UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

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

PROYECTO TÉCNICO:

"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE PARA ADQUISICIÓN Y VISUALIZACIÓN DE PARÁMETROS FUNCIONALES DEL BANCO DINAMOMÉTRICO MARCA ARMFIELD MODELO CM11"

AUTORES:

ANIBAL MAURICIO ARICHAVÁLA ALVARRACIN

CRISTIAN GEOVANNY JEREZ GUAMAN

TUTOR:

Ing. Rafael Wilmer Contreras Urgilés MSc.

CUENCA, DICIEMBRE 2017.

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Anibal Mauricio Arichávala Alvarracin con número de identificación 010661487-8, y Cristian Geovanny Jerez Guamán con número de identificación 030220601-6, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Trabajo de Titulación: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE ADQUISICIÓN VISUALIZACIÓN DE PARÁMETROS PARA Y FUNCIONALES DEL BANCO DINAMOMÉTRICO MARCA ARMFIELD MODELO CM11", mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánica Automotriz, en Universidad Politécnica Salesiana, la quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente..

En aplicación a lo determinado de la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, Diciembre del 2017.

Anibal Mauricio Arichávala Alvarracin C.I. 010661487-8

Cristian Geovanny Jerez Guamán C.I. 030220601-6

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el Trabajo de Titulación: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE PARA ADQUISICIÓN Y VISUALIZACIÓN DE PARÁMETROS FUNCIONALES DEL BANCO DINAMOMÉTRICO MARCA ARMFIELD MODELO CM11", realizado por los autores, Anibal Mauricio Arichávala Alvarracin y Cristian Geovanny Jerez Guamán, obteniendo el proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, Diciembre, 2017.

The Control

Ing. Rafael Wilmer Contreras Urgiles MS.c

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Anibal Mauricio Arichávala Alvarracin con número de identificación 010661487-8, y Cristian Geovanny Jerez Guamán con número de identificación 030220601-6, autores del Trabajo de Titulación: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE PARA ADQUISICIÓN Y VISUALIZACIÓN DE PARÁMETROS FUNCIONALES DEL BANCO DINAMOMÉTRICO MARCA ARMFIELD MODELO CM11", certificamos que el total contenido del proyecto Técnico, son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, Diciembre de 2017.

Anibal Mauricio Arichávala Alvarracin C.I. 010661487-8

Cristian Geovanny Jerez Guamán C.I. 030220601-6

DEDICATORIA

Por todo el esfuerzo realizado en su vida dedico este proyecto a mi familia, de manera muy especial a mi Padre Rubén Arichávala y mi Madre Rosa Alvarracín, por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida, apoyándome incondicionalmente en todo este camino.

Mauricio Arichàvala

DEDICATORIA

A mi madre por su paciencia, apoyo y sacrificio, este nuevo logro en mi vida profesional va dedicado a usted.

Cristian Jerez

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Jehová por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad.

Agradezco con todo mi corazón a mis Padres quienes me han sabido apoyar de una manera incondicional, gracias por estar ahí y fortalecer mis deseos para lograr este anhelado propósito de concluir esta hermosa carrera universitaria.

De igual manera a mis hermanas Nancy, Roció, Maribel y mi hermano Ricardo quienes me han dado aliento para seguir adelante.

Al Ing. Wilmer contreras por ser más que un Docente un amigo, quien nos ha impartido sus conocimientos, colaboración y asesoramiento en la elaboración de este proyecto.

Mauricio Arichàvala

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme salud y fortaleza para afrontar los retos en cada aspecto de mi vida.

A mi madre María Guamán, quien con su apoyo y amor absoluto motivo la culminación de mi carrera universitaria. Expreso también mi gratitud a mis hermanos quienes incondicionalmente me han ayudado y brindado palabras de aliento para lograr las metas que me he propuesto.

Al Msc. Wilmer Contreras docente tutor del presente trabajo de titulación, gracias por confiar en mi capacidad como estudiante y amigo, por su ayuda, y meritoria contribución para la culminación de esta investigación.

Al Msc. Néstor Rivera por su colaboración con sus enseñanzas.

A mis compañeros por compartir buenos momentos y darme su apoyo para no desfallecer.

Cristian Jerez

RESUMEN

El presente proyecto trata sobre la creación de un Software en el programa LabVIEW®, para el control del Banco Dinamométrico Armield CM11, a través del cual se logre realizar experimentos en temáticas de motores de combustión interna, de manera que se consiga simular fallas y determinar estas cómo afectan el rendimiento del motor.

Además, mediante el programa se puede monitorear, controlar, y realizar la toma de datos en cualquier estado de funcionamiento en que se encuentre el motor.

En primera instancia se realiza una revisión del Estado del Arte la cual involucra una investigación de proyectos que tengan similitud con el trabajo planteado; de la cual se llega a la conclusión que el control y automatización del Banco Dinamométrico, es necesario para nuevas fuentes de investigación.

A continuación, se procede a revisar el estado actual del Banco Dinamométrico CM11, mediante el diagnóstico y reparación de elementos y sistemas que tienen una alteración en los valores de funcionamiento. Posterior a esto, se realiza el diseño del software en el programa LabVIEW que permite adquirir los datos del banco dinamómetro para la visualización del funcionamiento del motor, esto se logra con la ayuda del Software Matlab, del cual se obtiene la ecuación característica de cada sensor, para luego ser introducida en el programa LabVIEW® y esta procese los datos en variables físicas.

Como tercero, se realiza el diseño del sistema para el control del acelerador electrónico y freno electromagnético en base a un PID.

Por último se realiza la comparación entre la Ecu Hyundai y la Ecu Haltech, con respecto al Software, para determinar que los datos obtenidos sean aceptables, además se elabora un manual para el manejo y operación del equipo.

ÍNDICE

1. INT	RODUCCIÓN1
2. PRO	DBLEMA
2.1.	Antecedentes
2.2.	Importancia y alcances 4
2.3.	Delimitación5
3. OB.	JETIVOS 6
3.1.	General
3.2.	Específicos
4. REV	VISIÓN DE LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS O ESTADO
DEL AR	8TE
4.1.	Freno Dinamométrico Armfield para Motores de Combustión interna
4.1.	1. Tipo de frenos dinamométricos
4.2.	ECU Reprogramable Haltech Elite 2500 10
4.2.	1. Características de la ECU Haltech elite 2500 11
4.3.	Tarjeta de adquisición de datos DAQ NI USB-6212 12
4.3.	1. Especificaciones de DAQ NI USB-6212 13
4.4.	Software especializado (LabVIEW®)
4.5.	Torque y potencia
4.5.	1. Torque
4.5.	2. Potencia 15
4.6.	SOFTWARE MATLAB
4.7.	Motor Hyundai Accent
5. MA	RCO METODOLÓGICO 17
5.1.	Revisión general del estado actual del banco dinamométrico marca Armfield
model	o CM11

5.1.1.	Especificaciones técnicas del freno electromagnético Armfield	18
El fren	o electromagnético es un mecanismo que se opone al giro del motor	r y
también	n evacúa el calor generado en el proceso, además es posible medir	las
revoluc	iones del motor que es igual a la del freno	18
5.1.2.	Componentes del banco	18
5.2. Est	ado del Banco Dinamométrico	20
5.2.1.	Reinstalación del cableado de la ECU Hyundai Accent.	22
5.2.2.	Reinstalación de la fuente de 24v del freno electromagnético	23
5.2.3.	Comprobación del funcionamiento de las bobinas	25
6. DISEÑ	O DEL SOFTWARE PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS D	EL
BANCO DI	NAMOMÉTRICO	26
6.1. Cal	libración de la celda de carga y su amplificador	26
6.2. Cal	libración del sensor IAT	29
6.3. Cal	libración del sensor MAP	30
6.4. Car	racterización de la celda de carga	31
6.5. Ca	racterización del sensor IAT	32
6.6. Ca	racterización del sensor MAP	33
6.7. Car	racterización del sensor ECT	34
6.8. Car	racterización del sensor de Oxigeno O2	35
6.9. Car	racterización del sensor de temperatura de Escape.	36
6.10. C	Caracterización del sensor TPS	37
6.11. C	Caracterización del sensor de temperatura de entrada de la cisterna	38
6.12. C	Caracterización del sensor de temperatura de salida de la cisterna	39
6.13. F	Programación para el control del Banco Dinamométrico Armfierd CM11.	40
6.13.1.	Crear un VI para la adquisición de datos	40
6.13.2.	Obtención de señales	41
6.13.3.	Adquisición de datos	44
6.13.4.	Procesamiento para las señales	47

6.13.5. Adquisición de la señal de RPM (CKP)
6.13.6. Muestra de datos procesados 55
6.13.7. Datos de la referencia para los distintos sensores
6.13.8. Control del Arranque y el Switch de encendido
7. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DEL ACELERADOR ELECTRÓNICO
Y DEL FRENO ELECTROMAGNÉTICO
7.1. Control PID
7.2. Función de transferencia
7.3. Metodología para la función de transferencia
7.3.1. Obtención de la función de transferencia
7.3.2. Obtención de constantes mediante el método de PID Tools
7.4. Automatización del banco mediante redes neuronales
7.5. Visualización de oscilaciones de diferentes curvas de los sensores del banco
dinamométrico Armfield CM1176
8. COMPARACIÓN DE DATOS PARA LA VALIDACIÓN DEL
8. COMPARACIÓN DE DATOS PARA LA VALIDACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DINAMOMÉTRICO
 8. COMPARACIÓN DE DATOS PARA LA VALIDACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DINAMOMÉTRICO
 COMPARACIÓN DE DATOS PARA LA VALIDACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DINAMOMÉTRICO
 COMPARACIÓN DE DATOS PARA LA VALIDACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DINAMOMÉTRICO
 COMPARACIÓN DE DATOS PARA LA VALIDACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DINAMOMÉTRICO. 81. Valores obtenidos mediante la adquisición de datos de los sensores. 82. Comparación de los datos adquiridos a diferentes condiciones del motor. 83. Validación del funcionamiento del banco dinamométrico mediante tomas de potencia. 84. ANOVA para muestra del lambda 1.
 COMPARACIÓN DE DATOS PARA LA VALIDACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DINAMOMÉTRICO
 COMPARACIÓN DE DATOS PARA LA VALIDACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DINAMOMÉTRICO
 COMPARACIÓN DE DATOS PARA LA VALIDACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DINAMOMÉTRICO
 COMPARACIÓN DE DATOS PARA LA VALIDACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DINAMOMÉTRICO
 COMPARACIÓN DE DATOS PARA LA VALIDACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DINAMOMÉTRICO
 8. COMPARACIÓN DE DATOS PARA LA VALIDACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DINAMOMÉTRICO

12.	BI	BLIOGRAFÍA	103
13.	AN	IEXOS	106
13.	.1.	ANEXO 1 : Relé para comandar el Arranque	106
13.	.2.	ANEXO 2: Relé para comandar el Switch	106
13.	.3.	ANEXO 3: Relé para comandar Ecu Haltech	107
13.	.4.	ANEXO 4: Referencia de la celda de carga	108
13.	.5.	ANEXO 5: Diagramas de la Ecu Haltech 2500	109
13.	.6.	ANEXO 6: Conexiones de la Ecu Haltech 2500	110
13	.7.	ANEXO 7: DAQ NI 6212 terminales y entradas de pines	111

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Freno de fricción. Fuente: Castillo, 1999	8
Figura 2: Freno Electromagnético. Fuente: Autores	9
Figura 3: Introducción al Freno hidráulico. Fuente: Amarilla	9
Figura 4: Freno Eléctrico. Fuente: Tecner 1	0
Figura 5: Kit de la Ecu Haltech Elite 2500. Fuente: Autores 1	. 1
Figura 6: Introducción a la DAQ NI USB-6212. Fuente: Autores 1	3
Figura 7: Curvas representativas de torque y potencia. Fuente: Autores 1	.4
Figura 8: Componentes del banco dinamométrico. Fuente: Manual del Banco Armfielo	d.
	8
Figura 9: Estado del cableado del banco. Fuente: Autores	21
Figura 10: Cables de inyectores sueltos. Fuente: Autores	21
Figura 11: Elementos faltantes del banco. Fuente: Autores	2
Figura 12: Reinstalación del cableado ECU Hyundai Accent. Fuente: Autores	2
Figura 13: Fuente 24v averiada. Fuente: Autores 2	23
Figura 14: Readecuación de la fuente de 24 v. Fuente: Autores	25
Figura 15: Revisión del estado del socket de las bobinas. Fuente: Autores 2	25
Figura 16: Colocación del nuevo socket de la bobina. Fuente: Autores	26
Figura 17: Desmontaje del brazo con la celda de carga. Fuente: Autores	27
Figura 18: Fuente 24 v control freno electromagnético. Fuente: Autores 2	27

Figura 19: Pines del amplificador de la celda de carga. Fuente: Autores	. 28
Figura 20: Calibración de la celda de carga mediante diferentes pesos. Fuente: Auto	res.
	. 28
Figura 21: Amplificador de celda de carga y DAQ 6212. Fuente: Autores	. 29
Figura 22: Toma de datos para la caracterización del sensor IAT. Fuente: Autores	. 30
Figura 23: Calibración del sensor MAP. Fuente: Autores	. 30
Figura 24: Curva de la carga con respecto al voltaje. Fuente: Autores	. 31
Figura 25: Curva de Temperatura – Voltaje del sensor IAT. Fuente: Autores	. 32
Figura 26: Curva característica del sensor MAP. Fuente: Autores	. 33
Figura 27: Curva del sensor ECT con respecto a la temperatura y voltaje. Fue	nte:
Autores	. 34
Figura 28: Curva del factor Lambda y voltaje. Fuente: Autores	. 35
Figura 29: Temperatura y voltaje referentes al sensor de Escape. Fuente: Autores	. 36
Figura 30: Curva característica del sensor TPS. Fuente: Autores	. 37
Figura 31: Curva referente al sensor de temperatura de la cisterna. Fuente: Autores	. 38
Figura 32: Curva del sensor de temperatura de salida de la cisterna. Fuente: Autores.	. 39
Figura 33: Computadora y DAQ NI USB-6212. Fuente: Autores	. 40
Figura 34: Creación de un VI para guardar los datos. Fuente: Autores	. 40
Figura 35: Canales para adquisición de datos. Fuente: Autores	. 41
Figura 36: Bloque de programación para adquisición de datos. Fuente: Autores	. 43
Figura 37: Variación de voltaje y temperatura. Fuente: Autores	. 44
Figura 38: Comando Tab Control para adquisición de datos. Fuente: Autores	. 45
Figura 39: Adición de tablas (Add Page After o Before). Fuente: Autores	. 46
Figura 40: Ventana principal del programa Banco Dinamométrico. Fuente: Autores	. 46
Figura 41: Adquisición de las señales de los diferentes sensores. Fuente: Autores	. 47
Figura 42: Conversión de los voltajes a magnitudes físicas. Fuente: Autores	. 48
Figura 43: Bloque de magnitudes físicas. Fuente: Autores	. 48
Figura 44: Control de reset de las gráficas. Fuente: Autores	. 49
Figura 45: Control de los relés. Fuente: Autores	. 50
Figura 46: Ecuación característica Sensor ECT. Fuente: Autores	. 51
Figura 47: Caracterización del sensor ECT. Fuente: Autores	. 51
Figura 48: Ventanas para las gráficas de los sensores. Fuente: Autores	. 52
Figura 49: Selección del icono Tone para procesar la señal de CKP. Fuente: Autores.	53
Figura 50: Ventana Configure Tone Measurements. Fuente: Autores	. 54

