

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE MATRIZ CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

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

“OPTIMIZACIÓN EN LA TOMA DE MUESTRAS DE DISTINTAS  
VARIABLES DEL BANCO DINAMOMÉTRICO MARCA  
ARMPFIELD MODELO CM11”

AUTORES:

Ángel David Bermeo Romero  
Jorge Leonardo Salazar Siguenza

DIRECTOR:

Ing. Néstor Diego Rivera Campoverde

Cuenca, Marzo 2016

## DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIA

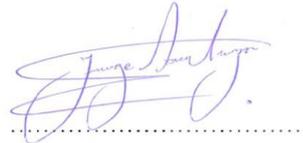
Nosotros, Ángel David Bermeo Romero y Jorge Leonardo Salazar Siguenza, declaramos que el trabajo presentado es de nuestra total autoría, realizado dentro de los Laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, con lo que afirmamos que el mismo no ha sido realizado previamente para fines de calificación profesional.

Y a la vez, por medio de la presente declaración, cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



Ángel David Bermeo Romero

C.I.: 0302144126

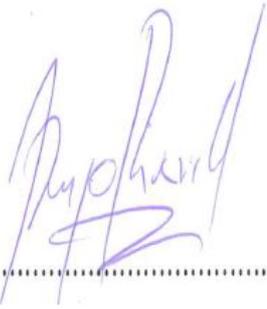


Jorge Leonardo Salazar Siguenza

C.I.: 0104545587

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente proyecto de tesis "*Optimización en la toma de muestras de distintas variables del banco dinamométrico marca Armfield modelo CM11*", realizado por los estudiantes: *Ángel David Bermeo Romero* y *Jorge Leonardo Salazar Siguenza*, fue dirigido por mi persona.



.....

**Ing. Néstor Diego Rivera Campoverde**

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTO**

En primera instancia agradezco a mis padres por ser mi pilar fundamental para la obtención de mi título de Ingeniero Mecánico Automotriz ya que el esfuerzo no ha sido solo mío sino de ellos también por el apoyo tanto afectivo, moral y económico brindado, agradezco sus enseñanzas para llegar a ser quien soy hoy en día, a mis hermanos y sobrina que son los que día a día me han dado ánimos para seguir adelante.

Agradezco a mi director de tesis Ing. Néstor Rivera, por el apoyo a lo largo del desarrollo de este proyecto de titulación, su ayuda ha sido clave para la culminación del mismo.

Al Ing. Wilmer Contreras por su apoyo y consejos desinteresados y de mucho saber.

Al Ing. Juan Valverde por los conocimientos que nos ha brindado.

Por ultimo agradezco a todas las personas que han sabido darme ánimos y ganas de ser grande y cumplir una nueva etapa en mi vida amistades verdaderas, a la virgen que ha sabido guiarme y mantenerme en pie para poder ser hoy un profesional dispuesto a surgir.

Ángel B.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por darme el honor de contar con la presencia de mi familia: mis padres y hermana, a quienes agradezco por su apoyo incondicional, tanto económico como moral. Gracias por nunca desistir en la lucha constante para conseguir este anhelado propósito, culminar mi carrera universitaria.

Al Ingeniero Néstor Rivera, director de nuestro proyecto de titulación, por confiar en nosotros el trabajo a realizar, por su amistad, por su ayuda, y por sus conocimientos aportados hacia nosotros.

A la Universidad Politécnica Salesiana por el apoyo económico para la realización de este proyecto de titulación.

Al Ingeniero Wilmer Contreras, por su apoyo y sus conocimientos brindados para esclarecer las dudas que se nos han presentado.

Al Ingeniero Juan Valverde por su colaboración durante la elaboración de nuestro proyecto de titulación.

Jorge S.

## **DEDICATORIA**

Este proyecto de grado va dedicado a mi familia, hermanos, personas que han estado en mi vida y han sido parte fundamental de mi crecer como persona y hoy como profesional, pero en especial a mis padres Ángel y Mariana, las palabras no bastan para agradecerles todo esto y no me queda más que decirles gracias papitos les quiero infinitamente.

Ángel D.

La culminación de mi carrera, se la dedico de todo corazón a mis padres y hermana, y a las personas que día a día estuvieron pendientes de mí, y preocupados porque no me faltara lo necesario para poder lograr esta meta que hace años atrás fue solo un sueño, que luego se cumplió en un largo camino que paso a paso y junto a ellos, pudimos todos lograrlo.

Jorge S.

## RESUMEN

En este proyecto de grado se presenta la optimización del Banco Dinamométrico Armfield CM11, el cual, mediante la aplicación de la Metodología Analítica, se observó la presencia de anomalías en la toma de datos de varias variables como: la temperatura de los gases de escape, la potencia del motor, régimen de giro del motor; así como también presentaba problemas en el control de la aceleración del mismo.

Por lo que se desarrolló un software para establecer la comunicación entre el banco y un ordenador PC (computadora de escritorio) mediante USB, con lo que se hace posible el monitoreo, control, y toma de datos de distintas variables del banco en cualquier estado de funcionamiento del motor.

El estudio del Estado del Arte está basado en proyectos de investigación anteriormente realizados en el banco, como: la caracterización de sensores y actuadores del banco, caracterización del efecto de mezclas de combustibles en la emanación de gases de escape, y el cálculo del ciclo termodinámico de motor; observando así la necesidad de la optimización del banco dinamométrico para garantizar futuras investigaciones.

El software está creado con la Plataforma Virtual Gráfica de LabVIEW y con la asistencia de una tarjeta de adquisición de datos (DAQ) NI MyRio, la cual recibe la información de los distintos sensores ubicados en el banco para enviarla al software en LabVIEW y poder ser procesados y mostrados en un lenguaje técnico, correspondiente a la nomenclatura de trabajo de cada sensor.

Se realizó el cambio de las termocuplas del refrigerante de ingreso y salida del intercambiador de calor, por sensores de temperatura, los cuales trabajan con la alimentación proporcionada por la NI MyRio y un circuito electrónico necesario.

