terminado el proceso de impresión de los elementos obtenemos diseñados en el programa hechos en plásticos para su ubicación en el banco, pero antes de ello se procede a ensamblar todos los elementos para observar si encajar y no existe un error en la impresión.

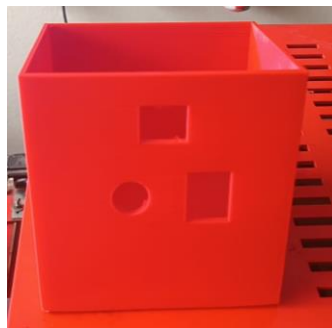


Ilustración 3. 37. Caja de mandos.

Fuente: Autores

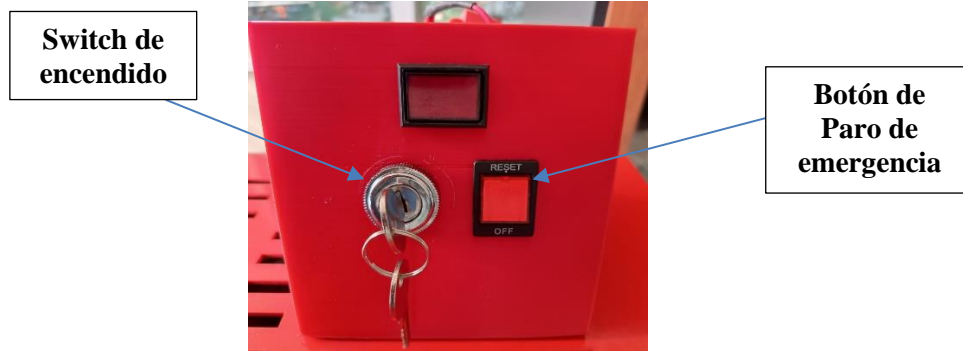


Ilustración 3. 38. Caja de mandos con elementos implementados

Fuente: Autores

Como se puede observar en la ilustración 3.39 los elementos encajan a la perfección y no tienen ningún tipo de juego o se salen de su ubicación, hecha la comprobación anterior se procede a fijarlo al banco para que así se cumpla la facilidad de encender el banco con el giro simplemente de una llave y apagado del mismo mediante un botón.



Ilustración 3. 39. Caja de mando implementada en el Banco Dinamométrico

Fuente: Autores

3.7. Pasos para el uso del sistema de arranque

En este apartado hablaremos del proceso para poder utilizar el sistema de arranque eléctrico implementado en el banco dinamométrico y el proceso de utilización del sistema de paro de emergencia.

3.7.1. Puesta en marcha del sistema de arranque

Antes de empezar a utilizar el banco debemos tener todo el equipo de protección especificado en la Ilustración 3.40 para poder trabajar el laboratorio de MEP/KART.



Ilustración 3. 40. Cartel de Uso del Equipo de Seguridad

Fuente: Autores

Ya con la indumentaria correcta procedemos a ubicarnos en el banco dinamométrico Soft-Engine Motor Braker 120, en donde realizaremos ajustar previos para su uso.

1. Empezaremos con ajustar todos los pernos del banco y los pernos que sujetan al motor para asegurar que durante el funcionamiento no exista algún riesgo o fallo.
2. El segundo punto se realizará la mezcla aceite combustible debido a que es un

motor dos tiempos lo que significa que su lubricación se realiza mediante esta mezcla. La mezcla adecuada del este motor es de 8 Oz de aceite dos tiempos por 1 galón de combustible super.

- Realizados los pasos anteriores procedemos a seleccionar una batería en buen estado y tenga un estado de carga optimo que se encuentre entre un 100 – 80 %.

Tabla 3. 7. Tabla de Porcentaje de Carga

Voltaje	Porcentaje de carga	Situación
13 V	100%	Carga Reciente
12.5 V	80%	Óptima
12.3 V	60%	Óptima
12.1 V	40%	Carga limitada
11.9 V	20%	Carga necesaria
Menos de 11,7 V	0%	Recargar batería obligatoriamente

Fuente: (motor.es, s.f.)

- Con la batería seleccionada procedemos a ubicarla en el banco para conectar los borne positivo y negativo a los terminales como se muestra en la siguiente ilustración.