Figura 51: Programación para visualización de RPM. Fuente: Autores
Figura 52: Panel para visualización de RPM. Fuente: Autores
Figura 53: Programación para la Potencia. Fuente: Autores
Figura 54: Programación para el Torque. Fuente: Autores
Figura 55: Tabla para Iniciar-Parar y Reset datos. Fuente: Autores
Figura 56: Programación para Iniciar-Parar y Reset datos. Fuente: Autores
Figura 57: Control de Arranque y Switch. Fuente: Autores
Figura 58: Circuito para el control del acelerador electrónico mediante PID. Fuente:
Autores
Figura 59: Datos del motor para la ecuación de la función de transferencia. Fuente:
Autores
Figura 60: Pasos para la obtención de la ecuación de transferencia. Fuente: Autores 61
Figura 61: Resultado de la función de transferencia. Fuente: Autores
Figura 62: Función de transferencia del acelerador electrónico. Fuente: Autores 62
Figura 63: Curva de respuesta en forma de escalón del controlador PID. Fuente:
Autores
Figura 64: Grafica de la función de transferencia mediante PID Tools. Fuente: Autores.
Figura 65: Respuesta al cambio de referencia de acelerador electrónico. Fuente:
Autores
Figura 66: Error del sistema al cambio de referencia de acelerador electrónico. Fuente:
Autores
Figura 67: Programación de la salida del PWM. Fuente: Autores
Figura 68: Referencia y lectura del TPS. Fuente: Autores
Figura 69: Señal de 0 V a 5 V para el control del freno electromagnético. Fuente:
Autores
Figura 70: Comandos de la programación del freno. Fuente: Autores
Figura 71: Creación de red neuronal mediante nntool. Fuente: Autores
Figura 72: Datos de salida Out de la red neuronal. Fuente: Autores
Figura 73: Denominación de la red neuronal como nt. Fuente: Autores
Figura 74: Selección de capas ocultas. Fuente: Autores
Figura 75: Red tipo feed-forward backprop. Fuente: Autores
Figura 76: Referencia de las interacciones de rendimiento. Fuente: Autores
Figura 77: Diagramas de dispersión de la red neuronal Fuente: Autores 74

Figura 78: Estructura Matlab Script. Fuente: Autores	. 75
Figura 79: Variables de entrada revoluciones y tiempo. Fuente: Autores	. 75
Figura 80: Curva del sensor IAT. Fuente: Autores.	. 76
Figura 81: Temperatura de salida del agua de la cisterna. Fuente: Autores	. 77
Figura 82: Temperatura de entrada del agua de la cisterna. Fuente: Autores	. 77
Figura 83: Curva del sensor MAP. Fuente: Autores	. 78
Figura 84: Curva sensor de escape. Fuente: Autores	. 78
Figura 85: Curva de temperatura del sensor ECT. Fuente: Autores	. 79
Figura 86: Curva respecto a las RPM. Fuente: Autores	. 79
Figura 87: Curva del sensor O2. Fuente: Autores	. 80
Figura 88: Curva de potencia con respecto a Rpm. Fuente: Autores	. 80
Figura 89: Datos proporcionados por el Escáner Automotriz. Fuente: Autores	. 82
Figura 90: Validación de datos mediante ANOVA. Fuente: Autores	. 85
Figura 91: Comparación de resultados por el método Tukey. Fuente: Autores	. 86
Figura 92: Intervalo de medias de la potencia. Fuente: Autores	. 86
Figura 93: Carpeta que contiene el archivo nt.mat. Fuente: Autores	. 87
Figura 94: Unidad disco duro C. Fuente: Autores	. 87
Figura 95: Paso para guardar el archivo del nt.mat Unidad C. Fuente: Autores	. 88
Figura 96: Pulsante para desbloqueo de corte de corriente. Fuente: Autores	. 89
Figura 97: Pulsante para alimentación del motor. Fuente: Autores	. 89
Figura 98: Carpeta Armfield Cm11. Fuente: Autores.	. 90
Figura 99: Archivo ejecutable Armfield Cm11.exe. Fuente: Autores	. 90
Figura 100: Opción Run para función del programa. Fuente: Autores	. 91
Figura 101: Selección de Ecus mediante el programa. Fuente: Autores	. 91
Figura 102: Conexión de Bobinas respecto a la Ecu seleccionada. Fuente: Autores	. 92
Figura 103: Selección de bobinas para la Ecu Haltech. Fuente: Autores	. 93
Figura 104: Selección de Switch para energizar sistema. Fuente: Autores	. 94
Figura 105: Acción del botón de Arranque. Fuente: Autores	. 94
Figura 106: Datos de los sensores del motor. Fuente: Autores	. 95
Figura 107: Graficas respectivas a la curva de Torque y Potencia. Fuente: Autores	. 96
Figura 108: Grafica para la visualización de los datos tomados. Fuente: Autores	. 97
Figura 109: Botón control automático para tomas automáticas. Fuente: Autores	. 98
Figura 110: Botón Switch para detención del motor. Fuente: Autores	. 98
Figura 111: Final del programa mediante botón Stop. Fuente: Autores	. 99

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos del motor Hyundai. Fuente: Super Motor, 2006.16
Tabla 2: Especificaciones técnicas del banco dinamométrico Armfield CM1119
Tabla 3: Elementos faltantes del banco dinamométrico. 20
Tabla 4: Pines correspondientes a la fuente de 24v
Tabla 5: Datos del peso y Voltaje
Tabla 6: Valores de Temperatura y voltaje para la caracterización del sensor IAT 32
Tabla 7: Datos de la presión y voltaje para determinar la ecuación característica del
sensor MAP
Tabla 8: Valores de temperatura y voltaje del ECT. 34
Tabla 9: Datos de la ecuación característica del sensor de Oxigeno. 35
Tabla 10: Valores para la ecuación característica del sensor de temperatura del Escape.
Tabla 11: Datos para la ecuación característica del sensor TPS
Tabla 12: Datos para la caracterización del sensor de temperatura de entrada de la
cisterna
Tabla 13: Datos de la ecuación característica del sensor de temperatura de salida de la
cisterna
Tabla 14: Pines y Señales para la DAQ 6212
Tabla 15: Variación de temperatura y voltaje del sensor ECT
Tabla 16: Resultados a las diferentes condiciones de funcionamiento del acelerador
electrónico
Tabla 17: Relación voltaje - apertura de la mariposa 67
Tabla 19: Valores obtenidos mediante la adquisición de datos de los sensores
Tabla 20: Comparación mediante el Software y las Ecus. 83
Tabla 23: Pruebas mediante diferentes tomas de potencia. 84

1. INTRODUCCIÓN

El Banco Dinamométrico es un mecanismo que permite realizar diferentes tipos de análisis como: potencia, par motor, consumo específico, rendimiento térmico, etc. El paso de los años ha permitido mejorar el principio de funcionamiento a través del uso de elementos auxiliares que intervienen en la disipación de la potencia, como sería el caso de los sensores acoplados a este Banco, los cuales son capaces de medir entre otros el torque y la potencia entregada por el motor.

En la actualidad, se continúan avanzando en investigaciones dentro del área de Ingeniería Mecánica Automotriz, por lo que resulta preciso mejorar la capacidad en los bancos del laboratorio de investigación, procurando así automatizar los procesos en la toma de datos para las futuras investigaciones, para lograr obtener menos errores y a su vez analizar el motor en su máxima capacidad de rendimiento, y de esta manera conseguir información confiable para promover investigaciones basadas en Machine Learning, Big Data, modelos predictivos de falla acompañado de eficiencia energética y su impacto ambiental, como también generar un correcto mantenimiento preventivo y prolongar la vida de los motores.

El Banco Dinamométrico, permite obtener información a tiempo real del funcionamiento del motor, con la ayuda de tarjetas de almacenamiento de información de gran capacidad como tarjeta de adquisición de datos (DAQ's)¹, softwares especializados y PC reprogramables de gran rendimiento, que permiten el uso y control de los diferentes sensores y actuadores del motor.

El presente proyecto trata sobre el diseño e implementación de un software para adquisición y análisis de parámetros funcionales del Banco Dinamométrico "Armfield modelo CM11" este se encuentra incorporado por un motor "Hyundai Accent de 1500cc" con el cual se puede comparar la capacidad y potencia del torque de un motor, de esta manera observar su estado real de funcionamiento y saber las condiciones de mayor rendimiento del motor, mediante el uso de unas celdas de carga colocadas en el Freno Dinamométrico Electromagnético de corrientes parasitas, esta celda inducirá señales eléctricas mediante la carga recibida por el Freno Dinamométrico, que evaluará la capacidad del torque y la potencia entregada por un motor.

¹ Adquisición de Datos: Proceso de medir con una PC con software programable como voltaje, corriente, temperatura, etc.

Es indispensable el uso de una computadora reprogramable en el Banco Dinamométrico, por lo cual se encuentra incorporada con una ECU Haltech Elite 2500 que permite variar parámetros de estequiometria y avance de tiempo de ignición para simular diferentes condiciones de altura, que ayuda a realizar el análisis y corregir los principales sistemas para el funcionamiento del motor, y de esta manera poder alcanzar el óptimo desempeño del mismo; además se puede realizar diferentes configuraciones para un motor por ejemplo la obtención de mapas de ignición e inyección de combustible; los cuales son fundamentales por un lado para el aumento de potencia y el torque del motor y a su vez disminuir las emisiones contaminantes sin realizar ajustes mecánicas al motor.

2. PROBLEMA

2.1. Antecedentes

El laboratorio de la Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz (CIMA) de la Universidad Politécnica Salesiana, ubicada en la Calle Vieja 12-30 y Elia Liut, cuenta con un laboratorio de investigación que dispone de un Banco Dinamométrico marca Armfield, el cual se encontraba incorporado con un motor Volkswagen, que presenta diferentes anomalías tales como fugas de compresión, fatiga de sus componentes electrónicos tales como: la perdida de la calibración de los sensores, registro de las revoluciones del motor, señal de la celda de carga, etc., por lo que actualmente se encuentra incorporado con un motor Hyundai Accent de 1500cc, en el que se realizan actualmente pruebas para investigaciones por los estudiantes de la de carrera, encontrándose en este Banco implementadas diferentes mejoras que facilitan realizar estudios por parte del Grupo de Investigación de Ingeniería de Transporte.

Hoy en día es importante que se realice el diagnóstico de un motor a combustión interna por los diferentes y nuevos componentes que mejoran el funcionamiento y la eficiencia del mismo, por esta razón se han conformado grupos y centros de investigación, tal es el caso del grupo "GIIT UPS" de la Carrera de Ingeniería Automotriz en la Universidad Politécnica Salesiana, dedicados al análisis del funcionamiento de un motor a diferentes condiciones, se realizan pruebas e investigaciones acerca del funcionamiento de un motor en tiempo real, por lo que se obtiene de forma precisa el estado de cada uno de los elementos que conforman los sistemas de un motor a combustión interna moderno. (Bermeo & Salazar, 2016, p. 2).

Los motores reconstruidos necesitan ser verificados, para saber si se asemejan a las condiciones óptimas o a un motor nuevo, en cuanto a características como: par, consumo de combustible, temperaturas de funcionamiento, entre otras; de acuerdo a este procedimiento que sufre el motor necesita ser sometido a una larga serie de mediciones con estrictas pruebas de durabilidad y de carga.

Para evaluar los distintos parámetros de un motor térmico reconstruido de la forma más adecuada y eficaz es por medio de la utilización de un Banco de pruebas de motor, que consiste en oponer resistencia controlada al giro en diferentes posiciones de carga; estas máquinas que oponen la resistencia, simulan las cargas que el motor tiene en su "vida real" se llaman Frenos Dinamométricos, (Millán, 2015).

El Banco Dinamométrico modelo Armfield CM11 que se encuentra en el laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca; presenta diferentes anomalías en la obtención de datos en cuanto al funcionamiento del motor, algunos componentes se encuentran mal acoplados y de igual forma el sistema que monitorea y controla el funcionamiento del banco genera datos incorrectos por lo que se pretende remodelar con un nuevo Software para el control y monitoreo del Banco.

Las instalaciones erróneas de los elementos que van en el Banco Dinamométrico han hecho que la máquina pierda efectividad con la lectura de sus componentes como: el registro de la velocidad del motor, que indica un número falso de la cantidad de revoluciones; potenciómetros para amplificadores de señal receptada desde las Termocuplas lo cual causa una medición errada; el control de apertura del cuerpo de aceleración que envía ángulos erróneos de apertura; la señal del sensor del torque, entre otros.

El presente proyecto toma importancia en el diseño e implementación del software para la adquisición y visualización de los parámetros funcionales del Banco Dinamométrico, por lo que se obtiene de esta manera la puesta a punto de los sensores relacionados para el monitoreo a tiempo real del motor Hyundai, el cual proporciona valores confiables de los parámetros a indagar.

2.2. Importancia y alcances.

El Banco Dinamométrico es un sistema que ayuda a la realización de pruebas de mediciones importantes que permiten conocer el óptimo funcionamiento de los motores y aumentar los años de vida útil del mismo entre estas medidas se encuentran: medición de la temperatura del motor, señal del sensor de oxígeno, consumo de combustible entre otros. (Pizarro, 2017)

Un mal funcionamiento del Banco Dinamométrico afecta directamente al Grupo (GIIT UPS), ya que los datos entregados no son fiables, por lo tanto el óptimo funcionamiento del Banco permitirá conocer el tiempo de vida útil aproximado de los motores y a su vez aumentar los años de vida útil del mismo.

Todos estos datos se pueden obtener gracias al diseño y simulación del software, el cual controla el programa de la ECU Haltech ESP que adquiere y visualiza los parámetros funcionales del banco dinamométrico Armfield cm11, y así brindar todos estos datos de forma fiable.

El propósito del proyecto toma importancia en el diseño e implementación de un software y visualización de parámetros funcionales para el monitoreo a tiempo real del Banco Dinamométrico Armfield Cm11, el cual beneficia a los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz en su formación, ya que se podrá realizar varios experimentos en el banco dinamométrico como por ejemplo: realizar ensayos con distintos tipos de combustibles, lubricante, aditivos; controlar el avance al encendido, tiempo de inyección, y su influencia en el desempeño del motor.

El comportamiento del motor al colocar diferentes tipos de aditivos puede producir efectos como: variaciones en los mapas de inyección de combustible, variaciones al realizar cambios de ángulos de avance del encendido y varios temas más que se suele aplicar al motor en el momento de analizar e investigar, pues al tener un Banco en mal estado los estudiantes no llegaran a conocer el verdadero efecto que tienen los diferentes tipos de cambios sobre el rendimiento y funcionamiento del motor.

Además se puede cambiar un motor por otro debido a que el banco dinamométrico incorpora una ECU reprogramable "Haltech Elite 2500", con esto se consigue la

variación de los mapas del sistema mejorando el rendimiento del motor y el control del encendido y el apagado del motor, el Freno Electromagnético y la posición de la mariposa del acelerador; los resultados obtenidos serán almacenados y comparados mediante una DAQ's para que de esta manera el sistema sea totalmente automatizado. De esta forma se logra emprender nuevos proyectos que aporten al conocimiento y avances a la tecnología.

2.3. Delimitación.

Para el presente proyecto se pretende realizar una revisión general del banco dinamométrico para determinar su condición actual.

Luego se diseña un software con base en la programación grafica en LabVIEW® por el cual se comanda la tarjeta de adquisición de datos (DAQ USB-6212), la cual será implementada al Banco Dinamométrico para la toma, almacenamiento de datos y control del sistema, además se visualizara las curvas de funcionamiento del motor y leer de manera correcta la información que será entregada por los distintos sensores del motor.

También se pretende implementar la interconexión con la ECU Haltech Elite 2500 con su respectivo cableado para los distintos dispositivos con los que cuenta el Banco Dinamométrico, mediante esta ECU se podrá controlar los mapas de ignición, de igual manera el motor cuenta con su propia ECU Hyundai Accent esta es utilizada sin inconvenientes ya que para el correcto funcionamiento se prepara el cableado tanto de la ECU Haltech Elite 2500 como de la ECU Hyundai Accent.

Se diseña he implementa un sistema de control del Acelerador electrónico y freno electromagnético mediante la tarjeta de adquisición de datos (DAQ USB-6212), que ayuda a la automatización del banco dinamométrico.

Una vez que se haya encontrado los datos se procede a comparar por medio del software y el Scanner Automotriz mediante pruebas en base a diferentes condiciones de funcionamiento para la validación del banco dinamométrico.