Se efectuó también la sustitución de la ECU original del motor Volkswagen del banco, por un sistema reprogramable “Haltech Platinum Sport 1000” para facilitar el estudio en variación de mapas de inyección e ignición del sistema, lo cual permite conseguir el mejor rendimiento del motor.

En el cuerpo de aceleración se adaptó un servomotor, el cual es controlado con una señal digital proporcionada por la DAQ NI MyRio, para lo cual, previamente se diseñó en LabVIEW un circuito electrónico capaz de controlar la apertura y cierre de la mariposa del cuerpo de aceleración mediante la ejecución un potenciómetro virtual incorporado en LabVIEW.

Luego se procede a realizar la obtención de mediciones y comprobaciones de la toma de datos, comparando los mismos entre el software creado con LabVIEW, y los obtenidos mediante el software ECU Manager 1.13 del sistema reprogramable Haltech

Platinum Sport 1000 para validar el funcionamiento del banco dinamométrico, mediante la aplicación de la metodología experimental.

Finalmente, el proyecto concluye con la elaboración de un manual de operación y diagrama eléctrico para el diagnóstico del banco.

***Palabras claves:*** Banco Dinamométrico, Celda de Carga, Haltech Platinum Sport 1000, LabVIEW, NI myRio.

## ABSTRACT

In this graduation project optimization Dynamometer Armfield CM11, which, by the application of Analytical Methodology, the presence of anomalies was observed in data collection of several variables as presented: the temperature of the gas exhaust, engine power, engine speed of the engine; and also it presented problems in the acceleration control thereof.

So a software was developed to establish communication between the bank and a computer PC (desktop) via USB, which is made possible monitoring, control, and data collection from different variables of the bank in any state engine operation.

The study of the state of the art is based on research projects previously carried out in the bank, such as the characterization of sensors and actuators bank, characterization of the effect of fuel blends on the emission of exhaust gases, and the calculation of the thermodynamic cycle motor; and noting the need for optimizing the chassis dynamometer to ensure future research.

The software is created with the Graphic Virtual LabVIEW Platform and with the assistance of a card data acquisition (DAQ) NI Myrio, which receives information from various sensors located on the bank to send the software in LabVIEW and to be processed and displayed in a technical language, according to the nomenclature of work of each sensor.

Thermocouples changing the coolant entrance and exit of the heat exchanger was performed by temperature sensors, which work with power from the NI Myrio and electronic circuit required.

It is replacing the original engine ECU Volkswagen Bank, by a reprogrammable system "Haltech Platinum Sport 1000" was also made to facilitate the study of variation maps for injection and ignition system, which allows the best engine performance.

In the throttle body a servomotor, which is controlled by a digital signal provided by the DAQ NI Myrio, for which, previously designed in LabVIEW an electronic circuit capable of controlling the opening and closing of the throttle body adapted acceleration by running a virtual potentiometer built into LabVIEW.

Then he proceeds to obtain measurements and checks data collection, comparing them between the software created with LabVIEW and those obtained by the ECU Manager 1.13 software reprogrammable system Haltech Platinum Sport 1000 to validate the operation of the chassis dynamometer, by applying the experimental methodology.

Finally, the project concludes with the preparation of a manual operation and electrical diagram for the diagnosis of the bank.

**Keywords:** *Dynamometer, Load Cell, Haltech Platinum Sport 1000, LabVIEW, NI Myrio.*

## ÍNDICE GENERAL

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2. PROBLEMA.....</b>   | <b>2</b>  |
| 2.1. Antecedentes.....  | 2         |
| 2.2. Importancia y Alcances.....  | 3         |
| 2.3. Delimitación .....   | 3         |
| <b>3. OBJETIVOS .....</b>   | <b>4</b>  |
| 3.1. General.....   | 4         |
| 3.2. Específicos .....  | 4         |
| <b>4. REVISIÓN DE LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS O ESTADO DEL ARTE</b>         | <b>5</b>  |
| 4.1. Banco Dinamométrico para Motores de Combustión .....                         | 6         |
| 4.2. Clasificación de los Bancos Dinamométricos .....                             | 6         |
| 4.2.1 Según el lugar de medición de potencia y torque .....                       | 6         |
| 4.2.2 Según el principio de medición de potencia y torque .....                   | 8         |
| 4.3. Software de programación LabVIEW.....  | 9         |
| 4.4. Tarjeta de adquisición de datos DAQ NI MyRio .....                           | 9         |
| 4.5. Metodología Analítica .....  | 12        |
| 4.6. Método Experimental .....  | 13        |
| 4.6.1. Definiciones a considerar en la metodología experimental.....              | 13        |
| <b>5. MARCO METODOLÓGICO .....</b>  | <b>15</b> |
| <b>5.1. ESTADO GENERAL DEL BANCO DINAMOMÉTRICO ARMFIELD VOLKSWAGEN</b>            |           |
| <b>CM11 15</b>  |           |
| 5.1.1. Descripción y características .....  | 15        |
| 5.1.2. Especificaciones Técnicas .....  | 15        |
| 5.1.3. Componentes del Banco.....   | 17        |
| 5.1.4. Toma de muestras del Banco Dinamométrico mediante ArmSoft .....            | 18        |
| 5.1.5. Toma de muestras del Banco Dinamométrico mediante Scanner Automotriz ..... | 19        |
| <b>5.2. DESARROLLO DEL MÓDULO VIRTUAL Y PROGRAMACIÓN DEL SOFTWARE DE</b>          |           |
| <b>MONITOREO Y CONTROL.....</b>   | <b>20</b> |
| 5.2.1. Acoplamiento de la Celda de Carga y amplificador de señal .....            | 20        |
| 5.2.2. Calibración de la celda de carga y su respectivo amplificador .....        | 21        |
| 5.2.3. Programación.....  | 24        |
| 5.2.3.1. Crear de un nuevo VI.....  | 25        |
| 5.2.3.2. Obtención de señales .....   | 26        |
| 5.2.3.3. Conversión voltaje – temperatura del sensor ECT / IAT .....              | 28        |
| 5.2.3.4. Adquisición de datos .....   | 29        |
| 5.2.3.5. Procesamiento de señales .....   | 31        |
| 5.2.3.6. Obtención de señal de RPM (sensor CKP) .....                             | 37        |
| 5.2.3.7. Control de la mariposa del cuerpo de aceleración.....                    | 40        |

