



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

PROPUESTA TECNOLÓGICA

TITULO: “DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS QUE PERMITA EL DIAGNÓSTICO DE FALLAS EN MOTORES DE ARRANQUE ANTES DE SU ENSAMBLAJE EN EL AUTOMÓVIL, PARA LA ELECTROMECAÁNICA HERRERA UBICADA EN EL SECTOR DE LASSO, PROVINCIA DE COTOPAXI, EN EL PERÍODO ACADÉMICO MAYO 2020 - SEPTIEMBRE 2020”

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Electromecánico

Autor:

Andrade Huertas Cristian Patricio

De La Cruz Tapia Edison Manuel

Tutor:

Freire Andrade Verónica Paulina Ing. Ms.C.

Luigi Orlando Freire Martínez Ing. Ms.C.

Latacunga – Ecuador

Septiembre 2020

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA

Nosotros, Andrade Huertas Cristian Patricio y De la Cruz Tapia Edison Manuel, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS QUE PERMITA EL DIAGNÓSTICO DE FALLAS EN MOTORES DE ARRANQUE ANTES DE SU ENSAMBLAJE EN EL AUTOMÓVIL, PARA LA ELECTROMECAÁNICA HERRERA UBICADA EN EL SECTOR DE LASSO, PROVINCIA DE COTOPAXI, EN EL PERIODO ACADÉMICO MAYO 2020 - SEPTIEMBRE 2020”, siendo el Ing. Ms.C. Freire Andrade Verónica Paulina y Ing. Ms.C. Luigi Orlando Freire Martínez tutores del presente trabajo; y eximimos expresamente a la universidad técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga. Septiembre 2020

.....

Andrade Huertas Cristian Patricio
C.I. 050423008-7

.....

De la Cruz Tapia Edison Manuel
C.I. 050399870-0



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de tutor del trabajo de Investigación sobre el título:

“DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS QUE PERMITA EL DIAGNÓSTICO DE FALLAS EN MOTORES DE ARRANQUE ANTES DE SU ENSAMBLAJE EN EL AUTOMÓVIL, PARA LA ELECTROMECAÁNICA HERRERA UBICADA EN EL SECTOR DE LASSO, PROVINCIA DE COTOPAXI, EN EL PERIODO ACADÉMICO MAYO 2020 - SEPTIEMBRE 2020”, de los ponentes: Andrade Huertas Cristian Patricio y De la Cruz Tapia Edison Manuel, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho informe Investigativo cumple con los requisitos metodológicos y aportes científicos-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyectos que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga. Septiembre 2020

.....
Ing. Ms.C. Freire Andrade Verónica Paulina

C.I. 050205622-9



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de tutor del trabajo de Investigación sobre el título:

“DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS QUE PERMITA EL DIAGNÓSTICO DE FALLAS EN MOTORES DE ARRANQUE ANTES DE SU ENSAMBLAJE EN EL AUTOMÓVIL, PARA LA ELECTROMECAÁNICA HERRERA UBICADA EN EL SECTOR DE LASSO, PROVINCIA DE COTOPAXI, EN EL PERIODO ACADÉMICO MAYO 2020 - SEPTIEMBRE 2020”, de los ponentes: Andrade Huertas Cristian Patricio y De la Cruz Tapia Edison Manuel, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho informe Investigativo cumple con los requisitos metodológicos y aportes científicos-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyectos que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga. Septiembre 2020

.....
Ing. Ms.C. Luigi Orlando Freire Martínez

C.I. 050252958-9



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de tribunal de Lectores, aprueban el presente informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Andrade Huertas Cristian Patricio y De la Cruz Tapia Edison Manuel, con el título de proyecto de titulación:

“DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS QUE PERMITA EL DIAGNÓSTICO DE FALLAS EN MOTORES DE ARRANQUE ANTES DE SU ENSAMBLAJE EN EL AUTOMÓVIL, PARA LA ELECTROMECAÁNICA HERRERA UBICADA EN EL SECTOR DE LASSO, PROVINCIA DE COTOPAXI, EN EL PERIODO ACADÉMICO MAYO 2020 - SEPTIEMBRE 2020”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Septiembre 2020

Para constancia firma:

.....
Lector 1 (Presidente)
Ing. Gallardo Molina Cristian Fabián
C.I. 050284769-2

.....
Lector 2
Ing. Moreano Martínez Edwin Homero
C.I. 050260750-0

.....
Lector 3
Ing. Reinoso Peñaherrera Héctor Raúl
C.I. 050215089-9



AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primera mente a Dios, por brindarme salud y fuerza para seguir adelante en mi vida, y constancia para mantenerme firme en todo mi proceso de formación.

Quiero agradecer a mis seres queridos, mis padres Jenny y Patricio por ser mi inspiración y mi apoyo en todo el transcurso de mi vida, ya que sin su apoyo no hubiera podido realizar mi sueño de ser profesional.

Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrir sus puertas y permitirme ser parte de esta prestigiosa institución ya que, gracias a ello, pude formar parte de esta gran familia de Electromecánicos, y a todos los docentes por las anécdotas y conocimientos impartidos en el salón de clase.

A mi amigo Jorge por su ayuda, y a todos mis amigos y amigas con quienes comparto tantos gratos momentos, ya que sin ellos mi vida estudiantil no hubiera sido la misma.

Cristian.



AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a dios por darme la oportunidad de día a día para seguir adelante, a mi padres José Y Roció que son mis pilares fundamentales que me brindan el apoyo incondicional a pesar de mis altibajos que pase en mi vida, estoy muy agradecido papito y mamita por apoyarme en mi formación profesional y por guiarme por un buen camino, a mis hermanas que son una fuente de apoyo incondicional para mí y como olvidar de mis amigos que hice a lo largo de la carrera universitaria y que siguen hasta hoy brindándome apoyo en mis buenos y sobre todo en mis malos momentos muchas gracias muchachos.

Agradecer también a los docentes que me formaron durante todo el tiempo que duró mi paso por la universidad gracias por impartir sus conocimientos los cuales sirvieron para formarme como profesional.

A todos y todas ustedes gracias totales.

Edison.



DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a Dios, y a mis padres, Jenny y Patricio por todo su apoyo incondicional que me brindaron en el transcurso de mi vida, por su sacrificio y palabras de alimento que me brindaron en los momentos que más los necesitaba, porque gracias a ellos aprendí que pese a las adversidades que se puedan presentar en la vida siempre hay que seguir adelante y luchar hasta alcanzar nuestros sueños.

A mis hermanos, Alicia, Jennifer y Santiago por estar siempre a mi lado en los momentos difíciles y ser un pilar importa en mi vida.

A mis sobrinos, Valentina, Carlos, Matías y Scarleth por llenar de alegría y felicidad mi vida.

Y a todos mis amigos y seres queridos que me apoyaron en esta faceta de mi vida muchas gracias.

Cristian.



DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación va dedicado a los dos héroes que son mis padres pues ellos me enseñaron lo que es ganarse la vida con un trabajo honrado y que no se necesita riquezas para vivir o lograr un sueño y sobre todo que las metas se pueden lograr a base se trabajó duro y constancia, a mis hermanas por ser como mis segundos padres por brindarme su apoyo a pesar del tiempo reducido que pasábamos juntos, pero siempre me dieron ánimos y esperanzas para lograr este objetivo, mis amigos y compañero de tesis que me apoyaron a terminar mi carrera en mis momentos de duda.

Edison.

ÍNDICE

| | |
|--|-------|
| DECLARACIÓN DE AUDITORÍA | i |
| AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN | ii |
| AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN | iii |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN | iv |
| AGRADECIMIENTO | v |
| AGRADECIMIENTO | vi |
| DEDICATORIA | vii |
| DEDICATORIA | viii |
| ÍNDICE..... | ix |
| ÍNDICE DE FIGURAS | xiii |
| ÍNDICE DE TABLAS | xv |
| RESUMEN | xvi |
| ABSTRACT | xvii |
| AVAL DE TRADUCCIÓN..... | xviii |
| 1 INFORMACIÓN BÁSICA..... | 1 |
| 2 DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA | 2 |
| 2.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA | 2 |
| 2.2 TIPO DE ALCANCE | 2 |
| 2.3 ÁREA Y SUB-ÁREA DEL CONOCIMIENTO..... | 3 |
| 2.4 SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA..... | 3 |
| 2.4.1 Beneficiarios | 3 |
| 2.5 OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN | 4 |
| 2.5.1 Objeto de estudio | 4 |
| 2.5.2 Campo de acción..... | 4 |
| 2.6 SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA | 4 |
| 2.6.1 Situación Problemática..... | 4 |
| 2.6.2 Causas y efectos | 5 |
| 2.6.3 Problema..... | 6 |
| 2.7 PREGUNTA CIENTÍFICA | 6 |
| 2.8 OBJETIVOS..... | 7 |
| 2.8.1 Objetivo general..... | 7 |
| 2.8.2 Objetivos específicos..... | 7 |

| | | |
|-------|---|----|
| 2.9 | DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS..... | 8 |
| 3 | MARCO TEÓRICO | 9 |
| 3.1 | BANCO DE PRUEBAS..... | 9 |
| 3.2 | MANTENIMIENTO..... | 9 |
| 3.2.1 | Importancia y tipos de mantenimiento..... | 10 |
| 3.3 | ARRANQUE ENFOCADO EN VEHÍCULOS LIVIANOS | 12 |
| 3.3.1 | Tiempo de mantenimiento dirigido a motores de arranque..... | 12 |
| 3.3.2 | Vehículos livianos | 12 |
| 3.3.3 | Condiciones de arranque que debe cumplir el motor de arranque ... | 12 |
| 3.3.4 | Características del sistema de arranque..... | 13 |
| 3.3.5 | Curvas características de los procesos de arranque de los vehículos livianos | 13 |
| 3.3.6 | Compresión de los motores a gasolina de vehículos livianos | 14 |
| 3.3.7 | Engrane entre el volante de inercia y piñón del motor de arranque . | 14 |
| 3.4 | MOTOR DE ARRANQUE | 15 |
| 3.4.1 | Partes de un motor de arranque | 16 |
| 3.4.2 | Finalidad del sistema de arranque | 18 |
| 3.4.3 | Principio de funcionamiento de un motor de arranque..... | 18 |
| 3.4.4 | Fuerza contra electromotriz en máquinas de corriente continua | 19 |
| 3.4.5 | Intensidad del motor de arranque | 20 |
| 3.4.6 | Intensidad máxima del motor de arranque..... | 21 |
| 3.4.7 | Potencia máxima del motor de arranque | 21 |
| 3.4.8 | Tipos de motores de Arranque | 21 |
| 3.4.9 | Curva característica del motor de arranque..... | 22 |
| 3.5 | PRUEBAS Y COMPROBACIONES EN LOS MOTORES DE ARRANQUE | 24 |
| 3.5.1 | Comprobación del motor de arranque | 24 |
| 3.5.2 | Comprobación del inducido..... | 25 |
| 3.5.3 | Comprobación de la carcasa o estator y de las bobinas inductoras... | 27 |
| 3.5.4 | Comprobación de las tapas del lado del colector y de accionamiento | 28 |
| 3.5.5 | Comprobación de porta escobillas y escobillas..... | 28 |
| 3.5.6 | Comprobación de conjunto piñón..... | 29 |
| 3.5.7 | Comprobación del automático o contactor | 29 |
| 3.6 | INSTRUMENTOS DE MEDIDA BÁSICOS PARA MOTORES DE ARRANQUE | 29 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.7 | ESTADO DE COMPROBACIÓN ARTESANAL SEGÚN VALORES NOMINALES | 30 |
| 3.7.1 | Caída de tensión en la batería | 30 |
| 3.7.2 | Caída de corriente en el motor de arranque | 31 |
| 3.8 | COMPROBACIONES SOBRE EL BANCO | 31 |
| 3.8.1 | Prueba de vacío | 31 |
| 3.8.2 | Prueba a par bloqueado | 32 |
| 3.8.3 | Control de desplazamiento del piñón..... | 32 |
| 3.8.4 | Control de retroceso del piñón | 32 |
| 3.9 | BATERÍA | 32 |
| 3.9.1 | Arrancador o batería portátil..... | 32 |
| 4 | METODOLOGÍA | 33 |
| 4.1 | Descripción de la matriz de relación de variables..... | 33 |
| 4.2 | Tipos de investigación..... | 35 |
| 4.2.1 | Investigación bibliográfica..... | 35 |
| 4.2.2 | Investigación de campo | 36 |
| 4.2.3 | Investigación Experimental | 36 |
| 4.3 | MÉTODO | 36 |
| 4.3.1 | Científico..... | 36 |
| 4.4 | TÉCNICAS..... | 36 |
| 4.4.1 | Programación..... | 36 |
| 4.4.2 | Simulación | 37 |
| 4.4.3 | Registros | 38 |
| 4.4.4 | Medición | 38 |
| 4.4.5 | Valores nominales obtenidos a motores de arranque nuevo y semi-nuevo sin falla en automóviles más comunes en el taller | 40 |
| 4.4.6 | Otros vehículos de menor frecuencia en el taller | 41 |
| 4.4.7 | Valores promedios | 41 |
| 4.5 | ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL BANCO DE PRUEBAS..... | 42 |
| 4.6 | SELECCIÓN DE CONFORMANTES DEL BANCO DE PRUEBAS | 43 |
| 4.6.1 | Estructura del banco de pruebas | 43 |
| 4.6.2 | Selección de volante motor o volante de inercia | 47 |
| 4.6.3 | Diseño de eje..... | 47 |
| 4.6.4 | Selección de rodamientos por carga dinámica | 52 |
| 4.6.5 | Diseño del sistema de frenado..... | 53 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.6.6 | Selección de Batería..... | 58 |
| 4.6.7 | Cálculo del conductor batería – motor de arranque | 59 |
| 5 | ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 61 |
| 5.1 | Desarrollo y resultado de la propuesta tecnológica | 61 |
| 5.1.1 | Valores promedios | 61 |
| 5.1.2 | Desarrollo | 61 |
| 5.1.3 | Resultado | 63 |
| 6 | PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTO | 64 |
| 6.1 | COSTOS | 64 |
| 6.1.1 | Gastos directos | 64 |
| 6.1.2 | Gastos indirectos..... | 66 |
| 6.1.3 | Mano de obra | 66 |
| 6.1.4 | Inversión total para el banco de pruebas | 67 |
| 6.2 | IDENTIFICACIÓN DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN) Y LA TAZA INTERNO DE RETORNO | 67 |
| 6.2.1 | Análisis de VAN y TIR..... | 68 |
| 6.3 | ANÁLISIS DE IMPACTOS..... | 68 |
| 6.3.1 | Impacto práctico | 68 |
| 6.3.2 | Impacto tecnológico..... | 68 |
| 6.3.3 | Impacto social | 69 |
| 7 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 69 |
| 7.1 | CONCLUSIONES..... | 69 |
| 7.2 | RECOMENDACIONES..... | 70 |
| 8 | BIBLIOGRAFÍA | 71 |
| 9 | ANEXOS | 74 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 2.1. Diagrama Causa Efecto..... | 6 |
| Figura 3.1. Generaciones del mantenimiento | 10 |
| Figura 3.2. Pares de giro del motor de combustión (resistencias al giro del arranque) y del motor de arranque | 13 |
| Figura 3.3. Proceso de arranque de un motor de combustión interna | 13 |
| Figura 3.4. Engrane piñón - corona | 15 |
| Figura 3.5. Motor de arranque de Chevrolet Luv 2012 | 15 |
| Figura 3.6. Constitución del motor de arranque | 16 |
| Figura 3.7. Principio de funcionamiento del motor de arranque | 19 |
| Figura 3.8. Diagrama de un motor de corriente continúa..... | 19 |
| Figura 3.9. Piñones de un motor de arranque con reductora | 22 |
| Figura 3.10. Curva característica de un motor de arranque..... | 23 |
| Figura 3.11. Medición de excentricidad | 25 |
| Figura 3.12. Prueba de cortocircuito en un transformador en v | 26 |
| Figura 3.13. Prueba de continuidad..... | 26 |
| Figura 3.14. Comprobación de aislamiento del inducido..... | 27 |
| Figura 3.15. Comprobación de aislamiento de las bobinas inductoras | 28 |
| Figura 3.16. Comprobación de aislamiento de escobillas | 28 |
| Figura 3.17. Conexiones para la comprobación de las bobinas | 29 |
| Figura 3.18. Esquema de conexión en el banco de pruebas | 31 |
| Figura 4.1. Panel de control | 37 |
| Figura 4.2. Puesto de trabajo de pie | 43 |
| Figura 4.3. Área de trabajo | 44 |
| Figura 4.4. Diseño de la estructura del banco de pruebas | 46 |
| Figura 4.5. Vista lateral | 46 |
| Figura 4.6. Vista frontal (unidades en mm)..... | 46 |
| Figura 4.7. Volante motor Mazda B2200 modelado | 47 |
| Figura 4.8. Prototipo del sistema de frenado (vista lateral) | 54 |
| Figura 4.9. Prototipo del sistema de frenado..... | 54 |
| Figura 4.10. Bomba de freno montada en su mecanismo de accionamiento | 54 |

| | |
|---|----|
| Figura 4.11. Sistema de freno de mano del banco de pruebas | 56 |
| Figura 4.12. Sistema de frenado con manómetro incluido | 58 |
| Figura 5.1. Grafica de variación de tiempo | 64 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 2.1. Tiempo de mantenimiento del sistema de arranque cuando no existen fallos posteriores al mantenimiento..... | 4 |
| Tabla 2.2. Tiempo de mantenimiento del arranque y fallos posteriores..... | 5 |
| Tabla 2.3. Tabla de tareas por objetivos | 8 |
| Tabla 4.1. Variables Independientes – Diseño de un banco de pruebas que permita el diagnostico de fallas en motores de arranque..... | 34 |
| Tabla 4.2. Variable dependiente - Proceso de mantenimiento | 35 |
| Tabla 4.3. Valores nominales del motor de arranque | 38 |
| Tabla 4.4. Valores de voltaje y corriente de un motor de arranque..... | 39 |
| Tabla 4.5. Valores nominales vehículos más comunes | 40 |
| Tabla 4.6. Vehículos menos frecuentes | 41 |
| Tabla 4.7. Valores promedios utilizados en la simulación | 41 |
| Tabla 4.8. Elementos que conforman el banco de pruebas..... | 42 |
| Tabla 4.9. Tipos de trabajos..... | 43 |
| Tabla 4.10. Medidas ergonómicas del banco de pruebas | 45 |
| Tabla 4.11. Propiedades del acero ASTM A-500..... | 45 |
| Tabla 4.12. Propiedades mecánicas mínimas del acero 1020 según SAE J 1397 | 47 |
| Tabla 4.13. Especificaciones motor de arranque del vehículo Mazda 2200 | 48 |
| Tabla 5.1. Tiempo normal de mantenimiento cuando no existen fallas posteriores al mantenimiento. | 62 |
| Tabla 5.2. Tiempo de mantenimiento cuando existen fallas posteriores..... | 62 |
| Tabla 5.3. Tiempo de mantenimiento del motor de arranque en la simulación tras existir fallas persistentes..... | 63 |
| Tabla 5.4. Tiempo de comparación sobre el mantenimiento en motores de arranque .. | 64 |
| Tabla 6.1. Detalle de costos de los elementos mecánicos | 64 |
| Tabla 6.2. Detalle de costos de los elementos eléctricos..... | 65 |
| Tabla 6.3. Detalle de costos de los instrumentos de medida | 65 |
| Tabla 6.4. Detalle de costos indirectos | 66 |
| Tabla 6.5. Detalle de costos totales para la construcción del banco de pruebas..... | 67 |
| Tabla 6.6. Elaboración del estado de resultado | 67 |
| Tabla 6.7. Calcular el flujo de efectivo económico o flujo de caja libre por medio del nopat (flujo operativo)..... | 67 |

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: “DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS QUE PERMITA EL DIAGNÓSTICO DE FALLAS EN MOTORES DE ARRANQUE ANTES DE SU ENSAMBLAJE EN EL AUTOMÓVIL, PARA LA ELECTROMECAÁNICA HERRERA UBICADA EN EL SECTOR DE LASSO, PROVINCIA DE COTOPAXI

Autores: Andrade Huertas Cristian Patricio.

De La Cruz Tapia Edison Manuel.

RESUMEN

En los últimos años en Ecuador el sector automovilístico se ha incrementado siendo así que los vehículos livianos representan el 87% de las unidades que circulan en el país, la provincia de Cotopaxi al encontrarse en el centro del país es una arteria para la unión de las regiones costa y sierra, por ende, la cantidad de vehículos que circulan por las principales carreteras es alto, esta es la razón de que los usuarios se vean obligados a buscar un servicio de mantenimiento que sea confiable. El sistema eléctrico tiende a ser uno de los más comunes en sufrir daños. El sistema de encendido inicial consta de un motor de arranque el cual es el segundo caso de avería más común debido a que en el mantenimiento se utilizan técnicas de comprobación artesanales, lo cual conlleva a un proceso poco fiable y a un tiempo de mantenimiento excesivo, así surge la necesidad de diseñar un banco de pruebas que permita el diagnóstico de fallas en motores de arranque antes de su ensamblaje en el automóvil, con la finalidad de reducir el tiempo de mantenimiento, generar un proceso más fiable y lograr mediante la verificación de los valores nominales del motor de arranque diagnosticar fallas antes de su re-ensamblaje lo cual conlleva a una disminución en el tiempo de mantenimiento y a su vez genera un trabajo de calidad para la Electromecánica Herrera ubicada en el sector de Lasso, provincia de Cotopaxi. Los resultados obtenidos de esta propuesta tecnológica mediante la simulación permitieron establecer que la reducción del tiempo de mantenimiento es del 62.5 % con respecto a los métodos convencionales, además mediante la simulación se puede observar de forma gráfica los valores nominales de voltaje y corrientes del motor de arranque.

Palabras claves: mantenimiento, motor de arranque, tiempo, valores nominales.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TITLE: “DESIGN OF A TEST BANK TO ALLOW THE DIAGNOSIS OF FAILURES IN STARTING MOTORS BEFORE THEIR ASSEMBLY IN THE AUTOMOBILE FOR THE HERRERA ELECTROMECHANICS WHICH IS LOCATED IN LASSO TOWN, COTOPAXI PROVINCE”

Authors: Andrade Huertas Cristian Patricio
De La Cruz Tapia Edison Manuel

ABSTRACT

In recent years in Ecuador, automobile sector has increased, and the light vehicles represents 87% of units that movement throughout the country, Cotopaxi province located in the center of the country is the arterial road for joining the Coast and Highlands regions. Therefore, the number of vehicles moving through principal roads is high; this is the reason why users are forced to look for a reliable maintenance service. The electrical system tends to be one of the most common to suffer damage. The initial ignition system consists of a starter motor, which is the second most common failure case because maintenance techniques are used by artisanal testing, which leads to an unreliable process and excessive maintenance time, as well. The need arises to design a test bank that allows the diagnosis of faults in starter motors before their assembly in the car in order to reduce maintenance time, generate a more reliable process and achieve by verifying the values starter motor ratings diagnose faults before reassembling which leads to a decrease in maintenance time and in turn generates quality work for Herrera Electromechanics located in Lasso town, Cotopaxi province. The results obtained from this technological proposal through simulation allowed establishing that the reduction in maintenance time is 62.5% with respect to conventional methods, in addition, through simulation, the nominal values of voltage and currents of the motor can be graphically observed.

Keywords: maintenance, starter motor, time, nominal values.



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por los Egresados de la Carrera de **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS, ANDRADE HUERTAS CRISTIAN PATRICIO Y DE LA CRUZ TAPIA EDISON MANUEL**, cuyo título versa “**DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS QUE PERMITA EL DIAGNÓSTICO DE FALLAS EN MOTORES DE ARRANQUE ANTES DE SU ENSAMBLAJE EN EL AUTOMÓVIL, PARA LA ELECTROMECAÁNICA HERRERA UBICADA EN EL SECTOR DE LASSO, PROVINCIA DE COTOPAXI.**”, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Septiembre del 2020

Atentamente,

Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0502666514



1 INFORMACIÓN BÁSICA

PROPUESTA POR:

Andrade Huertas Cristian Patricio.

De La Cruz Tapia Edison Manuel.

TEMA APROBADO:

“Diseño de un banco de pruebas que permita el diagnóstico de fallas en motores de arranque antes de su ensamblaje en el automóvil, para la Electromecánica Herrera ubicada en el sector de Lasso, provincia de Cotopaxi”.

CARRERA:

Ingeniería Electromecánica.

DIRECTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA:

Freire Andrade Verónica Paulina Ing. Ms.C.

Luigi Orlando Freire Martínez Ing. Ms.C.

EQUIPO DE TRABAJO:

Freire Andrade Verónica Paulina Ing. Ms.C.

Luigi Orlando Freire Martínez Ing. Ms.C.

Andrade Huertas Cristian Patricio.

De La Cruz Tapia Edison Manuel.

LUGAR DE EJECUCIÓN:

Cotopaxi, Latacunga, Tanicuchí, Lasso Aglomerados Cotopaxi antigua Panamericana Norte Km 21, junto a la subestación Lasso, Mecánica Automotriz Herrera.

FECHA DE ENTREGA:

Septiembre 2020

LÍNEA(S) Y SUB-LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN A LAS QUE SE ASOCIA LA PROPUESTA TECNOLÓGICA:

Líneas de investigación: Procesos industriales.

Sub líneas de investigación: Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

TIPOS DE PROPUESTA TECNOLÓGICA:

El proyecto consiste en el diseño un banco de pruebas que ayudará a detectar las fallas en los motores de arranque mediante la comparación entre el valor nominal propio del elemento y el valor real obtenido en el banco, y así disminuir el tiempo del trabajo y generar un criterio técnico y fiable para su mantenimiento antes de su implementación en el automotor esto ayudara a la Electromecánica Herrera.

2 DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

Diseño de un banco de pruebas que permita el diagnóstico de fallas en motores de arranque antes de su ensamblaje en el automóvil, para la Electromecánica Herrera ubicada en el sector de Lasso, provincia de Cotopaxi, en el periodo académico mayo 2020 - septiembre 2020.

2.2 TIPO DE ALCANCE

La propuesta tecnológica se enmarca con la ayuda de los estándares ubicados a continuación:

Multipropósito: Debido a que la propuesta tecnológica permite tener el control de variables dentro del funcionamiento del motor, como resultados de este trabajo se presenta el control de los valores nominales de voltaje e intensidades del motor de arranque, lo que permite al prestador de servicios garantizar un trabajo más fiable para sus clientes.

Interdisciplinario: Ya que se utilizará varios conocimientos como son, la electrónica y automatización, mismos que serán empleados en el estudio de motores de arranque y diseño de máquinas, y así en conjunto permitiendo alcanzar la metodología y los resultados deseados.

2.3 ÁREA Y SUB-ÁREA DEL CONOCIMIENTO

Ingeniería industria y construcción.

Sub áreas.- 52 Ingeniería y profesiones afines.