Por último se elaborar un manual de operación del Banco Dinamométrico para el desarrollo de nuevas investigaciones.

3. OBJETIVOS

3.1. General

• Diseñar e implementar el software adquisidor de datos del banco dinamométrico marca Armfield modelo CM11, a través del software Labview, para la optimización en la toma y visualización de los datos.

3.2. Específicos

- Realizar una revisión general del estado actual del banco dinamométrico marca Armfield modelo CM11, mediante una metodología histórica, para determinar su condición actual.
- Diseñar un software que permita adquirir los datos del banco dinamométrico, mediante la Plataforma Virtual Grafica de Labview para la caracterización y visualización de las curvas de funcionamiento del motor.
- Diseñar e implementar el sistema de control del acelerador electrónico y del freno electromagnético, mediante el uso de técnicas de control moderno para su automatización.
- Comparar los datos obtenidos por el software versus el Scanner Automotriz mediante pruebas en base a diferentes condiciones de funcionamiento para la validación del funcionamiento del banco dinamométrico.
- Elaborar un manual de operación del sistema implementado mediante el método sistemático, para el desarrollo de diferentes investigaciones.

4. REVISIÓN DE LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS O ESTADO DEL ARTE.

Hoy en día, dentro de los aspectos de la ingeniería automotriz se encuentra el desarrollo de nuevos motores de combustión interna, enfocándose en la eficiencia termodinámica con experimentos no invasivos que tratan de no afectar en lo mínimo posible la parte mecánica del mismo.

Las pruebas que son realizadas por medio de Bancos sirven para obtener valores relativos del motor como: presión media efectiva, potencia desarrollada, consumo específico de combustible y la composición de los gases de escape. (Iñaki, 2008).

Esta llega a ser una de las principales razones por las cuales, es de valiosa importancia contar con un banco dinamométrico en todo laboratorio automotriz, especialmente si dicho laboratorio se dedica a la investigación para la mejora en el rendimiento de motores.

En proyectos de investigación realizados en el banco Dinamométrico de la UPS, los mismos se rigen a los valores que entrega el banco a través de su software de comunicación. En uno de ellos se implementa un modelo matemático para el cálculo del ciclo Otto del motor Volkswagen mediante el cual se pueden procesar las magnitudes eléctricas obtenidas de los diferentes sensores y termocuplas del motor, con el fin de obtener los diagramas de: presión – volumen de ciclo Otto, las temperaturas en cada fase de los ciclos, y los valores de potencia y torque a tiempo real de funcionamiento. (Castillo Calderón, 2013)

Otro proyecto investigativo en el cual se hace uso de las mimas variables para el avance del mismo, es la caracterización de los efectos del mezcla gasolina – etanol en el motor Volkswagen en el cual se logra obtener un combustible hibrido resultado de la mezcla Gasolina – Etanol, con lo cual se reduce los porcentajes en los gases contaminantes que evacua el motor. (Cedillo, 2015)

En síntesis los motores de combustión interna tienen una importancia relativamente grande dentro de la humanidad ya que estos se encuentran presentes en la mayoría de dispositivos que generan potencia, por lo tanto el estudio que se brinde a estos será de gran importancia para mejorar su eficiencia.

Por lo tanto es indispensable el uso del Banco Dinamométrico para estudios presentes he investigaciones futuras.

En la siguiente sección se abordan los temas referentes a: Freno Dinamométrico, Ecu reprogramable Haltech Elite 2500, Tarjeta de adquisición de datos DAQ NI USB-6212, Software especializado LabVIEW®, Torque y Potencia, Matlab®, Motor Hyundai Accent.

4.1. Freno Dinamométrico Armfield para Motores de Combustión interna.

El banco está equipado con un dinamómetro de corriente de Foucault que proporciona una carga variable en el motor, permite que las curvas características de potencia y par se reproduzcan en el laboratorio. (C. Armfield, 2017),

4.1.1. Tipo de frenos dinamométricos

Para determinar la potencia entregada por un motor, es necesario medir su velocidad y par torsor. En primera instancia se mide mediante un tacómetro, y para medir el segundo indicador se logra resistiéndolo en un freno dinamométrico, el cual absorbe y disipa la energía mecánica suministrada por el árbol del motor de ensayo.

Los tipos de frenos que generalmente se emplean son:

- Frenos de fricción
- Frenos hidráulicos
- Frenos de paletas
- Frenos eléctricos. (Sandoval, 2013)

4.1.1.1. Frenos de fricción

Los Freno dinamométrico de fricción se caracteriza porque un ordenador controla los elementos actuadores y los elementos de medida durante ensayos de duración limitada. Este freno comprende un disco móvil, que se encuentra unido al eje motor y perforado para su refrigeración, sobre el que deslizan dos elementos rígidos, un par resistente que es medido mediante una celda de carga. Son accionados contra el disco móvil por un fuelle a través de una válvula controlada por el ordenador ver Figura 1, 2. (Castillo, 1999).



Figura 1: Freno de fricción. Fuente: (Castillo, 1999).



Figura 2: Freno Electromagnético. Fuente: Autores

4.1.1.2. Frenos Hidráulicos

Los frenos hidráulicos mejor conocidos como manodinamómetros o hidrodinamómetros, basan su funcionamiento en la medición de presión mediante un manómetro analógico o electromecánico. Este tipo de freno contiene una celda hidráulica, a manera de sensor de fuerza, dicha celda contiene líquido que se presuriza el cual depende de las unidades fuerza que se le aplique a la celda mediante indicación del manómetro ver Figura 3, (MetAs y Metrólogos Asociados, 2009).



Figura 3: Introducción al Freno hidráulico. Fuente: (Amarilla)

4.1.1.3. Frenos eléctricos

Se trata de una máquina eléctrica, cuyo principio de funcionamiento se basa en las corrientes parásitas de Foucault o corrientes de Eddy que se ocasiona en las máquinas eléctricas. Al inverso que en un motor eléctrico se desean reducir al máximo estas corrientes parásitas para aumentar su rendimiento, en un freno de corrientes de Foucault

Arichávala-Jerez

potencia y aprovecha las corrientes parásitas, que se producen en el estator, para oponer se aprovecha las corrientes parasitas para oponerse al giro del eje. El rotor es construido dentado y al momento de girar arrastrado por el motor genera en el estator unas corrientes que se oponen al movimiento bajo un campo magnético generado por la bobina en el eestator y de características regulables por control electrónico. El par resistente es proporcional a la intensidad aplicada en la bobina y la potencia del frenado es igual a las revoluciones del motor por el par resistente. (Tecner)

Toda la potencia frenada se transforma en calor, por lo que es necesario refrigerar la máquina evacuándolo por circulación de agua en unas "camisas" mecanizadas en el estator. Se puede medir la fuerza o par con que se intenta girar el estator, que es igual a la del rotor, llamado par resistente y que es a su vez el mismo que el par del motor. El freno dinamométrico además de oponer resistencia al giro evacúa el calor generado en el proceso y mide el par del motor. Como además es posible medir la velocidad de giro en el freno, que es la misma que la del motor, es posible obtener la potencia mecánica del motor con sólo multiplicar el par por el régimen de giro en cada instante Figura 4. (Tecner)



Figura 4: Freno Eléctrico. Fuente: (Tecner).

4.2. ECU Reprogramable Haltech Elite 2500

La ECU Haltech Elite 2500 es una ECU diseñada para controlar el sistema de inyección y el tiempo de encendido del motor (ignición), en la actualidad tiene la capacidad de controlar al cuerpo de aceleración, también se puede compartir las conexiones del CKP y CMP, tanto de la computadora original del motor y la de la ECU Haltech. La información y el control del programa que realiza la ECU Haltech Elite 2500 es controlado por el celebro de la unidad del mando llamado "procesador", este toma los datos referentes a lo que sucede en el motor por medio de sensores y actuadores para cada punto característico.

Arichávala-Jerez

Se requiere que la información este dentro de una memoria interna mediante la cual, la Haltech podrá ser programada (mapeada) conectándola a un PC mediante un cable USB mientras que el motor esté encendido, la misma provee una conexión serial para comunicarse con el motor y aumentar su potencia, después de haber realizado las distintas modificaciones o mejoras, este sistema es completamente independiente, es decir, no necesita de la computadora "original" del motor para llevar un correcto funcionamiento ver Figura 5 (Cuenca, 2013, p. 8).



Figura 5: Kit de la Ecu Haltech Elite 2500. Fuente: Autores.

4.2.1. Características de la ECU Haltech elite 2500

Entre las principales características con las que cuenta la Ecu Haltech Elite 2500 están las siguientes, (Haltech USA, s.f):

- 8 salidas para la inyección de combustible.
- 6 salidas para las bobinas.
- 28 salidas digitales.
- 10 entradas analógicas.
- Comunicaciones portátiles USB.
- Control del Acelerador (Drive By Wire "DBW").

- 6 entradas de posición del motor con 2 tipos de soportes del Ckp "trigger".
- Capacidad de OBDII diagnóstico de establecer y restablecer los códigos de problemas.
- Software de calibración "ESP".
- Comunicación Dual CAN Bus para OEM y Haltech CAN expansión.
- 5D Tuning Sintonizar por engranaje, ángulo de la leva o cualquier canal de flexibilidad de sintonización final.
- Control variable de CMP Independientemente de control hasta 4 árboles de levas.
- Capacidades de Auto Tune corto y combustible a largo plazo, el encendido y potenciar el aprendizaje.
- Cargar por etapas el combustible hasta cuatro etapas de inyectores.
- Soporte Multi-combustible para la gasolina, metanol y etanol.
- Registro de datos memoria interna y tala portátil externo.
- Protección del motor los límites establecidos para los sensores y proteger su motor. (Haltech USA, s.f)

4.3. Tarjeta de adquisición de datos DAQ NI USB-6212

Con el avance de la tecnología y las nuevas innovaciones de National Instruments, las tarjetas de adquisición de datos han presentado enormes avances y han evolucionado hasta ser consideradas como primera opción al momento de tomar muestras.

El NI USB-6212 es un módulo DAQ multifunción USB de la Serie M energizado por bus y optimizado para una precisión superior a velocidades de muestreo más altas. Ofrece 16 entradas analógicas, velocidad de muestreo de 400 kS/s, dos salidas analógicas, 32 líneas de E/S digital, cuatro rangos de entrada programable (± 0.2 V a ± 10 V) por canal, disparo digital y dos contadores/temporizadores.

Está diseñado específicamente para aplicaciones móviles o con restricciones de espacio. También cuenta con la nueva tecnología NI Signal Streaming la cual permite transferencia de datos bidireccional a alta velocidad parecida a DMA a través del bus USB. (National Instrument Corporation, 2014)

Arichávala-Jerez



Figura 6: Introducción a la DAQ NI USB-6212. Fuente: Autores.

4.3.1. Especificaciones de DAQ NI USB-6212

La National Instruments Corporation (2017) menciona que entre las principales características de la DAQ NI USB-6212 se pueden encontrar las siguientes:

- 16 entradas analógicas (16 bits, 400 kS/s).
- 2 salidas analógicas (16 bits, 250 kS/s), 32 E/S digitales (24 para terminación masiva), 2 contadores de 32 bits.
- Energizado por bus USB para una mayor movilidad y conectividad de señal integrada.
- Compatible con LabVIEW®, ANSI C/C++, C#, Visual Basic .NET y Visual Basic 6.0.
- El software de NI-DAQmx y software interactivo LabVIEW® Signal Express LE para registro de datos. (National Instrument Corporation, 2014)

4.4. Software especializado (LabVIEW®)

Es una plataforma y entorno de desarrollo para diseñar sistemas, con un lenguaje de programación visual gráfico.

LabVIEW® consta de herramientas muy potentes para crear aplicaciones que no necesitan líneas de código, el programa se construye interfaces de usuario rápidamente, luego se especifica las funciones del sistema al crear diagramas de bloques, de esta manera se desarrollan aplicaciones de medida, control y automatización, que permite el monitoreo de procesos y control de algunos elementos, por ejemplo: se utiliza para controlar los sistemas de monitoreo y fallas de un motor; por lo general es manejado en procesamientos digitales de señales (wavelets, Transformada de Fourier, Total Distorsion Harmonic TDH). De tal manera que se logra obtener resultados en tiempo real, (National Instrument Corporation, 2014).

El software LabVIEW® es un programa que permite que el Banco Dinamométrico Armfield CM11, pueda controlar y monitorear los datos y aplicaciones que se deseen estudiar en tiempos reales de funcionamiento por ejemplo: temperaturas, presiones de aire, torque, pulsos de sensores del tipo hall, control del TPS, así como el encendido y apagado del motor entre otros. (Estuelectronic, 2012)

4.5. Torque y potencia

El torque y la potencia indican parámetros de funcionamiento del motor, de las cuales se puede interpretar la fuerza y rapidez con la que trabaja, en la Figura 7 se aprecia las curvas referentes al Torque de color rojo y Potencia de color azul.



Figura 7: Curvas representativas de torque y potencia. Fuente: Autores

4.5.1. Torque

Torque (par motor o momento de fuerza), es una capacidad de desarrollar fuerza por parte del sistema motriz. En este caso, más que una capacidad propia del motor, es una capacidad del conjunto motriz, ya que se logra aumentar el torque disponible, con recursos externos al motor. (Guioteca, 2012)

4.5.2. Potencia

La potencia es la relación entre el trabajo realizado y el tiempo empleado. Se mide en vatios, W, en el sistema internacional.

La rapidez de trabajo realizado es medida por la potencia, es decir, la rapidez con que se transfiere la energía desde un cuerpo a otro. (Miñarro)

4.6. SOFTWARE MATLAB.

Es un sistema interactivo que no requiere dimensionamiento para su matriz. Este programa resulta de ayuda para los usuarios de tal manera que se logre resolver muchos problemas numéricos en una fracción del tiempo en lenguajes como *C*, *BASIC* o *FORTRAN*. *MATLAB*. (José)

MATLAB logra combinar un entorno de escritorio perfeccionado para el análisis iterativo y los procesos de diseño con un lenguaje de programación que expresa las matemáticas de matrices y arrays directamente. (Mathworks)

Las apps de MATLAB permiten ver cómo funcionan diferentes algoritmos con sus datos. El cual facilita las iteraciones hasta obtener los resultados deseados y, después, genere automáticamente un programa de MATLAB para reproducir o automatizar su trabajo. (Mathworks)

La capacidad de escale sus análisis para la ejecución en clusters, GPUs y nubes únicamente con cambios menores en el código. No es necesario volver a escribir el código ni aprender programación para Big Data y técnicas de manejo de datos fuera de memoria.

El Software se puede utilizar de diferentes formas:

- Aprendizaje profundo.
- Visión artificial.

- Procesamiento de señales.
- Finanzas cuantitativas y gestión de riesgos.
- Robótica.
- Sistemas de control. (Mathworks)

4.7. Motor Hyundai Accent.

El motor aplicado en un vehículo Hyundai Accent está compuesto por 4 cilindros en línea, que consta de cuatro válvulas por cilindro, inyección secuencial, dos bobinas y es de combustión interna, 97 CV de potencia a 6.000 rpm como se muestra en la Tabla 1. (Super Motor, 2006)

HYUNDAI ACCENT	1.4 de 97 CV	1.6 de 112 CV	1.5 CRDi de 110 CV
Tipo de motor	4 cilindros en línea.		
Cilindrada (cc)	1.399	1.599	1.493
Potencia (CV/rpm)	97/6.000	112/6.000	110/4.000
Par (Nm/rpm)	126/4.700	146/4.500	235/1.900- 2.750
Alimentación	Inyección electrónica multipunto. Common Rail.		
Caja de cambios	Manual 5 v.	Manual 4v./Automática 4v.	Manual, 5 v.
Suspensiones del/tras	Independiente tipo McPherson/ Multi-link, resortes helicoidales con barra estabilizadora.		
Sistema frenado. Del/tras	Discos ventilados/ Disco		
Dirección	De cremallera servoasistida de endurecimiento variable con columna de seguridad.		
Velocidad (km/h)	177	Manual:190 Automático: 176	180
Aceleración 0-100 km/h (s)	12,2	Manual:10,2 Automático: 12	11,5
Consumo urbano/carretera/mixto (l/100 km)	8/5,1/6,2	Manual:8,4/5,2/6,4 Automático: 9,5/5,5/7	5,6/4/4,6

Tabla 1: Datos del motor Hyundai. Fuente: (Super Motor, 2006).