|             |  |           |
|-------------|--|-----------|
| 5.2.3.8.    | Muestra de datos procesados.....   | 41        |
| 5.2.3.9.    | Tabla de datos .....   | 44        |
| 5.2.3.10.   | Escritura y control de datos .....   | 45        |
| <b>5.3.</b> | <b>AMPLIACIÓN EN EL ALCANCE DE TOMA DE MUESTRAS DEL BANCO</b>                                  |           |
|             | <b>DINAMOMÉTRICO ARMFIELD CM11.....</b>  | <b>49</b> |
| 5.3.1.      | Modulo electrónico (ECU) original del banco .....  | 49        |
| 5.3.2.      | Implementación del Sistema Reprogramable Haltech Platinum Sport 100 .....                      | 51        |
| 5.3.3.      | Características Del Sistema Haltech Platinum Sport 1000 .....                                  | 51        |
| 5.3.4.      | Conexiones eléctricas del Banco Dinamométrico Armfield Volkswagen CM11 .....                   | 52        |
| 5.3.5.      | Conexión del arnés del sistema Haltech a sensores y actuadores del banco<br>dinamométrico..... | 52        |
| 5.3.6.      | Programación del Sistema Haltech Platinum Sport 1000.....                                      | 56        |
| 5.3.6.1.    | Configuración Base.....  | 58        |
| a)          | Principal.....   | 59        |
| b)          | Sincronización .....   | 60        |
| c)          | Inyección .....  | 61        |
| d)          | Avance.....  | 62        |
| 5.3.6.2.    | Configuración Avanzada .....   | 63        |
| a)          | Principal.....   | 63        |
| b)          | Limitador RPM .....  | 65        |
| c)          | Aceleración Transitoria .....  | 66        |
| 5.3.6.3.    | Configuración Outputs.....   | 67        |
| a)          | Principal.....   | 67        |
| <b>5.4.</b> | <b>PRUEBAS REALIZADAS EN BASE A DIFERENTES CONDICIONES DE</b>                                  |           |
|             | <b>FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR, PARA LA VALIDACIÓN DEL BANCO DINAMOMÉTRICO</b>                    |           |
|             | <b>69</b>  |           |
| 5.4.1.      | Obtención de medidas mediante software del Sistema Haltech .....                               | 69        |
| 5.4.1.1.    | Motor apagado.....   | 69        |
| 5.4.1.2.    | Valores obtenidos con el motor a ralentí.....  | 70        |
| 5.4.1.3.    | Valores obtenidos con el motor a 2000 rpm .....  | 71        |
| 5.4.1.4.    | Valores obtenidos con el motor a 4000 rpm .....  | 72        |
| <b>5.5.</b> | <b>VALIDACIÓN DE LOS VALORES OBTENIDOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA</b>                        |           |
|             | <b>METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....</b>   | <b>73</b> |
| 5.5.1.      | Variables de entrada .....   | 73        |
| 5.5.2.      | Variables de salida .....  | 73        |
| 5.5.3.      | Factores no controlables .....   | 74        |
| 5.5.4.      | Factores estudiados.....   | 74        |
| 5.5.5.      | Niveles y tratamientos.....  | 75        |
| •           | Conversión de variación de voltaje a variación de temperatura .....                            | 75        |
| •           | Interpolación para termistores y sensor ECT del bloque motor .....                             | 75        |
| •           | Amplificador del voltaje de la celda de torque.....  | 75        |
| •           | Amplificador del voltaje del sensor termocupla.....  | 76        |
| 5.5.6.      | Error aleatorio.....   | 76        |
| 5.5.7.      | Error experimental.....  | 76        |
| •           | Error absoluto ( <i>ea</i> ) .....   | 76        |
| •           | Error Relativo ( <i>er</i> ): .....  | 77        |
| •           | Error porcentual ( <i>e%</i> ): .....  | 77        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>6. CONCLUSIONES .....</b>   | <b>78</b>  |
| <b>7. RECOMENDACIONES .....</b>  | <b>79</b>  |
| <b>9. ANEXOS .....</b>   | <b>81</b>  |
| • <b>Anexo A1: Diagramas de DAQ NI MyRio.....</b>  | <b>81</b>  |
| • <b>Anexo A2: Diagramas de ECU Haltech Platinum Sport 1000 .....</b>                              | <b>83</b>  |
| • <b>Anexo A3: Diagramas de la celda de carga .....</b>  | <b>87</b>  |
| • <b>Anexo A4: Diagramas del Amplificador de Celda de Carga .....</b>                              | <b>88</b>  |
| • <b>Anexo A5: Diagramas del Amplificador De Termocupla .....</b>                                  | <b>89</b>  |
| • <b>Anexo A6: Mapa de inyección de combustible .....</b>  | <b>91</b>  |
| • <b>Anexo A7: Instalación de Software LabVIEW .....</b>   | <b>92</b>  |
| ○ <b>Anexo A7.1: Iniciando Entorno LabVIEW.....</b>  | <b>97</b>  |
| ○ <b>Anexo A7.2: Modern.....</b>   | <b>101</b> |
| ○ <b>Anexo A7.3 System, Classic, y Silver .....</b>  | <b>105</b> |
| 1. <b>Express .....</b>  | <b>106</b> |
| 2. <b>Programming .....</b>  | <b>107</b> |
| 3. <b>Numeric.....</b>   | <b>112</b> |
| 4. <b>Express .....</b>  | <b>112</b> |
| 5. <b>myRio .....</b>  | <b>113</b> |
| • <b>Anexo A8: Adaptación del cuerpo de aceleración y el servo motor .....</b>                     | <b>115</b> |
| ○ <b>Adaptación del cuerpo de aceleración .....</b>  | <b>115</b> |
| ○ <b>Adaptación del servo motor al cuerpo de aceleración.....</b>                                  | <b>116</b> |
| ○ <b>Diagrama eléctrico del servo motor .....</b>  | <b>116</b> |
| • <b>Anexo A9: Circuito de alimentación para los sensores ECT del intercambiador de calor.....</b> | <b>118</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Fig. 1: Banco dinamométrico de chasis .....   | 7  |
| Fig. 2: Banco dinamométrico acoplado al eje .....                                     | 8  |
| Fig. 3: NI myRio 1900 .....   | 10 |
| Fig. 4: Especificaciones NI myRio .....   | 10 |
| Fig. 5: Entradas analógicas NI myRio .....  | 11 |
| Fig. 6: Entradas analógicas NI myRio .....  | 11 |
| Fig. 7: Salidas analógicas NI myRio .....   | 12 |
| Fig. 8: Salidas analógicas NI myRio .....   | 12 |
| Fig. 9: Componentes del banco dinamométrico .....                                     | 18 |
| Fig. 10: Datos obtenidos mediante ArmSoft .....                                       | 19 |
| Fig. 11: Celda de carga original en mal estado .....                                  | 20 |
| Fig. 12: Sujeción de celda de carga .....   | 21 |
| Fig. 13: Fuente de alimentación para celda y amplificador .....                       | 22 |
| Fig. 14: Diagrama de pines de conexión del amplificador .....                         | 22 |
| Fig. 15: Pesas acopladas a la celda de carga .....                                    | 23 |
| Fig. 16: NI myRio y amplificador de la celda de carga .....                           | 24 |
| Fig. 17: DAQ 600 .....  | 25 |
| Fig. 18: Memoria interna de NI myRio .....  | 25 |
| Fig. 19: Crear nuevo VI .....   | 26 |
| Fig. 20: Bloque de programación para adquisición de datos .....                       | 27 |
| Fig. 21: Canales para adquisición de datos .....                                      | 27 |
| Fig. 22: Variación de voltaje y resistencia del ECT en relación a la temperatura .... | 28 |
| Fig. 23: Bloque Tab Control para adquisición de datos .....                           | 29 |
| Fig. 24: Ventana multiuso para programación .....                                     | 30 |
| Fig. 25: Adición de tablas .....  | 30 |
| Fig. 26: Ventana principal de control .....   | 31 |
| Fig. 27: División de la programación por bloques .....                                | 31 |
| Fig. 28: Crear SubVI .....  | 32 |
| Fig. 29: Interpolación para sensor ECT .....  | 32 |
| Fig. 30: Interpolación para sensor IAT .....  | 33 |
| Fig. 31: Bloque para crear nuevo SubVI .....  | 34 |
| Fig. 32: Bloque "Inter Tool" .....  | 34 |
| Fig. 33: Información / Ayuda de LabVIEW .....   | 35 |
| Fig. 34: Bloque de interpolaciones .....  | 35 |
| Fig. 35: Ventana con las gráficas de todas las variables a medir .....                | 36 |
| Fig. 36: Bloques para crear Timed Loop .....  | 37 |
| Fig. 37: Selección de tiempo y frecuencia de Timed Loop .....                         | 37 |
| Fig. 38: Obtención del ícono Encoder para el conteo de las RPM .....                  | 38 |
| Fig. 39: Configuración del Encocder .....   | 38 |
| Fig. 40: Encoder programado .....   | 39 |
| Fig. 41: Obtención del filtro pasa bajo .....   | 40 |
| Fig. 42: Programación para obtención de PWM .....                                     | 40 |