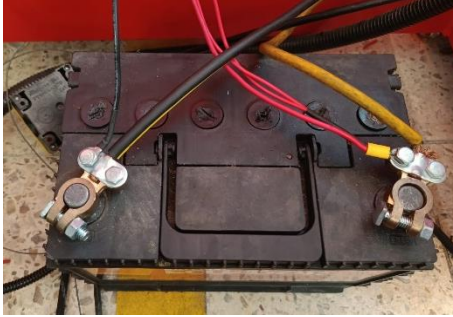


Ilustración 3. 41. Conexión de la batería

Fuente: Autores

5. Con la batería conectada procedemos a ubicarnos en la caja de mandos en donde encontraremos el switch de arranque, el interruptor de paro de emergencia y un indicador luminoso que nos indica el estado del switch (ilustración 3.38).
6. Ubicada la caja de mando procedemos primeramente a comprobar que el botón de paro de emergencia se encuentre en OFF, si es el caso podemos proceder a realizar la puesta en marcha del sistema de arranque.



Ilustración 3. 42. Botón de Paro de emergencia en posición OFF

Fuente: Autores

7. Con la llave en el switch procedemos a girarla para que accione el motor de

arranque y este ponga en marcha el motor IAME.

3.7.2. Proceso de Apagado del motor

Para detener el motor se utiliza el sistema de paro de emergencia el cual conecta a masa la conexión de chispa para cortarla y no se generé.

El proceso de apagado es el siguiente:

1. Nos ubicamos en la caja de mandos y localizamos el botón de paro de emergencia dicho botón debe encontrarse en la posición OFF
2. Ubicado el botón únicamente procedemos a pulsarlo, lo que ocasionara que el motor se apague sin esfuerzo alguno y así maximizando la seguridad del operario si ocurre algún accidente.

3.8. CONCLUSIONES

Una parte fundamental de este trabajo, fue realizar una investigación bibliográfica exhaustiva sobre el motor de arranque previamente implementado. Al analizar y comprender cómo funcionaba este, se pudo identificar sus fortalezas y debilidades, lo que nos permitió tomar decisiones informadas sobre la mejora y optimización de nuestro nuevo de sistema de arranque.

Al tomar mediciones precisas del banco de potencia existente, se obtuvo información precisa sobre sus dimensiones, ubicación de los componentes y cualquier restricción espacial que debía tenerse en cuenta. Esto permitió diseñar un soporte personalizado que encajara de manera óptima en el entorno del banco de potencia, maximizando la eficiencia y la funcionalidad del sistema de arranque.

La implementación del sistema de arranque en el banco dinamométrico para pruebas de funcionalidad con el motor IAME Sudam 125cc ofrece beneficios significativos en términos de facilidad de uso, confiabilidad, seguridad al operador, eficiencia en la recolección de datos y adaptabilidad. Estos beneficios contribuyen a mejorar la calidad y el rendimiento de las pruebas realizadas en el banco dinamométrico, permitiendo un análisis más preciso y confiable del motor.

3.9. RECOMENDACIONES

Como recomendación, es importante considerar factores que puedan influir en la pérdida de potencia de movimiento, como fue el caso en este proyecto donde se experimentaron pérdidas de potencia con la aplicación del primer motor de arranque mismo que no supero el hacer girar nuestro sistema.

Una consideración clave en este análisis es tener en cuenta los sentidos de giro del motor de arranque. El sentido de giro correcto es crucial para un encendido adecuado del motor, ya que un giro en la dirección incorrecta puede afectar negativamente el proceso de arranque.

Hay que considerar la correcta mezcla de combustible para que el motor de 2 tiempos tenga una combustión ideal y lograr un óptimo encendido. Además de procurar que este se encuentre ajustado a las bases de nuestro banco, y asegurarnos de un tensado óptimo de la cadena del mismo.