Emisiones CO2 ponderada (g/km)	146	Manual: 152 Automático: 167	120
Depósito combustible (l)	45		
Longitud/anchura/ altura (mm)	4.045/1.695/1.470		

5. MARCO METODOLÓGICO

5.1. Revisión general del estado actual del banco dinamométrico marca Armfield modelo CM11.

El banco dinamométrico Armfield CM11 se utiliza actualmente para el uso estudiantil, la cual tiene como finalidad la adquisición de datos de: potencia, torque, Temperatura del sensor IAT, Temperatura de salida del agua de la cisterna, Temperatura de entrada del agua de la cisterna, Temperatura de escape, Señal del sensor MAP, Señal del sensor ECT, Señal del sensor TPS, Señal del sensor de Torque, Señal del sensor de Oxigeno, Señal del sensor CKP, etc. Se encuentra conformada por un Freno Electromagnético, motor Hyundai Accent 1500, computadora Haltech, Ecu Hyundai Accent, Tarjeta de adquisición de datos NI DAQ 6212, etc.

Este banco se encuentra a la disposición de los estudiantes y del grupo de investigación GIIT, este banco sirve para generar fuentes de investigación dentro de la carrera de Ingeniería Automotriz, de esta forma se facilita su estudio mediante distintas pruebas como: torque, potencia, temperatura, etc.

Este motor es controlado por medio de una computadora que a su vez se encuentra incorporado con el software "LabVIEW®" mediante la cual se puede realizar el encendido y apagado del motor, controlar sus diferentes tipos de sensores con diferentes tipos de condiciones que se le establezca.

Para la toma de datos de potencia, Temperatura de salida del agua, Temperatura de entrada del agua, Temperatura de escape, Señal del sensor MAP, Señal del sensor ECT, Señal del sensor TPS, Torque del motor se utiliza el freno electromagnético que se encuentra controlada por medio de la PC se permite variar al freno dinamométrico.

El motor Hyundai Accent del banco dinamométrico se encuentra incorporado con una serie de sensores los cuales permiten observar el estado del mismo, estos son:

- **TPS:** posición de la mariposa de aceleración (%)
- **Lambda:** gases de escape (λ) .
- IAT: temperatura del aire de entrada (C°),
- **ECT:** temperaturas del refrigerante (C°),
- **CKP:** posición y velocidad del cigüeñal (pulsos) y
- MAP: presión del aire de entrada (Kpa),

5.1.1. Especificaciones técnicas del freno electromagnético Armfield.

El freno electromagnético es un mecanismo que se opone al giro del motor y también evacúa el calor generado en el proceso, además es posible medir las revoluciones del motor que es igual a la del freno.

5.1.2. Componentes del banco

El banco Armield CM11 está conformado para su funcionamiento por diferentes elementos y soportes del mismo como se ilustra en la Figura 8, los cuales se detallan a continuación:



Figura 8: Componentes del banco dinamométrico. Fuente: Manual del Banco Armfield.

1. Motor de combustión

Hyundai Accent.

2. Dinamómetro.

3. Estructura de soporte (4).

5. Barra estabilizadora.

6. Rodamientos.

7. Tanque de combustible.	15. Gabinete electrónico.
8. Intercambiador de calor.	16. Interfaz USB.
9. Tubos de escape (10).	17. Controlador lógico.
11. Batería.	18. Potenciómetro de
12. Gabinete eléctrico.	aceleración.
13. Switch.	19. Potenciómetro de freno.
14. Botón de emergencia.	

El motor Hyundai Accent y el banco dinamómetro cuentan con sus respectivas especificaciones técnicas las cuales se encuentran en el manual del usuario, en la Tabla 2 se detallan.

SOFTWARE Y COMUNICACIÓN	
NOMBRE	ArmSoft
INTERFAZ	MI-Diag
DIMENSIONES DEL BANCO DINAMOMÉTRICO	
ALTURA	1250 mm
LARGO	2200 mm
ANCHO	950 mm
FRENO DINAMOMÉTRICO	
FABRICANTE	KLAM
MODELO	K40
POTENCIA MÁXIMA	60 Kw
TORQUE MÁXIMO	145 Nn
VOLTAJE	220 – 240 V
FRECUENCIA	50 – 60 Hz
FUSIBLES	20 Amp
MOTOR HYUNDAI ACCENT	
TIPO DE MOTOR	4 CILINDROS EN LÍNEA

 Tabla 2: Especificaciones técnicas del banco dinamométrico Armfield CM11.
CILINDRADA CC	1599	
POTENCIA (CV/rpm)	112/6.000	
PAR(Nm/rpm)	146/4.500	
ALIMENTACIÓN	INYECCIÓN ELECTRÓNICA	
	MULTIPUNTO	
VELOCIDAD (Km/h)	190	
ACELERACIÓN DE 0-100 Km/h	10.2	
(s)		
CONSUMO	MANUAL: 8.4/5.2/5.4	
urbano/Carretera/Mixto (1/100km)		
EMISIONES CO2 PONDERADA	152	
(g/km)		
Depósito de combustible (l)	45	
Longitud/anchura/ altura (mm)	4.045/1.695/1.470	

5.2. Estado del Banco Dinamométrico

El banco dinamométrico Armfield CM11 utilizado para la presente investigación se encuentra con diferentes anomalías, las cuales no permiten un correcto funcionamiento del mismo, los distintos cableados que van desde los sensores hacia la ECU original del motor, no permiten que esta reciba la señal limpia y de esta manera pueda funcionar correctamente esto se observa en la Figura 9, 10.

Para un mejor detallado de los elementos defectuosos se genera la Tabla 3.

Tabla 3: Elementos faltantes del banco dinamométrico.

Diagnostico	Elementos faltantes & defectuosos
Falta de elementos	Fuente 24v, cables, relés
Cables conectan ECU	Quemados, rotos, oxidados
Multímetro	Cables sin continuidad
Bobina	Pines rotos sin corriente



Figura 9: Estado del cableado del banco. Fuente: Autores.



Figura 10: Cables de inyectores sueltos. Fuente: Autores.

Con el estado actual en el que se encuentra el banco dinamométrico, este no está en la capacidad de brindar datos correctos para investigaciones que se tengan presentes, ya sea por falta de elementos o por sus defectuosas conexiones ver Figura 11.



Figura 11: Elementos faltantes del banco. Fuente: Autores.

5.2.1. Reinstalación del cableado de la ECU Hyundai Accent.

Los cables que conectan los sensores y la ECU se encuentran mal instalados la cual genera una señal incorrecta de lo que sucede en el motor.

El primer paso es identificar cada uno de los pines de los sensores y a su vez su estado como: oxido, rotura, falsos contactos, etc. Con la ayuda de un multímetro se verifica al medir la continuidad de esta manera se logra obtener una señal limpia y sin códigos de falla en el escáner ver Figura 12.



Figura 12: Reinstalación del cableado ECU Hyundai Accent. Fuente: Autores.

Arichávala-Jerez

5.2.2. Reinstalación de la fuente de 24v del freno electromagnético.

El freno electromagnético es el encargado de generar una oposición al motor oponiéndose al movimiento del mismo, para lograr esto su cuerpo se encuentra incorporado por electroimanes que crea un campo magnético el cual genera la resistencia al movimiento del motor.

Por lo tanto el freno necesita ser alimentado con una fuente de 24v la cual se encuentra averiada como se aprecia en la Figura 13.



Figura 13: Fuente 24v averiada. Fuente: Autores.

Para conseguir que el motor se detenga se necesita que el freno electromagnético se mantenga alimentado por una tensión eléctrica, por lo que se procede a readecuar la conexión con una fuente de 24V nueva, su instalación es relativamente sencilla ya que solo debe estar alimentada a 110v, y para la salida hacia el freno electromagnético solo se requiere de dos entradas un neutro de 110v, una fase de 110v y una salida de 24v ver Figura 14.

Para comprender de mejor manera los pines de la fuente se procede a indicar en la Tabla 4.



 Tabla 4: Pines correspondientes a la fuente de 24v.



Figura 14: Readecuación de la fuente de 24 v. Fuente: Autores.

5.2.3. Comprobación del funcionamiento de las bobinas

La bobina es la encargada de generar el arco eléctrico o chispa en la bujía para que de esta manera se logre la explosión en la cámara de combustión gracias a la mezcla aire/combustible, si esta se encuentra con alguna anomalía no enviara la chispa necesaria para que el motor funcione correctamente.

Por lo que se realiza un revisión visual y acústica del estado del banco dinamométrico que llega a determinar que este genera un ruido acústico, por lo cual se procede a revisar la causa de su estado, de tal forma se llega a la conclusión que una de las dos bobinas que comandan el motor no se encontraba alimentada por lo tanto no envía chispa hacia el cilindro 1 y cilindro 4 ver Figura 15.



Figura 15: Revisión del estado del socket de las bobinas. Fuente: Autores.

Arichávala-Jerez

En primer lugar se retira el pegamento que se encuentra en el socket, el cual hacia que los pines no tenga buen contacto, el cual genera que no le llegue alimentación a la bobina y que no envié chispa hacia las bujías, luego de esto se procede a conectar correctamente los pines utilizando un nuevo socket, de esta manera se tiene una correcta alimentación de la bobina ver Figura 16.



Figura 16: Colocación del nuevo socket de la bobina. Fuente: Autores.

6. DISEÑO DEL SOFTWARE PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS DEL BANCO DINAMOMÉTRICO.

El diseño del software se procede a realizar en la Plataforma Virtual Grafica de LabVIEW® para la caracterización y visualización de las curvas de funcionamiento del motor.

En la siguiente sección se indica las calibraciones para los distintos sensores a realizar, los cuales van conectados hacia la DAQ 6212.

6.1. Calibración de la celda de carga y su amplificador

Para calibrar la celda de carga y su respectivo amplificador se tiene que seguir diferentes pasos que se describen a continuación:

Paso 1: Se procede a retirar el perno que sujeta la celda de carga y el soporte del freno electromagnético ver Figura.: 17, para que de esta manera la celda quede libre.



Figura 17: Desmontaje del brazo con la celda de carga. Fuente: Autores.

Paso 2: Acto seguido la celda debe de estar alimentada con 24v la cual ofrece la fuente que se encuentra incorporada en el banco ver Figura 18, para una mejor visualización de los pines del amplificador y de esta manera no confundir con los de la celda se adjunta la imagen con sus diferencias ver Figura 19.



Figura 18: Fuente 24 v control freno electromagnético. Fuente: Autores.



Figura 19: Pines del amplificador de la celda de carga. Fuente: Autores.

Pasó 3: A continuación se debe de colocar un perno de acero en el agujero de la celda de carga la cual soporta la base del freno electromagnético ver Figura 20, mediante lo cual se simula una carga inicial en la celda, esta será simulada con 3 pesos diferentes: 30kg, 19.5kg, 8.5kg para la calibración de la celda de carga.



Figura 20: Calibración de la celda de carga mediante diferentes pesos. Fuente: Autores.

Con el amplificador y la celda calibrada se tiene las señales precisas de la DAQ 6212 para su procesamiento ver Figura 21.



Figura 21: Amplificador de celda de carga y DAQ 6212. Fuente: Autores.

6.2. Calibración del sensor IAT

Para la calibración y caracterización del sensor IAT, se procede a variar la temperatura de entrada mediante una Lámpara de calor, Termocupla y un Multímetro, estos elementos permitirán apreciar el cambio de temperatura del sensor se puede observar ver Figura 22.



Figura 22: Toma de datos para la caracterización del sensor IAT. Fuente: Autores.

6.3. Calibración del sensor MAP

Para la calibración y caracterización del sensor MAP, se procede a verificar un vacío el cual se encuentra en el múltiple de admisión, este es conectado a aun vacuometro el cual permite medir la presión barométrica en el colector de admisión ver Figura 23.



Figura 23: Calibración del sensor MAP. Fuente: Autores.

6.4. Caracterización de la celda de carga

Ahora bien se puede observar los datos del peso y voltaje que se obtiene con las diferentes variaciones en la celda de carga, para obtener la ecuación característica del sensor como se observa en la Tabla 5.

Carga (Kg)	Voltaje
0	-0.21
8.5	1.23
19.5	2.2
30	4.8

Tabla 5: Datos del peso y Voltaje

A continuación los datos son ingresados al software Matlab®, en el que se usa el comando Cftool y se obtiene la ecuación característica:

$$(x) = 6.069 * x + 2.331$$
 [1]

Nota: La ecuación característica, posee un coeficiente de determinación de: R2 = 0.9619, con lo cual se determina la validez de esta ecuación.

Una vez que se obtienen los valores de carga y voltaje se procede a graficar con los puntos y la ecuación característica ver Figura 24.



Figura 24: Curva de la carga con respecto al voltaje. Fuente: Autores.

6.5. Caracterización del sensor IAT.

Al variar la Temperatura y voltaje se obtiene los datos ver Tabla 6, estos permiten obtener la ecuación característica del sensor.

Temperatura (°C)	Voltaje (V)	
22	2.33	
36	1.9	
50	1.74	
73	1.12	

Tabla 6: Valores de Temperatura y voltaje para la caracterización del sensor IAT.

A continuación los datos obtenidos son ingresados al software MATLAB®, en el que se usa el comando Cftool y se obtiene la ecuación característica:

$$f(x) = -43.85 * x + 123.2$$
 [2]

Nota: La ecuación característica, posee un coeficiente de determinación de: R = 0.98, con lo cual se determina la validez de esta ecuación.

En la gráfica ver Figura 25, se logra apreciar la curva de Temperatura con respecto al voltaje.



Figura 25: Curva de Temperatura - Voltaje del sensor IAT. Fuente: Autores.

6.6. Caracterización del sensor MAP.

Al variar la presión barométrica y voltaje se obtienen los datos que sirve para obtener la ecuación característica del sensor ver la Tabla 7.

Presión (KPas)	Voltaje	
26.6	1.1	
35.1	1.4	
53.6	2.1	
63.8	2.5	
74	2.8	

Tabla 7: Datos de la presión y voltaje para determinar la ecuación característica del sensor MAP.

Se procede a ingresar los datos obtenidos al software MATLAB®, se utiliza el comando Cftool para obtener la ecuación característica:

$$f(x) = 27.34 * x - 3.489$$
 [3]

Nota: La ecuación característica, posee un coeficiente de determinación de: R2 = 0.998, con lo cual se determina la validez de esta ecuación.

En la gráfica se puede apreciar la curva de la presión barométrica con respecto al voltaje ver Figura 26.



Figura 26: Curva característica del sensor MAP. Fuente: Autores.

6.7. Caracterización del sensor ECT.

Al variar la temperatura y voltaje se obtiene los siguientes datos que sirve para obtener la ecuación característica del sensor ver Tabla 8.

Temperatura (°C)	Voltaje (V)	
20	2.38	
32	2.19	
60	1.1	
100	0.18	

 Tabla 8: Valores de temperatura y voltaje del ECT.

A continuación los datos son ingresados al software MATLAB®, en el que se usa el comando Cftool y se obtiene la ecuación característica:

$$f(x) = -34.43 \times x + 103.4.$$
 [4]

Nota: La ecuación característica, posee un coeficiente de determinación de: R2 = 0.9851, con lo cual se determina la validez de esta ecuación ver Figura 27.



Figura 27: Curva del sensor ECT con respecto a la temperatura y voltaje. Fuente: Autores.

6.8. Caracterización del sensor de Oxigeno O2.

Al variar el factor lambda y voltaje se obtiene los siguientes datos que sirve para obtener la ecuación característica del sensor ver Tabla 9.