|  |    |
|--|----|
| Fig. 43: Ventana de gráfica de sensores.....                         | 41 |
| Fig. 44: Ventana de gráfica de Torque.....                           | 41 |
| Fig. 45: Ventana de gráfica de Potencia.....                         | 42 |
| Fig. 46: Programación para mostrar las gráficas.....                 | 42 |
| Fig. 47: Creación de una variable local.....                         | 43 |
| Fig. 48: Crear gráficas de dos variables.....                        | 43 |
| Fig. 49: Tabla para impresión de datos.....                          | 44 |
| Fig. 50: Programación para la ventana de gráfica.....                | 45 |
| Fig. 51: Programación del Duty Cycle para controlar el PWM.....      | 46 |
| Fig. 52: servo motor del cuerpo de aceleración.....                  | 47 |
| Fig. 53: Señal de 0v a 5v, para control de freno dinamométrico.....  | 47 |
| Fig. 54:Freno dinamométrico y su respectivo eje de acoplamiento..... | 48 |
| Fig. 55: Datos obtenidos con el scanner automotriz.....              | 50 |
| Fig. 56: Inmovilizador Volkswagen.....                               | 50 |
| Fig. 57: ECU y conexiones originales del banco.....                  | 53 |
| Fig. 58: Arnés eléctrico de Haltech.....                             | 53 |
| Fig. 59: Reemplazo del arnés y la ECU original.....                  | 54 |
| Fig. 60: conexión de sensores y actuadores del motor.....            | 54 |
| Fig. 61: Grupo de relé de la ECU Haltech.....                        | 55 |
| Fig. 62: Calibrador de Lambda.....                                   | 55 |
| Fig. 63: Grupo de Fusibles Haltech.....                              | 56 |
| Fig. 64: Ícono de software de Haltech.....                           | 57 |
| Fig. 65: Pantalla de inicio Haltech.....                             | 57 |
| Fig. 66: Entrar a Programación Base.....                             | 58 |
| Fig. 67: Configuración principal.....                                | 60 |
| Fig. 68: Configuración de la Sincronización.....                     | 61 |
| Fig. 69: Configuración de la Inyección.....                          | 62 |
| Fig. 70: Configuración del Avance.....                               | 63 |
| Fig. 71: Configuración Avanzada Principal.....                       | 65 |
| Fig. 72: Configuración del Limitador de RPM.....                     | 66 |
| Fig. 73: Configuración de Aceleración Transitoria.....               | 67 |
| Fig. 74: Selección del Tacómetro.....                                | 68 |
| Fig. 75: Configuración del Duty Cycle.....                           | 68 |
| Fig. 76: Datos obtenidos de la ECU Haltech a 0 rpm.....              | 69 |
| Fig. 77: Datos obtenidos de la ECU Haltech a ralentí.....            | 70 |
| Fig. 78: Datos obtenidos de la ECU Haltech a 2000 rpm.....           | 71 |
| Fig. 79: Datos obtenidos de la ECU Haltech a 4000 rpm.....           | 72 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1: Especificaciones Técnicas Banco Armfield CM11.....                              | 16 |
| Tabla 2: Comparación de Muestras entre ArmSoft y Scanner Automotriz.....                 | 19 |
| Tabla 3: Pines y Señales de Lectura y Escritura para myRio.....                          | 26 |
| Tabla 4: Parámetros del Sensor ECT que varían en función a la temperatura del mismo..... | 33 |