Bibliografía

- Alamy. (s.f.). Obtenido de <https://www.alamy.es/cartucho-de-sistema-de-inicio-english-electric-canberra-motor-jet-cartuchos-para-contacto-de-rolls-royce-avon-turbo-jet-starter-para-primeros-planos-jet-image218654018.html>
- Alcaldía de Cuenca. (s.f.). Obtenido de <http://cuencaecuador.com.ec>
- Apunte *catedra*. (s.f.). Obtenido de Introducción a motor trifásico de inducción: http://www3.fi.mdp.edu.ar/electrica/maquinasyaccionamientos/subir/1.Teoria_apuntes_de_catedra/mae_2019_apunte_catedra6_introduccion_motor_trifasico_de_induccion.pdf
- Arichávala Alvarracin, A. M., & Jerez Guamán, C. G. (s.f.). *Diseño e implementación de un software para adquisición y visualización de parámetros funcionales del banco dinamoétrico marca Armfield modelo CM11*. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15068>
- Asociados, M. y. (2009). La Guía MetAs. Jalisco: MetAs S.A.
- Balladares Pico, L. M., & Saeteros Amorozo, D. J. (s.f.). *Implementación de un sistema de adquisición de datos y pruebas de funcionamiento de un banco dinamoétrico*. Obtenido de <http://dspace.esoch.edu.ec/handle/123456789/4656>
- Candela, T. (2009). *Automotive Wiring and Electrical Systems*. CarTech Inc.
- dahkee*. (s.f.). Obtenido de Motor De Arranque - 028000-2970: https://www.dahkee.com/es/product/DK_Starter-asian-16468.html
- Earl Lester Consoliver, G. I. (1920). *Automotive Ignition Systems*. McGraw-Hill.
- Feijoo Agila, M. L., & García García, V. O. (septiembre de 2016). *Adecuación del banco dinamoétrico marca Armfield CM11 para el acoplamiento de diferentes motores ciclo Otto*. Obtenido de Universidad Politecnica Salesiana: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12826>
- Fernández Muñoz, P. F. (30 de 06 de 2017). *Universitat Politècnica de València*. Obtenido de Diseño e Implementación del sistema de control electrónico para frenos por corriente de Foucault. Aplicación a bancos de potencia para automóviles: <https://riunet.upv.es/handle/10251/84224>
- Gen Mar Latam*. (s.f.). Obtenido de ARRANCADORES NEUMÁTICOS AUSTART.
- Hernandez Rueda, A., & Leonardo, C. (05 de Noviembre de 2013). *Diseño y construcción de un banco de pruebas de un motor diesel*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.11912/1178>
- IAME Kating*. (s.f.). Obtenido de <https://www.iamekarting.com>
- Inc. Inkwell Co. (1987). *Automotive Electrical Handbook: How to Wire Your Car from Scratch*. Penguin.
- Luis, C. C. (1999). *Patente n° WO1999067616A1*.
- manualzz*. (s.f.). Obtenido de PVL Racing Ignition Installation Instructions: <https://manualzz.com/doc/24153380/pvl-racing-ignition-installation-instructions>
- motor.es*. (s.f.). Obtenido de Estado de batería: <https://www.motor.es/noticias/comprobar-estado-bateria-del-coche-202067832.html>
- Muñoz Valle, D. G., & Pilla Tite, B. L. (13 de abril de 2021). *Universidad Politecnica Salesiana*. Obtenido de Repotenciación de un banco dinamoétrico didáctico con la integración de un sistema de instrumentación virtual elaborado en Labview: <http://dspace.esoch.edu.ec/handle/123456789/15861>
- Ordoñez Ochoa, T. E., & Sarmiento Correa, J. V. (s.f.). *Elaboración de guías metodológicas de aprendizaje aplicadas al banco dinamoétrico Soft Engine 120 con motores de karting de*

125cc para el laboratorio MEP - KART. Obtenido de Universidad Politecnica Salesiana:
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23668>

Pedro Navarro, E. d. (01 de Enero de 2007). *DISEÑO Y CALCULO DE UN SISTEMA DE ARRANQUE DE MOTOS DE COMPETICION*. Obtenido de Universitat Politècnica de València:
<https://riunet.upv.es/handle/10251/19178>

Sánchez Gutiérrez, M. (s.f.). *Mantenimiento del sistema de arranque del motor del vehículo (MF0626_2)*. IC Editorial.

servintel. (s.f.). Obtenido de Motor de Arranque hidráulico M28 Pre-Acoplado:
<https://servintel.com/es/productos/5-ipu/96-sistemas-de-arranque/129-arranque-hidraulico/P563-motor-de-arranque-hidraulico-m28-pre-acoplado>

tkart. (s.f.). Obtenido de BRUNO GRANA Y IAME CÓMO EMPEZÓ TODO:
<https://tkart.it/es/magazine/editorial/empezo-historia-de-iame/#1>

ANEXOS



Anexo 1. Peso del Volante sin mecanizar para Tabla 2.3



Anexo 2. Peso Volante Mecanizado Tabla 2.3



Anexo 3. Prueba 1 de RPM obtenida en Prueba de Velocidad de Volante para Tabla 3.1



Anexo 4. Prueba 2 de RPM obtenida en Prueba de Velocidad de Volante para Tabla 3.1



Anexo 5. Prueba 2 de RPM obtenida en Prueba de Velocidad de Volante para Tabla 3.1



Anexo 6. Numeración M.A Podadora John Deere E110 para Tabla 3.1



Anexo 7. Numeración Motor Arranque de Motor 4 tiempos para Tabla 3.1



Anexo 8. Prueba con el Fugometro en el Motor IAME



Anexo 9. Prueba de compresión del motor IAME