2.4 SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

Electromecánica Herrera brinda servicios de mantenimiento técnico preventivo y correctivo a vehículos desde hace 35 años, principalmente se dedican a la reparación de los sistemas eléctricos y electrónicos de los automotores, así como también en rebobinado de motores eléctricos, guiándose por la experiencia (prueba y falla) adquirido través de los años para realizar su trabajo, esto implica un procedimiento sin medidas de seguridad y rapidez en el trabajo.

El mantenimiento es el proceso el cual un elemento recibe un tratamiento a causa del paso del tiempo o por circunstancias exteriores basándose en sus procesos y valores nominales, un mantenimiento adecuado garantiza la vida útil del elemento y permite corregir fallas iniciales de menor impacto y así evitar futuros contratiempos con fallas de mayor calibre.

Actualmente en el sector de Lasso, la Electromecánica Herrera se mantiene firme en brindar este tipo de servicios, con el transcurso del tiempo han ido aumentando la parte humana y tecnológica para así brindar un servicio de calidad al cliente, pero sin dejar de lado el uso de conocimientos artesanales propios del establecimiento, gracias a esto es consolidado como uno de los mejores puntos de mantenimiento del lugar.

A pesar de que el trabajo de mantenimiento es garantizado, el tiempo que se requiere para el mismo es alto, ya que las pruebas que se realizan para verificar las fallas no son las adecuadas para los motores de arranque ya que estas no muestran los valores nominales producidos por el mismo, y la única forma de comprobar dichos valores es volver a instalar el motor de arranque en el auto, si las reparaciones fueron las correctas el elemento trabajara de forma normal caso contrario se procederá a desinstalar el motor de arranque y se repetirá el proceso nuevamente.

2.4.1 Beneficiarios

Por medio del diseño de un banco de pruebas para el diagnóstico las fallas en motores de arranque, su propósito es el de disminuir el tiempo de mantenimiento y generar un criterio técnico para su reparación, dicho proyecto tiene como beneficiario directo al dueño de la

Electromecánica “Jorge Herrera”, así como también a los titulares del proyecto puesto que se consolida como la vía para la obtención del título de Ingeniero Electromecánico en la Universidad Técnica de Cotopaxi, y de forma indirecta a la empresa pública y privada que hagan uso de la tecnología existente en el centro de mantenimiento recibiendo un servicio y atención oportuna y de calidad.

2.5 OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.5.1 Objeto de estudio

Banco de pruebas que permite el diagnóstico de fallas en motores de arranque de un vehículo.

2.5.2 Campo de acción

El campo de acción es determinado según la nomenclatura internacional de la UNESCO para los campos de ciencia y tecnología:

- 3304.17 Sistemas en tiempo real.
- 3306.01 Utilización de la corriente continuo.
- 3306.03 Motores eléctricos.
- 3313.15 Diseño de Maquinas.
- 3317.02 Automóviles

2.6 SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA

2.6.1 Situación Problemática

Basado en el mantenimiento técnico de vehículos y los datos obtenidos bajo la experiencia los motores de arranque representan la segunda causa más común de fallas en un vehículo, siendo de gran importancia su solución, mantenimiento y recuperación para el correcto funcionamiento de los motores de combustión.

Para la solución de sistema de ignición el tiempo de mantenimiento requerido es:

Tabla 2.1. Tiempo de mantenimiento del sistema de arranque cuando no existen fallos posteriores al mantenimiento.

| ACTIVIDAD | TIEMPO DEDICADO |
|---|------------------------|
| Verificación de corriente continua en terminales del automático de motor de arranque. | 10 minutos |
| Verificación de corriente de ignición al bobinado del automático. | 10 minutos |

| | |
|---|---|
| Verificación de estado de bornes y conexión a chasis. | 10 minutos |
| Desmontaje del motor de arranque en el sitio de trabajo. | 20 a 30 minutos |
| Verificación de elementos fijos tales como bendix y automático. | 15 minutos |
| Verificación de elementos móviles. | 10 minutos |
| Verificación de del gas y carbones en el motor de arranque. | 20 minutos |
| Montaje del alternador en el sitio de trabajo. | 20 a 30 minutos |
| Verificación del arranque. | 5 minutos |
| Total | 135 minutos (2 horas y 25 minutos) |

Fuente: Autores

Tabla 2.2. Tiempo de mantenimiento del arranque y fallos posteriores

| ACTIVIDAD | TIEMPO DEDICADO |
|---|---|
| Verificación de corrientes en los terminales del automático del motor de arranque | 10 minutos |
| Verificación de corriente de ignición al bobinado del automático | 10 minutos |
| Verificación de estado de bornes y conexión a chasis | 10 minutos |
| Desmontaje del motor de arranque en el sitio de trabajo | 20 a 30 minutos |
| Verificación de sentido de giro | 20 minutos |
| Verificación de salida del bendix hacia el volante de inercia | 20 minutos |
| Montaje del arranque en el sitio de trabajo | 20 a 30 minutos |
| Verificación del motor de arranque | 5 minutos |
| Total | 135 minutos (2 horas y 25 minutos) |

Fuente: Autores

Los datos obtenidos permitirán bajo el diseño del banco de pruebas reducir el tiempo de mantenimiento.

2.6.2 Causas y efectos

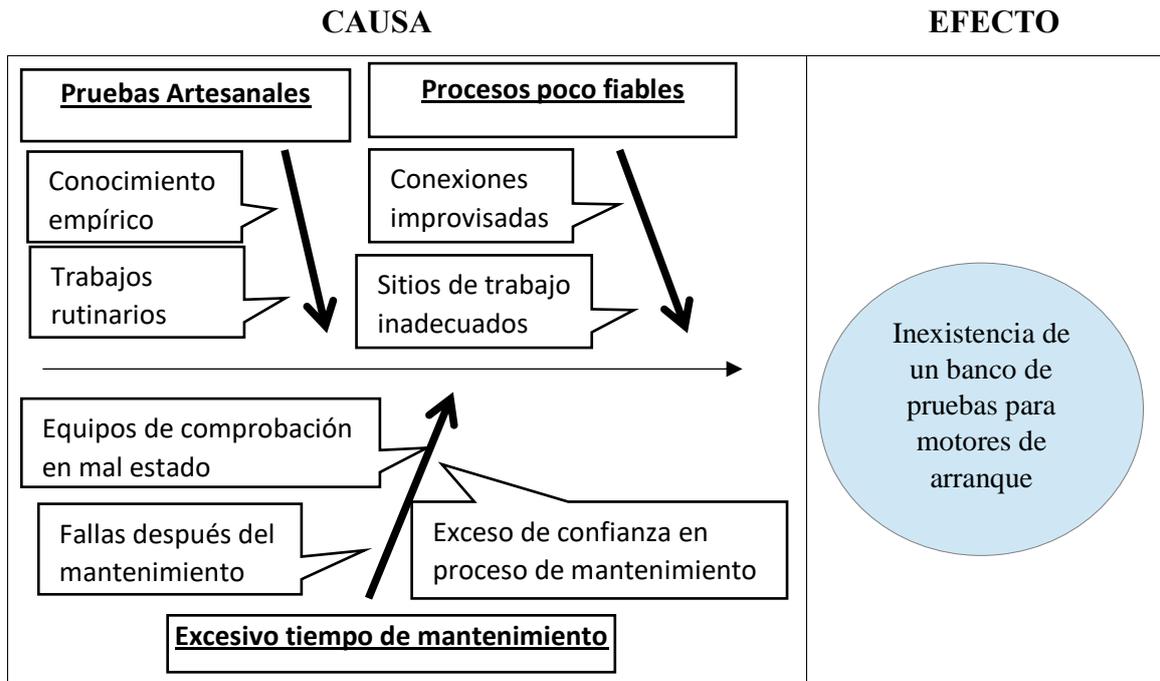
Para el desarrollo de la propuesta tecnológica se detectaron varias causas que originan el problema central, las mismas que se detallan a continuación:

Pruebas artesanales.- En la mayor parte de electromecánicas en la que se realizan las pruebas a los motores; se lo realiza con un conocimiento empírico y trabajos rutinarios.

Procesos poco fiables.- La mayor parte de conexiones hacía en el motor de arranque son realizadas improvisadamente mismas que son realizadas en sitios de trabajo inadecuados.

Excesivo tiempo de mantenimiento.- El mantenimiento se lo realiza con equipos de comprobación en mal estado, y con exceso de confianza por ende generando fallas después del mantenimiento.

Figura.2.1. Diagrama de Causa Efecto



Fuente: Autores

Debido a la inexistencia de un banco de pruebas en los puntos técnicos de mantenimiento, los motores de arranque son sometidos a pruebas artesanales misma que ocasionan un proceso poco fiable, ya que el motor de arranque puede llegar a presentar fallas que no pueden ser visualizadas fuera del motor de combustión lo cual conlleva a un tiempo de mantenimiento más extenso.

2.6.3 Problema

La inexistencia de un banco de pruebas que permita el diagnóstico de fallas en motores de arranque antes de su ensamblaje en el automóvil ocasiona, un tiempo de mantenimiento excesivo y un proceso poco fiable en la Electromecánica Herrera ubicada en el sector de Lasso, provincia de Cotopaxi.

2.7 PREGUNTA CIENTÍFICA

¿En qué porcentaje se podrá reducir el tiempo de mantenimiento de un motor de arranque mediante la utilización de un banco de pruebas que permita diagnosticar las fallas en dicho elemento antes de su ensamblaje en el automóvil, en la electromecánica Herrera ubicada en el sector de Lasso, provincia de Cotopaxi?

2.8 OBJETIVOS

2.8.1 Objetivo general

Diseñar un banco de pruebas que permita el diagnóstico de fallas en motores de arranque antes de su ensamblaje en el automóvil, para reducir el tiempo de mantenimiento y generar un proceso más fiable, para la Electromecánica Herrera ubicada en el sector de Lasso, provincia de Cotopaxi.

2.8.2 Objetivos específicos

- Investigar en diferentes fuentes bibliográficas sobre las características de los motores de arranque y fundamento para el diseño del banco de pruebas.
- Identificar las cargas y valores nominales a las que está sometido un motor de 1.6 litros de cilindraje, bajo investigación experimental.
- Diseñar un banco de pruebas para los motores de arranque del vehículo en cual se permita verificar los valores nominales del elemento antes de su ensamblaje en su sitio de trabajo.
- Validar a través de un sistema de simulación el funcionamiento del banco de pruebas identificando los valores de corriente y voltaje existentes en un motor de arranque, con los valores medidos en vehículos sin falla para su comparación.

2.9 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS

Tabla 2.3. Tabla de tareas por objetivos

| Objetivos | Tareas por objetivo | Resultado de la actividad | Descripción de la actividad |
|--|---|--|--|
| Investigar en diferentes fuentes bibliográficas sobre las características de los motores de arranque y fundamento para el diseño del banco de pruebas. | <ul style="list-style-type: none"> • Investigación sobre la composición del motor de arranque y banco de pruebas. • Recopilación de información basada en el uso y necesidades para la construcción del banco de pruebas. | Identificar las conexiones del motor de arranque para el banco de pruebas, y las pautas para el diseño del mismo. | Investigación bibliográfica de libros, revistas, fuentes científicas. |
| Identificar las cargas y valores nominales a las que está sometido un motor de 1.6 litros de cilindraje, bajo investigación experimental. | <ul style="list-style-type: none"> • Realización de toma de datos mediante la utilización de instrumentos de medición, para conocer los valores de tensión y corriente a las que está sometido normalmente el motor de arranque. | Obtención de los valores de tensión, corriente y revoluciones a las que se desarrolla un motor de arranque normalmente. | Investigación bibliográfica y de campo para recolección de datos. |
| Diseñar un banco de pruebas para los motores de arranque del vehículo en cual se permita verificar los valores nominales del elemento antes de su ensamblaje en su sitio de trabajo. | <ul style="list-style-type: none"> • Identificación de las variables a las que va a estar sometido el diseño del banco de pruebas para motores de arranque y el conocimiento de los vehículos que generalmente son revisados en el punto de mantenimiento. | Desarrollo del diseño del banco de pruebas acorde a las necesidades y especificaciones requeridas en el establecimiento. | Investigación bibliográfica de libros, revistas, páginas web y artículos científicos y de campo para recolección de datos. |
| Validar a través de un sistema de simulación el funcionamiento del banco de pruebas identificando los valores de corriente y voltaje existentes en un motor de arranque, con los valores medidos en vehículos sin falla para su comparación. | <ul style="list-style-type: none"> • Programación de un sistema de tiempo real en el que se verifique el estado y el tiempo de mantenimiento de un motor de arranque. | Obtención de los tiempos y valores adecuados tras el mantenimiento | Investigación bibliográfica, programación, trabajo de campo, selección de software. |

3 MARCO TEÓRICO

La importancia del correcto funcionamiento de un sistema de arranque en los automóviles es de vital importancia ya que de él depende que el automotor se ponga en marcha y cumpla con su objetivo determinado, un correcto análisis de fallas y su correcto mantenimiento prolonga la vida útil del mismo haciendo que el sistema sea más confiable.

3.1 BANCO DE PRUEBAS

Un banco de pruebas en una plataforma de experimentación con el fin de poner a prueba diferentes proyectos de índole eléctrica, electrónica, mecánica o electromecánica, los bancos de prueba brindan una forma de comprobación rigurosa simulando los elementos a poner a prueba como si estuvieran en condiciones reales de trabajo y así checar los valores obtenidos en las pruebas realizadas y comparar que los valores obtenidos se asemejen o sean iguales a los parámetros reales de funcionamiento, y posteriormente ensamblar el elemento que se sometió a las pruebas en la maquinaria.

El banco de pruebas para motores de arranque se encarga de comprobar que el motor de arranque se encuentre trabajando con su tensión adecuada en el momento del arranque del motor para así proceder a ensamblarlo en el automotor, existen algunas opciones de bancos de pruebas:

- Digitales
- Análogos

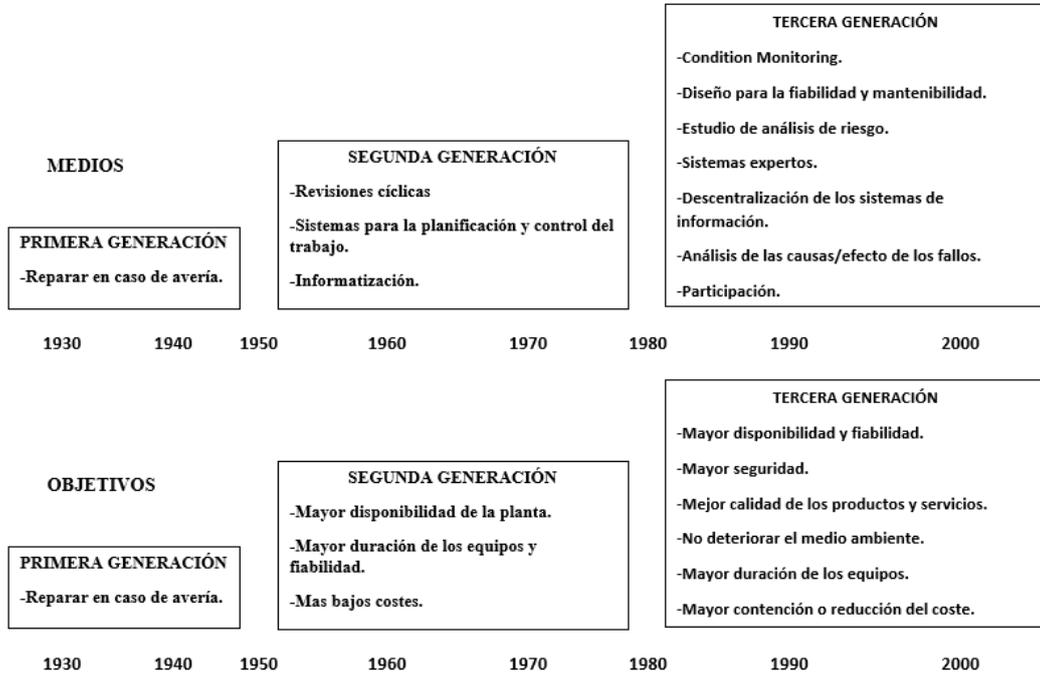
El banco de pruebas análogo presenta ventajas muy buenas en la relación costo beneficio y es asequible para su implementación en pequeñas electromecánicas dado a la naturaleza de sus componentes tienen la facilidad de ser remplazados y ser manipulados por el operador. Los bancos digitales son de costes elevados por lo que la opción más económica y accesible es el banco de pruebas análogo.

3.2 MANTENIMIENTO

“El mantenimiento se define como un conjunto de múltiples técnicas que están destinadas a mantener la funcionalidad de los equipos del buen estado de la maquinaria a través del tiempo” [2].

A lo largo de la historia el mantenimiento ha ido evolucionando conforme las nuevas tecnologías que se desarrollaron avanzaban a pasos agigantados con lo cual se clasificaron en tres generaciones como se muestra a continuación:

Figura 3.1. Generaciones del mantenimiento



Fuente [3]

3.2.1 Importancia y tipos de mantenimiento

“Un correcto funcionamiento de los equipos es un factor muy importante en la rentabilidad de una fábrica, uno de los elementos importantes para reducir costos y aumentar el retorno de inversión es la gestión y mantenimiento de los equipos” [4].

El mantenimiento en toda empresa es importante porque mediante la elaboración de un buen plan de mantenimiento y con la adecuada aplicación del mismo se logra una planta de trabajo de mucha fiabilidad esto a su vez eleva la producción y reduce a un mínimo los paros innecesarios de producción al mismo tiempo se logra un beneficio económico lo que toda empresa busca, para lo cual se debe contar con mano de obra calificada para el tipo de maquinaria que las empresas poseen.

Siendo así el motor de arranque una maquina eléctrica similar o igual a un motor eléctrico se puede distinguir tres tipos de mantenimientos necesarios que se los puede aplicar para alargar su vida útil los cuales son:

- **Mantenimiento preventivo**

Este tipo de mantenimiento consiste en una serie de acciones con el único objetivo de evitar los fallos en los equipos antes de que estos se presenten u ocurran alargando así la vida útil de los equipos evitando así las molestas paras de producción, este tipo de mantenimiento se lo realiza en equipos en funcionamiento que no han llegado a la falla, los métodos habituales para determinar procesos de mantenimiento preventivo son:

Especificaciones de los fabricantes:

Legislación vigente

Recomendación de expertos

Acciones sobre activos similares

Estas tareas se las puede realizar mediante destinos criterios:

- **Mantenimiento programado.**- En este tipo de mantenimiento las revisiones se las realiza por el tiempo, por kilometraje o por horas de funcionamiento.
- **Mantenimiento de oportunidad.**- Este tipo de mantenimiento se lo realiza aprovechando los periodos en que la máquina no se está utilizando, con lo cual se evita parar los equipos cuando se encuentran en uso.

Un mantenimiento planificado mejora la productividad hasta en un 25%.

- **Mantenimiento predictivo**

Este tipo de mantenimiento relaciona un tipo de variable física relacionándola así con el desgaste o estado de la máquina, este tipo de mantenimiento se basa en la medición u obtención de datos y el monitoreo de los parámetros en condiciones operativas de un equipo o instalación con esto se definen ciertos valores que servirán como alarma.

El seguimiento de los equipos es muy importante ya que mediante los valores obtenidos se procederá a calcular con un cierto margen de error cuando el equipo fallara, a estas mediciones se las suele llamar técnicas predictivas, cabe destacar que estas técnicas no son invasivas. Uno de los beneficios de este tipo de mantenimiento es que el stock de piezas se elimina ya que la compra de los repuestos se los realiza solo cuando se los necesita.

- **Mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo es una actividad que se la realiza cuando la máquina ha sufrido un daño y se necesita un cambio de alguna pieza de la misma lo cual conlleva a un paro de la maquinaria y de la producción en sí, el mantenimiento correctivo también se conoce como mantenimiento de descomposturas. Un mantenimiento correctivo trae consigo inconvenientes como son la falta en piezas en stock, la falta de mano de obra calificada para el respectivo compón de la maquinaria.

3.3 ARRANQUE ENFOCADO EN VEHÍCULOS LIVIANOS

3.3.1 Tiempo de mantenimiento dirigido a motores de arranque

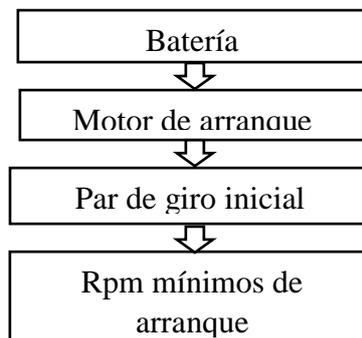
El tiempo de mantenimiento dirigido a motores de arranque se basa en el desarrollo de técnicas especializadas para conocer daños efectuados por el tiempo, mal uso del equipo, baja calidad de elementos constituyentes o si los sitios donde los arranques se desarrollan hayan sido expuestos al mal tiempo o sobrecargas.

Este tiempo se considera desde el punto en el que el vehículo llega al punto de mantenimiento hasta el momento de su ensamblaje e ignición de comprobación tomando en cuenta que muchas veces la falla presentada en el motor de arranque puede llegar a complicar el tiempo de mantenimiento esto debido a factores externos del mantenimiento en el punto de reparación.

3.3.2 Vehículos livianos

Generalmente se denomina livianos a los vehículos que constan de 4 ruedas con una capacidad máxima de nueve personas con el conductor o 3500 kg máximo de carga incluido, estos vehículos se caracterizan por ser automóviles destinados para viaje o turismo.

3.3.3 Condiciones de arranque que debe cumplir el motor de arranque

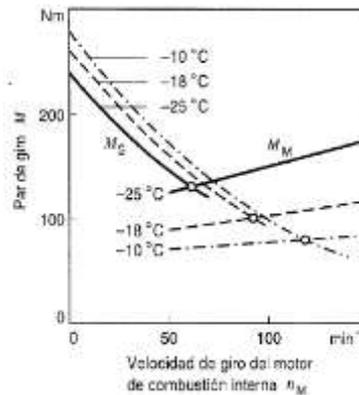


3.3.4 Características del sistema de arranque

Los sistemas de arranque de este tipo de automóvil constan de un motor de arranque con piñón deslizante cuya potencia nominal va hasta los 2 Kilo-watts aproximadamente junto con una tensión nominal de 12 voltios lo cual le permite poner en marcha motores a gasolina de hasta 7 litros.

3.3.5 Curvas características de los procesos de arranque de los vehículos livianos

Figura 3.2. Pares de giro del motor de combustión (resistencias al giro del arranque) y del motor de arranque



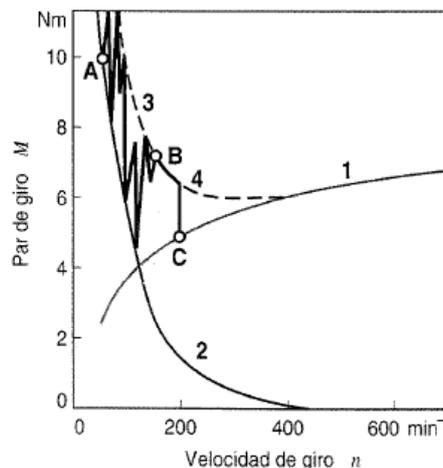
Fuente: [5]

Donde:

M_C : Par de giro del motor de arranque a diferentes temperaturas.

M_M : Par de giro del motor de combustión de 3 litros a diferentes temperaturas. El punto de intersección entre las curvas representa la velocidad a la que se hace girar al motor a las temperaturas de -35°C , -18°C y -10°C .

Figura 3.3. Proceso de arranque de un motor de combustión interna



Fuente: [5]

Donde:

1: Par de giro teórico del motor de combustión interna, suponiendo una combustión normal.

2: Par de giro del motor de arranque.

3: Par de giro total teórico, resultante de la suma del par de arranque del motor de combustión interna y del par de arranque del motor de arranque.

4: Par de giro total real por efecto de la combustión irregular.

A: Inicio de combustiones irregulares.

B: Marcha regular de motor.

C: Marcha autónoma del motor.

3.3.6 Compresión de los motores a gasolina de vehículos livianos

Para que un vehículo funcione de la manera correcta debe tener una compresión adecuada dependiendo el fabricante del vehículo la compresión mínima que se debe tener en los cilindros es de 90 psi, cabe destacar que los rangos de compresión adecuados van desde los 90 a 120 psi dependiendo del vehículo.

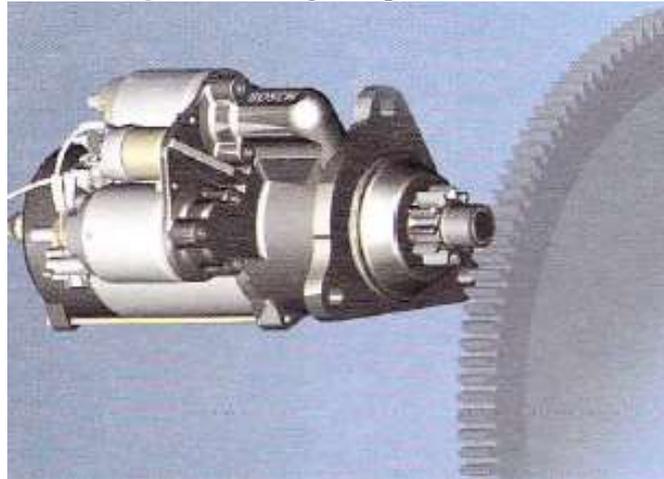
3.3.7 Engrane entre el volante de inercia y piñón del motor de arranque

Par que el piñón del motor de arranque pueda engranarse de manera correcta a la corona dentada del volante de inercia y así transmitir de manera eficiente el par de giro y desengranarse con facilidad se toma en cuenta los siguientes aspectos:

- Para el dentado del piñón se utiliza un perfil denominado envolvente.
- Tanto los dientes del piñón del motor de arranque y los de la corona dentada deben estar chaflados en su car frontal.
- La cara frontal del piñón debe estar en reposo a una distancia adecuada con respecto a los de la corona.
- El material de la corona y el piñón deben ser el mismo para evitar problemas.

El motor de arranque consta de una protección que es el mecanismo de engrane retorno de que asegura el retorno del piñón cuando el motor de combustión interna entra en funcionamiento autónomo.

Figura 3.4. Engrane piñón - corona



Fuente: [6]

3.4 MOTOR DE ARRANQUE

El motor de arranque es una máquina eléctrica y como todo motor eléctrico transforma la energía eléctrica en energía mecánica, esta energía mecánica es transmitida mediante un piñón a un volante de inercia dentado el cual hace girar al cigüeñal rompiendo la inercia y brindando al motor sus primeros giros lo cual provoca que el motor de combustión interna se ponga en marcha.

En sus inicios los motores de arranque carecían de un relé de accionamiento al contrario su accionamiento era realizado mediante el uso de varillas o cables, estos motores solían funcionar a 6v hoy en día con el avance de la tecnología estos motores se adaptan a los motores de combustión interna y a las redes eléctricas que dispone cada automotor es decir hoy en día existen motores de arranque de 12 y 24 voltios.

Figura 3.5. Motor de arranque de Chevrolet Luv 2012



Fuente: Autores

3.4.1 Partes de un motor de arranque

EL motor de arranque se conforma de varias partes fija y móviles las cuales en conjunto cumplen con una función determinadas a continuación se detallan las partes fundamentales del mismo.