Lambda (λ)	Voltaje (V)
0.8	0.9
1	0.475
1.2	0.1

Tabla 9: Datos de la ecuación característica del sensor de Oxigeno.

A continuación los datos obtenidos son ingresados al software MATLAB®, en el que se usa el comando Cftool se obtiene la ecuación característica:

$$f(x) = -0.4 * x + 1.2.$$
 [5]

Nota: La ecuación característica, posee un coeficiente de determinación de: R = 0.9987, con lo cual se determina la validez de esta ecuación ver Figura 28.

Una vez que se obtienen los valores de Factor lambda y voltaje se procede a graficar con los puntos y la ecuación característica.



Figura 28: Curva del factor Lambda y voltaje. Fuente: Autores.

6.9. Caracterización del sensor de temperatura de Escape.

Al variar la temperatura y voltaje se obtiene los siguientes datos que sirve para obtener la ecuación característica del sensor ver Tabla 10.

Temperatura (°C)	Voltaje (V)
20	0.23
150	2.1
200	3.4

Tabla 10: Valores para la ecuación característica del sensor de temperatura del Escape.

A continuación los datos obtenidos son ingresados al software MATLAB®, en el que se usa el comando Cftool se obtiene la ecuación característica:

$$f(x) = 56.78 \times x + 6.94.$$
 [6]

Nota: La ecuación característica, posee un coeficiente de determinación de: R = 0.9783, con lo cual se determina la validez de esta ecuación ver Figura 29.

Con los valores de Temperatura y voltaje se procede a graficar con los puntos y la ecuación característica.



Figura 29: Temperatura y voltaje referentes al sensor de Escape. Fuente: Autores.

6.10. Caracterización del sensor TPS.

Se procede a variar la posición del TPS y voltaje de tal manera que se obtenga los siguientes datos que sirve para obtener la ecuación característica del sensor ver Tabla 11.

Apertura (%)	Voltaje (V)
0	0.56
50	2.27
100	4.45

Tabla 11: Datos para la ecuación característica del sensor TPS.

A continuación los datos obtenidos son ingresados al software MATLAB®, en el que se usa el comando Cftool se obtiene la ecuación característica:

$$f(x) = 25.39 \times 14.5.$$
 [7]

Nota: La ecuación característica, posee un coeficiente de determinación de: R = 0.9952, con lo cual se determina la validez de esta ecuación ver Figura 30.



Figura 30: Curva característica del sensor TPS. Fuente: Autores.

6.11. Caracterización del sensor de temperatura de entrada de la cisterna.

Al variar la temperatura y voltaje se obtiene los siguientes datos que sirve para obtener la ecuación característica del sensor ver Tabla12.

Temperatura (°C)	Voltaje (V)
72	2.58
34	1.24
24	1.11

 Tabla 12: Datos para la caracterización del sensor de temperatura de entrada de la cisterna.

A continuación los datos obtenidos son ingresados al software MATLAB®, en el que se usa el comando Cftool se obtiene la ecuación característica:

$$f(x) = --88.47 * x + 125.3.$$
 [8]

Nota: La ecuación característica, posee un coeficiente de determinación de: R = 0.9851, con lo cual se determina la validez de esta ecuación

Una vez que se obtienen los valores de temperatura y voltaje se procede a graficar con los puntos y la ecuación característica ver Figura 31.



Figura 31: Curva referente al sensor de temperatura de la cisterna. Fuente: Autores.

6.12. Caracterización del sensor de temperatura de salida de la cisterna.

Para el sensor de temperatura de salida de la cisterna se procede a variar la temperatura y voltaje de esta manera obtiene los siguientes datos que sirve para obtener la ecuación característica del sensor ver Tabla 13.

Temperatura (°C)	Voltaje (V)
64	0.9
50	1.24
35	1.74
24	2.35

 Tabla 13: Datos de la ecuación característica del sensor de temperatura de salida de la cisterna.

A continuación los datos obtenidos son ingresados al software MATLAB®, en el que se usa el comando Cftool se obtiene la ecuación característica:

$$f(x) = --88.47 * x + 125.3.$$
 [9]

Nota: La ecuación característica, posee un coeficiente de determinación de: R = 0.9543, con lo cual se determina la validez de esta ecuación ver Figura 32.



Figura 32: Curva del sensor de temperatura de salida de la cisterna. Fuente: Autores.

6.13. Programación para el control del Banco Dinamométrico Armfierd CM11.

Se realiza un software mediante la programación en LabVIEW®, con la cual se comanda a las dos ECUS tanto la Ecu Hyundai, como la Ecu reprogramable Haltech, este programa será instalado en la computadora de escritorio que se encuentra en el laboratorio del Banco Dinamométrico la cual está en comunicación con la DAQ 6212 ver Figura 33.



Figura 33: Computadora y DAQ NI USB-6212. Fuente: Autores.

6.13.1. Crear un VI para la adquisición de datos

Se procede a crear un VI a la cual se obtendrá los datos de la DAQ 6212 ver Figura

34, en esta se guardarán todos los datos adquiridos.



Figura 34: Creación de un VI para guardar los datos. Fuente: Autores.

Arichávala-Jerez

6.13.2. Obtención de señales

Para la obtención de las señales se ingresa en la hoja de programación, con un clic derecho se ingresa a *Measurement I/O* desde la DAQ 6212, luego se selecciona *NI-DAQMX* una vez seleccionado se despliegan diferentes cuadros para adquisición de datos, por consiguiente se da clic sobre *DAQ Assist*, se puede apreciar en un cuadro de diálogo todas las entradas ver Figura 35.

do Re	Al 🔁 + X do Run Add Channels Remove Channels	<br Hide He
Express	Task 🌽 Connection Diagram	🛃 Back 🔛
Amplitude	1 0 -1 0 0 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 Time Graph Display Type AutoScale Y-Axis ✓	Measuring Voltage Most measurement devices are designed for measuring, or reading, voltage Two common voltage Two common voltage measurements are DC and AC. DC voltages are useful for measuring
	Configuration Triggering Advanced Timing Logging Channel Settings Voltage_0 Voltage_1 Voltage_1 Voltage_2 Voltage_3 Voltage_4 Uoltage_4 Voltage_4 Voltage	slowly with time, such as temperature, pressure, or strain. AC voltages, on the other hand, are waveforms that constantly increase, decrease, and reverse polarity. Most powerlines deliver AC voltage.
	Voltage_5 Voltage_6 Voltage_7 Voltage_8 Voltage_1 Voltage_1 Voltage_1 Voltage_1 Voltage_1 Voltage_1 Voltage_2 Voltage_2 Voltage_2 Voltage_2 Voltage_2 Voltage_2 Voltage_2 Voltage_2 Voltage_3 Voltage_3 Voltage_3 Voltage_3 Voltage_3 Voltage_3 Voltage_4 Voltage_3 Voltage_4 Voltage Voltag	This graph displays the analog signals acquired
	Timing Settings Acquisition Mode Samples to Read Rate (Hz) Continuous Samples I.2k 12k	or generated by the device.

Figura 35: Canales para adquisición de datos. Fuente: Autores.

Los pines utilizados, se describen a continuación en la Tabla 8.

# de Entrada	TABLA DE PINES Y SEÑALES PARA LA DAQ 6212		
	Señales de Entrada	Pines DAQ 6212	
1	Temperatura sensor IAT	AI3 (PIN21)	
2	Temperatura Entrada de Agua	AI9 (PIN18)	
3	Temperatura Salida de Agua	AI8 (PIN16)	
4	Temperatura del Escape	AI6 (PIN29)	
5	Señal del sensor MAP	AI4 (PIN24)	
6	Señal del sensor ECT	AI1 (PIN17)	
7	Señal del sensor TPS	AIO (PIN15)	
8	Señal del sensor de Torque	AI5 (PIN26)	
9	Señal del sensor de oxigeno O2	AI7 (PIN31)	
10	Señal del sensor CKP(+)	AI2 (PIN19)	
11	Señal del sensor CKP(-)	AI10 (PIN20)	
	Señales de salida	Pin DAQ 6212	
12	Señal para el control del freno electromagnético	AO1 (PIN 13)	
	Control Relé	Pin DAQ 6212	
13	Smith	P2/L0 (PIN 33)	
14	Arranque	P2/L1 (PIN 34)	
15	Conmutar ECU (Hyundai-Haltech)	P2/L2 (PIN 35)	
	Salida PWM	Pin DAQ 6212	
16	Control mariposa	P2/L4 (PIN 38)	

 Tabla 14: Pines y Señales para la DAQ 6212.

El programa LabVIEW® tiene específicamente un bloque para la adquisición de datos ver Figura 36.

수 🕸 🔘 🔲 💡 🕵 🛏 🔂 🖈 🛛 15pt Applicatio	Font 🔻 🖫 🙃 🤹 🦦	🕨 Search 🔍 🍳
	-	
- Functions 🔍 Sear	4	
Programming		
Structures Numeric Comparison Comparison Structures Comparison Structures Comparison Structures Comparison Compariso		
File I/O Waveform Application		
Masurement I/O		
Instrument I/O	Measurement I/O	
Vision and Motion	DAQmx - Data Acquisition	
Mathematics		
Signal Processing	-🖾 DAQmx - Data Acquisition	
Data Communication	NI-DAQmx DAQ Assistant	
Connectivity		
Express	Tack Const Channel Const Create Chan Read	Write Wait
Favorites	DROmx DROmx DROmx	DAQuex DAQuex
Select a VI	👼 🚣 🍖	.
Real-Time	Timing Triggering Start	Stop Clear
FPGA Interface	र र र	
Sound and Vibration		
*	Gannel Node Timing Node Triggering N Read Node Wi	rite Node
	AQ Assist Reg-Time Dev Config Tasl	k Config/ Advanced
		5
	System Conf Peer To Peer	
	L	

Figura 36: Bloque de programación para adquisición de datos. Fuente: Autores.

Para estas entradas que se encuentra en forma de voltaje en necesario conocer cuáles son sus variables como: Temperatura (°C), Presión (kPa), y ubicación de la mariposa (%), se realiza la caracterización a cada una de las señales de voltajes a magnitudes físicas, y de esta manera se encuentra los valores de voltaje vs valores de temperatura, presión y porcentaje.

Esto lo se verifica de acuerdo a la variación del voltaje y la resistencia del mismo en función a la temperatura ver Figura 37.



Figura 37: Variación de voltaje y temperatura. Fuente: Autores.

6.13.3. Adquisición de datos

1.- Para la adquisición de datos se tiene un proceso con el cual obtiene una mejor organización de nuestro programa, como primer paso se ingresa a menú siguiente a esto a Tab control ver Figura 38.



Figura 38: Comando Tab Control para adquisición de datos. Fuente: Autores.

2.- Luego de esto se procede a dar Clic en Tab control con lo cual aparece una ventana, está se puede variar de acuerdo al número que se necesite.

Paso seguido se procede a dar clic derecho sobre el elemento y seguido a esto se selecciona *Add Page After o Before*, en este caso se tiene cinco ventanas seleccionadas ver Figura 39.



Figura 39: Adición de tablas (Add Page After o Before). Fuente: Autores.

3.- Con las páginas seleccionadas y de la manera que se desea visualizar programa se obtiene un hoja principal de la siguiente forma ver Figura 40, la cual estará siempre visible al momento de correr el programa.



Figura 40: Ventana principal del programa Banco Dinamométrico. Fuente: Autores.

6.13.4. Procesamiento para las señales

Se divide la programación por bloques para una mejor visualización quedando divido en A, B, C, D, E, F.

A continuación se detalla cada bloque:

Bloque A: en este bloque se obtienen los datos mediante la DAQ 6212, que llegan a ser las señales de los voltajes procedentes de los sensores ver Figura 41.



Figura 41: Adquisición de las señales de los diferentes sensores. Fuente: Autores.

 Bloque B: En este bloque permite convertir los voltajes de los sensores a magnitudes físicas mediante la ecuación característica de cada sensor ver Figura 42.



Figura 42: Conversión de los voltajes a magnitudes físicas. Fuente: Autores.

 Bloque C: En este bloque C se muestra las magnitudes físicas como: Presión, O2 Lambda, Torque, Temperatura, Porcentaje y voltaje, para una mejor visualización del usuario ver Figura 43.



Figura 43: Bloque de magnitudes físicas. Fuente: Autores.

 Bloque D: Mediante este bloque se puede comandar a todas las gráficas ver Figura 44, que las mismas se presenten de acuerdo a la necesidad del usuario en cada toma de datos que desee.



Figura 44: Control de reset de las gráficas. Fuente: Autores.

 Bloque D: Mediante este bloque se comanda a los transistores de potencia, que comandaran los relés tales como: Switch, Arranque y selección de computadora ECU ver Figura 45.



Figura 45: Control de los relés. Fuente: Autores.

 Bloque E: en este bloque se puede observar las diferentes ecuaciones características de los sensores en este caso del ECT presente en el cuadro del programa LabVIEW® ver Figura 46.

Arichávala-Jerez



Figura 46: Ecuación característica Sensor ECT. Fuente: Autores.

Como se observa se tiene diferentes variaciones de voltaje y temperatura, mediante un pirómetro y multímetro se aprecia estas variaciones ver Figura 47.



Figura 47: Caracterización del sensor ECT. Fuente: Autores.

Con un recipiente con agua en ebullición se procede a sumergir al sensor, y de esta manera observar la variación de la temperatura y voltaje como se observa en la Tabla 9.

Temperatura	Voltaje
100	0.18
60	0.68
20	2.38

Tabla 15: Variación de temperatura y voltaje del sensor ECT.

 Bloque F: En este bloque F se utiliza el comando Waveform chart con el cual se puede ver todas las gráficas obtenidas por los sensores, ver Figura 48.



Figura 48: Ventanas para las gráficas de los sensores. Fuente: Autores.

6.13.5. Adquisición de la señal de RPM (CKP)

Para realizar la adquisición de la señal de RPM mediante el sensor (CKP), se procede a dar clic derecho sobre la venta de diagrama de bloques y siguiente a esto al comando *Express*, se despliegan diferentes cuadros, se procede a seleccionar *Signal Analysis*, con este cuadro seleccionado se da clic sobre la venta *Tone* la cual permite analizar la frecuencia de la señal y su amplitud ver Figura 49.



Figura 49: Selección del icono Tone para procesar la señal de CKP. Fuente: Autores.

Mediante el cuadro *Configure Tone Measurements* se observa los resultados de la señal de frecuencia y amplitud ver Figura 50.



Figura 50: Ventana Configure Tone Measurements. Fuente: Autores.

Con la amplitud y frecuencia determinada se realiza la programación para poder visualizar la velocidad del motor (RPM), este programa está compuesto por un comparador de amplitud el cual compara la amplitud de la señal que deber ser mayor a 0.1 caso contrario se hace 0 ya que amplitudes menores a estas son señales de ruido, de igual forma se saca un gráfico *X Y Grath* el cual permite visualizar la potencia vs revoluciones ver Figura 51.



Figura 51: Programación para visualización de RPM. Fuente: Autores.

6.13.6. Muestra de datos procesados

Para cada uno de los sensores se tiene diferente información, por lo tanto debe de tener su respectiva grafica con respecto al funcionamiento del motor tales como: gráfica del torque, potencia y sensores ver Figura 52.



Figura 52: Panel para visualización de RPM. Fuente: Autores.
Para las gráficas de Torque y Potencia se necesita tener una programación, está la se observa a continuación ver Figura 53,54.



Figura 53: Programación para la Potencia. Fuente: Autores.



Figura 54: Programación para el Torque. Fuente: Autores.

6.13.7. Datos de la referencia para los distintos sensores.

Para una mejor visualización de las señales obtenidas se tiene una tabla de datos de todos los sensores, la cual contiene todas estas señales.

Para iniciar y la toma de datos se cuenta con un botón que tiene como nombre *INICIAR TOMA* el cual debe ser activado, para detener la toma de datos se cuenta con el botón *PARAR TOMA* y si se desea limpiar toda la pantalla se cuenta con el botón *RESET TABLA* ver Figura 55.