|   |    |
|---|----|
| Tabla 5: Relación voltaje - apertura de la mariposa.....                | 40 |
| Tabla 6: Pruebas de funcionamiento del sensor CKP .....                 | 49 |
| Tabla 7: Características del Sistema Reprogramable.....                 | 51 |
| Tabla 8: Diagrama de pines de la regleta eléctrica Armfield.....        | 52 |
| Tabla 9: Identificación de pines para los nuevos equipos.....           | 52 |
| Tabla 10: Características del motor.....                                | 56 |
| Tabla 11: Datos obtenidos el con motor apagado .....                    | 69 |
| Tabla 12: Datos obtenidos con el motor a ralentí .....                  | 70 |
| Tabla 13: Datos obtenidos con el motor a 2000 rpm .....                 | 71 |
| Tabla 14: Datos obtenidos con el motor a 4000 rpm .....                 | 72 |
| Tabla 15: Datos de las variables de entrada .....                       | 73 |
| Tabla 16: Variables de respuesta del banco con el motor a 4000 rpm..... | 74 |
| Tabla 17: Interpretación de los factores estudiados .....               | 75 |
| Tabla 18: Cálculo del error absoluto en la medición a 4000 rpm .....    | 77 |
| Tabla 19: Cálculo del error relativo en la medición.....                | 77 |
| Tabla 20: Cálculo del error porcentual en la medición .....             | 78 |

## 1. INTRODUCCIÓN

El origen del banco dinamométrico aparece de la necesidad de ponderar la potencia que una máquina sería capaz de proporcionar, buscando tener maneras más sencillas para medir la potencia. El principio se basaba en poder disipar de manera controlada la potencia del motor entregada hacia un cuantificador.

Con el tiempo estos cuantificadores han mejorado en su principio de funcionamiento, haciendo uso de factores auxiliares que intervienen en la disipación de la potencia, como es el caso de los sensores acoplados en los bancos, los cuales son capaces de medir la torque y potencia entregados por un motor mediante celdas de carga para medición de torque.

La implementación de los bancos dinamométricos ha permitido ejecutar el análisis de la eficiencia del motor en base a su torque y potencia que entrega, monitoreando su estado real de funcionamiento, para así saber en qué momento es que el motor llega a su mayor rendimiento, mientras se tiene datos reales de los demás componentes del motor para verificar así que los mismos no sufran desgastes o daños.

Es por esto que para poder realizar futuras investigaciones en el área de Ingeniería Mecánica Automotriz, resulta necesario ampliar la capacidad en los bancos de los laboratorios de investigación, por lo que se requieren automatizar los procesos para la investigación en el diagnóstico y toma de datos, los cuales permiten reducir los errores por parte del experimentador en el desarrollo de los mismos.

Viendo así la necesidad de contar con un banco eficiente y confiable sobre el cual realizar distintos análisis del motor, el mismo que aproveche herramientas como: software de control, tarjetas de adquisición de datos, y plataformas virtuales de programación para monitorear y controlar el funcionamiento del motor a combustión.

Al hacer uso de las DAQs podemos realizar trabajos de simuladores electrónicos, osciloscopios, y escaneo mediante la adquisición de datos de los sensores ensamblados en el motor, con total eficiencia y fiabilidad, así como también es posible el control de actuadores como el servomotor de la mariposa de aceleración y el freno dinamométrico del banco.

Por otro lado, un banco dinamométrico no sería completamente óptimo si no es posible en el mismo realizar análisis y correcciones de los principales sistemas para el correcto funcionamiento de un motor a combustión, como son: los mapas de ignición e

inyección de combustible, ya que de ellos depende en mayor parte el aumento de potencia en un motor sin tener que realizar grandes reajustes mecánicos en el mismo.

Razón por la cual se hace uso de un nuevo módulo electrónico de control reprogramable, el cual facilita el análisis completo de la variación de la potencia en función a los reajustes de los mapas de ignición e inyección de combustible.

## **2. PROBLEMA**

### **2.1. Antecedentes**

En el laboratorio de la Carrera De Ingeniería Automotriz (CIMA) de la Universidad Politécnica Salesiana, se dispone del Banco Dinamométrico marca Armfield modelo Volkswagen CM11, con el que se han realizado varias pruebas para investigación en el proceso de funcionamiento del motor. En el cual se ve necesario incrementar la capacidad operativa para poder realizar nuevos análisis que al momento no es posible en la ejecución del banco.