Fuente: [7]

- **Estator o Carcasa polar**

El estator del motor de arranque está formado por un cuerpo o carcasa mayormente metálica en esta se encierra el campo magnético que produce el inducido, en esta carcasa se encuentra unas bobinas a las cuales se les denomina como bobinas inductoras.

Dichas bobinas inductoras principalmente constituidas de cobre forman el conjunto inductor, cada una de las espiras que forma el conjunto van aisladas de la carcasa y entre sí, del mismo modo las masas polares se conforman de un núcleo de hierro dulce que posee la forma de la letra T curvada y es aquí donde se alojan las bobinas inductoras las mismas que son sujetas mediante tornillos además el inductor es el encargado de generar un campo magnético estacionario.

La mayoría de fabricantes utiliza motores en serie de cuatro polos con un numero de escobillas que van de 2 a 4.

- **Inducido**

El inducido está conformado de un eje solido de acero en el cual se ensamblan un cierto número de chapas que conforman el núcleo estas chapas poseen unas ranuras en las cuales se alojan unos arrollamientos de cobre propiamente aisladas, todo eso da forma al devanado inducido el cual se encarga de generar un campo magnético lo suficientemente fuerte para hacer girar al inducido.

El colector va ensamblado sobre el eje a un lado del núcleo está constituido por láminas de cobre las cuales se les denomina delgas estas van aisladas del eje y una de la otra por un material aislante, los extremos de estas delgas van unidas con suelda al devanado del inducido, sobre el colector van montadas escobillas las cuales cumplen la función de enviar la corriente proveniente de la batería hacia el devanado del inducido, el extremo opuesto donde se monta el colector se encuentra ubicadas en el eje unas estrías helicoidales sobre las cuales se desliza el piñón de ataque y el mecanismo de arrastre.

- **Colector**

El colector es un componente esencial de toda máquina de corriente continua se caracteriza principalmente por ser un cilindro conformado por pequeñas láminas de cobre generalmente denominadas delgas las cuales van conectadas mediante suelda a los terminales de cada una de las bobinas que conforman en conjunto del inducido.

Cabe destacar que las delgas van aisladas una de otra como también del conjunto del inducido a menudo estas delgas se encuentran aisladas del eje del inducido y de ellas mismo mediante un material llamado mica.

- **Porta escobillas o porta carbones**

Las escobillas son parte fundamental ya que son las encargadas de permitir el paso de la corriente por lo general las escobillas son fabricadas en grafito, pero existen casos que se las fabrica de latón, para que puedan hacer un mejor contacto con el colector se las dota de un muelle o resorte el cual va montado junto con las escobillas en una porta escobillas que es el encargado de contener a las escobillas junto a sus muelles por lo general las escobillas van unidas mediante tornillos.

- **Tapa del lado de accionamiento**

Generalmente es una pieza de aluminio fundido en el cual va ensamblado el cojinete de fricción este cojinete suele ser de bronce aquí es donde se apoya y gira el inducido y sirve como tapa para sellar un extremo del motor de arranque, cabe destacar que algunos motores de arranque llevan rodamientos en sustitución de los cojinetes.

- **Tapa del lado del colector**

Esta pieza al igual que el soporte del lado de accionamiento está elaborado de aluminio fundido, este contiene el segundo cojinete que es de bronce donde se apoya y gira el

inducido, en este también se monta las escobillas que son hechas de grafito además cumple la función de sellar el otro extremo del motor de arranque.

- **Relé de arranque o solenoide**

Este elemento es el encargado de cerrar el paso de la corriente que proviene de la batería hacia el motor de arranque a través de la apertura de sus contactos, generalmente se compone de un solenoide y un núcleo móvil el cual se desplaza por el interior del solenoide.

- **Conjunto piñón impulsor**

“Este conjunto está encargado de transmitir el giro producido por el inducido del motor de arranque la corona dentada del volante de inercia del motor de combustión interna, generalmente la reducción piñón corona está comprendida entre 1/10 y 1/20” [8]. Este componente es esencial para poder transmitir el giro al volante de inercia cabe destacar que el número de dientes que poseen estos piñones depende de los fabricantes.

3.4.2 Finalidad del sistema de arranque

La puesta en marcha de un motor de combustión interna requiere de varios sistemas uno de ellos es el sistema de arranque el cual proporciona al motor de combustión interna los primeros giros a un promedio de 100 revoluciones por minuto, esta acción lo realiza mediante un motor de arranque el cual toma corriente del acumulador o batería del automotor y la transforma en energía mecánica para así transmitir el par de giro generado por el inducido mediante un piñón hacia una cinta o corona dentada que esta acoplada al volante inercia y este al cigüeñal quien junto a los pistones producen un movimiento biela manivela más la inclusión de una mezcla aire combustible y un chispazo encienden la mezcla y ponen en marcha al motor de combustión interna, este proceso es denominado como arranque.

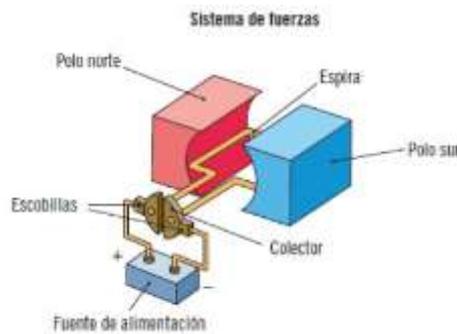
3.4.3 Principio de funcionamiento de un motor de arranque

Básicamente el principio de funcionamiento de un motor de arranque se basa en el electromagnetismo ya que existen fuerzas de atracción y repulsión de dos campos magnéticos que son producidos por una corriente eléctrica. Si tenemos una espiral de cobre y se le coloca corriente continua se generará un campo magnético cuyas líneas son

perpendiculares al plano de la espira, el campo producido se polariza en ambas caras creando polo norte y polo sur.

“Si se coloca una espira dentro de otro campo magnético, tenderá a ubicarse de manera que las líneas de fuerza del campo entren por su lado sur y salgan por su lado norte, originándose un par de rotación” [9]. Es decir, los polos que son opuestos siempre se atraerán y los polos igual tienden a repelerse.

Figura 3.7. Principio de funcionamiento del motor de arranque



Fuente [9]

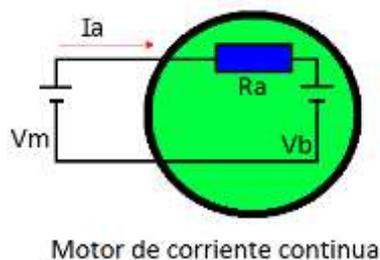
3.4.4 Fuerza contra electromotriz en máquinas de corriente continua

La fuerza contra electromotriz se origina cuando una corriente circula por las bobinas del inducido lo cual genera un campo magnético el mismo que tiene una orientación a la del estator, la fuerza contra electromotriz se genera cuando existe una variación de flujo magnético la cual es provocada cuando las espiras giran dentro de un campo magnético.

“De acuerdo con la ley de Lenz, la fuerza electromotriz tiende a oponerse a la causa que la genera, es decir, que tenderá a frenar al rotor. El valor de la f.c.e.m. depende de las revoluciones del inducido o rotor” [9].

La fuerza contra electromotriz se produce por el propio motor durante su funcionamiento (giro).

Figura 3.8. Diagrama de un motor de corriente continua



Fuente [10]

Ia: Corriente de excitación (Amperios)

Vm: Tensión de entrada al motor (voltios)

Ra: Resistencia del devanado de excitación (Ohmios)

Vb: Fuerza contra electromotriz (FCEM) producida por el giro del motor (voltios)

Mediante la aplicación de la ley de Kirchhoff se presenta a continuación las siguientes ecuaciones:

$$Vm = Vb + (Ia * Ra) \quad Ec. 1$$

$$Vb = Vm - (Ia * Ra) \quad Ec. 2$$

Cuando el valor de la corriente de excitación (Ia) se eleva, el valor de la Fuerza contra electromotriz (Vb) disminuye. Así pues, la Fuerza Contra electromotriz (FCEM) es proporcional a la velocidad del motor y a la intensidad del campo magnético.

En caso que el motor de corriente continua posea un rotor con imán permanente esta constante se expresa de la siguiente manera:

$$K = \frac{Vd}{Nd} \quad Ec. 3$$

Donde:

K: Constante de fuerza contra electromotriz que se la expresa en voltios/revoluciones por minuto (v/rpm)

Nd: Velocidad de giro del motor en revoluciones por minuto (rpm)

El Valor de la Fuerza contra electromotriz depende de las causas que lo produce el flujo magnético del inductor (Φ) y de la velocidad de giro (n) [11].

Para un motor la fuerza contra electromotriz (FCEM) generada en el vale es:

$$Ec = K\theta n \quad Ec. 4$$

3.4.5 Intensidad del motor de arranque

La intensidad (I) es la cantidad de energía eléctrica que circula a través de un circuito eléctrico o un conductor en la unidad del tiempo, generalmente la intensidad viene dada

en amperios según la ley de ohm la corriente (I) que absorbe el motor y la cual a su vez circula por las bobinas del inducido se representa de la siguiente manera:

$$I_a = \frac{U - Ec}{R_i} \quad Ec. 5$$

Donde:

U: Tensión aplicada a los bornes del motor

Ri: Resistencia eléctrica de los conductores internos del motor

3.4.6 Intensidad máxima del motor de arranque

Mientras que el motor empezó a trabajar, lo hará lentamente y la fuerza contra electromotriz será nula o muy pequeña y la intensidad que el motor absorbe llegará a tener su valor máximo.

$$I_{max} = \frac{U}{R_i} \quad Ec. 6$$

3.4.7 Potencia máxima del motor de arranque

$$P_{max} = U * I_{max} = \frac{U^2}{R_i} \quad Ec. 7$$

3.4.8 Tipos de motores de Arranque

- **Motor de arranque de engranaje por horquilla y contactor.**

Por lo general este tipo de motores de arranque se los emplea en motores de combustión interna de pequeñas cilindradas generalmente suelen tener de dos a cuatro polos se alimentan de corriente continua mediante dos a cuatro escobillas cabe destacar que el piñón tiene un avance mediante una horquilla la cual es accionada por un relé o contactor.

- **Motores de arranque con reductora**

Están constituidos de cuatro a seis polos por lo general van montados en motores de cilindraje intermedio básicamente en motores diésel pequeños se alimentan de corriente continua mediante cuatro a seis escobillas, se lo denomina motor con reductora ya que consta de unos pequeños engranajes con dientes denominados salientes un piñón más grande al que se le denomina corona.

Figura 3.1. Piñones de un motor de arranque con reductora



Fuente: [9]

- **Motores de arranque coaxiales**

Este tipo de motores de arranque por lo general van montados en motores de combustión interna de medianas y grandes cilindradas mayormente en motores diésel constan de dos a cuatro polos se alimentan de corriente continua mediante dos a cuatro escobillas, su piñón de engrane o bendix y su sistema de arrastre va montado en el eje del inducido el contactor de estos motores va montado fuera del sistema.

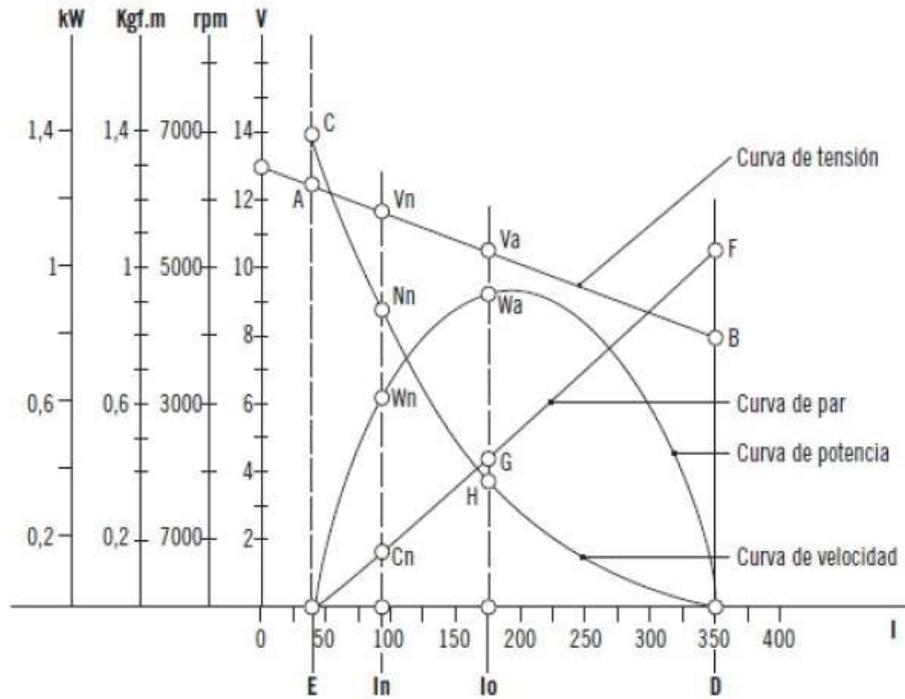
- **Motores de arranque con inducido deslizante**

Este motor se constituye de dos a cuatro polos alimentados por corriente continua mediante dos a cuatro escobillas por lo general se los monta en motores de gran cilindrada y potencia el piñón de engrane o bendix va montado en el eje del inducido junto a su sistema de arrastre el contactor o relé va montado dentro del sistema.

3.4.9 Curva característica del motor de arranque

“Para poder arrancar un motor hay que girar su cigüeñal, en su sentido de giro durante un corto periodo de tiempo con el fin de romper la inercia del motor de combustión interna” [8]. La curva característica de un motor de arranque es la que representa mediante ejes coordinados valores que van en función de la corriente absorbida en distintas etapas en el momento del arranque en el eje x y los valores de tensión absorbidos, par de arranque, revoluciones por minuto (rpm) y la potencia máxima en el eje y, durante el giro inicial del cigüeñal la resistencia al arranque disminuye y de producen las primeras igniciones que lo llevaran a su funcionamiento.

Figura 3.10. Curva característica de un motor de arranque



Fuente: [9]

Donde:

A: Tensión en vacío V_0 .

B: Tensión de bloqueo V_0 .

C: Velocidad de régimen en vacío n_0 .

D: Máxima intensidad de bloqueo I_{max} .

E: Intensidad de vacío I_0 .

F: Par máximo obtenido de bloqueo C_{max} .

Ia: Intensidad a la cual se obtiene la intensidad máxima.

Wa: Potencia máxima en el arranque.

Va: Tensión en el arranque.

G: Par de arranque C_a .

H: Velocidad en el arranque n_a .

Vn, In, Vn, Wn, nn, Cn: Valores nominales a 2/3 de la potencia máxima.

3.5 PRUEBAS Y COMPROBACIONES EN LOS MOTORES DE ARRANQUE

3.5.1 Comprobación del motor de arranque

Para proceder a realizar esta prueba se debe asegurar que la batería este totalmente cargada hecho esto se procede a desconectar todos servicios eléctricos del automóvil cumpliendo ya con estas condiciones se acciona el interruptor de encendido y se procede a arrancar el motor de combustión interna observando que no se presente ninguna anomalía, también se debe probar que al desconectar el conmutador el piñón regrese a su posición original ósea que el piñón del motor de arranque se desacople de la corona del volante de inercia perteneciente al motor de combustión interna.

Si se llega a observar alguna anomalía en el momento del arranque se debe proceder a realizar el procedimiento antes indicado nuevamente, pero en este caso se debe encender las luces principales del automóvil ya que mediante estas al accionar el motor de arranque la luminosidad de las mismas cae dependiendo de la caída de tensión existente. Se debe realizar las respectivas verificaciones de la caída de tensión en el circuito de alimentación del contactor y en el conmutador de arranque, para realizar esta acción se debe proceder a desconectar el circuito de encendido del vehículo.

Al accionar el motor de arranque por medio de un multímetro se debe observar que no debe existir diferencias notorias de tensión entre los siguientes elementos:

- 1.- En los bornes del interruptor de puesta en marcha y masa.
- 2.- En los bornes de entrada del contactor y masa, por lo general se debe tener un valor máximo de 2voltios.
- 3.- Bornes de la batería estos se deben encontrar en un rango de 9.5 voltios en la lectura tomada.
- 4.- Los terminales de conexión de los bornes de la batería se deben encontrar en un rango de 9.5 voltios en la lectura tomada.

Si después de haber realizado esto se aprecian caídas de tensión que sean superiores a los valores antes mencionados esto indica que hay problemas en el circuito de arranque ya sea bornes flojos, rupturas de continuidad entre los cables de conexiones o bobinados internos.

3.5.2 Comprobación del inducido

Estas comprobaciones se las puede realizar de maneras visuales, mecánicas y eléctricas etc.

- **Comprobaciones visuales**

El estado del eje del inducido como las muñequillas no deben presentar señales de desgaste excesivo, golpes, rayones u oxidación alguna, en el caso de las estrías donde se acopla el piñón no deben presentarse residuos metálicos de desgaste o golpes.

- **Comprobaciones Mecánicas**

Para poder realizar esta prueba se debe colocar el inducido sobre dos apoyos preferiblemente calzos en v con la ayuda de un reloj comparador colocando la punta del mismo sobre el colector medimos la excentricidad máxima la cual debe encontrarse en el rango de los valores dados por el fabricante que oscila entre 0.005 y 0.15mm.

Cuando se presenta desgaste en el colector por lo general presenta un aspecto rugoso, pero se le puede solucionar mediante el paso del de lijas de grano fino alrededor del colector si esto no desaparece las rugosidades existentes se procede al rectificado del mismo, pero siempre tomando en cuenta las especificaciones mínimas del diámetro del colector que brinda cada fabricante.

Figura 3.11. Medición de excentricidad



Fuente [8]

- **Comprobación de cortocircuitos**

Para esta prueba lo ideal es tener a la mano un Growler o un transformador en v o como algunos lo conocen con el nombre de roncadores junto con este se debe tener a la mano una lámina de metal la cual nos ayudara a identificar presencia de cortocircuitos, Para

ello colocamos el inducido sobre el transformador en v y procedemos a girarlo junto a la lámina de metal colocada sobre el núcleo del inducido si la lámina es atraída en alguna sección del núcleo es ahí donde se encuentra el cortocircuito.

Figura 3.12. Prueba de cortocircuito en un transformador en v



Fuente: [6]

- **Prueba de continuidad**

Para realizar esta prueba es necesario tener a la mano un milímetro se debe ajustar la escala requerida, estas mediciones se la procede a realizar colocando las puntas del multímetro sobre dos delgas continuas y así sucesivamente hasta cubrir todas las delgas del colector, en cada una de las mediciones se debe apreciar un valor cercano a cero si se llegase a encontrar un valor elevado se da entender que uno de los arrollamientos se encuentra dañado.

Figura 3.13. Prueba de continuidad



Fuente: Autores

- **Prueba de aislamiento**

En esta prueba se verifica el aislamiento a masa que existe entre las delgas y el eje del inducido, para ello se necesita disponer de un comprobador de aislamiento o a su vez se puede construir uno que consta de una lámpara 60w/110v en serie como se muestra continuación:

Figura 3.14. Comprobación de aislamiento del inducido



Fuente: Autores

3.5.3 Comprobación de la carcasa o estator y de las bobinas inductoras

Al igual que la comprobación del inducido aquí se puede encontrar comprobaciones visuales mecánicas y eléctricas.

- **Comprobaciones visuales**

En estas comprobaciones se debe poner énfasis que la carcasa no se encuentre con fisuras y que los puentes que unen a las bobinas no se encuentren rotos.

- **Comprobaciones mecánicas**

Lo importante en esta revisión es que se debe tomar en cuenta que los tornillos que sujetan a las masas polares se encuentren con el apriete correcto.

- **Comprobación de continuidad y resistencia de las bobinas inductoras**

Para proceder a realizar esta comprobación se debe tener a la mano un multímetro con la escala seleccionada en resistencia en ohmios para ello se coloca una de las puntas del multímetro en borne de entrada y la otra punta en el extremo del conjunto inductor.

- **Comprobación del aislamiento del arrollamiento inductor**

Para realizar esta prueba se necesita de un comprobador de aislamiento se procede a colocar una de las puntas en el terminal de una bobina y la otra se la coloca en la carcasa, si no se dispone de un comprobador de aislamiento se puede utilizar una lámpara como en el caso del estator, en todo caso la lámpara debe permanecer apagada si llega el caso en que se enciende las bobinas no se encuentran aisladas.

Figura 3.15. Comprobación de aislamiento de las bobinas inductoras



Fuente: Autores

3.5.4 Comprobación de las tapas del lado del colector y de accionamiento

Los soportes de alojamiento del eje del inducido no deben presentar síntomas de desgaste excesivo ni estar deformados si se encuentran en mal estado es necesario remplazarlos por unas nuevas también se debe chequear que la presión que los muelles hacen sea el correcto caso contrario se las debe sustituir.

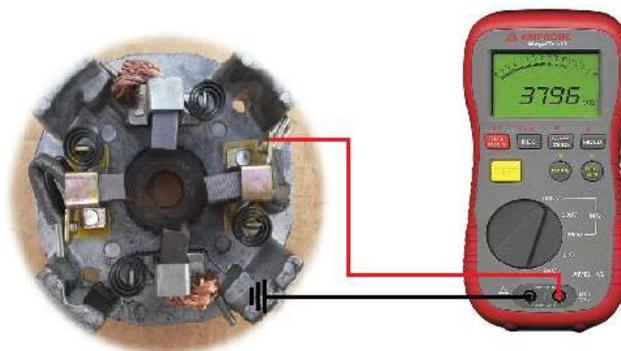
3.5.5 Comprobación de porta escobillas y escobillas

Prácticamente en esta prueba se debe comprobar que la porta escobillas no se encuentre deformado y que el deslizamiento de las escobillas sea libre sin ninguna oposición, las escobillas deben tener la longitud que el fabricante recomienda.

- **Comprobación de aislamiento de las escobillas**

Para esta prueba se debe disponer de un comprobador de aislamiento casi contrario se lo puede hacer con una lámpara como ya se ha visto en casos anteriores, una de las puntas va situada en la porta escobillas positivo y la otra unta en la carcasa si la lámpara se enciende quiere decir que no hay aislamiento.

Figura 3.2. Comprobación de aislamiento de escobillas



Fuente: Autores

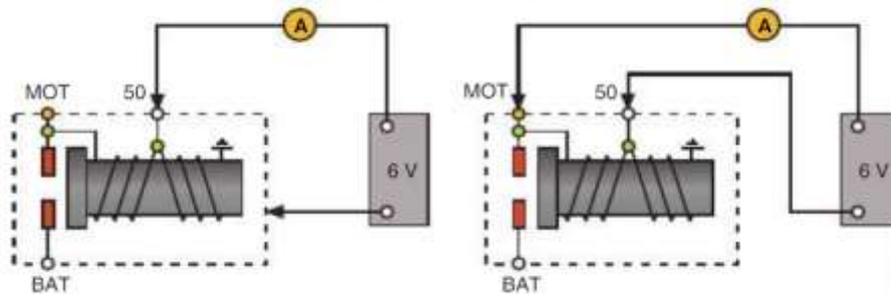
3.5.6 Comprobación de conjunto piñón

En esta prueba se toma énfasis en la verificación de los dientes del piñón se debe observar que no existan deformaciones ni desprendimientos de los dientes, también se debe tomar en cuenta que no exista deformaciones ni objetos que atasquen el libre deslizamiento del mismo.

3.5.7 Comprobación del automático o contactor

Para esta prueba se necesita un óhmetro ya que se procederá medir la continuidad y resistencia de cada bobina, cabe destacar que la bobina de retención se la mide poniendo una punta en el borne 50 y la otra punta en la masa así mismo para la bobina de excitación una punta debe ir al borne 50 mientras que la otra se conecta a la salida de corriente que va al motor.

Figura 3.17. Conexiones para la comprobación de las bobinas



Fuente [8]

3.6 INSTRUMENTOS DE MEDIDA BÁSICOS PARA MOTORES DE ARRANQUE

Un instrumento de medida no es más que un aparato que permite medir magnitudes físicas las cuales son tomadas como referencia para posteriormente asignarle un valor numérico mediante un instrumento graduado con la unidad requerida, un instrumento de medida debe tener las siguientes cualidades:

- Precisión
- Sensibilidad
- Exactitud
- Rapidez
- Fidelidad
- Rango

Amperímetro

Es un tipo de instrumento que permite medir la intensidad de corriente que va con una escala graduada en amperios de acuerdo a la necesidad de cada usuario, el amperímetro analógico se conforma principalmente de un galvanómetro, para efectuar la medición con este dispositivo se lo debe conectar en serie.

Voltímetro

Existen varios tipos de voltímetros como solo los analógicos, digitales y vectoriales, el voltímetro analógico se conforma de un galvanómetro con una escala graduada en voltios, este aparato se usa para medir la diferencia de potencial o voltaje entre dos puntos de un circuito cerrado.

Manómetro

Este tipo de instrumento es empleado para medir las presiones de un fluido ya sea este líquido o gaseoso en circuitos cerrados, este aparato mide la diferencia entre la presión real y la presión atmosférica posee una escala graduada en $\frac{Kg}{cm^2}$, Bar o psi.

Cuenta revoluciones

Es un dispositivo el cual tiene la función de medir la velocidad de giro de un eje por lo general se los usa en motores ya sea eléctricos como motores de combustión interna su unidad de medida es revoluciones por minuto (rpm).

3.7 ESTADO DE COMPROBACIÓN ARTESANAL SEGÚN VALORES NOMINALES

3.7.1 Caída de tensión en la batería

Caída de tensión se identifican como el valor nominal de voltaje mínimo que podría llegar a tener la batería Al momento en el que el motor de arranque empiece su funcionamiento Esta caída de tensión no debe sobrepasar ciertos rangos mismos que serán demostrados Bajo su cálculo e investigación de motores de arranque con diseño de fábrica o en stock dentro de un establecimiento de ventas.

Cuando existe una caída de tensión elevada se puede considerar que el motor de arranque está desarrollándose sobre una carga excesiva o a su vez que existen un rozamiento entre sus partes mecánicas, así como también su eje puede generar fricción al momento del giro

de esta manera con la observación de la caída de voltaje se define la falla en el motor de arranque.

3.7.2 Caída de corriente en el motor de arranque

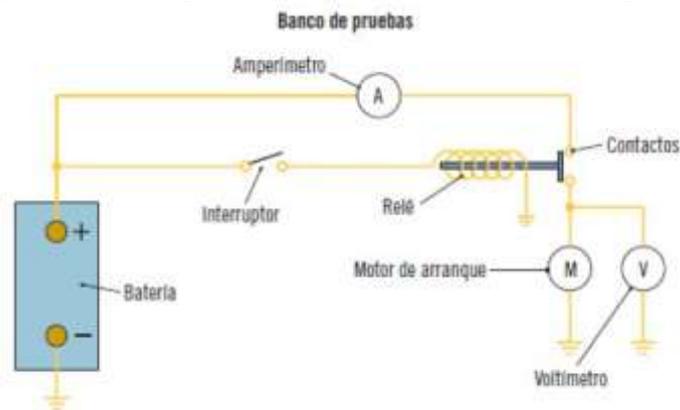
La corriente inducida en el motor de arranque no debe sobrepasar un valor específico Al momento de su funcionamiento si este valor llegar a aumentar de manera abrupta, mediante el uso de un Rango específico identificado con los valores de corriente existentes en la batería y consumidas por los elementos eléctricos del vehículo, se puede definir que existe corriente de fugas hacia la carcasa del motor de arranque entre el inducido y carcasa o bobinado a carcasa de esta manera se puede verificar artesanalmente la falla que existiese en un motor de arranque, Cabe destacar que esta falla es casi imperceptible al momento de realizar las pruebas de manera artesanal ya que muchas veces se utilizan baterías cargadas al 100% para su comprobación y al momento de su ensamblaje nuevamente en el automóvil Cómo existe cierto nivel de carga hacer activada el motor de arranque empieza a fallar nuevamente.