Figura 55: Tabla para Iniciar-Parar y Reset datos. Fuente: Autores.

A continuación se muestra la programación utilizada para la obtención de datos, cabe recalcar que para un mejor entendimiento y una mejor visualización los comandos se encuentran señalados con sus respectivos nombres ver figura 56, a continuación que función cumple cada uno de estos.

- **Reset Tabla:** Sirve para borrar los datos de la tabla para obtener nuevos.
- Toma de Datos: Permite iniciar la toma de datos.
- **Reset Graficas:** Borra las gráficas para poder visualizar una nueva señal.



Figura 56: Programación para Iniciar-Parar y Reset datos. Fuente: Autores.

6.13.8. Control del Arranque y el Switch de encendido

Para la activación del arranque se ha programado que este tarde 1segundo, ya que es suficiente tiempo para que el motor se encienda, esto se logra gracias a la implementación del programa el cual hace que la DAQ 6212 comande el transistor de potencia y de esta manera el relé envié corriente al solenoide del motor de arranque ver Figura 57.



Figura 57: Control de Arranque y Switch. Fuente: Autores.

7. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DEL ACELERADOR ELECTRÓNICO Y DEL FRENO ELECTROMAGNÉTICO.

Para el diseño del sistema de control del freno electromagnético y acelerador eléctrico es necesario conocer distintos conceptos referentes al control del mismo los cuales se analizaran a continuación.

7.1. Control PID

Es un mecanismo de control genérico sobre una realimentación de bucle, este controlador intenta minimizar el error ajustando la entrada del sistema generando la señal de apertura de la mariposa.

7.2. Función de transferencia

La función de transferencia establece todo comportamiento de un sistema que se encuentra en estado estacionario.

7.3. Metodología para la función de transferencia.

Se puede apreciar en la Figura 58, el circuito para el control PID del acelerador electrónico donde constan elementos como: módulo de potencia, disipador de calor, diodo de protección, conector macho hembra.



Figura 58: Circuito para el control del acelerador electrónico mediante PID. Fuente: Autores.

7.3.1. Obtención de la función de transferencia

Para obtención de la función de transferencia se aplica la sección Identity del software matemático Matlab®, al tener como dato de referencia el ancho de pulso a una frecuencia de 100000 Hz, ver figura 59, donde se muestran los datos del motor para obtener la función de transferencia.



Figura 59: Datos del motor para la ecuación de la función de transferencia. Fuente: Autores.

A continuación se presenta los pasos necesarios para obtener la función de transferencia en la ventana Identity de Matlab® ver Figura 60, 61.



Figura 60: Pasos para la obtención de la ecuación de transferencia. Fuente: Autores.



Figura 61: Resultado de la función de transferencia. Fuente: Autores.

La ecuación de transferencia del acelerador electrónico generada por el Identity de Matlab® se muestra a continuación ver Figura 62.

$$G(s) = \frac{8083}{s^2 + 12.74 \, s + 48.71} PWM(s)$$

Figura 62: Función de transferencia del acelerador electrónico. Fuente: Autores.

7.3.2. Obtención de constantes mediante el método de PID Tools.

Para el análisis del controlador PID se aplica el método de la curva de reacción de PID Tools ver Figura 63, se presenta la curva de respuesta en forma de escalón obtenida mediante el software de Matlab®.



Figura 63: Curva de respuesta en forma de escalón del controlador PID. Fuente: Autores.

A continuación mediante la herramienta de Matlab® y el comando PID Tools se procede a sacar las constantes que permiten controlar el acelerador electrónico ver Figura 64.



Figura 64: Grafica de la función de transferencia mediante PID Tools. Fuente: Autores.

Se muestra las constantes de los parámetros para el control del acelerador electrónico:

KP=0.002901, *Ki*=0.02002 *y Kd*=0.0001051.

A continuación se observa la respuesta del cambio de referencia ase aplica el método de PID Tools ver Figura 65.



Figura 65: Respuesta al cambio de referencia de acelerador electrónico. Fuente: Autores.

Como se observa en la Figura 66, se muestra el error que se genera en el sistema al cambio de referencia.



Figura 66: Error del sistema al cambio de referencia de acelerador electrónico. Fuente: Autores.

En el análisis de datos al utilizar un sintonizador PID Tools se muestra los resultados obtenidos en la Tabla 10.

Controlador PID por PID Tools	Significado a cada Condición				
1.4sg	Es el tiempo de estabilización (Escalón), en el cual se estabiliza por completo la grafica				
1%	Es la estabilización de la grafica Sobre el impulso de respuesta al escalón				
1.4sg	Tiempo de estabilización (promedio) al cambio de referencia				
13%	Es el porcentaje de apertura de la mariposa sobre impulso ante la perturbación				
2.5sg	Tiempo de estabilización ante la perturbación				

 Tabla 16: Resultados a las diferentes condiciones de funcionamiento del acelerador electrónico.

Para la toma de datos y control tanto de la mariposa de aceleración como del freno electromagnético se crea un programa para poder comandarlos.

7.3.2.1.Control de la mariposa

Г

El control de la mariposa es el encargado de hacerla mover, para lograr esto se encuentra conformado por un motor de corriente continua con escobillas (tipo *Brushed*), y un juego de engranajes.

Este controlador electrónico se encuentra acoplado a la mariposa, en el conducto de admisión y a su vez este al ECM, de donde recibe la señal de activación para el giro de la mariposa.

Para esto se necesita adquirir una señal PWM, de esta manera se logra controlar el giro del servomotor que tiene como función el cierre y apertura de la mariposa de

aceleración, este indicador se apreciar en la pantalla del control principal ver Figura 67, 68.



Figura 67: Programación de la salida del PWM. Fuente: Autores.

	Referen	cia TPS	Lectur	a TPS
	100-		100-	
	90-		90-	
Subir RPM	80-		80-	
	70-		70-	
T	60-		60-	
Bajar RPM	50-		50-	
	40-		40-	
	30-		30-	
	20-		20-	
	10-		10-	
	0-	<u>.</u>	0-	⊲
	•		-0	

Figura 68: Referencia y lectura del TPS. Fuente: Autores.

Como se tiene por conocimiento el porcentaje de apertura de la mariposa de aceleración va desde 0% hasta 100% la cual se consigue realizar una interpolación

tanto en los valores de voltaje del TPS como los del factor de porcentaje ver Tabla 11.

Voltaje TPS	% de la apertura de la mariposa
0.56	0%
4.45	100%

Tabla 17: Relación voltaje - apertura de la mariposa

7.3.2.2. Control del freno.

Se procede a enviar una señal que varía de 0v a 5v, hacia el controlador que posee el banco, de tal manera se logre frenar al motor y a su vez se pueda realizar un desplazamiento del eje que se encuentra acoplado al freno, para la deformación de la celda de carga la cual envía los datos de regreso a la DAQ 6212, los cuales serán analizados por el software ver Figura 69,70.



Figura 69: Señal de 0 V a 5 V para el control del freno electromagnético. Fuente: Autores.



Figura 70: Comandos de la programación del freno. Fuente: Autores.

7.4. Automatización del banco mediante redes neuronales.

Para la creacion de la red neuronal se procede a utilizar el toolkit de matlab denominado **nntool** ver Figura 71, el cual desplegara una ventana **Data Manager**, en él se importan los datos de entrada **in** como **Input Data** y los datos de salida **out** como **Target Data** ver Figura 72.



Figura 71: Creación de red neuronal mediante nntool. Fuente: Autores.

Select a Variable	Destination
(no selection)	Name
in	out
rő	Import As:
r7	ONetwork
	🔿 Input Data
	Target Data
	O Initial Input States
	O Initial Layer States
	O Output Data
	○ Error Data
	rSelect a Variable (no selection) in out r6 r7

Figura 72: Datos de salida Out de la red neuronal. Fuente: Autores.

Luego de haber importado los datos a la ventana de **Data Manager** se procede a seleccionar la opción **New** el cual desplegara la ventana **Créate Network**.

En esta ventana se declara un nombre a la red neuronal como **nt**, el tipo de red neuronal que es feed-forward backprop, el numero de capas y neuronas en cada capa ver Figura 73.

⊱ Create Network or Data		_	-	\times
Network Data				
Name				
nt				
Network Properties				
Network Type:	Feed-forward bac	kprop)	\sim
Input data:		in		\sim
Target data:		out		\sim
Training function:			TRAINLM	\sim
Adaption learning function:			LEARNGDM	\sim
Performance function:			MSE	\sim
Number of layers:		5		
Properties for: Layer 5 \vee				
Number of neurons: Transfer Function:				
	C View	🚖 Re	estore Default	s
Help	- 😤 c	Create	Cl	ose

Figura 73: Denominación de la red neuronal como nt. Fuente: Autores.

Las redes de múltiples capas son capaces de realizar casi cualquier cálculo lineal o no lineal, y pueden aproximar arbitrariamente cualquier función razonable.

Las redes también son sensibles a la cantidad de neuronas en sus capas ocultas, esto quiere decir que si se usan pocas neuronas pueden conducir a un ajuste insuficiente o si se usan demasiadas neuronas pueden contribuir al sobreajuste, en el que todos los puntos de entrenamiento están bien ajustados, pero la curva de ajuste oscila de forma salvaje entre estos puntos ver Figura 74.

En nuestro caso se seleccionaron 5 capas ocultas con 10 neuronas en cada capa y las 2 neuronas de la última capa corresponden a las 2 salidas de la red.





Con la red ya creada se procede al entrenamiento de la misma, esta ventana muestra que los datos se han dividido al utilizar la función Random (dividerand) el método de entrenamiento Levenberg-Marquardt (trainlm), se ha utilizado con la función de rendimiento la media del error cuadratico (MSE), estas son las configuraciones predeterminadas para la red tipo feed-forward backprop ver Figura 75.

Neural Network Training (nntraintoo	I)	—					
Neural Network								
Hidden layer 1 Hidden layer 2 Hidden layer 2 Hidden layer 3 Hidden layer 4 Durpat B Durpat B Durpat B Durpat Durpa								
Algorithms								
Data Division: Random (Training: Levenberg- Performance: Mean Squa Calculations: MATLAB	(dividerand •Marquard ared Error	l) t (trainlm) (mse)						
Progress								
Epoch:	0	68 iterations		1000				
Time:		0:00:05						
Performance: 3.63e+	03	2.40		0.00				
Gradient: 1.16e+	•04	30.0		1.00e-07				
Mu: 0.001	100	0.0100		1.00e+10				
Validation Checks:	0	6		6				
Plots								
Performance (plot	perform)							
Training State (plot	trainstate)							
Regression (plot	regression)						
Plot Interval:			1 epoch	s				
Validation stop.								
		Stop Train	ning	Cancel				

Figura 75: Red tipo feed-forward backprop. Fuente: Autores.

Durante el entrenamiento, el progreso se actualiza constantemente en la ventana de capacitación.

De mayor interés son el rendimiento, la magnitud del gradiente de rendimiento y el número de comprobaciones de validación.

La magnitud del gradiente y el número de verificaciones de validación se utilizan para finalizar el entrenamiento.

Al encontrar un gradiente menor a 1e-5, el entrenamiento se detendrá ya alcanza un mínimo rendimiento.

El número de verificaciones de validación representa el número de iteraciones sucesivas que el rendimiento de validación no puede disminuir, si este número llega a 6 (el valor predeterminado), el entrenamiento se detendrá. En esta ejecución, puede ver que la capacitación se detuvo debido a la cantidad de verificaciones de validación.

Desde la ventana de capacitación, puede acceder a tres gráficos: rendimiento, estado de entrenamiento y regresión.

La función de rendimiento frente al número de iteración representa el entrenamiento, la validación y el rendimiento de las pruebas.

La siguiente grafica indica las iteraciones en la cual el rendimiento de validación alcanzó un mínimo en 62 repeticiones y el entrenamiento continuó durante 6 repeticiones más antes de que terminara el entrenamiento ver Figura 76.

Si la curva de prueba había aumentado significativamente antes de que la curva de validación aumentara, entonces es posible que se haya producido un sobreajuste, en este caso las curvas de validación y prueba son muy similares.



Figura 76: Referencia de las interacciones de rendimiento. Fuente: Autores.

El siguiente paso para validar la red es revisar el gráfico de regresión que muestra una regresión entre los resultados de la red y los objetivos de la red, si el entrenamiento fuera perfecto, los resultados de la red y los objetivos serían exactamente iguales, pero la relación rara vez es perfecta en la práctica.

Las tres graficas representan los datos de entrenamiento, validación y prueba y la cuarta representa una regresión entre las tres.

La línea punteada en cada gráfica representa el resultado perfecto - outputs = targets.

La línea continua representa la mejor línea de regresión lineal entre salidas y objetivos.

El valor R es una indicación de la relación entre las salidas y los objetivos.

Si R = 1, esto indica que existe una relación lineal exacta entre las salidas y los objetivos.

Si R está cerca de cero, entonces no hay una relación lineal entre las salidas y los objetivos.

Para nuestra red, los datos de entrenamiento indican un buen ajuste y los resultados de validación y prueba también muestran valores R grandes ver Figura 77.

El diagrama de dispersión es útil para mostrar que ciertos puntos de datos tienen ajustes inadecuados.



Figura 77: Diagramas de dispersión de la red neuronal. Fuente: Autores.

Con la validación de la red se procede a implementarlo en la programación de Labview, con la cual se utiliza la estructura MATLAB Script para llamar a la red neuronal y poder trabajar con ella ver Figura 78.



Figura 78: Estructura Matlab Script. Fuente: Autores.

Para poder utilizar la red se necesitan las variables de entrada que son las revoluciones del motor y el tiempo ver Figura 79, y con el siguiente código la red neuronal procede a realizar la predicción con lo cual sus salidas comandaran el acelerador electrónico y el freno dinamométrico, para poder utilizar la red se necesita que cumpla dos condiciones, tienen que estar activado el botón de CONTROL AUTOMATICO y el botón de INICIAR TOMA.



Figura 79: Variables de entrada revoluciones y tiempo. Fuente: Autores.

7.5. Visualización de oscilaciones de diferentes curvas de los sensores del banco dinamométrico Armfield CM11.

A continuación se procede a explicar cada una de las gráficas procedentes de los sensores que existen en el banco dinamométrico Armfield CM11.

La curva procedente del sensor IAT Temperatura Ambiente se aprecia en la Figura 80, en la cual se puede apreciar en el eje x el tiempo y en el eje y la amplitud, con una temperatura de 25 grados.



Figura 80: Curva del sensor IAT. Fuente: Autores.

Como siguiente se aprecia la curva procedente del sensor de temperatura de salida del agua, como se observa en la Figura 81, la cual está conformada en el eje x el tiempo y en el eje y la amplitud, con una temperatura de 25 grados.



Figura 81: Temperatura de salida del agua de la cisterna. Fuente: Autores.

Como tercero se aprecia la curva procedente del sensor de temperatura de entrada del agua, como se observa en la Figura 82, la cual está conformada en el eje x el tiempo y en el eje y la amplitud, con una temperatura de 25 grados.



Figura 82: Temperatura de entrada del agua de la cisterna. Fuente: Autores.

En la gráfica se aprecia la curva procedente del sensor MAP, como se observa en la Figura 83, la cual está conformada en el eje x el tiempo y en el eje y la amplitud, de esta manera permite visualizar la presión en el colector de admisión con una presión de 60kpa.



Figura 83: Curva del sensor MAP. Fuente: Autores.

Siguiente a esto se aprecia la curva referente a la temperatura del sensor de Escape, como se observa en la Figura 84, la cual está conformada en el eje x el tiempo y en el eje y la amplitud, con una temperatura de 110 grados.



Figura 84: Curva sensor de escape. Fuente: Autores.

A continuación se observa la gráfica de temperatura del sensor ECT, como se observa en la Figura 85, la cual está conformada en el eje x el tiempo y en el eje y la amplitud, con una temperatura inicial de 70° a medida que el motor se calienta llega a establecer una temperatura de 80 grados.