Dado que hoy en día, en el diagnóstico de un motor a combustión interna, es importante el tiempo real de funcionamiento y la eficiencia del mismo, se ha formado grupos y centros de investigación como el grupo “GIIT UPS” de la Carrera de Ingeniería Automotriz en la Universidad Politécnica Salesiana, y el Centro “CMT Motores Térmicos” de la Universidad Politécnica De Valencia, dedicados al análisis del funcionamiento de un motor a tiempo real. Permitiendo así analizar de forma precisa el estado de cada uno de los elementos de los distintos sistemas que comprenden un motor a combustión interna moderno, posibilitando obtener mediciones de variables como: par, consumo de combustible, temperaturas de funcionamiento, entre otras.

Sin embargo, el banco dinamométrico modelo Armfield CM11 ha venido presentado anomalías en la obtención de datos en cuanto al funcionamiento del motor de combustión Volkswagen, debido a fatiga de sus componentes electrónicos causados por la vibración del banco en funcionamiento, que ha provocado el deterioro del sistema que monitorea y controla el funcionamiento del banco.

Esta fatiga ha hecho que se pierda la calibración de componentes como: los potenciómetros para los amplificadores de la señal receptada desde las termocuplas, causando una medición errada; el registro de la velocidad del motor, que nos indica un número errado de la cantidad de revoluciones; la señal del sensor del torque; el control de la mariposa del cuerpo de aceleración electrónico; entre otros.

## **2.2. Importancia y Alcances**

Los problemas presentados en el funcionamiento del banco dinamométrico Armfield CM11, afectan directamente al grupo (GIIT UPS), debido a que no se es posible realizar las investigaciones en el funcionamiento real de motores a combustión interna “Otto”, ya que los datos mostrados en el software y proporcionados por el banco, no son fiables.

Esto a su vez afecta al personal estudiantil, ya que no puede formarse de acuerdo al avance de las tecnologías referentes al rendimiento del motor, como es: los distintos tipos de combustibles y lubricantes con sus respectivos aditivos; la variación en los mapas de inyección de combustible, el control de los tiempos de ignición; los efectos que se producen al realizar cambios de ángulos de avance de encendido; entre otros; desconociendo el verdadero efecto que tienen los mismos sobre el funcionamiento del motor.

La meta a alcanzar con el desarrollo de este proyecto, es conseguir el funcionamiento del banco dinamométrico Armfield CM11 en su totalidad, es decir, que en el mismo, sea posible realizar el monitoreo a tiempo real de los distintos sistemas auxiliares que contiene el motor de combustión interna Volkswagen a través de sus sensores incorporados, así como también el control del funcionamiento del mismo.

Conjuntamente con el correcto funcionamiento del banco, se proyecta diseñar un software de comunicación, el cual nos proporcione valores fiables sobre cada uno de los parámetros a investigar, permitiendo así al grupo GIIT emprender nuevos proyectos de investigación que realcen el nombre de la institución.

## **2.3. Delimitación**

En cuanto a la programación del software de control y monitoreo, nuestro proyecto culmina en la optimización y empleo de nuevo hardware (DAQs y NI myRio) y la implementación del software creado en LabVIEW conjuntamente con NI myRio para la correcta lectura de datos entregados por los sensores del motor del banco Armfield CM11; y en la implementación de la ECU reprogramable Haltech Platinum Sport 1000 con su respectivo cableado, que logrará optimizar el funcionamiento y rendimiento del motor.

En lo que se refiere a los trabajos físicos realizados en el banco, el proyecto finaliza con la instalación de un servomotor en el cuerpo de aceleración, el cual responda a una señal digital proporcionada por la DAQ NI myRio, y la instalación de los equipos

electrónicos como: DAQ NI MyRio, sensor de torque, amplificador para sensor de torque, y amplificador para termocupla del tubo de escape.

Y como punto final, el proyecto concluye en la elaboración de un manual de operación y diagramas eléctricos para el diagnóstico del Banco Dinamométrico Armfield Volkswagen CM11 y sus componentes.

Este proyecto se realizó en el periodo de 4 meses y 3 semanas, con fecha de inicio de 28 de Octubre de 2015 y finalización de 18 de Marzo de 2016, y se lo realizo en las Instalaciones de la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, en el laboratorio del Banco Dinamométrico.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. General**

- Optimizar el funcionamiento y toma de muestras del Banco Dinamométrico marca Armfield, modelo CM11.

#### **3.2. Específicos**

**3.2.1.** Analizar el estado general actual del Banco, para realizar la comparación entre lecturas de sensores del motor (Scanner), versus los valores proporcionados por el software del banco.

**3.2.2.** Desarrollar un módulo virtual y programar el software en base a los parámetros obtenidos, con el fin de adquirir datos fiables.

**3.2.3.** Ampliar el alcance de las pruebas dentro del software del banco, como son las curvas y datos de torque y potencia de manera automática, entre otras variables.

**3.2.4.** Realizar pruebas en base a diferentes condiciones de funcionamiento del motor, para la validación del funcionamiento del banco.

**3.2.5.** Validar los datos obtenidos.

**3.2.6.** Generar una guía de procedimiento para el usuario.

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

En la actualidad, la repotenciación de motores de combustión, no solo se centra en el aumento del tamaño de los mismos, ni se refiere solo para la aplicación en el deporte tuerca como generalmente lo interpretamos.

Hoy en día, la mejora del rendimiento de un motor, está relacionada con la eficiencia termodinámica, evitando afectar en lo necesario la parte mecánica del mismo, logrando así obtener motores pequeños con un tolerable consumo de combustible pero con una considerable entrega de potencia.

Siendo éstas, unas de las principales razones por las cuales, es de vital importancia contar con un banco dinamométrico en todo laboratorio automotriz, principalmente si dicho laboratorio se dedica a la investigación para la mejora en el rendimiento de motores.

Por otra parte, la importancia de optimizar el Banco Dinamométrico del taller de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, se respalda en que ya se han venido realizado estudios sobre el estado real del funcionamiento de un motor a combustión, donde es indispensable contar con las mediciones de variables como torque, temperaturas, presión de aire, entre otras.