3.8 COMPROBACIONES SOBRE EL BANCO

3.8.1 Prueba de vacío

Esta prueba se la realiza sin carga es decir el piñón del motor de arranque no debe engranar a la corona del volante de inercia, para proceder a realizar la prueba se procede a alimentar al motor a su tensión nominal de trabajo controlando así su corriente absorbida y su régimen de giro para luego compararlos con los datos del fabricante.

Figura 3.18. Esquema de conexión en el banco de pruebas



Fuente: [9]

Un consumo excesivo puede ser por un cortocircuito al contrario un consumo bajo puede ser por conexiones invertidas o interrupción de alguna bobina.

3.8.2 Prueba a par bloqueado

Para esta prueba se debe restringir el movimiento de la corona dentada, una vez hecho esto se procede a alimentar el motor y se comprueba que el consumo es el adecuado, también se debe comprobar que el enclavamiento funcione normalmente es decir que mientras la corona se encuentra restringida de movimiento el estator no gira.

Es importante hacer esta prueba por no más de 3 segundos con el fin de no sobrecalentar el motor.

3.8.3 Control de desplazamiento del piñón

En esta prueba se observa carrera del piñón desde su posición inicial hasta la posición de engrane con la corona, para ello se aplica corriente al automático o contactor y se observa que el piñón se desplace con facilidad, hecho esto se procede a comprar las distancias de reposo y de desplazamiento con los datos del fabricante.

3.8.4 Control de retroceso del piñón

Esta prueba consiste en comprobar que el piñón se desacople de la corona sin problemas para esto se debe quitar la corriente de excitación del borne 50 del contactor, si el piñón no retrocede o lo hace con dificultad se debe revisar conexiones o las guías en las que se desplaza el piñón.

3.9 BATERÍA

La batería es un acumulador eléctrico el cual se encarga de almacenar energía eléctrica la cual alimenta todos los circuitos eléctricos del automóvil por lo general se puede encontrar baterías de gel y químicas en la industria automotriz generalmente se encuentran en la mayoría de casos las baterías químicas las cuales poseen electrolitos lo cual es la mezcla del ácido sulfúrico y el agua esta mezcla a su vez va depositada en vasos o celda, en cada celda existe un voltaje de 2.1 voltios las baterías por lo general dan una tensión de 12 voltios.

3.9.1 Arrancador o batería portátil

Un arrancador es aquel que se encarga de suministrar energía a la batería para el arranque del vehículo, suele ser una batería de alta capacidad por lo general por encima de los 10000 mAh, también existen cargadores de batería con arrancador incluido.

4 METODOLOGÍA

La metodología es un conjunto de técnicas que permite al investigador cumplir con sus objetivos propuestos con el fin de dar a conocer su proyecto finalizado a continuación se presenta los criterios optados para esta tesis.

En la rama de la ingeniería existen varios tipos de métodos y tipos de investigación, dichos métodos permiten al investigador nutrirse del conocimiento necesario para desenvolverse en el desarrollo de una propuesta tecnológica o cualquier proyecto a realizar adjuntando también que se debe seguir un orden lógico para el desarrollo del mismo. Para esta propuesta tecnológica es necesario realizar una investigación sobre motores de arranque desglosando así sus características, tipos y fallas que se presentan en este tipo de máquina eléctrica con lo cual se podrá obtener el diseño de un banco de pruebas básico, pero de fácil construcción y que cumpla con los parámetros requeridos.

4.1 Descripción de la matriz de relación de variables

En esta propuesta tecnológica se han determinado dos variables de investigación:

Variable Independiente; Es el diseño de un banco de pruebas que permita el diagnóstico de fallas en motores de arranque en esta variable tiene como categorías:

- Tiempo de mantenimiento. - El cual nos indica cuánto se demora el trabajador en reparar o comprobar el motor de arranque, considerando el tiempo como valor a obtener (horas, minutos, segundos), empleando la técnica de medición mediante la utilización de un cronómetro.
- Pruebas no fiables. - Son las pruebas del contacto en el automático y de arranque directo del motor de arranque, en las cuales se desea conocer el voltaje y la corriente, empleando la técnica de medición mediante la utilización de un voltímetro y amperímetro sin un procedimiento ni métodos técnicos que avalen su confiabilidad.
- Fallas después del mantenimiento. - Es la comprobación de voltaje y corriente del motor de arranque después del mantenimiento, empleando la técnica de medición mediante la utilización de un voltímetro y amperímetro, pero aun fue del sitio de trabajo del motor.

- Diseño mecánico del banco de pruebas. - Es el diseño en conjunto con la investigación de los componentes del banco de pruebas, empleando la técnica de diseño que permite conocer los parámetros para una simulación mediante el uso de programas de modelado y lenguaje de programación.
- Diseño eléctrico del banco de pruebas. -Son los planos del sistema eléctrico del banco de pruebas indicando los tipos de conexión y medidores utilizados, bajo trabajo de campo que nos permita conocer los valores nominales y experimentales mediante la aplicación de la materia de instrumentación y medida.

Tabla 4.1. Variables Independientes – Diseño de un banco de pruebas que permita el diagnóstico de fallas en motores de arranque.

| Concepto | Categoría | Indicadores | Ítem | Técnicas | Instrumentos |
|---|---------------------------------------|---|---------------|------------|-----------------------------|
| Instrumento o equipo necesario para realizar una actividad de forma correcta. | Tiempo de mantenimiento | Tiempo de reparación y comprobación. | Segundos | Medición | Cronometro |
| | Pruebas no fiables. | Prueba del contacto del automático. | Voltaje | Medición | Voltímetro |
| | | Prueba de arranque directo del motor. | Corriente | Medición | Amperímetro |
| | Fallas después del mantenimiento. | Caída de tensión | Voltaje | Medición | Voltímetro |
| | | Caída de corriente | Amperios | Medición | Amperímetro |
| | Diseño mecánico del Banco de pruebas | Estructura y componentes del banco. | mm | Diseño | Software de diseño 2D y 3D. |
| | | Verificación del banco de pruebas por medio de un software. | Visualización | Simulación | labview |
| | Diseño eléctrico del banco de pruebas | Indicador de voltaje. | Voltaje | Medición | Voltímetro |
| | | Indicador de corriente. | Amperios | Medición | Amperímetro |

Variable Dependiente; Es el proceso de mantenimiento en esta variable tiene como categorías:

- Batería. - se considera como la fuente de poder general que suministra tensión y corriente a todo el sistema eléctrico del vehículo mismo que puede tener fallas internas o desgastes externos que incidan en el desarrollo adecuado del motor de arranque.
- Motor de arranque. - En él se emplean las técnicas de medición y observación necesarias para conocer fallas físicas o eléctricas que pudieran presentarse en su

interior o sus conexiones externas esto mediante la utilización de instrumentos de medida y fichas de observación.

Tabla 4.2. Variable dependiente - Proceso de mantenimiento

| Concepto | Categoría | Indicadores | Ítem | Técnicas | Instrumentos | |
|--|--------------------|--|------------------------------|--------------|----------------------|----------------------|
| Procedimiento por el cual se verifica el estado de un elemento y se brinda un tratamiento para corrige posibles problemas. | Batería. | Voltaje nominal existente entre bornes de la batería. | V (voltios) | Medición | Voltímetro | |
| | | Estado de los elementos químicos que generan corriente hacia los bornes de la batería. | A (amperios) | Medición | Amperímetro | |
| | | Bornes sulfatados. | Bajo | Observación | Ficha de observación | |
| | | Terminales flojos. | Bajo | Observación | Ficha de observación | |
| | | Estado físico comprometido (rupturas, perforaciones). | Bajo | Observación | Ficha de observación | |
| | Motor de arranque. | de | Voltaje. | V (voltios) | Medición | Voltímetro |
| | | | Corriente. | A (amperios) | Medición | Amperímetro |
| | | | Sentido de giro. | Medio | Observación | Ficha de observación |
| | | | Resistencia de bobinas | Ohm | Medición | Multímetro |
| | | | Continuidad | Ohm | Medición | Multímetro |
| | | | Revisión de partes mecánicas | Medio | Observación | Ficha de observación |

4.2 Tipos de investigación

4.2.1 Investigación bibliográfica

La investigación bibliográfica o documental se trata de la revisión de información ya sea por medio de libros, revistas, artículos científicos respecto al tema a estudiar. Por ende, en este caso se enfoca la investigación a los tipos de bancos de pruebas ya existentes considerando cada una de sus características como, por ejemplo; su diseño, tipos de conexiones, utilidad, fiabilidad, fallas más comunes y sus diferentes aplicaciones en el mercado automovilístico.

4.2.2 Investigación de campo

La Investigación de campo consiste en obtener información de forma directa, mediante el uso de técnicas de recolecciones de datos con el fin de obtener respuesta a un problema planteado, ya que nos permite obtener información directa entre una o varias personas implicadas conociendo así, el tipo de mantenimiento realizado a los motores de arranque, el tiempo aproximado que conlleva en mantenimiento y los beneficios de la implementación de un banco de prueba a los futuros trabajos de mantenimiento.

4.2.3 Investigación Experimental

Se tomará en consideración la investigación experimental, ya que permite la manipulación de variables, y a su vez, conocer los valores reales a los que está sometido el motor de arranque al momento de su funcionamiento.

Ya que la investigación antes mencionada nos permite manipular valores constantes como los valores nominales y otros como la caída de voltaje y corriente a las que está sometido en motor de arranque, mismas que fueron identificadas al momento del mantenimiento.

4.3 MÉTODO

4.3.1 Científico

Es un proceso que tiene como finalidad establecer relaciones entre hechos y teorías, a través de la experimentación.

Mediante la observación como punto de partida y referencia para los distintos tipos de vehículos se procede a la medición antes y después del mantenimiento tomando en cuenta valores nominales a los que se debe desarrollar un motor de arranque, y a su vez se reconocen los puntos en los que el técnico forma una idea empírica de los daños que posiblemente pudiese afectar a este elemento esto bajo el tiempo y la experiencia adquirida.

4.4 TÉCNICAS

4.4.1 Programación

Consiste en crear una secuencia de pasos ordenados a seguir para realizar una acción específica, a través del desarrollo de un código fuente, que no es más que un conjunto de instrucciones que sigue el programa para ejecutar un objetivo en común.

Dicha programación permite la simulación funciones y realice las tareas deseadas, como se muestra en el **Anexo J**.

Programas utilizados:

- **Proteus.** - En el cual se diseñó el esquema eléctrico de los circuitos de medición del banco de pruebas simulando el funcionamiento del voltímetro y amperímetros utilizados en el mismo como se muestra en el **Anexo H**.
- **Arduino.** - Es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, en el cual se realizó la programación de control de todos los medidores del banco de pruebas, como se muestra en el **Anexo I**.
- **Vspe.** - (virtual serial ports emulator) nos permite crear puestos virtuales que funcionan exactamente igual que los reales simulando todas sus configuraciones, conectados por un cable de modem nulo virtual que nos permite intercambiar datos entre los programas utilizados, como se muestra en el **Anexo K**.

4.4.2 Simulación

La simulación permite visualizar y entender de forma sencilla el funcionamiento del banco de pruebas, ya que se puede variar los valores que se podrían presentar en el motor de arranque simulando así las posibles fallas.

Los programas utilizados son:

Labview. - Debido a que permite visualizar de forma gráfica y didáctica los aspectos que tiene el banco de pruebas simulando la toma de datos que se podrían obtener en una prueba realizada en el banco de pruebas, como se muestra en el **Anexo L**.

Figura 4.1. Panel de control



Fuentes: Autores

Nota. - La simulación mostrada es únicamente con el fin de representar el funcionamiento que pudiera tener el banco de pruebas se debe reconocer que los elementos de medición serán analógicos pues son los mejores para resistir cargas elevadas de tensión y corriente, sin embargo, en la construcción final la decisión queda a criterio del propietario.

4.4.3 Registros

Los valores mostrados a continuación nos muestran cuando el motor de arranque trabaja bajo los valores del fabricante esto quiere decir al 100% de su funcionamiento, dicho valor se tomará de referencia para el banco de pruebas.

Tabla 4.3. Valores nominales del motor de arranque

| Motor de arranque M74DD | |
|--|---|
| Aplicación | Motor hasta 1.6 litros de cilindraje |
| Tensión | 12 Voltios |
| Caída de corriente en el solenoide | < 1amperio |
| Voltaje en el solenoide del motor de arranque | 12 Voltios |
| Potencia | 1kw |
| Torque del bloque | 10.5Nm (1,07kgm) |
| Rotación | Horario o Anti horario según funcionamiento |
| Peso | 3kg |

Fuente: Autores

Nota: Se consideró el motor de arranque M74DD debido a que el sector en el que se encuentra ubicado la Electromecánica está rodeado de distintas cooperativas dedicadas al transporte tanto de personal como materia prima hacia los sectores industriales, florícolas y agropecuarios mismos que se comprenden como vehículos de hasta 1.6 litros de cilindraje y estos tipos de arranque se consideran como generales ya que cuentan con un funcionamiento y proceso de mantenimiento común.

4.4.4 Medición

Para poder realizar esta técnica se toma en cuenta el tipo de medición directa puesto que los valores a presentar se los obtiene con instrumentos de medida el cual compara la variable a medir con un patrón.

Se conocerá los valores reales a los que está sometido un motor de arranque dentro del automóvil, los datos se obtendrán mediante investigación de campo que se la realizó en la Electromecánica Herrera en tres vehículos de diferente fabricante los cuales se muestra a continuación en la tabla 4.2 para su posterior verificación.

Tabla 4.4. Valores de voltaje y corriente de un motor de arranque.

| Marca de vehículo | Estado de voltaje de la batería antes del encendido (voltios) | Caída de Corriente de la batería al motor de arranque (amperios) | Voltaje en el solenoide del motor de arranque (voltios) | Caída de tensión en el batería (voltios) | Caída de corriente en el solenoide (amperios) | Estado |
|-----------------------|---|--|---|--|---|--------|
| Mitsubishi montero v6 | 13.45 | 12.48 | 11.96 | 10.89 | 0.12 | Normal |
| Ford 350 | 12.34 | 30.07 | 11.75 | 10.42 | 0.15 | Normal |
| Toyota stout | 12.56 | 48.3 | 12.19 | 9.98 | 2 | Falla |

Fuente: Autores

Reparaciones realizadas a la Toyota Stout

- Caída de tensión en el batería. - limpieza de delgas y verificación de escobillas.
- Caída de corriente en el solenoide. - Existe un corto circuito interno dentro del solenoide por lo cual se procede abrir el solenoide y eliminar el corto circuito si este es sencillo, caso contrario se deberá reemplazar el solenoide por uno nuevo.

Se considera fallas en el motor de arranque cuando los valores nominales varían considerablemente con los valores reales medidos, por ende, el motor de arranque del vehículo Toyota Stout se puede apreciar que el automóvil consta de 2 fallas la primera la caída de voltaje en la batería debe ser mayor a 10 voltios caso contrario existe perdidas y la caída de corriente en el solenoide debe ser menor a 1 amperio.

Los valores antes mencionados serán puestos a contraste con la medición y el promedio de 12 vehículos de diferentes modelos, mismos que se encuentran trabajando en óptimas condiciones y muchos de ellos trabajando de forma directa desde la fábrica hacia el automóvil de tal manera que nos permiten tener un rango adecuado para conocer los valores necesarios para que un motor de arranque sea considerado como “impecable” como se lo conoce comúnmente en el sector de mantenimiento.

4.4.5 Valores nominales obtenidos a motores de arranque nuevo y semi-nuevo sin falla en automóviles más comunes en el taller

Tabla 4.5. Valores nominales vehículos más comunes

| CHEVROLET | | | FORD | | | MAZDA | | | TOYOTA | | |
|------------------------|-----------|-------|--------------------|-----------|-------|----------------|-----------|-------|--------------------|-----------|-------|
| Luv d-Max | Ima (Amp) | 0.12 | Ford 350 | Ima (Amp) | 30.7 | BT-50 | Ima (Amp) | 7.10 | HILUX | Ima (Amp) | 6.30 |
| | Is (Amp) | 0,12 | | Is (Amp) | 0.15 | | Is (Amp) | 0.80 | | Is (Amp) | 0.31 |
| | Vsel (V) | 11.80 | | Vsel (V) | 12.30 | | Vsel (V) | 12.50 | | Vsel (V) | 11.83 |
| | Vcb (V) | 11.72 | | Vcb (V) | 10.42 | | Vcb (V) | 11.20 | | Vcb (V) | 10.90 |
| Swift Evolution | Ima (Amp) | 10.31 | Ford 250 | Ima (Amp) | 31.5 | B2200 | Ima (Amp) | 8.70 | Landcruzier | Ima (Amp) | 12.40 |
| | Is (Amp) | 0.15 | | Is (Amp) | 0.22 | | Is (Amp) | 0.70 | | Is (Amp) | 0.12 |
| | Vsel (V) | 12.50 | | Vsel (V) | 11.80 | | Vsel (V) | 11.30 | | Vsel (V) | 11.50 |
| | Vcb (V) | 11.08 | | Vcb (V) | 10.35 | | Vcb (V) | 10.30 | | Vcb (V) | 10.89 |
| Aveo Family | Ima (Amp) | 8.71 | Ford Fiesta | Ima (Amp) | 28.4 | Mazda 3 | Ima (Amp) | 6.50 | Prado | Ima (Amp) | 11.80 |
| | Is (Amp) | 0.18 | | Is (Amp) | 0.13 | | Is (Amp) | 0.31 | | Is (Amp) | 0.21 |
| | Vsel (V) | 10.30 | | Vsel (V) | 10.5 | | Vsel (V) | 10.50 | | Vsel (V) | 11.30 |
| | Vcb (V) | 10.91 | | Vcb (V) | 11.3 | | Vcb (V) | 11.15 | | Vcb (V) | 10.62 |

Fuente: Autores según trabajo de campo

Donde:

Ima. - Caída de corriente generada por el motor de arranque.

Is.- Corriente en el solenoide.

Vcb. - Voltaje de entrada al solenoide.

Vsel.- Caída de voltaje en la batería

4.4.6 Otros vehículos de menor frecuencia en el taller

Tabla 4.6. Vehículos menos frecuentes

| VOLKSWAGEN | | | SKODA | | |
|------------|-----------|-------|---------|-----------|-------|
| Golf | Ima (Amp) | 12.50 | Felicia | Ima (Amp) | 15.20 |
| | Is (Amp) | 0.22 | | Is (Amp) | 0.27 |
| | Vsel (V) | 11.65 | | Vsel (V) | 10.70 |
| | Vcb (V) | 10.12 | | Vcb (V) | 10.30 |

Fuente: Autores según trabajo de campo

4.4.7 Valores promedios

Tabla 4.7. Valores promedios utilizados en la simulación

| | Imat (Amp) | Ist (Amp) | Vselt (V) | Vcbt (V) |
|------------------|---------------|-------------|--------------|---------------|
| CHEVROLET | 8.37 – 10.46 | 0.15 – 0.19 | 8.65 – 11.53 | 10.52 – 11.52 |
| FORD | 30.20 – 37.75 | 0.16 – 0.21 | 8.66 – 11.54 | 9.69 – 10.69 |
| MAZDA | 7.43 – 9.29 | 0.60 – 0.75 | 8.57 – 11.43 | 9.88 – 10.88 |
| TOYOTA | 10.16 – 12.17 | 0.21 – 0.28 | 8.65 – 11.54 | 10.11 – 11.11 |
| OTROS | 9.23 – 11.54 | 0.25 – 0.31 | 8.39 – 11.18 | 9.20 – 10.21 |

Fuente: Autores

Fórmula de cálculo automotriz para cálculo de desempeño y protección “+0.25” y “-1”

- **Fórmula para cálculo de promedio para corrientes de arranque.**

$$Imat = \frac{\sum Ima}{n} + \left(0.25 \left(\frac{\sum Ima}{n} \right) \right) \quad Ec. 8$$

Donde:

Imat = Corriente de motor de arranque.

$\sum Ima$ = Sumatoria de corriente de motor de arranque.

n = Número de casos o ejemplos de marcas de automóviles.

- **Fórmula para cálculo de promedio para corrientes de solenoide.**

$$Ist = \frac{\sum Is}{n} + \left(0.25 \left(\frac{\sum Is}{n} \right) \right) \quad Ec. 9$$

Donde:

Ist = Corriente de solenoide.

$\sum Is$ = Sumatoria de corriente en solenoide.

n = Número de casos o ejemplos de marcas de automóviles

- **Fórmula para cálculo de promedio para caída de voltaje tope para solenoide.**

$$V_{selt} = \frac{\sum V_{sel}}{n} - (0.25(\frac{\sum V_{sel}}{n})) \quad Ec.10$$

Donde:

V_{selt} = Voltaje necesario de entrada al solenoide.

$\sum V_{sel}$ = Sumatoria de voltaje al solenoide.

n = Número de casos o ejemplos de marcas de automóviles

El cálculo de caída de tensión para vehículos se define como el valor máximo promediado menos 1 para reglamento de fábrica.

$$V_{cvt} = \frac{\sum V_{cb}}{n} - 1 \quad Ec.11$$

Donde:

V_{cvt} = Voltaje de caída permitido en el arranque.

$\sum V_{cb}$ = Sumatoria de caída de voltajes a la batería.

n = Número de casos o ejemplos en la marca

4.5 ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL BANCO DE PRUEBAS

Tabla 4.8. Elementos que conforman el banco de pruebas

| Elemento | Especificación |
|------------------------------------|--|
| Estructura | Es la encargada de soportar los elementos que conforman el banco de pruebas. |
| Eje transmisor de potencia | Encargado de transmitir el torque producido por el motor de arranque al disco de freno. |
| Volante de inercia | Encargado acoplarse al piñón del motor de arranque de simular el comportamiento de un motor de combustión real. |
| Bomba de freno | Suministra la presión necesaria para frenar al disco de freno para simular la condición de compresión de un motor real |
| Cañerías de acero | Encargadas de contener el líquido de freno y transmitir la presión. |
| Disco de freno | Encargado de frenar junto a la mordaza el volante de inercia simulando la compresión de un motor real. |
| Mordaza o caliper | Encargado de frenar mediante fricción entre el disco de freno y las pastillas. |
| Batería | Fuente principal de alimentación del motor de arranque. |
| Bornes de conexión para la batería | Encargados de realizar una buena conexión de entre los cables y la batería |

| | |
|--------------------------|--|
| Conductores | Encargados de transportar la energía eléctrica hacia los elementos del banco de pruebas. |
| Fusibles | Protege a los elementos de posibles sobretensiones. |
| Luces piloto | Permite conocer el estado en que se encuentra las pruebas realizadas y el funcionamiento del banco de pruebas. |
| Instrumentos de medición | Encargados de recolectar los valores medidos de las pruebas a realizar. |

Fuente: Autores

4.6 SELECCIÓN DE CONFORMANTES DEL BANCO DE PRUEBAS

4.6.1 Estructura del banco de pruebas

La estructura de un banco de pruebas debe ser lo más cómodo posible por lo que su diseño se basa en la ergonomía, el banco de pruebas es una estación de trabajo en la cual el operador permanece de pie para ello hay ciertas consideraciones que se debe tomar:

- **El tipo de trabajo a realizar**

Se puede encontrar trabajos livianos, trabajos pesados, y trabajos de precisión, para ellos se debe cumplir ciertas distancias para realizar la altura a la que se va a trabajar en el banco de pruebas:

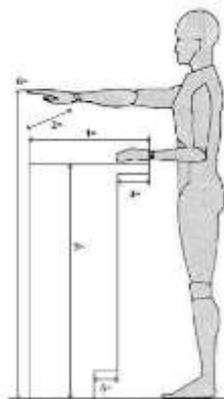
Tabla 4.9. Tipos de trabajos

| Tipo | Característica |
|-----------------------|---|
| Trabajos livianos | Líneas de ensamblaje o trabajos mecánicos, el área de trabajo se debe situar de 5 cm a 10 cm por debajo del codo. |
| Trabajos pesados | Demanda fuerza hacia abajo, el área de trabajo se debe situar de 20 cm a 40 cm por debajo del codo. |
| Trabajos de precisión | Escritura o ensamblaje electrónico el área de trabajo se debe situar de 5 cm por debajo del codo. |

Fuente: [12]

- **Distancias ergonómicas para el operador:**

Figura 4.2. Puesto de trabajo de pie

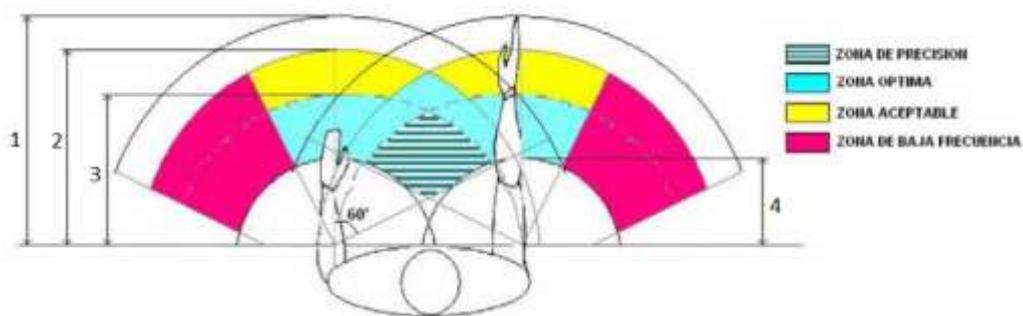


Fuente: [12]

Donde:

- 1: Profundidad de la superficie de trabajo
- 2: Ancho de la superficie de trabajo
- 3: Altura de la superficie de trabajo
- 4: Espacio libre para las rodillas (10 cm)
- 5: Profundidad horizontal para los pies (15 cm)
- 6: Altura máxima para el uso de controles frecuentes

Figura 4.3. Área de trabajo



Fuente: [12]

Donde:

- 1: Alcance máximo
- 2: Alcance máximo de agarre
- 3: Alcance mínimo
- 4: Alcance normal

“La altura de las mesas y las máquinas no son modificables verticalmente por ende se opta por la altura de trabajo de los hombres de mayor estatura sin embargo para las demás personas es necesario el uso pedestales” [13].