Figura 85: Curva de temperatura del sensor ECT. Fuente: Autores.

Para la gráfica de la curva que representa las RPM como se observa en la Figura 86, la cual muestra la curva de revoluciones por minuto en este caso a 2000 RPM.



Figura 86: Curva respecto a las RPM. Fuente: Autores.

Como penúltimo se tiene la gráfica pertinente a la curva del sensor O2 la cual se aprecia en la Figura 87, conformada en el eje x el tiempo y en el eje y la amplitud, de que se enciende el motor este genera una mezcla rica de 1.2, conforme se estabiliza el motor genera una mezcla estequiometria de 1.



Figura 87: Curva del sensor O2. Fuente: Autores.

Por último se puede apreciar la Figura 88, que representa la curva de potencia y RPM del motor, con 45 kbts y a una potencia de 3700 que demuestra el rango de funcionamiento al que es sometido.



Figura 88: Curva de potencia con respecto a Rpm. Fuente: Autores.

8. COMPARACIÓN DE DATOS PARA LA VALIDACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DINAMOMÉTRICO.

Para una mejor validación del funcionamiento correcto del banco dinamométrico se realiza una comparación mediante un escáner Automotriz, el cual ayuda a verificar que los valores obtenidos sean los correctos, de igual manera se corroboran estos datos mediante la programación del software en LabVIEW® comparándolas con las proporcionadas pro al ECU Haltech Elite 2500.

Para poder verificar la factibilidad de la programación en el software LabVIEW® se debe comparar las variables de salida, mientras que las de entrada llegan a ser las mismas tanto para la ECU Haltech Elite 2500 como para el Software.

8.1. Valores obtenidos mediante la adquisición de datos de los sensores.

Los actuadores del banco y sensores tienen su respectiva alimentación y señal de voltaje para su funcionamiento, las cuales proporcionan las variables de entrada que se observa ver Tabla 19.

Fuente de alimentación de cada PIN	Variables de entrada	Función de cada PIN DAQ 6212
Salida de la DAQ 6212 / 5v	AI3 (PIN21)	Temperatura del sensor IAT
Salida de la DAQ 6212 / 5v	AI9 (PIN18)	Temperatura Entrada de Agua
Salida de la DAQ 6212 / 5v	AI8 (PIN16)	Temperatura Salida de Agua
Salida de la DAQ 6212 / 5v	AI6 (PIN29)	Temperatura del Escape
Salida de la DAQ 6212 / 5v	AI4 (PIN24)	Temperatura del sensor MAP
Salida de la DAQ 6212 / 5v	AI1 (PIN17)	Temperatura del sensor ECT

Tabla 18: Valores obtenidos mediante la adquisición de datos de los sensores.

Salida de la DAQ 6212 / 5v	AI0 (PIN15)	Posición del sensor TPS
Salida de la DAQ 6212 / 5v	AI5 (PIN26)	Torque del motor
Salida de la DAQ 6212 / 5v	AI7 (PIN31)	Temperatura del sensor de oxigeno O2
Salida de la DAQ 6212 / 5v	AI2 (PIN19)	Señal del sensor CKP(+)
Salida de la DAQ 6212 / 5v	AI10 (PIN20)	Señal del sensor CKP(-)

8.2. Comparación de los datos adquiridos a diferentes condiciones del motor.

Se procede a comparar los datos que proporciona el escáner automotriz ver Figura 89, como también del Software LabVIEW®, Ecu Haltech con el motor a varias condiciones de funcionamiento ver Tabla 20.



Figura 89: Datos proporcionados por el Escáner Automotriz. Fuente: Autores.

Mediante los siguientes datos se muestran con mayor exactitud el funcionamiento del motor, y a su vez saber cuál es el porcentaje de error que existe entre las Ecus y el software.

Sensores de estudio	Datos mostradas por el Escáner	Ecu Haltech	Software LabVIEW®	Error Ecu	Error Haltech
IAT	34.5	33.5	32.3	6.37	3.22
MAP	30	29	28	6.66	4.76
ECT	93	92.8	92.2	0.86	1.67
TPS	13	12.5	12	7.69	3.84
O2	0.84	0.86	0.85	1.19	1.1
RPM	938	945	940	0.21	0.5

Tabla 19: Comparación mediante el Software y las Ecus.

Se realiza la comparación del porcentaje (%) de error de la Ecu Hyundai con respecto al software LabVIEW®, mediante el cual se valida los datos, estos deben de ser menores al 10 % con lo cual la toma de datos es aceptable.

De igual forma se procede a la comparación del porcentaje (%) de error del Software LabVIEW® con respecto a la Ecu Haltech ESP 2.00.19 mediante el cual se valida los datos, estos deben de ser menores al 10 %.

Como se aprecia el porcentaje de error es menor al 10% por lo tanto los datos que ofrece la Ecu Hyundai Accent con respecto al Software son confiables.

8.3. Validación del funcionamiento del banco dinamométrico mediante tomas de potencia.

Para una mejor validación del funcionamiento del banco dinamométrico se procede a realizar una comparación mediante diferente régimen de giro del motor como; potencia, RPM, Temperatura de escape, Torque, O2.

Estos permiten saber con mayor exactitud las diferentes prestaciones que brinda el motor ver Tabla 21.

Rpm	Poten	cia (Cv)	Torqu	Torque (N.m)T. Escape (°C)Lambda (A		T. Escape (°C)		bda (λ)
	Toma	Toma	Toma	Toma	Toma	Toma	Toma	Toma 2
	1	2	1	2	1	2	1	
1500	21.5	20.5	16	10.5	163	164	0.92	0.99
2000	27	26.9	27	20.6	164	166	0.92	0.95
2500	33	33	36	33	165	168	0.92	0.89
3000	38	42	44	49.5	167	174	0.92	0.87
3500	45	46.6	54	59.6	171	173	0.92	0.87
4000	49.5	51.1	60	66.5	172	173	0.92	0.88
4400	50	51.6	59	61.9	173	173	0.88	0.87

Tabla 21: Pruebas mediante diferentes tomas de potencia.

8.4. ANOVA para muestra del Potencia.

Para la validación de los datos obtenidos se procede a realizar un ANOVA con la finalidad de demostrar la que los datos son fiables para este análisis se utiliza los valores de potencia ver Figura 90.



Figura 90: Validación de datos mediante ANOVA. Fuente: Autores.

En la figura 90 se aprecia que tanto la grafica de Residuo como la del Porcentaje, muestran que los catos tienden a seguir una tendencia de linea recta el cual demuestra la normalidad de los datos, ademas a esto la grafica del histograma nos permite observar una distribucion normal de los resultados.

De igual forma para la grafia del Valor Ajustado y como la del Residuo se aprecia que los puntos no se encuentran distribuidos de manera aleatoria según el Valor Ajustado por lo que es aceptable la varianza constante indicando que no existe relacion directa con la magnitud de pronostico.

Por ultimo en la grafica de Orden de observacion como la del Residuo muetran que los puntos no tienden ni siguen ningun patron, mejor aun se encuentran en forma aleatoria en torno a la linea de 0, de tal manera se garantiza la independecia de los residuos de manera que se asepta el supuesto de independencia de los resultados con el error de toma de muestra.

Para validar los valores de los resultados de la Toma 1 y la Toma 2, se procede a realizar un analisis de Comparacion por el metodo de Tukey, el cual evidecia que las medias de los valores son las mismas acercandoce a la linea de cero ver Figura 91.



Figura 91: Comparación de resultados por el método Tukey. Fuente: Autores.

En la Figura 92 se muestra las medias respecto a la potencia y la Toma 1 como la Toma 2, lo cual genera que los datos compartan un valor aproximado, ademas de esto mediante el analisis estadistico se observa que los resultados pertenecen a un mismo grupo.



Figura 92: Intervalo de medias de la potencia. Fuente: Autores.

9. MANUAL DE OPERACIÓN DEL BANCO DINAMOMÉTRICO ARMFIELD CM11.

Se describe a continuación el modo de uso del software para en banco Armfield CM11.

Requisitos:

- Computador con un procesador Core I3 como mínimo.
- Software LabVIEW (2015), con Toolkit NI-DAQ (2015).
- Software MATLAB (2015).

9.1. Procedimiento antes de iniciar el programa.

 Para poder iniciar el programa se debe abrir la carpeta llamada ARMFIELD CM11, en él se encontrara el archivo <u>nt.mat</u>, se procede a copiarlo ver Figura 93.



Figura 93: Carpeta que contiene el archivo nt.mat. Fuente: Autores.

2. Se debe abrir la pantalla de <u>mi PC</u> y buscar la unidad <u>C:</u> ver Figura 94.

🖈 Quick access	V Folders (6)				
a OneDrive	Desktop	Documents	Downloads	Music	Pictures
🛄 This PC					
📃 Desktop	Videos				
Documents	-				
👃 Downloads	V Devices and drives (3)				
👌 Music	Local Disk (C:)		JHONNY (E;)		
E Pictures	347 GB free of 471 GB	DVD RW Drive (D;)	275 GB free of 458 GB		
Videos	✓ Network locations (1)				
🏪 Local Disk (C:)					

Figura 94: Unidad disco duro C. Fuente: Autores.

3. Se procede a pegar el archivo <u>nt.mat</u> en la Unidad <u>C:</u> ver Figura 95.



Figura 95: Paso para guardar el archivo del nt.mat Unidad C. Fuente: Autores.

4. En el caso de que todo el procedimiento anterior se haya realizado con éxito se procede abrir el programa.

9.2. Procedimiento general para alimentar el banco.

 Alimentar el banco Armfield CM11 a tensión de 110 voltios, desbloquear el pulsante de corte y verificar que se ilumine el indicador de <u>POWER ON</u> ver Figura 96.



Figura 96: Pulsante para desbloqueo de corte de corriente. Fuente: Autores.

2. Alimentar el motor a 12 voltios de la batería, desbloquear el pulsante de corte ver Figura 97.



Figura 97: Pulsante para alimentación del motor. Fuente: Autores.

3. Abrir la carpeta <u>ARMFIELD CM11</u> ver Figura 98.



Figura 98: Carpeta Armfield Cm11. Fuente: Autores.

4. Seleccionar el archivo ejecutable <u>ARMFIELD CM11.exe</u>, y se procede a abrirlo ver Figura 99.



Figura 99: Archivo ejecutable Armfield Cm11.exe. Fuente: Autores.

BANCO ARMFIELD CM11.vi File Edit Operate Tools Window	Help					
Run ALARMA		NICIAR TOMA]	CONTROL PRINCIPAL	TORQUE-POTENCIA	GRAFICA DE SENS
Stop	RESET TABLA	RESE ferencia TPS	T GRAFICAS	SELECCION © ECU O HALTECH	Temp	Entrada Cisterna (° C, 14.2025
Revoluciones del Motor 2000 3000 1500 3500 - 1000 4000 - 500 4500	Subir RPM	80- 70- 60- 50- 40- 30- 20-	80- 70- 60- 50- 40- 30- 20-	ARRANQUE	TORQUE (Nm	
			10- 0- <		Temp. Amb	iente (° C)

5. Para correr el programa se selecciona la opción **Run** ver Fura 100.

Figura 100: Opción Run para función del programa. Fuente: Autores.

6. Ya en funcionamiento el programa se debe seleccionar con que computadora se trabajara, en el caso de seleccionar <u>ECU</u> esta permitirá trabajar con la computadora original del motor Hyundai ver Figura 101, 102, y se debe verificar que los cables de bujías de color negro se encuentren conectadas a las bobinas que comandara la <u>ECU</u>, caso contrario proceder a intercambiarlas.



Figura 101: Selección de Ecus mediante el programa. Fuente: Autores.


Figura 102: Conexión de Bobinas respecto a la Ecu seleccionada. Fuente: Autores.

7. En el caso de seleccionar <u>HALTECH</u> esta permitirá trabajar con la computadora reprogramable ELITE 2500 ver Figura 103, se debe verificar que los cables de bujías de color rojo se encuentren conectadas a las bobinas que comanda a la computadora <u>HALTECH</u>, caso contrario proceder a intercambiarlas.



Figura 103: Selección de bobinas para la Ecu Haltech. Fuente: Autores.

 Proceder hacer clic en el botón <u>SWITCH</u> el cual permitirá energizar a todos los sistemas para poder encender el motor ver Figura 104.



Figura 104: Selección de Switch para energizar sistema. Fuente: Autores.

9. Para arrancar el motor se debe estar seguros de que se haya activado el <u>SWITCH</u>, se procede hacer clic en el botón <u>ARRANQUE</u> con lo cual activara el motor de arranque por un periodo de tiempo de 1 segundo y el vehículo se encenderá ver Figura 105.



Figura 105: Acción del botón de Arranque. Fuente: Autores.

 Ya encendido el motor se pueden visualizar los datos de los sensores que posee el motor ver Figura 106.



Figura 106: Datos de los sensores del motor. Fuente: Autores.

11. Para controlar el ángulo de apertura de la mariposa el programa posee 2 botones los cuales permiten controlar las revoluciones del motor, también posee un control del freno electromagnético el cual permite incrementar el porcentaje de freno que se le desee aplicar al motor para la medición de torque y potencia que tiene el motor ver Figura 107.

Se puede visualizar al seleccionar la pestaña <u>TORQUE-POTENCIA</u> el par obtenido y la potencia que produjo el motor al variar las revoluciones del motor y el freno electromagnético.



Figura 107: Graficas respectivas a la curva de Torque y Potencia. Fuente: Autores.

12. Para guardar los datos se procede dar un nombre con el cual se guarden los datos, después se selecciona el botón <u>INICIAR TOMA</u> y se clic en el mismo, si los datos tomados son incorrectos se puede hacer clic en el botón <u>RESET TABLA</u> con lo cual se borran los datos que fueron tomados ver Figura 108, o se puede crear otro archivo con otro nombre primero y luego resetear la tabla para la nueva toma de datos.