En proyectos de investigación realizados en el Banco Dinamométrico de la UPS, encontramos que 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 del ciclo Otto, las temperaturas en cada fase de los ciclos, y los valores de potencia y torque a tiempo real de funcionamiento [1].

Otro proyecto investigativo en el cual se hace uso de las mismas variables para el avance del mismo, es la caracterización de Los Efectos De La Mezcla Gasolina-Etanol En El Motor Volkswagen, en el cual se logra obtener un combustible híbrido resultado de la mezcla Gasolina-Etanol, con lo cual se reduce los porcentajes en los gases contaminantes que evacúa el motor [2].

Observamos entonces que se aprovechan las virtudes de las que dispone un banco dinamométrico para toda correcta medición de su potencia, torque, temperaturas y gases de escape.

Notando en los dos proyectos que es indispensable el uso de un banco dinamométrico, y más importante aún, que el mismo este a la altura de las necesidades presentes en las investigaciones futuras, justificando así el desarrollo de la optimización del Banco Dinamométrico Armfield CM11.

#### **4.1. Banco Dinamométrico para Motores de Combustión**

Un Banco Dinamométrico es un equipo que nos posibilita realizar una variedad de mediciones en los motores de los vehículos, con el fin de valorar su óptimo funcionamiento bajo cualquier parámetro de funcionamiento [3].

Son generalmente utilizados por laboratorios dedicados al trabajo por conseguir el aumento en la performance de los motores para vehículos de competencia, para verificar el correcto desempeño del mismo antes de probarlo en competencias válidas.

Sin embargo, en la actualidad, los bancos dinamométricos son utilizados por grupos de investigación como el Grupo De Investigación De Ingeniería Y Transporte “GIIT” de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, siendo una herramienta esencial para el análisis fiable del funcionamiento real del motor en cualquier condición de funcionamiento, permitiendo así trabajar en proyectos como: encontrar mezclas de combustibles que aumenten la potencia sin afectar el aumento en la exhalación de gases contaminantes al medio ambiente; aumentar la potencia del motor con la configuración de los mapas de ignición e inyección de combustible; analizar el desgaste de los elementos internos del motor mediante espectros de vibración; entre otros.

#### **4.2. Clasificación de los Bancos Dinamométricos**

Según las aplicaciones que demandan hoy en día, podemos clasificar los bancos en dos grupo, que son:

##### **4.2.1 Según el lugar de medición de potencia y torque**

- a) **Dinamómetro de chasis:** la medición de potencia y torque se realiza en las ruedas del vehículo (*ver Fig.: 1*).



*Fig. 1: Banco dinamométrico de chasis*  
*Fuente: Autores*

La medición del torque y potencia en este tipo de bancos, se realiza mediante la transmisión del giro de las ruedas motrices a unos rodillos acoplados en una plataforma sobre la cual se monta el vehículo [4].

Los sensores de medición están ubicados en la parte inferior de la plataforma, sobre un freno dinamométrico que recibe el giro desde los rodillos mediante una transmisión.

Presenta pérdidas en la potencia medida en relación a la potencia real que genera el motor, esto debido a todo el sistema de transmisión del vehículo y del banco mismo, hasta generar el giro en el freno.

- b) Dinamómetro de motor acoplado al eje:** la medición de potencia y torque se realiza directamente sobre el eje del motor (*ver Fig.: 2*), reduciendo así las pérdidas de potencia por tren motriz del vehículo y de banco [4].



Fig. 2: Banco dinamométrico acoplado al eje  
Fuente: <http://discoverarmfield.com/>

Este tipo de banco, cuenta con un freno dinamométrico acoplado a la salida del eje motor, el cual tiene incorporado una celda de torque que medirá dicha magnitud para enviarla a un software de monitoreo.

#### 4.2.2 Según el principio de medición de potencia y torque

- a. **Inercial:** radica en acoplar el eje de potencia o del motor a un volante de inercia, la medición del torque y potencia se la obtiene de medir la variación de la velocidad de giro en función del tiempo [4].

Con esta medición, se posibilita la obtención de una curva de aceleración angular en función de la velocidad de giro del motor, y por medio de la inercia del volante, se consigue la medición de torque y potencia del motor en función de la velocidad de giro.

- b. **De absorción:** radica en acoplar el eje de potencia o del motor a un disipador de potencia.

El torque y la potencia se medina en función a la energía disipada por el freno, pudiendo basarse en principios hidráulicos, de fricción, eléctrico, entre otros [4].

El banco en el cual se realiza la optimización, es del tipo Inercial con freno dinamométrico acoplado al eje del motor, que ya cuenta con su soporte, sus componentes y sus gabinetes para la electrónica del mismo.

### **4.3. Software de programación LabVIEW**

LabVIEW es una herramienta de lenguaje de programación gráfica que permite diseñar interfaces para uso mediante una consola interactiva basada en software [5].

El uso de LabVIEW es de gran ayuda para el diseño de sistemas de adquisición de datos, y de análisis y control de datos, permitiendo así realizar una interfaz entre el sistema a trabajar y el ordenador (PC) mediante un puerto USB.

Algunas instituciones que hacen el uso de este software son la NASA, la industria Automotriz, la industria de la Automatización (construcción, robótica, y maquinas inteligentes) [5].

Es el software correcto para la aplicación en el Banco Dinamométrico Armfield CM11, ya que permiten el control y monitoreo de datos en aplicaciones que se desean estudiar en tiempos reales de funcionamiento como: temperaturas, presiones de aire, torque, pulsos de sensores del tipo hall, control de servomotores, entre otros.

### **4.4. Tarjeta de adquisición de datos DAQ NI MyRio**

Como bien sabemos el entorno de LabVIEW por el hecho de ser un entorno grafico es fácil de programar a comparación de otros como Matlab, C++, Visual, etc. Y se ha implementado en muchos campos y proyectos laborables como en el campo de la medicina, de la industria para automatizar procesos, en el campo de la robótica y vehículos autónomos y en múltiples pros de investigación [6].