Las siguientes medidas están pensadas la altura promedio del hombre ecuatoriano que es de 1.67 m para personas de baja estatura es recomendable el uso de tarimas, la altura del banco de pruebas se la realiza por un parámetro que es el tipo de trabajo que se va a realizar, en este caso es un trabajo liviano ya que al tratarse de motores de arranque de vehículos livianos su peso no es elevado, y por ende la altura del banco de pruebas de

estar a 10cm por debajo del codo por otra parte se consideró las distancias reglamentarias para una buena ergonomía y comodidad en el puesto de trabajo.

Tabla 4.10. Medidas ergonómicas del banco de pruebas

| Designación | Medidas |
|---|---------|
| 1.- Profundidad de la superficie de trabajo | 0.70 m |
| 2.- Ancho de la superficie de trabajo | 1 m |
| 3.- Altura de la supervise de trabajo | 1 m |
| 4.- Espacio libre para las rodillas | 0.1 m |
| 5.- Profundidad horizontal para los pies | 0.15m |
| 6.- Altura máxima para el uso de controles frecuentes | 1.70 m |

Fuente: Autores

La estructura metálica no se somete a grandes esfuerzos de torsión tracción o compresión, cabe resaltar que esta maquinas no operara las 24 horas del día, al contrario, cada prueba que se realice en este banco no superara el minuto, por lo cual se realiza el diseño de la estructura del mismo en base a la disponibilidad del material en el mercado y al coste que presenta el mismo.

- **Material para la elaboración**

Para el diseño del banco de pruebas se toma en cuenta los aceros de normativa A-500 ya que esta norma se aplica a varios perfiles estructurales los cuales se encuentran disponibles en el Ecuador, a continuación, se presenta las características:

Tabla 4.11. Propiedades del acero ASTM A-500

| | |
|---------------------------------|-------------------------|
| Esfuerzo mínimo a la fluencia | 317 (MPa) – 46000 (PSI) |
| Esfuerzo a la tensión | 440 (MPa) – 58000 (PSI) |
| Elongación mínima en 50 mm (2”9 | 23% |

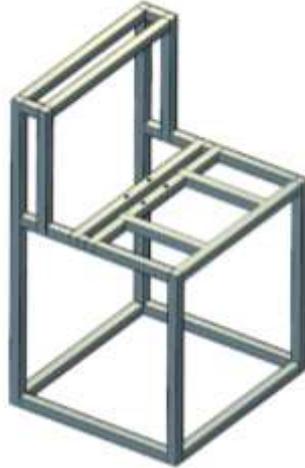
Fuente: [14]

EL acero ASTM -500 tiene un amplio campo de aplicaciones puede ser aplicado para la construcción de edificios, puentes, maquinaria, presenta un grado de soldabilidad alto. “Las propiedades para tubos circulares difieren de los rectangulares el grado más común tiene un esfuerzo de fluencia y una resistencia de ruptura a la tensión de 46 o 58 KSI y 405 MPa” [15].

Para la elaboración de la estructura se parte con base a un tubo cuadrado negro sin recubrimiento 2 pulgadas con un espesor de 3 milímetros como se muestra en el ver **Anexo A** ya que obtenerlo en el mercado local es fácil y con un precio económico este tipo de tubo es ideal para estructuras, cabe destacar que la construcción de la estructura es recomendable realizar las uniones mediante suelda GMAW (Soldadura de arco

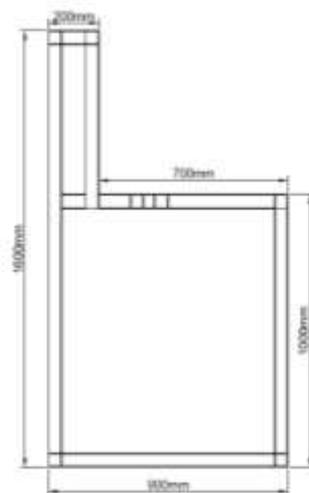
metálico con gas) o más conocida como MIG ya que presenta resultados en la soldadura de calidad y buen acabado.

Figura 4.4. Diseño de la estructura del banco de pruebas



Fuente: Autores

Figura 4.5. Vista lateral



Fuente: Autores

Figura 4.6. Vista superior (unidades en mm)

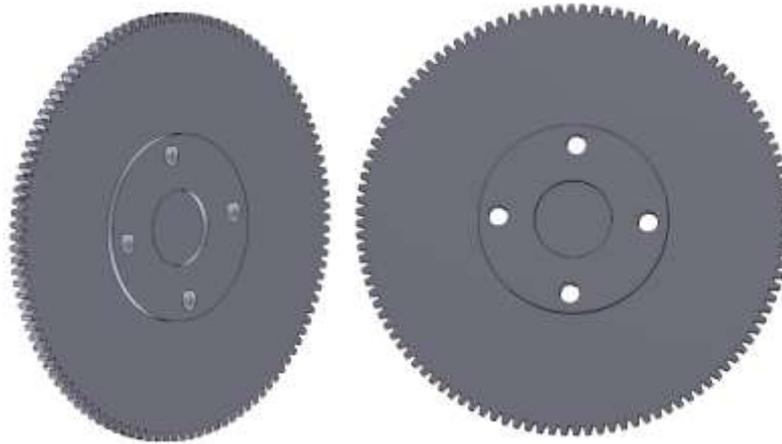


Fuente: Autores

4.6.2 Selección de volante motor o volante de inercia

Para realizar las pruebas se toma en cuenta un volante de inercia de Mazda B2200 de 112 dientes rectos para que el engrane sea correcto, su corona dentada es compatible con diferentes modelos de bendix de marcas como Toyota, Honda, Chevrolet y en algunos modelos pickup de Ford como el modelo Courier, cabe destacar que las demás marcas solo varían en el número de dientes y el diámetro que posee sus coronas dentadas, también se puede encontrar bendix de ocho, nueve, once y doce dientes ver **Anexo G**.

Figura 4.7. Volante motor Mazda B2200 modelado



Fuente: Autores

4.6.3 Diseño de eje

El eje es fundamental para el funcionamiento del banco de pruebas ya que mediante él se transmite la potencia y se puede frenar para así poner resistencia de giro al motor de arranque simulando el acople al motor de combustión interna.

Para el diseño del eje se selecciona el acero 1020 por sus propiedades mecánicas que a continuación se detalla:

Tabla 4.12. Propiedades mecánicas mínimas del acero 1020 según SAE J 1397

| Tipo de proceso y acabado | Resistencia a la tracción | | Límite de fluencia | | Alargamiento en 2" (%) | Reducción de área | Dureza (HB) | Relación de maquinabilidad 1212 EF = 100% |
|---------------------------|---------------------------|-----|--------------------|-----|------------------------|-------------------|-------------|---|
| | PSI | MPa | PSI | MPa | | | | |
| Caliente y maquinado | 58000 | 400 | 32000 | 220 | 25 | 50 | 116 | 70 |
| Estirado en frío | 64000 | 440 | 53600 | 370 | 15 | 40 | 126 | |

Fuente: [16]

Para el cálculo también se toma en cuenta el motor de arranque de una pick up Mazda 2200 G602-18-400-400B con valores que se detallan a continuación:

Tabla 4.13. Especificaciones motor de arranque del vehículo Mazda 2200

| | |
|------------------------------------|--------------|
| Numero de dientes del piñón | 12 |
| Tensión de operación | 12 voltios |
| Torque máximo | 17 Nm |
| Amperaje máximo | 323 amperios |
| Potencia | 1.48 KW |

Fuente: Autores

Para calcular el diámetro del eje se procede a calcular el torque que transmite el volante de inercia ya que este torque se eleva puesto que el piñón del motor de arranque posee un diámetro 30mm y el volante de inercia posee un diámetro de 280 mm se procede a realizar el siguiente calculo:

$$Torque_{volante\ inercia} = TA * \left(\frac{\phi B}{\phi A}\right) \quad Ec. 12$$

Donde:

ϕB : Diámetro del volante de inercia (milímetros).

ϕA : Diámetro del bendix del motor de arranque (milímetros).

$$Torque_{Volante\ de\ inercia} = 17Nm * \left(\frac{280mm}{30mm}\right)$$

$$Torque_{volante\ inercia} = 159 Nm$$

Ya conociendo el torque que va a transmitir el volante de inercia se procede a realizar los cálculos respectivos para encontrar el diámetro del eje teniendo en cuenta que la longitud del eje es de 20cm o 0.2m.

$$F = \frac{T}{d} \quad Ec. 13$$

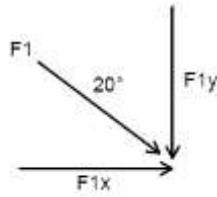
Donde:

T: Torque que transmite el volante de inercia (Newton-metro).

d: Distancia del eje a utilizar (Metros).

$$F = \frac{159 Nm}{0.2 m}$$

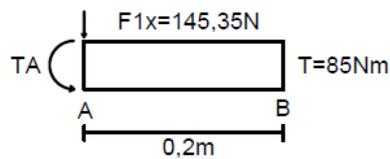
$$F = 795N$$



$$F1y = \text{Sen}70^\circ * 795N = 747N$$

$$F1x = \text{cos}70^\circ * 795N = 272N$$

Análisis Plano xy



$$\sum Fz = 0$$

$$-F1y + Ray + Rby = 0$$

$$\sum MB = 0$$

$$-Ray * (0.2m) - F1y * (0.2m)$$

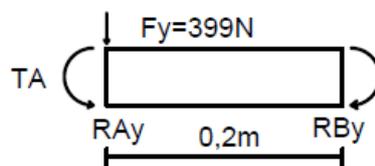
$$Ray = \frac{272 N * 0.2m}{0.2m} = 272N$$

$$-F1y - 272N + RBy = 0$$

$$-RBy = -272N - 272N = 544N$$

$$MA = 544N * 0.2m = 109N$$

Análisis del plano yz



$$\sum Fy = 0$$

$$-Fy - RAy + RBy = 0$$

$$\sum MB = 0$$

$$-RAy * (0.2m) + 747N * (0.2m) = 0$$

$$RAy = 747N$$

$$-F1y - 272 - RBy = 0$$

$$RBy = 1494N$$

$$MA = 1494 * 0.2m = 299N$$

Momento total

$$MRA = \sqrt{(MA_{xy})^2 + (MA_{zy})^2} \quad \text{Ec. 14}$$

$$MRA = \sqrt{(109)^2 + (299)^2}$$

$$MRA = 318.25 Nm \quad T = 159$$

Esfuerzos

Esfuerzo x

$$\sigma_x = \frac{Mr}{I} = \frac{32M}{\pi \varnothing^3} \quad \text{Ec. 15}$$

$$\sigma_x = \frac{32 * 318.35Nm}{\pi \varnothing^3}$$

$$\sigma_x = \frac{3242}{\varnothing^3}$$

Esfuerzo de torsión

$$Txy = \frac{Tr}{J} = \frac{16T}{\pi \varnothing^3} \quad \text{Ec. 16}$$

$$Txy = \frac{16 * 159Nm}{\pi \varnothing^3}$$

$$Txy = \frac{819}{\phi^3}$$

Esfuerzo primario

$$\sigma' = (\sigma x^2 - \sigma x \sigma y + \sigma y^2 + 3Txy)^{1/2} \quad \text{Ec. 17}$$

$$\sigma' = \left[\left(\frac{3242}{\phi^3} \right)^2 + 3 \left(\frac{810}{\phi^3} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$\sigma' = \left[\left(\frac{10.51 \times 10^6}{\phi^6} \right) + \left(\frac{1.96 \times 10^6}{\phi^6} \right) \right]^{1/2}$$

$$\sigma' = \left(\frac{12470}{\phi^6} \right)^{1/2}$$

$$\sigma' = \left(\frac{9000}{\phi^6} \right)^{1/2}$$

Para obtener el diámetro del eje tomamos en cuenta los valores de la tabla 4 del límite de fluencia (σ_y) del acero SAE 1020 con un factor de seguridad $N=3$

$N=3$

$\sigma_y = 220 \text{ Mpa}$

$$\eta = \frac{\sigma_y}{\sigma'} \quad \text{Ec. 18}$$

$$3 = \frac{220 \times 10^6}{\sigma'}$$

$$\frac{9000}{\phi^3} = \frac{220 \times 10^6}{3}$$

$$\sqrt[3]{\phi^3} = \sqrt[3]{\frac{9000 * 3}{220 \times 10^6}}$$

$$\phi_{eje} = 46'69 \text{ mm}$$

El eje a utilizar es de 2 pulgadas de diámetro.

4.6.4 Selección de rodamientos por carga dinámica

Para la selección de rodamientos se procede a seleccionarlo por su carga dinámica, puesto que los rodamientos van a tener un giro máximo de 4000 RPM en pruebas en el banco. “Para la prueba de vacío la velocidad de rotación va desde 3000 a 4000 RPM para motores de arranque de tensión nominal de 12 voltios” [9].

Para la selección se utiliza el catálogo de rodamientos SKF.

La vida nominal de un rodamiento según la normativa ISO281 ES:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^P \quad \text{Ec. 19}$$

Donde:

L_{10} : Vida nominal básica con una confiabilidad del 90% (millones de revoluciones).

C: Capacidad de carga equivalente del rodamiento (Kilo-newton).

P: Carga dinámica equivalente del rodamiento.

P: Exponente de la ecuación de vida útil; $p=3$ para rodamientos de bolas, $p=10/3$ para rodamientos de rodillos.

" L_{10} Para máquinas de 8 horas de trabajo diario no siempre utilizadas al máximo de su capacidad; Transmisiones por engranajes de uso generales, motores eléctricos para uso industrial, trituradoras giratorias, de 10000 a 12000" [17].

Por lo tanto, se escoge un valor de:

$$L_{10} = 10000$$

Como se va a transmitir una carga equivalente **P** =795 Newton

Para conocer la carga equivalente del rodamiento tenemos:

$$C = \sqrt[P]{\frac{60 * n * L_{10}}{1000000}} \quad \text{Ec. 20}$$

Donde:

n: Velocidad de giro Rpm = 4000 Rpm

L₁₀: Vida nominal básica con una confiabilidad del 90% (millones de revoluciones).

C: Capacidad de carga equivalente del rodamiento (Kilo Newtons).

P: Carga dinámica equivalente del rodamiento (Newtons).

P: Exponente de la ecuación de vida útil; p= 3 para rodamientos de bolas, p=10/3 para rodamientos de rodillos.

$$C = \sqrt[3]{\frac{60 * 4000 * 10000}{1000000}}$$

$$C = 1064N \text{ o } 10.64 KN$$

Por lo tanto, del Catálogo SKF ver **Anexo B** se escoge el rodamiento de bola con soportes de pie y fundición.

Rodamiento de bolas: 61910-2RZ

Diámetro: 50 milímetros

C: 14.6 KN

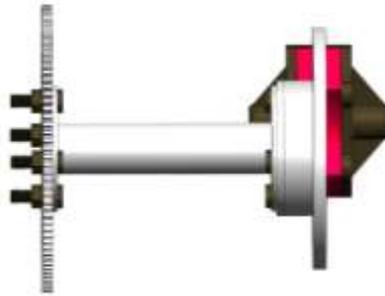
Soporte: SYNT 50 F

4.6.5 Diseño del sistema de frenado

El sistema de frenado es indispensable para las pruebas de par bloqueado y la prueba de máxima potencia, por lo que es necesario dotar de un freno de disco ver **Anexo D** con un caliper unido al eje el cual transmite la fuerza del volante de inercia y del motor de arranque.

El Eje se encuentra dotado de dos placas de acero AISI 1020 mismas que constan de un diámetro de 124 mm soldadas a ambos extremos del eje las cuales cuentan con su respectivas perforaciones para pernos el volante de inercia de 112 dientes y el disco de freno de 240 mm los cuales van unidos al eje en cada uno de sus extremos mediante pernos hexagonales M12 x 1,25 x 25mm con su respetiva tuerca, las dimensiones de este perno cumplen con la norma ISO 4017 con un límite de resistencia a la tracción de 110.000 Psi esto los hace ideales para montar equipos y máquinas.

Figura 4.8. Prototipo del sistema de frenado (vista lateral)



Fuente: Autores

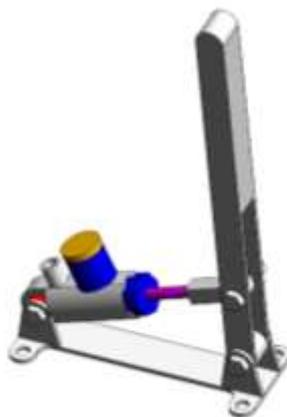
Figura 4.9. Prototipo del sistema de frenado.



Fuente: Autores

Para poder crear condiciones necesarias de esfuerzo para el motor de arranque el sistema cuenta con un caliper o mordaza de freno la cual es accionada mediante un mecanismo de frenado dotado de una bomba de freno basculante con cilindro de una pulgada de diámetro la cual es accionada mediante un palanca.

Figura 4.10. Bomba de freno montada en su mecanismo de accionamiento



Fuente: Autores

La bomba de freno ver **Anexo C** transmite una presión la cual hace recorrer los cilindros que están en el interior del caliper de freno empujando así a las pastillas de freno las cuales junto con el disco de freno opondrán resistencia al giro del motor de arranque,

dicha oposición es el equivalente a la compresión existente en cada uno de los cilindros del motor de combustión interna para lo cual el banco de pruebas se debe encontrar dotado de un manómetro mediante el cual se medirá la presión de frenado.

Fuerza principal del cilindro maestro de freno

Para realizar el cálculo de dicha fuerza primero se debe conocer el área del cilindro de la bomba de freno la bomba seleccionada es una bomba de 3/4 0 19 milímetros o a su vez 0.75 pulgadas.

$$A = \frac{\pi * \varnothing^2}{4} \tag{Ec. 21}$$

$$A = \frac{\pi * 0.75^2}{4}$$

$$A = 0.442 \text{ in}^2$$

Con el dato obtenido del área del pistón del cilindro maestro se procede a calcular la fuerza del cilindro principal.

$$F1 = P * A \tag{Ec. 22}$$

Donde:

F: Fuerza principal de la bomba de freno (Newtons).

P: Presión (Psi).

A: Área del pistón de la bomba (Pulgadas cuadradas).

“Por lo general la presión que se ejerce en el circuito de frenando y se transmite a la mordaza de un vehículo liviano es de 800 Psi o Lb/in^2 ” [18].

$$F1 = 800 \frac{Lbf}{in^2} * 0.442 Lbf$$

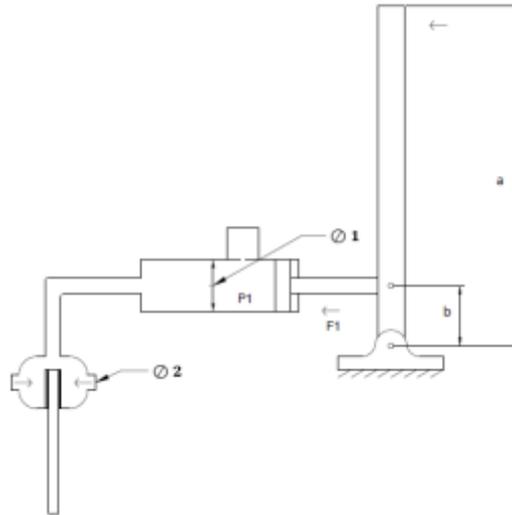
$$F1 = 353.6 Lbf$$

Transformando a Newtons tomando en cuenta que una libra-fuerza es igual 4.44 Newtons.

$$F1 = 1570 N$$

- **Cálculo de fuerza en el punto en el accionamiento de la palanca**

Figura 4.11. Sistema de freno de mano del banco de pruebas



Fuente: Autores

a= 290 mm

b=55mm

Ø **1** = 19mm

Ø **2** = 45mm

$$F_p = \frac{F_1 * b}{a} \quad \text{Ec. 23}$$

Donde:

F_p: Fuerza en el punto de accionamiento (Newtons).

F₁: Fuerza principal del cilindro maestro (Newtons).

$$F_p = \frac{1750 \text{ N} * 55 \text{ mm}}{290 \text{ mm}}$$

$$F_p = 297.76 \text{ N}$$

Cálculo de fuerza en el pistón del caliper

$$P_1 = P_2$$

$$\frac{F_1}{\text{Ø } 1^2 * \frac{\pi}{4}} = \frac{F_2}{\text{Ø } 2^2 * \frac{\pi}{4}}$$

$$F2 = \frac{F1 * \varnothing 2^2}{\varnothing 1^2}$$

Ec. 24

Donde:

F2: Fuerza del pistón del caliper (Newtons).

F1: Fuerza principal del cilindro maestro (Newtons).

∅ 2: Diámetro del pistón del caliper (milímetros).

∅ 1: Diámetro del pistón del cilindro maestro de freno (Newtons).

$$F2 = \frac{1570 N * 45mm^2}{19mm^2}$$

$$F2 = 8807N$$

Cálculo de fuerza de fricción entre pastillas – disco

El coeficiente de fricción de las pastillas de freno bien normado por el departamento de transporte de los Estados Unidos (DOT) la cual dice que para una frenada en ciudad en automóviles livianos normales no de carrera o altas prestaciones es de 0.3.

$$Ft = F2 * \mu$$

Ec. 25

Donde:

Ft: Fuerza de fricción entre las pastillas y el disco (Newtons).

F2: Fuerza del pistón del caliper (Newtons).

μ: Coeficiente de fricción.

$$Ft = 8807 N * 0.3$$

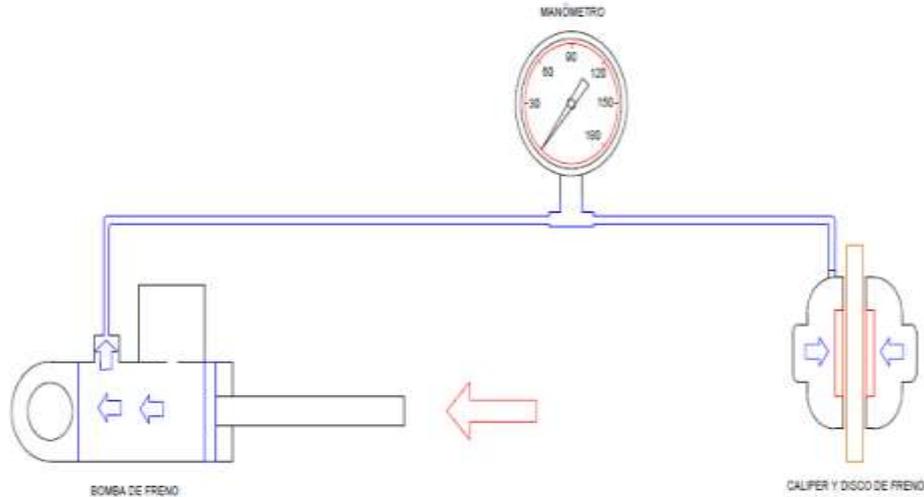
$$Ft: 2642.1 N$$

Presión necesaria para pruebas en el banco

“Los motores con correcto funcionamiento presentan una compresión de 120 Psi por otra parte los motores con desbalanceo de combustión presentan una compresión de 90 Psi” [19]. El propósito del freno es simular los 120 Psi de compresión existente en los cilindros de los vehículos livianos que es igual a un motor de combustión interna en estado estático sin encender, para poder simular dicha compresión se coloca un manómetro con una

escala de 160 Psi cabe destacar que las únicas pruebas que es necesario aplicar la frenada son la de par bloqueado y funcionamiento a máxima potencia.

Figura 4.12. Sistema de frenado con manómetro incluido



Fuente: Autores

4.6.6 Selección de Batería

La particularidad de los automóviles livianos es que su tensión de trabajo de su sistema eléctrico es de 12 voltios.

El motor de arranque con el cual se toma de base para el cálculo es de una potencia de 1.48 Kilowatts la cual se utiliza durante unos segundos con una tensión con una utilización de 5 minutos a lo largo del día ya que el motor de arranque solo al ser utilizado para la puesta en marcha del vehículo no ocupa mucho tiempo en el arranque.

Para el cálculo de la batería se debe conocer dos parámetros que son la carga a la cual se va a someter y su tiempo de uso así pues se tiene la siguiente ecuación.

$$Vc = Q * t \quad \text{Ec. 26}$$

Donde:

VC: Valor de carga por hora.

Q: Carga instalada del vehículo (Watts).

T: Tiempo del trabajo (Horas)

$$Vc = 1480 * 0.083$$

$$Vc = 122.84 \frac{\text{watts}}{\text{Hora}}$$

Se identifica la capacidad de carga de la batería la cual deberá tener una capacidad mínima de carga del 25% por lo tanto se deberá aumentar el 25% más de lo habitual.

$$V_{descarga} = Vc * 1.25 \quad Ec. 27$$

Donde:

$V_{descarga}$: Valor de profundidad de descarga.

Vc : Valor de carga por hora.

$$V_{descarga} = 122.84 * 1.25$$

$$V_{descarga} = 153.55 \text{ Watts}$$

Sabiendo que los automóviles livianos se alimentan a 12 voltios se tiene:

$$C = \frac{V_{descarga}}{V_{IN}} \quad Ec. 28$$

Donde:

C : Capacidad necesaria de la batería (amperios-hora).

$V_{descarga}$: Valor de profundidad de descarga.

V_{IN} : Tensión de alimentación del vehículo (voltios).

$$C = \frac{153.55 \text{ Watts}}{12V}$$

$$C = 12.79 \text{ Ah}$$

Dado que el motor de arranque tiene una tensión de seis veces la intensidad nominal al momento del arranque la capacidad de la batería se lo multiplica por seis.

$$12.79 * 6 = 76.74Ah$$

La batería a seleccionar es de 80 Amperios Hora con una tensión de 12 voltios ver **Anexo E**.

4.6.7 Cálculo del conductor batería – motor de arranque

Normalmente los conductores para este tipo de circuito suelen ser de cobre con una resistividad $\rho_{Cu} = 0.0172 \frac{\Omega mm^2}{m}$.

La caída de tensión suele ser del 5% para circuitos de fuerza.

Para el cálculo del conductor tenemos los siguientes datos:

P=1480 Watts del motor de arranque

L=1.5 metros

V= 12 voltios

$$\rho_{Cu} = 0.0172 \frac{\Omega mm^2}{m}$$

$$\cos\varphi = 0.65$$

Como se menciona anteriormente se toma el 5% de caída de tensión por ser un circuito de potencia.

$$u = 5\% * 100 = \frac{5 * 12}{100} = 0.6$$

Se procede al cálculo de la sección del conductor para este caso se procede a emplear la siguiente fórmula.

$$S = \frac{\rho * 2 * L}{u * V} * P \quad \text{Ec. 29}$$

Donde:

S: Sección transversal del conductor

L: Longitud del cable en metros

ρ : Resistividad del cobre en $\frac{\Omega mm^2}{m}$

P: Potencia de la carga (watts)

u: Caída de tensión máxima admisible en voltios

V: Tensión de suministro

$$s = \frac{0.0172 * 2 * 1.5}{0.6 * 12} * 1480$$

$$s = 10.60 mm^2$$

Una vez obtenida la sección del conductor se procede a calcular la corriente y mediante esta vamos a hallar la sección mediante catálogo.

$$I = \frac{P}{V * \cos\varphi} \quad \text{Ec. 30}$$

$$I = \frac{1480 \text{ Watts}}{12 * \cos(0.65)}$$

$$I = 123.43 \text{ A}$$

Obteniendo el valor de la corriente buscamos en la tabla de conductores para arranque ver **Anexo F**, el valor de la corriente es de 123 Amperios por ende la sección del conductor aumenta y es la que se procede a seleccionar.