			CONTROL PRINCIPAL	TORQUE-P	OTENCIA	GRAFICA DE S	ENSORES	TABLA DE D	DATOS							
ALARMA	PARAR TON			5IS_\DAQ_621	2\r_8.xls	>				<u>_</u>						
	RESET TABLA RI	ESET GRAFICAS			-											
No.																
	Referencia T	PS Lectura TPS	TABLA DE	DATOS DEL M	MOTOR											
Stop			Tiempo	s) Freno (%) TPS (%)	S. ECT (°C)	S. IAT (°C)	S. MAP (KPa)	Torque (N*m)	T. Escape (°C)	S. 02	Cist In (°C)	Cist Out (°C)	T. Amb (°C)	RPM	Poten A
	100-	100-	0.10	0.00	11.00	24.21	24.27	61.19	23.82	125.24	1.00	38.95	38.95	32.80	0.00	0.00
	90-	90-	0.20	0.00	11.00	24.19	24.27	61.18	23.82	125.18	1.00	30.93	38.93	32.77	0.00	0.00
	80-	80-	0.40	0.00	11.00	24.18	24.28	61.21	23.82	125.22	1.00	38.86	38.86	32.84	0.00	0.00
Paushusianas del Mater	Subir RPM		0.51	0.00	11.00	24.21	24.26	61.20	23.82	125.24	1.00	38.84	38.84	32.80	0.00	0.00
Revoluciones del Motor	- 70-	70-	0.61	0.00	11.00	24.19	24.27	61.18	23.82	125.16	1.00	38.91	38.91	32.78	0.00	0.00
	60-	60-	0.72	0.00	11.00	24.17	24.29	61.19	23.82	125.15	1.00	38.93	38.93	32.70	0.00	0.00
	50-	50-	0.85	0.00	11.00	24.18	24.29	61.23	23.82	125.23	1.00	38.90	38.90	32.79	0.00	0.00
2000 3000	Bajar RPM 50-	50-	0.95	0.00	11.00	24.21	24.27	61.21	23.82	125.24	1.00	38.87	38.87	32.79	0.00	0.00
1500 3500	40-	40-	0.13	0.00	11.00	24.21	24.26	61.17	23.82	125.09	1.00	38.96	38.96	32.81	0.00	0.00
- 1000 4000 -	30-	30-	0.15	0.00	11.00	24.19	24.27	61.21	23.82	125.03	1.00	39.02	39.02	32.71	0.00	0.00
500 4500			0.25	0.00	11.00	24.17	24.29	61.75	23.82	125.00	1.00	38.98	38.98	32.72	0.00	0.00
5000	20-	20-	0.40	0.00	11.00	24.13	24.20	61.23	23.82	125.10	1.00	38.04	38.04	32.01	0.00	0.00
	10-	10- 🖸	0.71	0.00	11.00	24.19	24.27	61.19	23.82	125.02	1.00	39.00	39.00	32.74	0.00	0.00
			0.87	0.00	11.00	24.17	24.29	61.21	23.82	125.08	1.00	38.91	38.91	32.69	0.00	0.00
	<u> </u>		1.05	0.00	11.00	24.19	24.28	61.25	23.82	125.17	1.00	38.80	38.80	32.80	0.00	0.00
	(A) 11		1.25	0.00	11.00	24.21	24.26	61.20	23.82	125.09	1.00	38.75	38.75	32.79	0.00	0.00
			1.44	0.00	11.00	24.19	24.27	61.18	23.82	125.00	1.00	38.90	38.90	32.77	0.00	0.00
			1.59	0.00	11.00	24.18	24.29	61.18	23.82	125.05	1.00	38.84	38.84	32.71	0.00	0.00
	FRENO ELECT	ROMAGNETICO	1.68	0.00	11.00	24.19	24.28	61.24	23.82	125.10	1.00	38.84	38.84	32.83	0.00	0.00
CONTROL AUTOMATICO			1./6	0.00	11.00	24.21	24.20	61.21	23.82	125.13	1.00	38.86	38.86	32.77	0.00	0.00
	100)- 1	1.85	0.00	11.00	24.20	24.27	61.18	23.82	125.02	1.00	38.92	38.92	32.78	0.00	0.00
	90)-	2.12	0.00	11.00	24.17	24.29	61.24	22.92	125.02	1.00	29.07	39.92	32.09	0.00	0.00
-			2.35	0.00	11.00	24.21	24.26	61.20	23.82	125.13	1.00	38.95	38.95	32.80	0.00	0.00
	ou	/-	2.58	0.00	11.00	24.19	24.27	61.17	23.82	125.02	1.00	39.02	39.02	32.79	0.00	0.00
	Subir Carga 70	0-	2.81	0.00	11.00	24.18	24.29	61.19	23.82	124.99	1.00	38.95	38.95	32.69	0.00	0.00
	60)-	3.07	0.00	11.00	24.18	24.28	61.22	23.82	125.09	1.00	38.96	38.96	32.83	0.00	0.00
			3.20	0.00	11.00	24.21	24.27	61.22	23.82	125.12	1.00	38.94	38.94	32.79	0.00	0.00
	50	0-	3.31	0.00	11.00	24.20	24.26	61.16	23.82	125.04	1.00	38.96	38.96	32.79	0.00	0.00
	Bajar Carga 40)-	3.61	0.00	11.00	24.18	24.28	61.21	23.82	125.01	1.00	38.88	38.88	32.68	0.00	0.00
			3.03	0.00	11.00	24.10	24.29	61.19	23.82	125.06	1.00	30.90	30.90	32.03	0.00	0.00
		,-	4.05	0.00	11.00	24.20	24.26	61.18	23.82	125.06	1.00	38.98	38.98	32.80	0.00	0.00
	20)-	4.47	0.00	11.00	24.18	24.29	61.21	23.82	125.03	1.00	38.91	38.91	32.66	0.00	0.00
	10)-	4.58	0.00	11.00	24.18	24.29	61.20	23.82	125.11	1.00	38.85	38.85	32.80	0.00	0.00
	10		4.60	0.00	11.00	24.21	24.27	61.22	23.82	125.14	1.00	38.79	38.79	32.81	0.00	0.00
	0	0-=0	4.72	0.00	11.00	24.20	24.26	61.18	23.82	125.08	1.00	38.90	38.90	32.79	0.00	0.00
			4.84	0.00	11.00	24.19	24.28	61.21	23.82	125.02	1.00	38.91	38.91	32.67	0.00	0.00 🔻
		10 1		_	_		_	_		_	_			_		•

Figura 108: Grafica para la visualización de los datos tomados. Fuente: Autores.

13. Para que el programa realice automáticamente el proceso de medición de potencia del motor se procede primero a seleccionar el botón <u>CONTROL</u> <u>AUTOMATICO</u> y luego al selccionar <u>INICIAR TOMA</u> ver Figura 109, el programa automaticamente procedera a controlar el motor, en el caso de que el usuario quiera controlar el motor manualmente se procede a deselecionar el boton de <u>CONTROL AUTOMATICO</u>.



Figura 109: Botón control automático para tomas automáticas. Fuente: Autores.

14. Para detener al motor se procede a hacer clic en el botón <u>SWITCH</u> con lo cual se desconectan todos los sistemas del motor, de esta manera se logra que el motor se detenga ver Figura 110.



Figura 110: Botón Switch para detención del motor. Fuente: Autores.

 Para finalizar el programa se hace clic en el botón <u>STOP</u>, antes de hacer esto se debe asegurar que el Indicador <u>SWITCH</u> se encuentre apagado ver Figura 111.



Figura 111: Final del programa mediante botón Stop. Fuente: Autores.

9.3. Instructivo por seguridad de equipo.

- Revisar el nivel de aceite del motor Hyundai Accent, remplazar si es necesario.
- Revisar que se encuentre con líquido refrigerante, caso contrario colocar.
- Revisar los soportes del Freno Electromagnético y sus respectivos graseros, si no cuentan con grasa colocar.
- Revisar que el caucho de amortiguación se encuentre dentro del acople que está unido al volante motor, de igual manera revisar que no exista deslizamiento en el eje, caso contrario asegurar.
- Se recomienda revisar cada una de las conexiones pertinentes al cableado de la Ecu Haltech como también de la Ecu Hyundai Accent.
- Revisar el tanque de combustible de gasolina este siempre por encima del nivel mínimo de combustible.

- Revisar el estado de: bujía, cables de bujías, terminales de conexión antes de cada prueba que se desee realizar en el Banco Dinamométrico.
- Antes de encender el motor revisar que la cisterna de agua se encuentre conectada.
- Además se recomienda que al momento de encender el motor, se espere el tiempo necesario para que este se encuentre dentro de la temperatura de funcionamiento está entre los 85 a 90 grados centígrados.

10. CONCLUSIONES

- El diseño, la implementación y la visualización de los resultados obtenidos por el software realizado, cumple con los parámetros iniciales dando solución al problema propuesto en el presente trabajo de titulación.
- El Software diseñado permite la obtención de bases de datos y curvas de: par, potencia, temperatura de escape, O2, MAP, ECT, IAT, RPM, las cuales pueden ser aplicados para diferentes investigaciones tanto para diagnostico como para eficiencia energética.
- La reinstalación de los sensores y la adecuación de cada uno de los elementos como: Haltech Elite 2500, DAQ 6212, Fuente de voltaje de 24 V, Celda de carga, permiten garantizar la adquisición y visualización de datos.
- El Software diseñado es de fácil aplicación gracias a la plataforma de programación grafica que ofrece el LabVIEW.
- Para generar la automatización del sistema se toman como variables de entrada el tiempo y las RPM, las cuales son procesadas a través de una red neuronal obteniéndose como resultado el porcentaje de apertura de la mariposa de aceleración y porcentaje de freno requerido para evaluar la potencia del motor.
- Para garantizar la precisión en la lectura y adquisición de datos desde los sensores hacia los diferentes módulos de control, se aplica una tarjeta de adquisición de datos NI USB DAQ 6212.
- Se concluye que la aplicación de un filtro pasa bajo es importante para la disminución del ruido y la visualización de la señal del sensor de torque.
- El análisis de datos y la creación de aproximaciones matemáticas aplicadas a las señales de los sensores se los realiza en el Software Matlab, el cual al trabajar de forma matricial permite adaptarse a los requerimientos del usuario.

- Al ser compatible el Software Matlab y LabVIEW permiten la aplicación de las redes neuronales de manera factible para el control del acelerador electrónico con un mínimo gasto computacional.
- Debido a la conmutación entre dos módulos de control del motor se utiliza un relé electromagnético de 4 conmutaciones y 14 pines el cual es controlado desde el Software y las salidas digitales de la tarjeta de adquisición de datos.

11. RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar un freno electromagnético de mayor potencia para lograr frenar al 100% el motor que se encuentra instalado en el banco.
- De igual manera se recomienda mejorar la ventilación, y colocar extractores de aire en el laboratorio por los gases emitidos por el motor.
- Es importante que para próximos proyectos se implemente un gabinete, para la ubicación de la computadora reprogramable Haltech Elite 2500.
- Se recomienda que para próximos proyectos e control del banco dinamométrico sea mediante conexión inalámbrica.
- Por último se recomienda que el banco dinamométrico cuente con su propio juego de herramientas básicas para su mantenimiento preventivo.

12. BIBLIOGRAFÍA

Tipos de metodos de investigacion. (09 de 2009). Obtenido de metodo-sistematico: http://tiposdemetodosdeinstigacion.blogspot.com/2012/09/metodosistematico.html

C. Armfield. (2017). Obtenido de http://armfieldonline.com/es

- NATIONAL INSTRUMENTS TM . (2017). Obtenido de http://www.ni.com/es-cr.html
- Omega. (2017). Obtenido de http://www.omega.com/pptst/LCEC.html.
- Amarilla, G. (s.f.). Obtenido de http://www.accudyno.com/ventajas-y-desventajasde-cada-tipo-de-dinamometro/
- Bermeo, A., & Salazar, J. (2013). DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN MODELO MATEMATICO PARA EL CALCULO DEL CICLO OTTO DEL MOTOR ARFIELD VOLKSWAGEN CM11-306". Cuenca: Repositorio UPS.
- Castillo Calderón, P. O. (Julio de 2013). Obtenido de https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4880

Castillo, J. (1999). Patente nº WO1999067616 A1. España.

- Cedillo, s. (Febrero de 2015). Obtenido de https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7817/1/UPS-CT004668.pdf
- Custodio, A. (05 de 08 de 2008). *Gestiopolis*. Obtenido de https://www.gestiopolis.com/metodos-y-tecnicas-de-investigacion-cientifica/
- Estuelectronic. (2012). *Como comenzar con Arduino* + *Labview*. Recuperado el 18 de mayo de 2017, de estuelectronic.wordpress.com: https://estuelectronic.wordpress.com/2012/08/06/
- Ferrer, J. (2010). Metodologia. Obtenido de Conceptos basicos de la metodologia de la investigacion: http://metodologia02.blogspot.com/p/metodos-de-lainventigacion.html

103

- Guioteca. (Jueves de Mayo de 2012). ¿De qué sirve el torque en los autos? Obtenido de https://www.guioteca.com/autos/%C2%BFde-que-sirve-el-torque-en-losautos/
- Haltech USA. (s.f). *Elite 2500*. Obtenido de Haltech Engine Management Systems: http://www.haltech.com/elite-2500/
- Iñaki, A. (4 de octubre de 2008). *Banco de Ensayo de Mtores*. Obtenido de Departamento de Ingeniería Técnica de la Universidad del País Vasco: http://www.ehu.eus/mmtde/bancomot.htm
- Martinez, G. (26 de 09 de 2012). *Tipos de metodos de instigacion*. Obtenido de http://tiposdemetodosdeinstigacion.blogspot.com/2012/09/metodo-sistematico.html
- Mathworks. (s.f.). *Mathworks*. Obtenido de Matlab: https://es.mathworks.com/products/matlab.html
- MetAs y Metrólogos Asociados. (2009). La Guía MetAs. Jalisco: MetAs S.A.
- Millán, J. (5 de julio de 2015). *Banco de Pruebas*. Obtenido de Universidad del País Vasco: http://www.sc.ehu.es/nmwmigaj/bancomot.htm
- Miñarro, J. R. (s.f.). *Newton*. Obtenido de La Energia: http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/potencia.htm?1&2
- National Instrument Corporation. (2014). ¿Por qué usar LabVIEW? Obtenido de National Instruments: https://www.ni.com/academic/why_labview/esa/
- Pizarro, C. . (Junio de 2017). Obtenido de http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14405/1/UPS-CT007079.pdf
- Rosa, J. L. (s.f.). *nereida* . Obtenido de http://nereida.deioc.ull.es/~pcgull/ihiu01/cdrom/matlab/contenido/node2.html
- Sandoval, E. d. (Marzo de 2013). Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0732_M.pdf
- Super Motor. (lunes de Julio de 2006). *Orange*. Obtenido de Super Motor: http://www.supermotor.com/revista/2006/07/267911.html

104

Tecner. (s.f.). Obtenido de http://www.tecner.com/PyS_FD_Electr_DescT.php#

- vanessa. (19 de 10 de 2009). *Metodo comparativo*. Obtenido de Fundamentos de la investigacion: http://vanessa2907.blogspot.es/1255918201/m-todo-comparativo/
- Vásquez, A. (2008). *METODO DEDUCTIVO Y METODO INDUCTIVO*. Obtenido de http://colbertgarcia.blogspot.com/2008/04/metodo-deductivo-y-metodoinductivo.html

13. ANEXOS



13.1. ANEXO 1 : Relé para comandar el Arranque.





13.3. ANEXO 3: Relé para comandar Ecu Haltech.

13.4. ANEXO 4: Referencia de la celda de carga.



SPECIFICATIONS

Excitation: 10 Vdc (15V maximum) Output: 3 mV/V nominal Calibration: NIST-traceable Linearity: ±0.03% full scale Hysteresis: ±0.02% full scale Repeatability: ±0.01% full scale Creep (after 20 min): ±0.03% Zero Balance: ±1% full scale Operating Temp Range: -55 to 90°C (-65 to 200°F) Compensated Temp Range: -15 to 65°C (0 to 150°F)

Thermal Effects: Zero: ±0.0015% rdg*F maximum Span: ±0.0008% full sade*Fmaximum Safe Overload: ±150% of capacity Ultimate Overload: ±300% of capacity Input Resistance: 350 Ω +50/-3.5 Ω Allowable Side Load at Rated Load: 50% rated capacity Protection Class: IP67

0.82 20.8 0.82 0.82 0.82 20.8 20.8 0.17 4.30 4.30 0.17 4.30 0.17 0.28 8 0.25 6.40 0.25 6.40 0.25 6.40 0.25 0.50 12.7 0.50 12.7 0.50 12.7 0.75 33.3 1.31 10 1.31 33.3 1.31 33.3 2.50 11 0.25 6.40 0.25 6.40 0.25 6.40 0.50 12 0.17 4.30 0.17 4.30 0.17 4.30 0.40 To Order COMPATIBLE METERS* CAPACITY MODEL NO.

0.11

2.80 0.11 2.80

0.09

2.30 0.10

63.5 3.25 82.6

12.7 0.50 12.7

10.2 0.40 10.2

20.8 1.36 34.5

7.10 0.41 10.3

6.40 0.38 9.70

19.1 1.00 2.50

25.4

50 lb	23 kgf	LCEC-50	DPiS, DP41-S, DP25B-S					
100 lb	45 kgf	LCEC-100	DPiS, DP41-S, DP25B-S					
250 lb	114 kgf	LCEC-250	DPiS, DP41-S, DP25B-S					
500 lb	227 kgf	LCEC-500	DPiS, DP41-S, DP25B-S					
1000 lb	455 kgf	LCEC-1K	DPiS, DP41-S, DP25B-S					
Visit us online for compatible meters. DPIS mater suitable for one direction								

measurement only. Ordering Examples: LCEC-250, 250 lb capacity load cell.

LCEC-1K, 1000 lb capacity bad cel.

F-78

0.11

6

2.80



13.5. ANEXO 5: Diagramas de la Ecu Haltech 2500.





13.7. ANEXO 7: DAQ NI 6212 terminales y entradas de pines.