El conductor seleccionado es un mono conductor de cobre blando flexible **AWG 2** con cubierta de PVC con tensión máxima de servicio de 300 voltios con una temperatura máxima de servicio de 300°C

5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Desarrollo y resultado de la propuesta tecnológica

5.1.1 Valores promedios

Bajo investigación de campo y experimental se pudo conocer los valores promedios a los que se considera a un motor de arranque como óptimos, estos valores serán la referencia a seguir, dentro de la simulación.

Como se muestra en el **Anexo L**

| | Imat (Amp) | Ist (Amp) | Vselt (V) | Vcbt (V) |
|------------------|-------------------|------------------|------------------|-----------------|
| CHEVROLET | 8.37 – 10.46 | 0.15 – 0.19 | 8.65 – 11.53 | 10.52 – 11.52 |
| FORD | 30.20 – 37.75 | 0.16 – 0.21 | 8.66 – 11.54 | 9.69 – 10.69 |
| MAZDA | 7.43 – 9.29 | 0.60 – 0.75 | 8.57 – 11.43 | 9.88 – 10.88 |
| TOYOTA | 10.16 – 12.17 | 0.21 – 0.28 | 8.65 – 11.54 | 10.11 – 11.11 |
| OTROS | 9.23 – 11.54 | 0.25 – 0.31 | 8.39 – 11.18 | 9.20 – 10.21 |

5.1.2 Desarrollo

Tras la investigación bibliográfica, técnica y experimental se pudo conocer el tiempo que conlleva realizar el mantenimiento de los motores de arranque de tal manera que al

ponerlos en contraste con la simulación de tal manera que se puede verificar que el diseño funcionara y se obtuvo la reducción de tiempo y mejoras en la fiabilidad con la que se realiza el proceso de reparación tal como se muestra a continuación.

Tabla 5.1. Tiempo normal de mantenimiento cuando no existen fallas posteriores al mantenimiento.

| | |
|---|----------------------|
| Marca del vehículo | Toyota stout |
| Tiempo de verificación de los sistemas pilotos | 30 minutos |
| Tiempo de mediciones | 30 minutos |
| Tiempo de desmontaje | 30 minutos |
| Tiempo de mantenimiento | 15 minutos |
| Tiempo de montaje | 40 minutos |
| Tiempo de comprobación | 5 minutos |
| Total | 2 horas y 30 minutos |

Fuente: Autores según trabajo de campo

Nota: No se consideró la ubicación del vehículo ya que se encontraba en el lugar de mantenimiento caso contrario se debe aumentar el tiempo de viaje hacia el lugar en que el vehículo se encuentra dañado.

Tabla 5.2. Tiempo de mantenimiento cuando existen fallas posteriores.

| Mantenimiento de motor de arranque Toyota stout | |
|--|----------------------|
| Tiempo de verificación de los sistemas pilotos. | 30 minutos |
| Tiempo de desmontaje | 30 minutos |
| Tiempo de mediciones | 30 minutos |
| Tiempo de mantenimiento | 15 minutos |
| Tiempo de montaje | 40 minutos |
| Tiempo de comprobación | 5 minutos |
| Verificación de caída de tensión | 5 minutos |
| Verificación de caída de corriente | 5 minutos |
| Tiempo de desmontaje | 30 minutos |
| Tiempo de mediciones | 30 minutos |
| Tiempo de mantenimiento | 15 minutos |
| Tiempo de montaje | 40 minutos |
| Tiempo de comprobación | 5 minutos |
| Total de tiempo mantenimiento | 4 horas y 40 minutos |

Fuente Autor trabajo de campo

Nota: Después de verificar las fallas del motor de arranque se procede a un nuevo desmontaje ya que la comprobación del motor de arranque no es la misma en vacío, que con carga ya que si no se identifica los problemas a tiempo la duración del mantenimiento tiende alargarse hasta el doble del tiempo normal es decir en este caso el valor total del tiempo de mantenimiento fluctúa entre 4 y 6 horas.

Tabla 5.3. Tiempo de mantenimiento del motor de arranque en la simulación tras existir fallas persistentes.

| Mantenimiento de motor de arranque Toyota stout | |
|---|-------------------------------|
| Tiempo de verificación de los sistemas pilotos. | 30 minutos |
| Tiempo de desmontaje | 30 minutos |
| Tiempo de mediciones | 30 minutos |
| Tiempo de mantenimiento | 15 minutos |
| Comprobación del motor de arranque bajo simulación. | 10 minutos |
| Tiempo de mantenimiento (si el problema persistiera) | 15 minutos |
| Tiempo de montaje | 40 minutos |
| Tiempo de comprobación | 5 minutos |
| Total de tiempo mantenimiento | 2 horas y 55 minutos algo así |

Fuente: Autores según trabajo de campo

Nota: La simulación permite conocer un tiempo estimado en el cual se podrá verificar un motor de arranque bajo la utilización del banco de pruebas donde claramente se puede observar que se reducirá el tiempo mantenimiento en un 62.5 % permitiendo que el proceso sea realizado de forma fiable, continua y eficaz, sin ningún riesgo hacia el personal técnico y los elementos que lo conforman.

5.1.3 Resultado

Tras la investigación y comparación de los valores nominales y los obtenidos de forma experimental se dio cumplimiento a los objetivos mismos que en el siguiente grafico pueden ser comprobados, siendo el tiempo el valor a disminuir el más notable bajo la utilización de la simulación que permitió monitorear y verificar el desarrollo de un motor de arranque tras su mantenimiento y los valores adecuados para su óptimo funcionamiento.

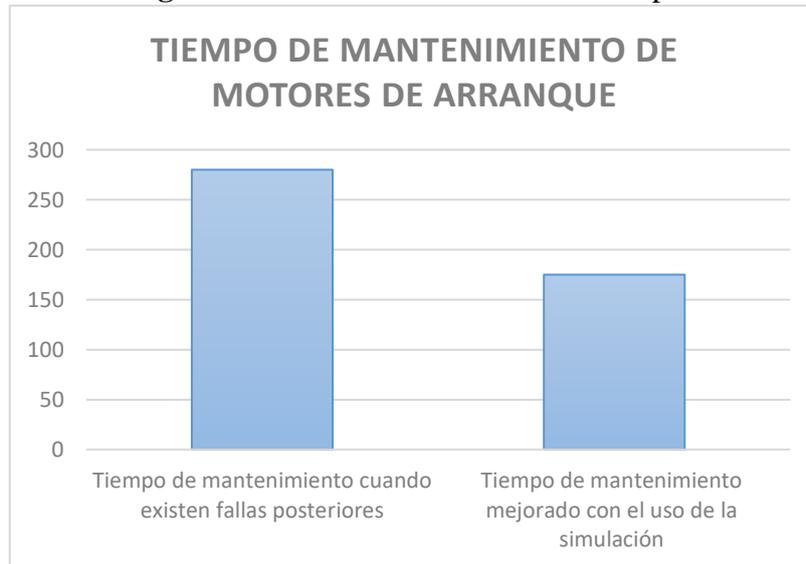
Así pues, el tiempo estimando del mantenimiento puede alcanzar un valor aproximado de 4 horas o hasta 5 si es que en el proceso no se supo corregir adecuadamente las fallas, que muchas veces son imperceptibles, gracias al uso de la simulación se puede tener una idea clara del funcionamiento de un banco de pruebas como si se tratara de un banco en estado físico, reduciendo así el tiempo de mantenimiento a dos horas y media aproximadamente, esto quiere decir una reducción del 62.5% del tiempo normal de manteniendo como se muestra en la siguiente gráfica de variación del tiempo en la cual se aprecia de mejor manera la reducción del tiempo de mantenimiento anteriormente mencionada .

Tabla 5.4. Tiempo de comparación sobre el mantenimiento en motores de arranque

| TIEMPO DE MANTENIMIENTO DE MOTORES DE ARRANQUE | |
|--|---|
| Tiempo de mantenimiento cuando existen fallas posteriores (minutos) | Tiempo de mantenimiento mejorado con el uso de la simulación (minutos) |
| 280 | 175 |

Fuente: Autores

Figura 5.1. Grafica de variación de tiempo



Fuente Autores

6 PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTO

6.1 COSTOS

6.1.1 Gastos directos

Tabla 6.1. Detalle de costos de los elementos mecánicos

| Denominación | Detalle | | | |
|---|-----------------|------------------|-----------------------|--------------------|
| | Cantidad | Unidad | Valor unitario | Valor Total |
| Tubo de 2 pulgadas x 3mm | 2 | Metro | 28.50 | 57 |
| Eje acero AISI 1020 de 2 pulgadas x 20 cm de longitud | 1 | Metro | 25 | 25 |
| Placa de acero de 300 mm x 300 mm x 4mm | 1 | Unidad | 5 | 5 |
| Placa de acero de 50 x 50 x 8 mm | 2 | Unidad | 25 | 50 |
| Plancha de hierro negro de 2 mm de espesor | 1 | Metros cuadrados | 61.39 | 61.39 |
| Placa de acero de 140x 140 x 5 mm de espesor | 2 | Milímetro | 6 | 12 |
| Pernos hexagonales M12 x 1,25 x 25mm con respectiva tuerca | 8 | Pulgadas | 1 | 8 |
| Corona del volante de inercia de Mazda B2200 de 112 dientes | 1 | Unidad | 30 | 30 |

| | | | | |
|---|---|--------|------------------|--------|
| Mordaza de freno Chevrolet san Remo/ Fiat de segunda mano | 1 | Unidad | 15 | 15 |
| Disco de freno de Fiat uno 240 mm | 1 | Unidad | 25 | 25 |
| Bomba de freno basculante | 1 | Unidad | 60 | 60 |
| Chumaceras | 2 | Unidad | 14 | 28 |
| Cañería de acero para freno | 3 | Metros | 2 | 6 |
| Pernos 9/16 de 6 pulgadas | 3 | Unidad | 5 | 15 |
| Otros | | Unidad | 30 | 30 |
| | | | Sub total | 427.39 |
| | | | Total | 427.39 |

Nota. - Estos costos son tomados a la fecha de realización de esta tesis, misma que podrán variar según el mercado ecuatoriano en el que se encuentren estos artículos.

Tabla 6.2. Detalle de costos de los elementos eléctricos

| Denominación | Detalle | | | |
|---|----------|---------|------------------|-------------|
| | Cantidad | Unidad | Valor unitario | Valor Total |
| Batería | 1 | Unidad | 110 | 110 |
| Bornes de conexión para batería | 2 | Unidad | 1.50 | 3 |
| Fusible de protección 20 Amperios | 1 | Amperio | 0.75 | 0.75 |
| Cable Automotriz N° 16 | 10 | Metros | 50 | 5 |
| Luces piloto DC | 2 | Unidad | 3.99 | 7.98 |
| Cable AWG N° 2 | 2 | Metros | 9 | 18 |
| Plugs de banana | 6 | Unidad | 0.30 | 1.80 |
| Terminales para conexiones de motores de arranque | 6 | Unidad | 50 | 3 |
| Activador de sistema | 1 | Unidad | 8 | 8 |
| Paro de emergencia | 1 | | 3 | 3 |
| Relé de ignición de 12 voltios | 1 | | 7.50 | 7.50 |
| Automático auxiliar de 12 voltios | 1 | | 12 | 12 |
| Botón pulsador de arranque NA | 1 | | 3 | 3 |
| | | | Sub total | 183.03 |
| | | | Total | 183.03 |

Tabla 6.3. Detalle de costos de los instrumentos de medida

| Denominación | Detalle | | | |
|-----------------------|----------|--------|------------------|-------------|
| | Cantidad | Unidad | Valor unitario | Valor Total |
| Manómetro analógico | 1 | Unidad | 10 | 10 |
| Voltímetro analógico | 2 | Unidad | 9 | 18 |
| Amperímetro analógico | 2 | Unidad | 9 | 18 |
| Medidor de rpm | 1 | Unidad | 44.99 | 44.99 |
| | | | Sub total | 90.99 |
| | | | Total | 90.99 |

6.1.2 Gastos indirectos

Tabla 6.4. Detalle de costos indirectos

| Denominación | Detalle | | | |
|--|----------|--------|------------------|-------------|
| | Cantidad | Unidad | Valor unitario | Valor Total |
| Torneado de acoples disco de freno – corona dentada. | 2 | Unidad | 10 | 20 |
| 2 rollos de alambre MIG de 1 kilo | 2 | Unidad | 10 | 20 |
| Pintura de fondo | 1 | Litro | 6 | 6 |
| Pintura color gris | 1 | Litro | 6 | 6 |
| Thinner | 2 | Litro | 0.50 | 1 |
| Lija para hierro número 80 | 1 | Unidad | 0.50 | 0.50 |
| Barniz | 2 | Litro | 4 | 8 |
| Movilización | | Unidad | 50 | 0 |
| Internet | 6 | Hora | 0.6 | 3.60 |
| | | | Sub total | 65.1 |
| | | | Total | 65.1 |

Nota. - Los valores mencionados en esta última tabla corresponden a precios consultados a locales y centros de manufactura que permiten valorizar de manera estándar los gastos posibles para la construcción del banco de pruebas.

6.1.3 Mano de obra

Para el adecuado cálculo de la mano de obra se tomará en cuenta el salario de un ingeniero que se desenvuelve en el área de diseño teniendo como un mínimo de ingresos, el valor de \$750 durante 24 días laborables.

$$\frac{\$750}{24 \text{ días}} = \$31.25 * \text{dia}$$

$$\frac{\$31.25 * \text{dia}}{8 \text{ horas} * \text{dia}} = \$3.91 * \text{horas}$$

El valor de remuneración por horas será multiplicado por el número de días trabajados, en este caso se laboró de manera continua por 15 días

$$\text{Mano de obra} = 120 \text{ horas} * \frac{\$3.91}{\text{horas}}$$

$$\text{Mano de obra} = \$469.2$$

Dicho valor deberá ser tomado en cuenta para el informe final de costos en el proyecto.

6.1.4 Inversión total para el banco de pruebas

Tabla 6.5. Detalle de costos totales para la construcción del banco de pruebas

| INVERSION TOTAL DEL BANCO DE PRUEBA | |
|--|-------------------------|
| Componentes del costo | Costo total (\$) |
| Gastos directos totales | 701.41 |
| Gastos indirectos totales | 65.1 |
| Mano de obra | 469.2 |
| 10% Imprevistos | 137.7 |
| TOTAL | 1373.41 |

6.2 IDENTIFICACIÓN DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN) Y LA TAZA INTERNO DE RETORNO

FLUJO DE EFECTIVO ECONÓMICO

Tabla 6.6. Elaboración del estado de resultado

| ESTADO DE RESULTADOS PROYECTADO | | | | | |
|--|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| | AÑO 0 | AÑO 1 | AÑO 2 | AÑO3 | AÑO 4 |
| UTILIDAD OPERATIVA | \$17.000,00 | \$17.000,00 | \$17.000,00 | \$17.000,00 | \$17.000,00 |
| UTILIDAD OPERATIVA ANTES DE IMPUESTOS | \$17.000,00 | \$17.000,00 | \$17.000,00 | \$17.000,00 | \$17.000,00 |
| (-) IMPUESTO | \$4.250,00 | \$4.250,00 | \$4.250,00 | \$4.250,00 | \$4.250,00 |
| UTILIDAD NETA | \$12.750,00 | \$12.750,00 | \$12.750,00 | \$12.750,00 | \$12.750,00 |

Tabla 6.7. Cálculo del flujo de efectivo económico o flujo de caja libre por medio del nopa (flujo operativo)

| FLUJO DE CAJA ECONOMICO | | | | | |
|--------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | AÑO 0 | AÑO 1 | AÑO 2 | AÑO3 | AÑO 4 |
| UTILIDAD NETA | \$12.750,00 | \$12.750,00 | \$12.750,00 | \$12.750,00 | \$12.750,00 |
| INVERSIÓN | 1373,41 | 1373,41 | 1373,41 | 1373,41 | 1373,41 |
| FLUJO DE CAJA ECONOMICO | \$ -11.376,59 | \$ -11.376,59 | \$ -11.376,59 | \$ -11.376,59 | \$ -11.376,59 |

| | |
|--|--------|
| PORCENTAJE DE DEUDA O FINANCIAMIENTO | 0% |
| % DE CAPITAL | 100% |
| TEA | 0% |
| KOA | 72% |
| TASA DE IMPUESTOS | 25% |
| CALCULAR COSTO PROMEDIO PONDERADO WAAC | 72,00% |

| ANÁLISIS FINANCIERO | | |
|---|--|---------|
| VAN E | | 2618,86 |
| TIR E | | 93% |
| B/C E | | \$4,00 |
| PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN | | 1,00 |

6.2.1 Análisis de VAN y TIR

El diseño del banco de pruebas para motores de arranque es factible para la empresa ELECTROMECAÁNICA HERRERA, ya que el VAN tiene un valor 2618,86, lo cual nos indica que el proyecto es viable con una tasa de rendimiento del 93% y su beneficio por cada dólar invertido será de \$4.00, siendo recuperada la inversión en un periodo de aproximadamente 1 año.

6.3 ANÁLISIS DE IMPACTOS

6.3.1 Impacto práctico

Mediante el ensamble de banco de pruebas se podrá reducir los tiempos de mantenimiento ya que el personal de la “Electromecánica Herrera” realiza este tipo de mantenimientos mediante conocimientos empíricos adquiridos a lo largo de su trayectoria profesional, el banco de pruebas hará posible realizar comprobaciones a los motores de arranque antes de su ensamblaje en el automóvil para así verificar sus parámetros nominales de funcionamiento disminuyendo el tiempo de mantenimiento en un 62.5% como se muestra en la **Figura 5.1**.

6.3.2 Impacto tecnológico

El banco de pruebas representa una inversión tecnológica en el campo del manteamiento ya sea correctivo o preventivo facilitando así a los ingenieros electromecánicos adaptarlo a cualquier escenario o campo de trabajo logrando así sustituir los procesos de mantenimiento tradicionales que se realizan en las pequeñas electromecánicas, siendo así que la mano de obra incrementa su valor en un 10% ya que existe mayor fiabilidad y garantía.

6.3.3 Impacto social

El diseño del banco de pruebas es sencillo y fácil de ensamblar, al momento de que la Electromecánica Herrera proceda al respectivo ensamble y su implementación en el sector donde se ubican generará mayor confianza, al ser una adaptación tecnológica para la ayuda de los procesos de mantenimiento a los que se dedican, aumentando así un crecimiento en la cantidad de clientes hasta en un 5%, que llegan al punto de mantenimiento buscando asesoría técnica.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- Mediante el diseño del banco de prueba se verificó que el proceso del mantenimiento de un motor de arranque será disminuido en un 62.5% de su tiempo total, obteniendo así un proceso más fiable en el desarrollo del trabajo.
- Los motores de arranque son comúnmente clasificados por su voltaje y muchas veces no se toma en cuenta el tamaño y la potencia que debe tener para la ignición de un motor de combustión interna siendo necesario el conocimiento de los valores nominales de stock para su voltaje y corriente que garantice su óptimo desarrollo.
- El valor inicial para los vehículos livianos de hasta 1.6 litros debe comprenderse entre los 12.75 y 13 voltios necesarios para el correcto funcionamiento de un motor de arranque ensamblado en su lugar de trabajo, independientemente de que el mantenimiento del motor de arranque haya sido realizado.
- Los valores nominales de los motores de arranque más comunes en realizar su mantenimiento están definidos por su corriente y voltaje mismo que permiten obtener un rango para la simulación en tiempo real, esto obtenido bajo el cálculo y resultado de la tabla como se indica a continuación:

| | Imat (Amp) | Ist (Amp) | Vselt (V) | Vcvt (V) |
|------------------|-------------------|------------------|------------------|-----------------|
| CHEVROLET | 8.37 – 10.46 | 0.15 – 0.19 | 8.65 – 11.53 | 10.52 – 11.52 |
| FORD | 30.20 – 37.75 | 0.16 – 0.21 | 8.66 – 11.54 | 9.69 – 10.69 |
| MAZDA | 7.43 – 9.29 | 0.60 – 0.75 | 8.57 – 11.43 | 9.88 – 10.88 |
| TOYOTA | 10.16 – 12.17 | 0.21 – 0.28 | 8.65 – 11.54 | 10.11 – 11.11 |
| OTROS | 9.23 – 11.54 | 0.25 – 0.31 | 8.39 – 11.18 | 9.20 – 10.21 |

- Se realizó el diseño del banco de las pruebas bajo una simulación que permite la visualización de tensión e intensidad necesaria a la que los motores de arranque se deben desarrollar tomando en cuenta los sistemas de seguridad y sensores adecuados para su funcionamiento.
- La simulación permite tener una idea clara de las pruebas que se pueden realizar en el banco de pruebas que eliminaran la exposición del técnico a conexiones erradas y accidentes por procesos que no cumplan con bases cognitivas y trabajos rentables.

7.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda la implementación del banco de pruebas para la reducción de verificación en tiempo real del diseño y el cumplimiento de los estándares necesarios para su correcto funcionamiento.
- La construcción por parte del propietario de Electromecánica Herrera debe basarse en la utilización de sistemas analógicos que permitan el adecuado funcionamiento para la verificación de los valores de tensión e intensidad.
- Realizar una investigación para la apertura de nuevos módulos de simulación que permitan no únicamente la verificación de los estados nominales de un motor de arranque sino también los valores de velocidad y carga (HP) a las que deben trabajar comúnmente.
- Actualización de la tecnología en uso, de tal forma que la simulación presentada permita al usuario manejar unas bases de datos y su pronta impresión, de tal forma que se permita aumentar la fiabilidad y garantía del servicio de mantenimiento.
- Conocer los valores nominales en otras marcas de automóviles permitiendo la universalidad del banco de pruebas para su construcción y posterior uso no únicamente en el puente de mantenimiento herrera sino también en otros lugares cuyos vehículos varían tanto en modelo como en marca.

8 BIBLIOGRAFÍA

- [1] UNESCO, NORMATIVA AREA DEL CONOCIMIENTO UNESCO-SENESCYT, QUITO, 1994.
- [2] A. Mora, Mantenimiento. Planeación, ejecución y control., Mexico: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., México., 2009.
- [3] F. Gonzáles, Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado, Madrid : Fundación Confemetal, 2005.
- [4] A. Zalazar, «La importancia del amntenimiento en los equipos,» 18 Mayo 2017. [En línea]. Available: <https://fierrosindustrial.com/noticias/la-importancia-del-mantenimiento-los-equipos/>.
- [5] R. Bosch y H. Bauher, Sistemas De Arranque, sistemas eléctricos y electrónicos para automoviles, Stuttgart: Robert Bosch GmbH 2000, 2000.
- [6] Mecánica Automotriz Fácil, Reparación del sistema de carga y arranque, México: México digital comunicación.
- [7] R. Bosch, Alternadores, Motores de Arranque y Principales Componentes, Brasil: Bosch, 2015.
- [8] E. Domínguez, Sistemas de carga y arranque, España : Editex, 2010.
- [9] M. Sánchez, Mantenimiento del sistema de arranque del motor del vehículo. TMVG 0209, Malaga: IC Editorial, 2014.
- [10] E. Unicrom, «Electrónica Unicrom - Electrónica para el aficionado y el experto,» 2016. [En línea]. Available: <https://unicrom.com/fuerza-contraelecromotriz-fcem-efecto-de-carga/>.
- [11] J. Cantuña y M. Cerón, Artists, Diseño y Construcción de un banco de pruebas para motores de arranque. [Art]. Escuela Politécnica del Ejercito sede Latacunga, 2006.

- [12] Escuela Colombiana De Ingenieria Julio Garavito,
«Escuelaing.edu.co/es/publicaciones,» Enero 2011. [En línea]. Available:
https://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/8312_ergonomia_de_pie.pdf.
- [13] J. Meló, Ergonomía Práctica - Guía para la evaluación de ergonomía de un
puestode trabajo., Buenos Aires: Fundación MAPFRE, 2009.
- [14] SUMITEC - Suministros Técnicos S.A, «Acero estructural ASTM grado A,»
Cartago, 2020.
- [15] AHMSA Altos Hornos De México, Manual de diseño para la construccion con
acero, México: Grupo Azero, 2013.
- [16] Ferrocortes S.A.S, «Barras de acero al carbono AISI / SAE 1020,» Medellín,
2020.
- [17] SKF, Rodameintos SKF, Grupo SKF 2015, 2015.
- [18] H. Cáceres y R. Ruiz, Artists, Redimensionamiento, construccion e
implementación de un sistema de frenos posteriores de disco con freno de mano
hidráulico para un vehículo de rally.. [Art]. Escuela Superior Politécnica De
Chimborazo., 2015.
- [19] W. Contreras, M. Arichávala y C. Jérez, Determinación de la presión máxima de
compresión de un motor de encendido provocado basado en una red neuronal
artificial recurrente., Cuenca, Azuay, 2018.
- [20] C. Martín, Máquinas eléctricas, Madrid: Editex, 2012.
- [21] S. Chapman, Máquinas eléctricas, México: Mc Graw Hill, 2012.
- [22] Artetecnologia, «Artetecnologia,» 2018. [En línea]. Available:
<https://www.areatecnologia.com/electricidad/amperimetro.html>.
- [23] G. Debiase, «Debiase,» 8 Julio 2020. [En línea]. Available:
<https://www.grupodebiase.com/voltímetros/4551-voltímetro-96x96-50v-db-vol9650.html>.

- [24] Weediid, «Weediid,» 8 Julio 2020. [En línea]. Available:
<https://www.weediid.com/manmetro-de-glicerina-0-6-kg-cm2>.
- [25] E. d. R. PartesDel.com, «Partesdel,» Octubre 2018. [En línea]. Available:
https://www.partesdel.com/partes_del_amperimetro.html.
- [26] PCE, «PCE,» Junio 2020. [En línea]. Available: https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/voltimetro-volt_metro-pce-dm-5-det_5936485.htm?_list=kat&_listpos=7.
- [27] Comparador, «Epiniones.com,» 25 Marzo 2020. [En línea]. Available:
<https://images-eu.ssl-images-amazon.com/images/I/51fcv8MB7jL.jpg>.
- [28] P. Cordero y M. Sánchez, Artists, Diseño y construcción de un banco didáctico para comprobar motores de arranque y alternadores.. [Art]. Universidad del Azuay, 2015.
- [29] L. Mocayo, Artist, Cálculo y análisis diámico del automóvil durante su desplazamiento en carretera.. [Art]. Universidad Politécnica Salesiana, 2004.

ANEXO A

MATERIAL SELECCIONADO DEL CATÁLOGO DE PRODUCTOS DE ACERO DIPAC PARA TUBERIA ESTRUCTURAL (TUBERIA CUADRADA)



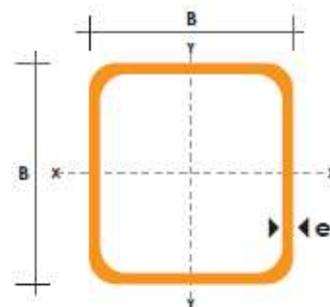
TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales

| | |
|----------------------|---------------------|
| Norma | ASTM A-500 |
| Recubrimiento | Negro o galvanizado |
| Largo normal | 6 mts. |
| Otros largos | Previa Consulta |
| Dimensiones | Desde 20mm a 100mm |
| Espesor | Desde 2,0mm a 3,0mm |



| DIMENSIONES | | | AREA | EJES X-Xe Y-Y | | |
|-------------|---------|------|------|---------------|------|------|
| A | ESPESOR | PESO | AREA | I | W | i |
| mm | mm | Kg/m | cm2 | cm4 | cm3 | cm |
| 20 | 1,2 | 0,72 | 0,90 | 0,53 | 0,53 | 0,77 |
| 20 | 1,5 | 0,88 | 1,05 | 0,58 | 0,58 | 0,74 |
| 20 | 2,0 | 1,15 | 1,34 | 0,69 | 0,69 | 0,72 |
| 25 | 1,2 | 0,90 | 1,14 | 1,08 | 0,87 | 0,97 |
| 25 | 1,5 | 1,12 | 1,35 | 1,21 | 0,97 | 0,95 |
| 25 | 2,0 | 1,47 | 1,74 | 1,48 | 1,18 | 0,92 |
| 30 | 1,2 | 1,09 | 1,38 | 1,91 | 1,28 | 1,18 |
| 30 | 1,5 | 1,35 | 1,65 | 2,19 | 1,46 | 1,15 |
| 30 | 2,0 | 1,78 | 2,14 | 2,71 | 1,81 | 1,13 |
| 40 | 1,2 | 1,47 | 1,80 | 4,38 | 2,19 | 1,25 |
| 40 | 1,5 | 1,82 | 2,25 | 5,48 | 2,74 | 1,56 |
| 40 | 2,0 | 2,41 | 2,94 | 6,93 | 3,46 | 1,54 |
| 40 | 3,0 | 3,54 | 4,44 | 10,20 | 5,10 | 1,52 |
| 50 | 1,5 | 2,29 | 2,85 | 11,06 | 4,42 | 1,97 |
| 50 | 2,0 | 3,03 | 3,74 | 14,13 | 5,65 | 1,94 |
| 50 | 3,0 | 4,48 | 5,81 | 21,20 | 8,48 | 1,91 |
| 60 | 2,0 | 3,66 | 3,74 | 21,26 | 7,09 | 2,39 |
| -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |



ANEXO B

SELECCIÓN DE RODAMIENTO SEGÚN CATÁLOGO SKF 2015 (PÁGINA 362) MEDIANTE LA CAPACIDAD DE CARGA DINÁMICA



| Dimensiones principales | Capacidad de carga básica | | Carga límite de fatiga P _u | Velocidades nominales | | Masa | Designaciones | | | |
|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|--------|---------------|------------------------------------|-------------|------------|
| | dinámica C | estática C ₀ | | Velocidad de referencia | Velocidad límite ¹⁾ | | | Rodamientos tapados en ambos lados | un lado | |
| d | D | B | | | | | | | | |
| mm | | | kN | kN | r. p. m. | kg | - | | | |
| 45 cont. | 85 | 19 | 32,5 | 20,4 | 0,865 | 18 000 | 10 000 | 0,43 | E2.6209-2Z | - |
| | 85 | 19 | 35,1 | 21,6 | 0,915 | 17 000 | 8 500 | 0,43 | * 6209-2Z | * 6209-Z |
| | 85 | 19 | 35,1 | 21,6 | 0,915 | - | 5 000 | 0,43 | * 6209-2RS1 | * 6209-RS1 |
| | 85 | 23 | 33,2 | 21,6 | 0,915 | - | 5 000 | 0,51 | 62209-2RS1 | - |
| | 100 | 25 | 52,7 | 31,5 | 1,34 | 16 000 | 9 000 | 0,87 | E2.6309-2Z | - |
| | 100 | 25 | 55,3 | 31,5 | 1,34 | 15 000 | 7 500 | 0,87 | * 6309-2Z | * 6309-Z |
| | 100 | 25 | 55,3 | 31,5 | 1,34 | - | 4 500 | 0,87 | * 6309-2RS1 | * 6309-RS1 |
| | 100 | 36 | 52,7 | 31,5 | 1,34 | - | 4 500 | 1,2 | 62309-2RS1 | - |
| 50 | 65 | 7 | 6,76 | 6,8 | 0,285 | 20 000 | 10 000 | 0,052 | 61810-2RZ | - |
| | 65 | 7 | 6,76 | 6,8 | 0,285 | - | 6 000 | 0,052 | 61810-2RS1 | - |
| | 72 | 12 | 14,6 | 11,8 | 0,5 | 19 000 | 9 500 | 0,14 | 61910-2RZ | - |
| | 72 | 12 | 14,6 | 11,8 | 0,5 | - | 5 600 | 0,14 | 61910-2RS1 | - |
| | 80 | 16 | 22,9 | 15,6 | 0,71 | 18 000 | 9 000 | 0,27 | * 6010-2Z | * 6010-Z |
| | 80 | 16 | 22,9 | 15,6 | 0,71 | 18 000 | 9 000 | 0,27 | * 6010-2RZ | * 6010-RZ |
| | 80 | 16 | 22,9 | 15,6 | 0,71 | - | 5 000 | 0,27 | * 6010-2RS1 | * 6010-RS1 |
| | 80 | 23 | 21,6 | 15,6 | 0,71 | - | 5 000 | 0,38 | 63010-2RS1 | - |
| | 90 | 20 | 37,1 | 23,2 | 0,98 | 15 000 | 8 000 | 0,47 | * 6210-2Z | * 6210-Z |
| | 90 | 20 | 37,1 | 23,2 | 0,98 | 15 000 | 8 000 | 0,47 | * 6210-2RZ | * 6210-RZ |
| 90 | 20 | 37,1 | 23,2 | 0,98 | - | 4 800 | 0,47 | * 6210-2RS1 | * 6210-RS1 | |
| 90 | 23 | 35,1 | 23,2 | 0,98 | - | 4 800 | 0,54 | 62210-2RS1 | - | |

¹⁾ Para rodamientos con una sola placa de protección o un sello no rozante (Z, RZ), corresponden las velocidades límite de los rodamientos abiertos.
 * Rodamiento SKF Explorer
 E2 → Rodamiento **energéticamente eficiente SKF**

ANEXO C

SELECCIÓN DE BOMBA DE FRENO BASCULANTE DE 3/4 O 19 MILIMETROS DEL CATALOGO DOPPLER.



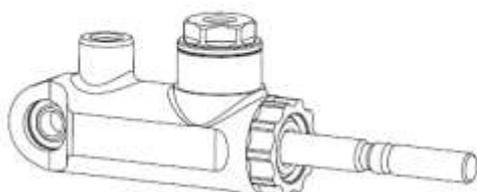
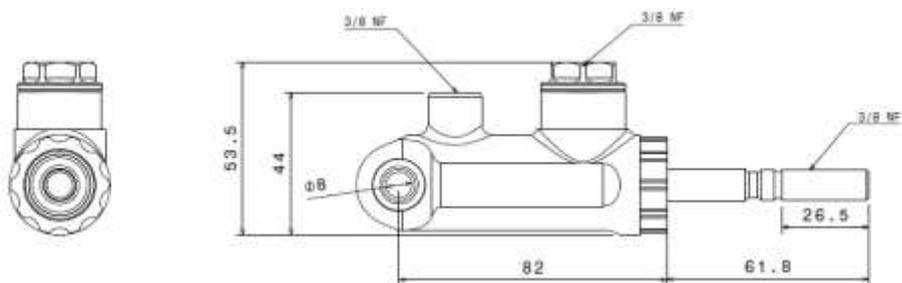
CILINDRO MAESTRO SERIE 77

Lo último en cilindros maestros, con un diseño compacto y ligero.

El pistón es a su vez vástago, eliminando todos los juegos de montaje ofreciendo la máxima eficiencia en fuerza y sensibilidad para el piloto a la hora de frenar.

El diseño elimina la fricción lateral proporcionando un frenado muy sensible y repetible.

| | |
|---------------|--------------|
| Ø 17.4 mm | cód : 7717 |
| Ø 19 mm | cód : 7719 |
| Ø 22.2 mm | cód : 7722 |
| Ø 25.4 mm | cód : 7725 |
| Freno de mano | cód : 7719 R |



ANEXO D

SELECCIÓN DE DISCO DE FRENO MEDIANTE CATÁLOGO TRW

| TRW | | |  | | | MEDIDAS | | | | | |
|-----------------------------|-------------|-------------------------|---|-----|-------------------|----------------|------------------|----------------|--------------|-----------|-----------|
| MODELO | AÑO | CARACTERÍSTICA ESPECIAL | TRW | D/T | S.Sólido V.Ventil | Ø | Espesor de Pista | Espesor Mínimo | Altura total | Ø central | Orificios |
| FIAT | | | | | | | | | | | |
| 128 / 128 Super Europa/ 147 |-1987 | | RPDI01440 | D | S | 227 | 11 | 9 | 46 | 62 | 4 |
| 125 / 128 / 132 / 133 | 1968-1983 | | RPDI00490 | D | S | 227 | 10 | 8 | 45 | 68 | 4 |
| Doblo | 2003-2006 | | RCDI01600 | D | V | 284 | 22 | 20 | 43,5 | 59 | 4 |
| | 2010-2011 | | RCDI02860 | D | V | 281 | 26 | 24,2 | 43,5 | 59 | 4 |
| Ducato | 1984-1997 | | RPDI02380 | D | S | 256 | 16 | 14 | 64 | 73 | 5 |
| | 1997-2009 | | RCDI07540 | D | V | 280 | 24 | 21,9 | 65,5 | 73 | 5 |
| | | | RCDI01870 | D | V | 280 | 24 | 22 | 65,5 | 73 | 5 |
| | 1994-2002 | 1800 | RCDI01880 | D | V | 300 | 24 | 22 | 65,5 | 80 | 5 |
| | | 2.5 / 2.8 | RPDI01160 | D | S | 280 | 18 | 16 | 65,5 | 73 | 5 |
| | 1999-2003 | | RPDI04300 | T | S | 280 | 16 | 14,2 | 82 | 79 | 5 |
| 2009-2012 | | RPDI04460 | T | S | 280 | 16 | 14,2 | 80 | 72 | 5 | |
| Regata Weekend | 1986-... | | RPDI00500 | D | S | 240,3 | 12 | 10,8 | 46,5 | 59 | 4 |
| Siena (base) | | | | | | | | | | | |
| Siena | | | RCDI08340 | D | V | 240 | 20 | 18,2 | 40,5 | 59 | 4 |
| Spazio | 1987 - 1990 | | RCDI06410 | D | V | 227 | 11 | 9 | 46 | 59 | 4 |
| Stilo | 2002-2007 | | RPDI00550 | T | S | 251 | 10 | 9 | 51 | 59 | 4 |
| Tempra | 1992-1994 | | RCDI01040 | D | V | 257 | 20 | 18,1 | 40,5 | 59 | 4 |
| Uno | 1994-1997 | | RCDI00800 | D | V | 257 | 22 | 20 | 40,5 | 59 | 4 |
| | 1990-1993 | 1.6 8V | RCDI02510 | D | V | 240 | 20 | 18 | 46,5 | 59 | 4 |

ANEXO E

SELECCIÓN DE BATERIA DEL CATÁLOGO DE BATERIAS ELECTRA

Batería 34900 (NORMAL) / 34900I (INVERTIDA) 12 Volts

BATERIAS
electra



La 34900 - 34900I es una batería de alto rendimiento, gracias a la nueva tecnología de aleación plomo-calcio-calcio y con electrolito líquido diseñada específicamente para uso automotriz y maquinarias

Especificaciones



| | |
|-----------------------------------|------|
| Voltaje Normal (V) | 12 |
| Largo (cm) | 25.5 |
| Ancho (cm) | 17 |
| Alto (cm) | 20.5 |
| Capacidad (Ah) | 80 |
| Capacidad de Arranque a 0 °C (A) | 825 |
| Capacidad de Arranque a 26 °C (A) | 990 |
| Capacidad de Reserva (min) | 140 |
| N° Placas | 14 |

C4

Con calidad **C4** por su tecnología de aleación **plomo-calcio-calcio**, nuestras baterías no requieren una revisión periódica. Se recomienda hacer una revisión general del sistema eléctrico y la batería cada tres meses. Es importante revisar el correcto funcionamiento del sistema eléctrico para garantizar una larga vida útil de la batería.

ANEXO F

SELECCIÓN DE CONDUCTOR PARA BATERIA – MOTOR DE ARRANQUE DEL CATÁLOGO DE GENERAL CABLE COCESA

Baja Tensión – Cordones

CABLE PARA BATERÍAS

Monoconductor de cobre blando extraflexible, cubierta de PVC. 300 V



LIBRE DE PLOMO



CONDUCTOR FLEXIBLE



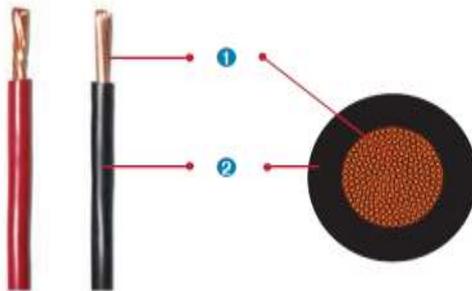
RESISTENCIA AL ACEITE



RETARDANTE A LA LLAMA



REDUCIDO RADIO DE CURVATURA



- 1 CONDUCTOR: cobre blando extraflexible, clase I.
- 2 AISLACIÓN: cubierta de PVC color negro o rojo.

LEYENDA SOBRE LA CUBIERTA: General Cable BATERÍA [calibre] AWG Cu PVC 75C HECHO EN CHILE

INFORMACIÓN TÉCNICA ADICIONAL

| Calibre AWG | Diámetro del conductor aprox. mm | Espesor aislación mm | Diámetro exterior aprox. mm | Peso total aprox. kg/km | Resistencia máx. a 20 °C CC Ω/km | Capacidad de corriente máxima T. 40 °C A |
|----------------|--|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|---|--|
| 6 | 4,7 | 1,52 | 8,0 | 177 | 1,38 | 92 |
| 4 | 5,7 | 1,65 | 9,3 | 265 | 0,865 | 123 |
| 2 | 7,5 | 1,65 | 11,1 | 397 | 0,544 | 163 |
| 1 | 8,6 | 1,65 | 12,3 | 490 | 0,431 | 189 |
| 1/0 | 9,3 | 1,65 | 13,0 | 594 | 0,345 | 221 |
| 2/0 | 10,7 | 1,65 | 14,4 | 735 | 0,273 | 254 |
| 3/0 | 12,5 | 1,98 | 17,0 | 941 | 0,217 | 298 |
| 4/0 | 13,9 | 1,98 | 18,4 | 1.161 | 0,172 | 346 |

La información mostrada arriba es aproximada y está sujeta a las tolerancias normales de fabricación.

CAMINO A MELIPILLA 6307, CASILLA 100, CERRILLOS, SANTIAGO, CHILE
SERVICIO AL CUENTE: (56) 22 422 2200 • servicio.cliente@generalcable.cl
MESA CENTRAL: (56) 22 422 2000

General Cable
COCESA

ANEXO G

COMPROBACIÓN DE BENDIX EN LA CORONA DENTADA DE LA PICKUP MAZDA B2200.



FIGURA 1: BENDIX DE 12 DIENTES MAZDA B2200



FIGURA 2: BENDIX DE 9 DIENTES

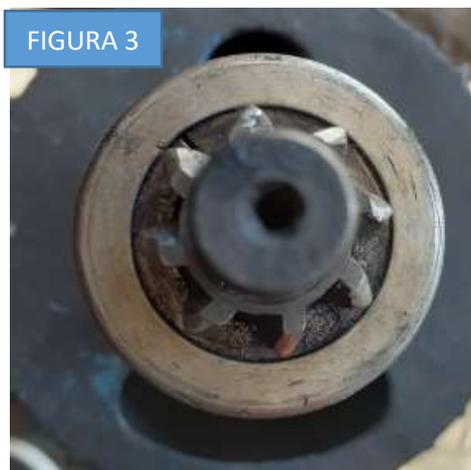
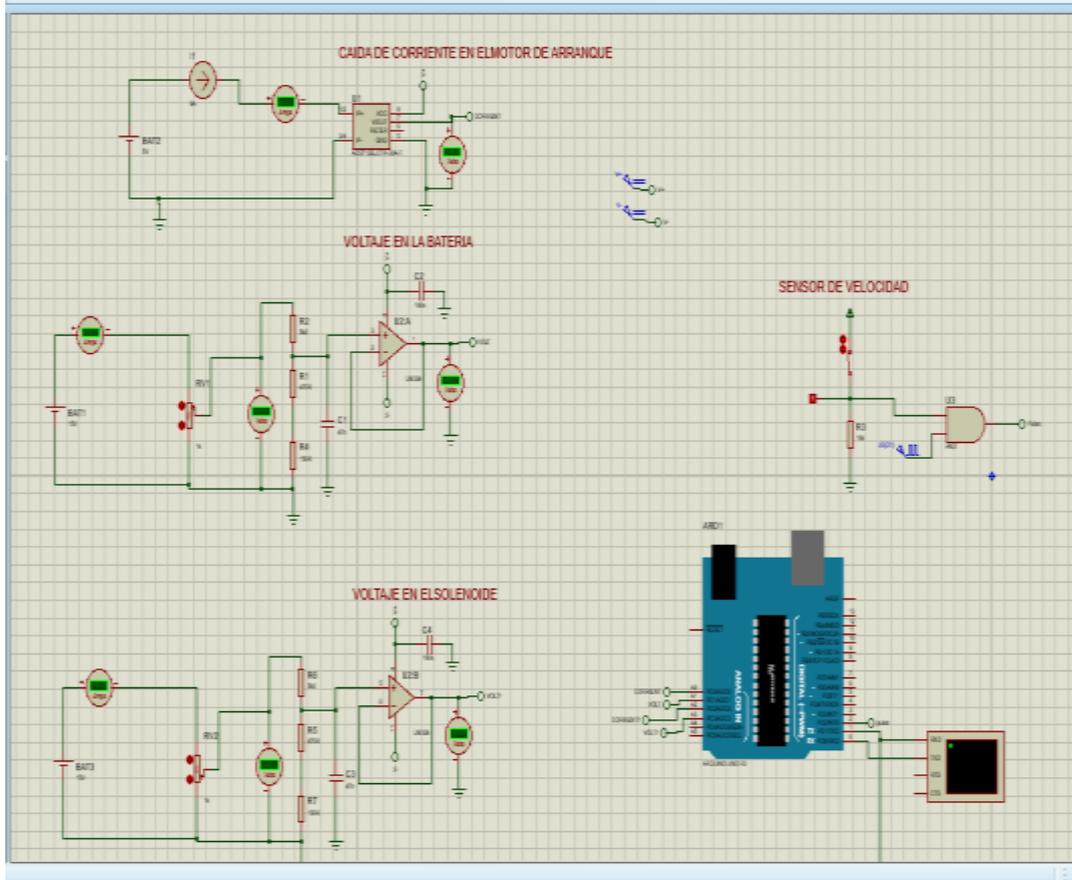


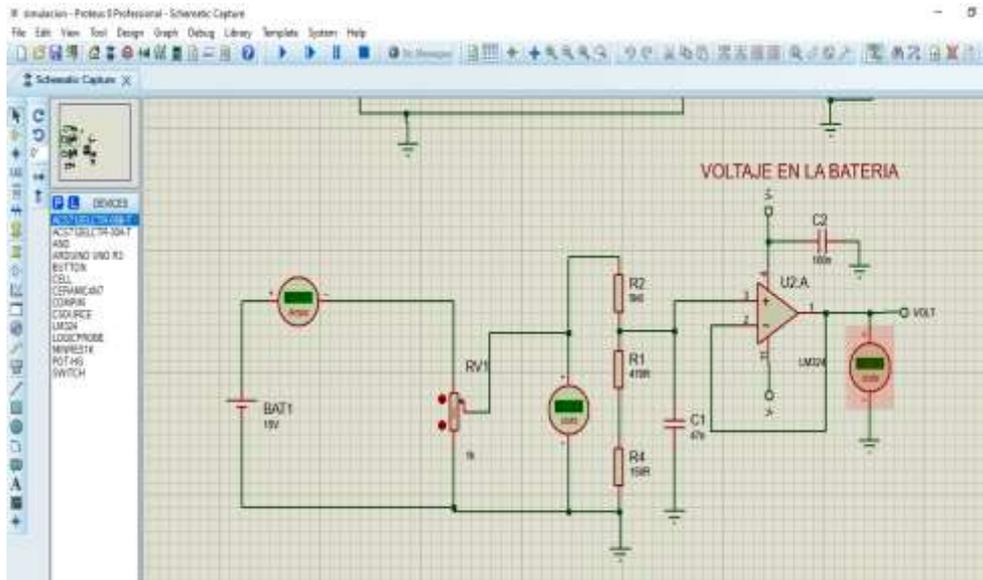
FIGURA 3: BENDIX DE 8 DIENTES

ANEXO H

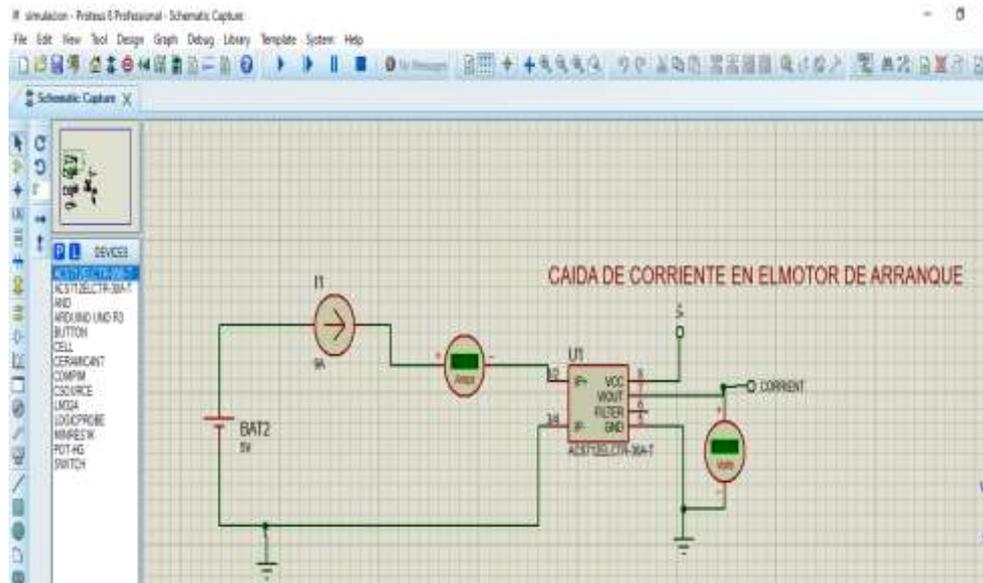
ESQUEMA ELÉCTRICO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN



SENSOR DE VOLTAJE



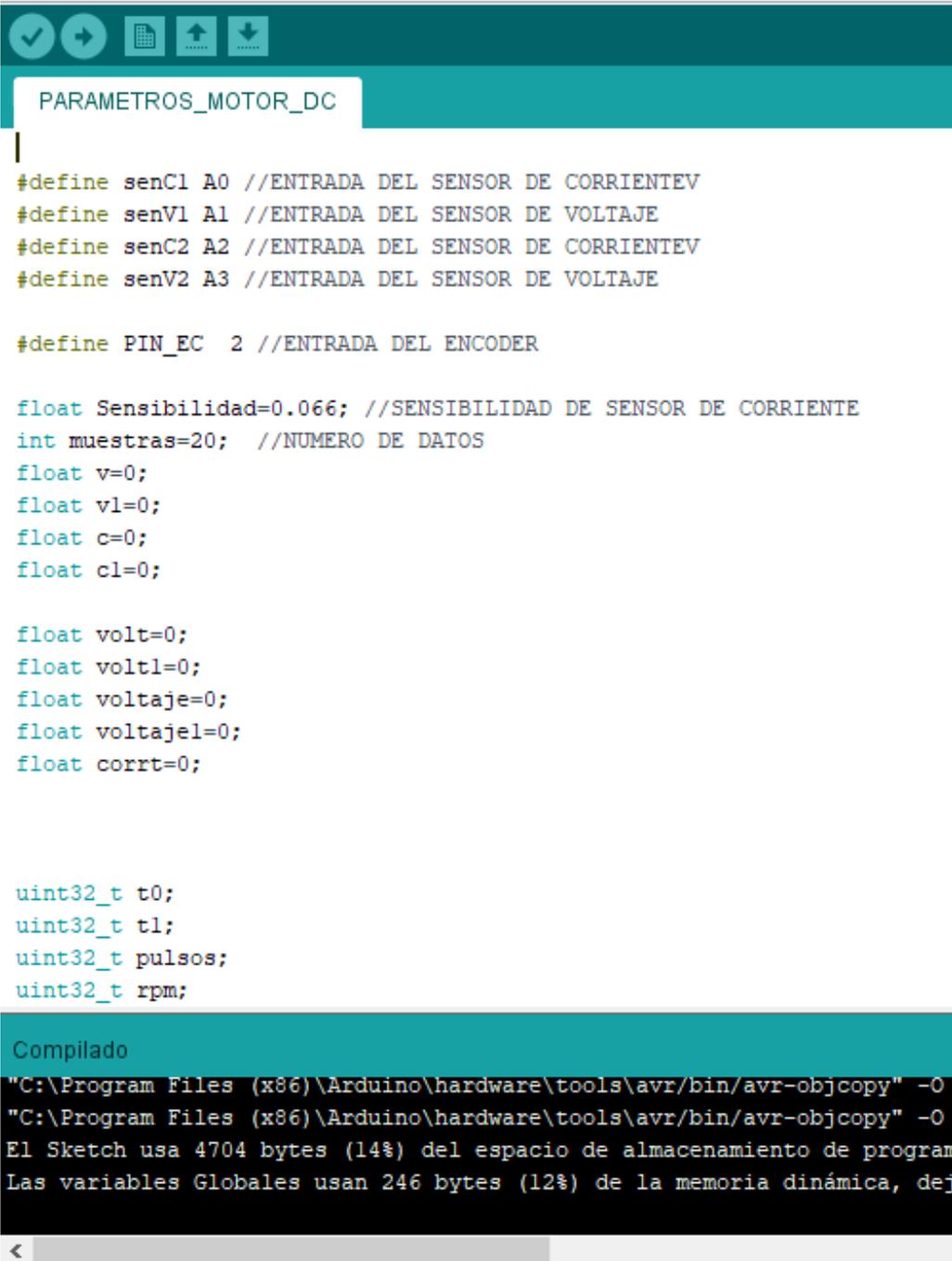
SENSOR DE CORRIENTE



ANEXO I

PANTALLA DE INICIO DE ARDUINO IDE

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda



```
PARAMETROS_MOTOR_DC

#define senC1 A0 //ENTRADA DEL SENSOR DE CORRIENTE
#define senV1 A1 //ENTRADA DEL SENSOR DE VOLTAJE
#define senC2 A2 //ENTRADA DEL SENSOR DE CORRIENTE
#define senV2 A3 //ENTRADA DEL SENSOR DE VOLTAJE

#define PIN_EC 2 //ENTRADA DEL ENCODER

float Sensibilidad=0.066; //SENSIBILIDAD DE SENSOR DE CORRIENTE
int muestras=20; //NUMERO DE DATOS
float v=0;
float v1=0;
float c=0;
float c1=0;

float volt=0;
float volt1=0;
float voltaje=0;
float voltaje1=0;
float corrt=0;

uint32_t t0;
uint32_t t1;
uint32_t pulsos;
uint32_t rpm;

Compilado
"C:\Program Files (x86)\Arduino\hardware\tools\avr\bin\avr-objcopy" -O
"C:\Program Files (x86)\Arduino\hardware\tools\avr\bin\avr-objcopy" -O
El Sketch usa 4704 bytes (14%) del espacio de almacenamiento de program
Las variables Globales usan 246 bytes (12%) de la memoria dinámica, dej
```

ANEXO J

PROGRAMACIÓN

```
#define senC1 A0 //ENTRADA DEL SENSOR DE CORRIENTE V
#define senV1 A1 //ENTRADA DEL SENSOR DE VOLTAJE
#define senC2 A2 //ENTRADA DEL SENSOR DE CORRIENTE V
#define senV2 A3 //ENTRADA DEL SENSOR DE VOLTAJE

#define PIN_EC 2 //ENTRADA DEL ENCODER

float Sensibilidad=0.066; //SENSIBILIDAD DE SENSOR DE CORRIENTE
int muestras=20; // NUMERO DE DATOS
float v=0;
float v1=0;
float c=0;
float c1=0;

float volt=0;
float volt1=0;
float voltaje=0;
float voltaje1=0;
float corrt=0;

uint32_t t0;
uint32_t t1;
uint32_t pulsos;
uint32_t rpm;

void setup() {
  Serial.begin(38400);
  pinMode( PIN_EC, INPUT_PULLUP );
  attachInterrupt( digitalPinToInterrupt( PIN_EC ), encoder, RISING );

  t0 = millis();
  t1 = millis();
}
void loop() {

  for (int i = 1; i < muestras; i++) {
    v = analogRead(senV1)*5.0/1023.0;
    v1 = analogRead(senV2)*5.0/1023.0;
    volt=volt+v;
    volt1=volt1+v1;
  }
}
```

```

volt=(volt/muestras);
volt1=(volt1/muestras);
voltaje=volt*10;
voltaje1=volt1*10;

float l=corriente(50); // OBTENER CORRIENTE DE 200 MUESTRAS
float l1=corriente1(50); // OBTENER CORRIENTE DE 200 MUESTRAS

//ENVIAR DATOS A LABVIEW///
if( millis()-t0>=100 ){
t0 = millis();
Serial.print(voltaje);
Serial.print(",");
Serial.print(l);
Serial.print(",");
Serial.print(rpm);
Serial.print(",");
Serial.print(voltaje1);
Serial.print(",");
Serial.println(l1);
}
//CALCULO DE RPM
if( millis()-t1>1000 ){
t1 = millis();
rpm =(pulsos/20)*60;
pulsos = 0;
}
}
///CONTADOR DE PULSOS
void encoder(){
pulsos++;
}
///FUNCION DE LECTURA DE CORRIENTE

float corriente(int n_muestras)
{
float voltajeSensor;
float corriente=0;
for(int i=0;i<n_muestras;i++)
{
voltajeSensor = analogRead(A0) * (5.0 / 1023.0);///LECTURA DEL SENSOR
corriente=corriente+(voltajeSensor-2.5)/Sensibilidad; // ECUACION PARA OBTENER LA
CORRIENTE
}
corriente=corriente/n_muestras;
if(corriente<=0){
corriente=0;
}
}

```

```

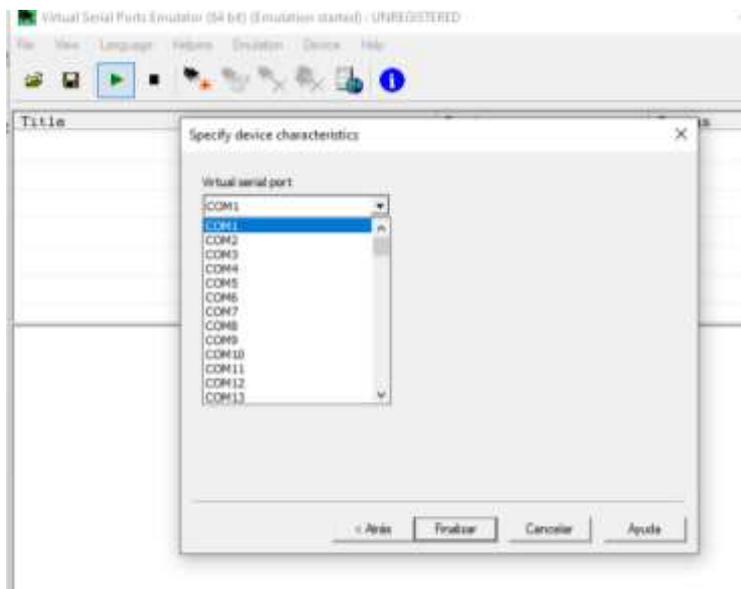
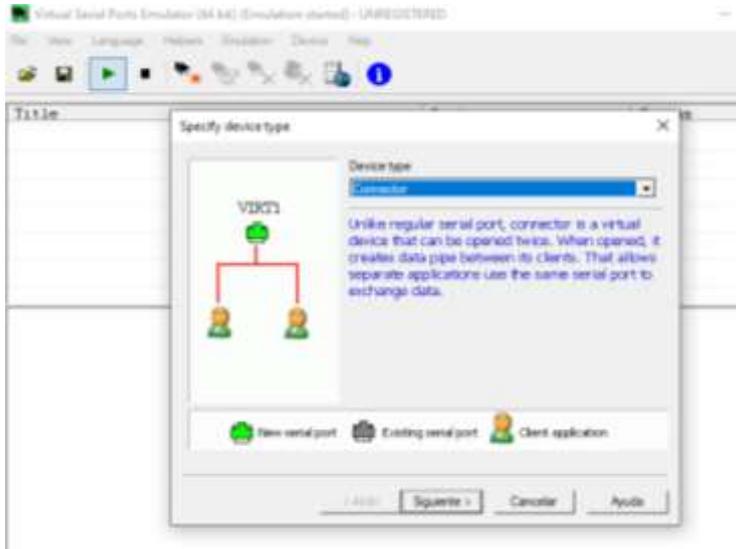
    }
    return(corriente);
}
/////FUNCION DE LECTURA DE CORRIENTE

float corriente1(int n_muestras)
{
    float voltajeSensor;
    float corriente=0;
    for(int i=0;i<n_muestras;i++)
    {
        voltajeSensor = analogRead(A2) * (5.0 / 1023.0);////LECTURA DEL SENSOR
        corriente=corriente+(voltajeSensor-2.5)/Sensibilidad; //ECUACION PARA OBTENER LA
CORRIENTE
    }
    corriente=corriente/n_muestras;
    if(corriente<=0){
        corriente=0;
    }
    return(corriente);
}

```

ANEXO K

SIMULADOR DE PUERTOS VIRTUALES

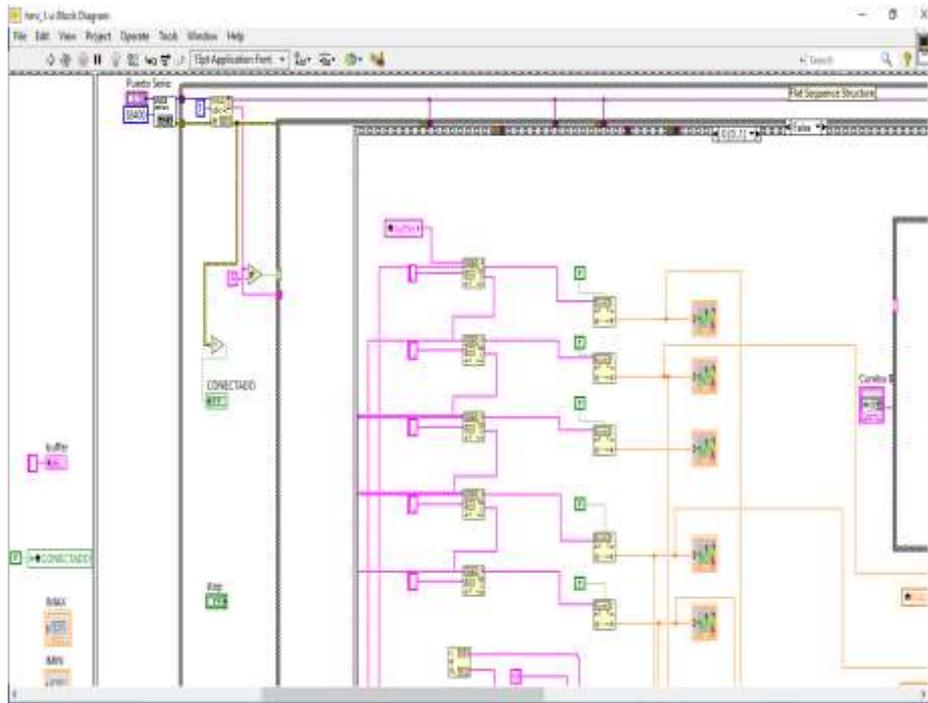


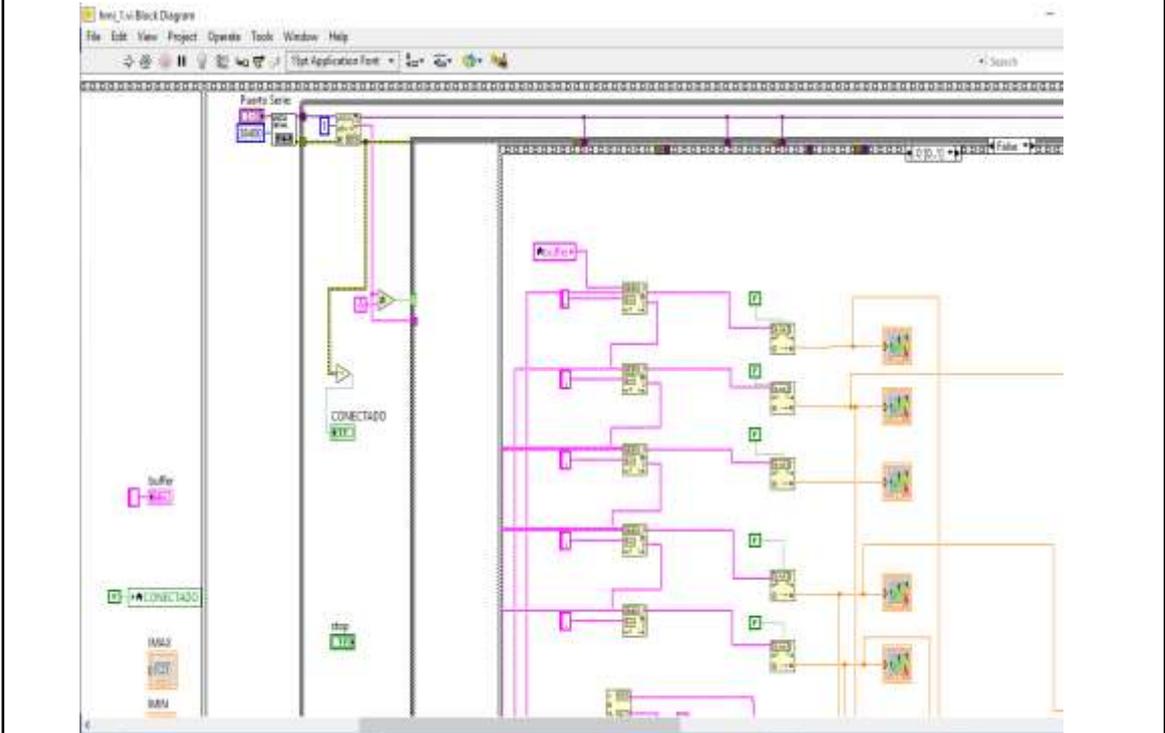
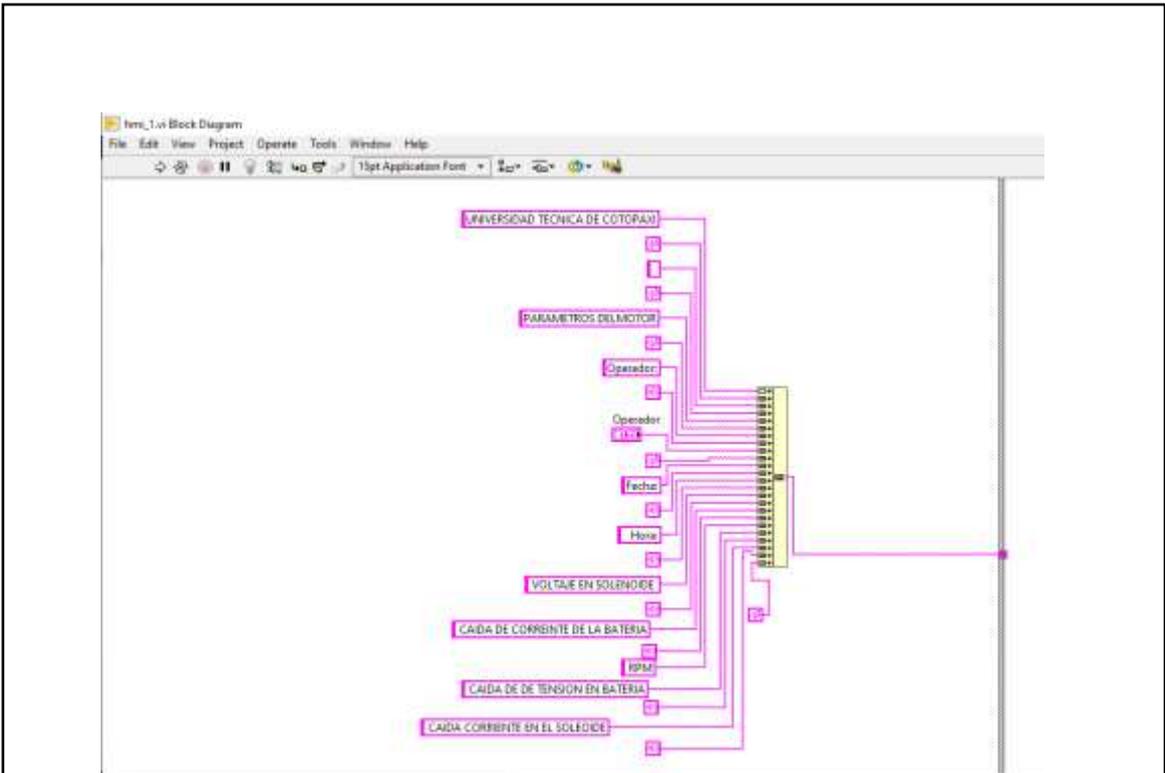
ANEXO L

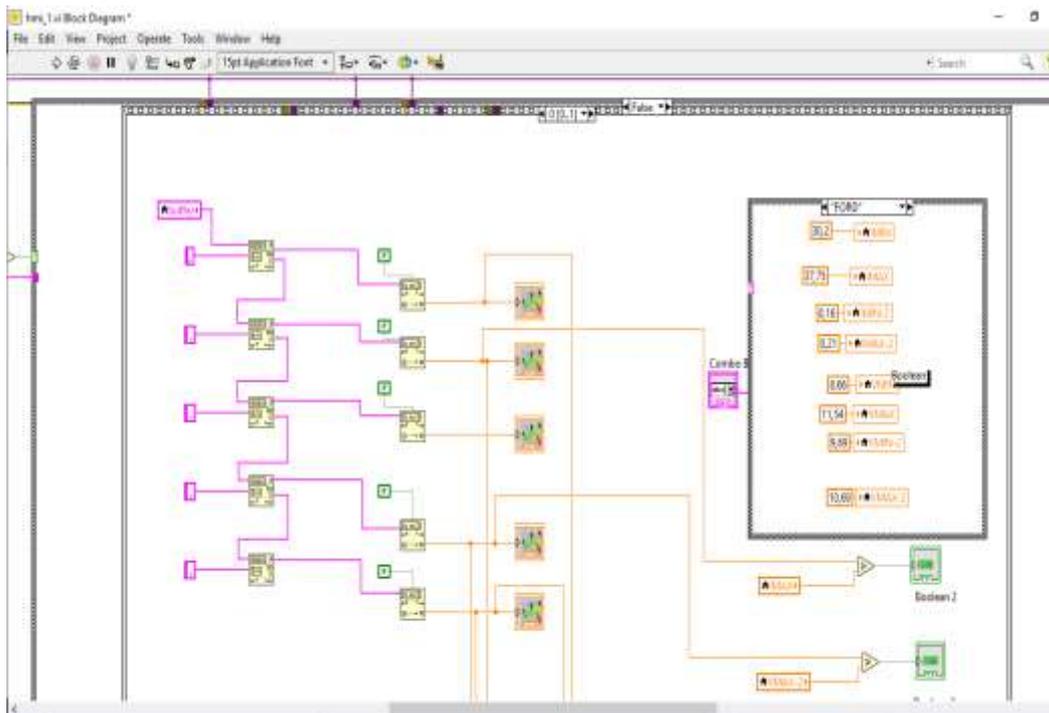
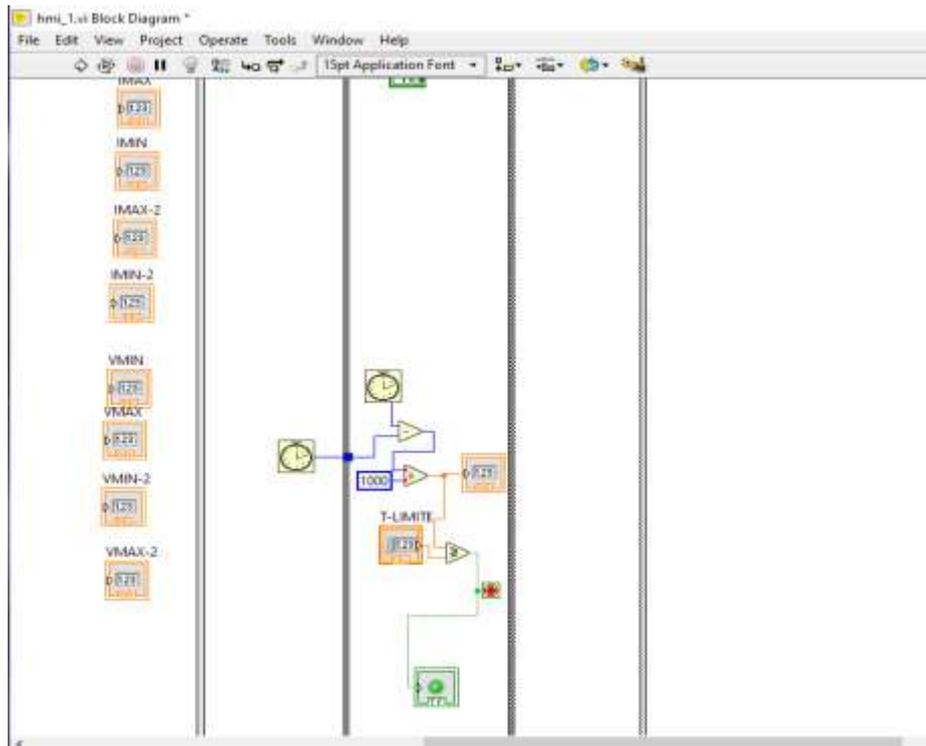
SIMULACIÓN GRAFICA

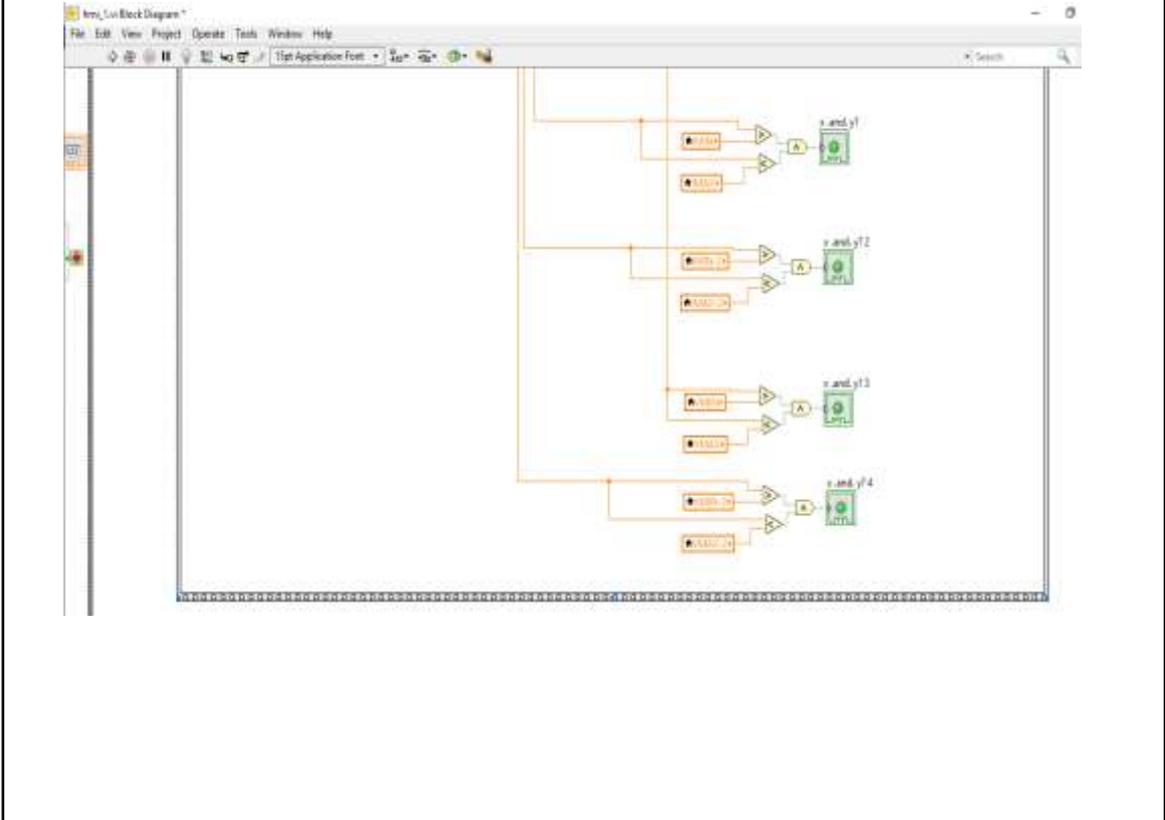
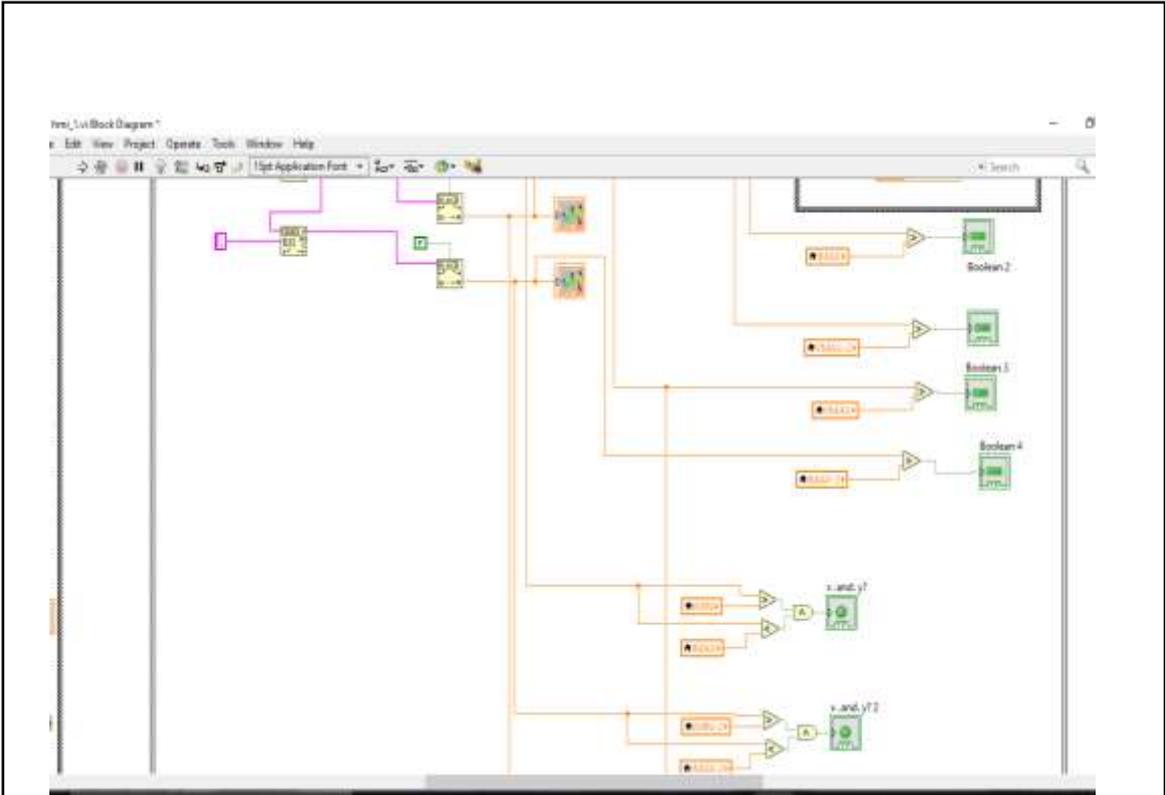


PROGRAMACIÓN GRÁFICA DE FLUJO DE DATOS



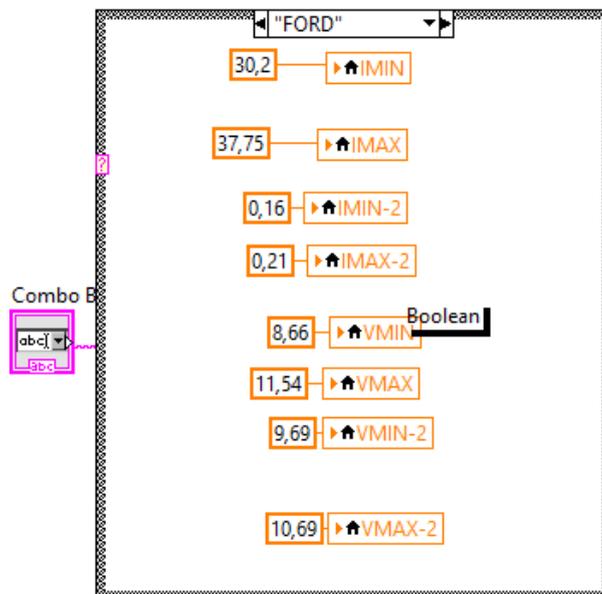






ANEXO M

SELECTOR DE LOS VALORES PROMEDIO DE LAS MARCAS COMUNES EN EL TALLER



PLANOS DEL BANCO DE PRUEBAS