Además cabe recalcar que LabVIEW al ser un programa de la National Instruments, este entorno tiene enfoque a trabajar con las tarjetas de adquisición de datos DAQS, ya que las mismas también son parte de la misma empresa y tienen excelentes características para trabajar con sistemas de automatización y adquisición datos por su velocidad superior comparado a otro elementos de adquisición de datos [6].

De esta manera en nuestro proyecto al ser prácticamente un simulador de un sistema OBD 2, ya que adquirimos las señales de todos los sensores existentes en el motor, necesitábamos una tarjeta la cual pueda cumplir con las prestaciones que se requieren por lo cual elegimos la tarjeta de adquisición de datos NI myRio 1900 la cual tiene las siguientes características (*ver Fig.: 3*).

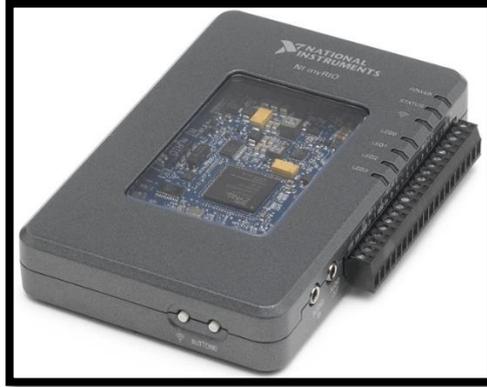


Fig. 3: NI myRio 1900

Fuente: USER GUIDE AND SPECIFICATIONS NI myRIO-1900

NI myRio, tiene una velocidad de muestreo de 500KS/s la cual se va a dividir para todas las entradas análogas que tengamos en uso, dado que los sensores no necesitan gran velocidad de muestreo, con excepción del CKP que necesitamos el conteo de pulsos hasta las 4000 rpm que va a ser la velocidad máxima de giro del motor, es más que suficiente nuestra tarjeta [6].

Las especificaciones más importantes de NI myRio, y sobre todo las necesarias para este proyecto, se presentan en las siguientes figuras (ver Fig.: 4, 5, 6, 7, 8).

| <b>Specifications</b>   |               |
|---|---------------|
| The following specifications are typical for the 0 to 40 °C operating temperature range unless otherwise noted. |               |
| <b>Processor</b>  |               |
| Processor type .....  | Xilinx Z-7010 |
| Processor speed .....   | 667 MHz       |
| Processor cores .....   | 2             |
| <b>Memory</b>   |               |
| Nonvolatile memory .....  | 256 MB        |
| DDR3 memory .....   | 512 MB        |
| DDR3 clock frequency .....  | 533 MHz       |
| DDR3 data bus width .....   | 16 bits       |

Fig. 4: Especificaciones NI myRio

Fuente: USER GUIDE AND SPECIFICATIONS NI myRIO-1900

## Analog Input

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| Aggregate sample rate .....        | 500 kS/s  |
| Resolution.....                    | 12 bits   |
| Overvoltage protection .....       | ±16 V   |
| MXP connectors                     |   |
| Configuration.....                 | Four single-ended channels per connector  |
| Input impedance .....              | >500 kΩ acquiring at 500 kS/s<br>1 MΩ powered on and idle<br>4.7 kΩ powered off |
| Recommended source impedance ..... | 3 kΩ or less  |
| Nominal range .....                | 0 V to +5 V   |
| Absolute accuracy.....             | ±50 mV  |
| Bandwidth.....                     | >300 kHz  |

Fig. 5: Entradas analógicas NI myRio  
Fuente: USER GUIDE AND SPECIFICATIONS NI myRIO-1900

|  |   |
|--|---|
| MSP connector                                  |   |
| Configuration.....                             | Two differential channels   |
| Input impedance .....                          | Up to 100 nA leakage powered on;<br>4.7 kΩ powered off                  |
| Nominal range .....                            | ±10 V   |
| Working voltage<br>(signal + common mode)..... |   |
|  | ±10 V of AGND   |
| Absolute accuracy.....                         | ±200 mV   |
| Bandwidth.....                                 | 20 kHz minimum, >50 kHz typical   |
| Audio input                                    |   |
| Configuration.....                             | One stereo input consisting of two AC-coupled,<br>single-ended channels |
| Input impedance .....                          | 10 kΩ at DC   |
| Nominal range .....                            | ±2.5 V  |
| Bandwidth.....                                 | 2 Hz to >20 kHz   |

Fig. 6: Entradas analógicas NI myRio  
Fuente: USER GUIDE AND SPECIFICATIONS NI myRIO-1900

| <b>Analog Output</b>   |   |
|--|---|
| Aggregate maximum update rates                                     |   |
| All AO channels on MXP connectors.....                             | 345 kS/s                                |
| All AO channels on MSP connector<br>and audio output channels..... | 345 kS/s                                |
| Resolution .....   | 12 bits                                 |
| Overload protection .....  | ±16 V                                   |
| Startup voltage .....  | 0 V after FPGA initialization           |
| MXP connectors   |   |
| Configuration .....  | Two single-ended channels per connector |
| Range .....  | 0 V to +5 V                             |
| Absolute accuracy .....  | 50 mV                                   |
| Current drive .....  | 3 mA                                    |
| Slew rate .....  | 0.3 V/μs                                |

Fig. 7: Salidas analógicas NI myRio  
Fuente: USER GUIDE AND SPECIFICATIONS NI myRIO-1900

|                         |  |
|-------------------------|--|
| MSP connector           |  |
| Configuration .....     | Two single-ended channels  |
| Range .....             | ±10 V  |
| Absolute accuracy ..... | ±200 mV  |
| Current drive .....     | 2 mA   |
| Slew rate .....         | 2 V/μs   |
| Audio output            |  |
| Configuration .....     | One stereo output consisting of<br>two AC-coupled, single-ended channels     |
| Output impedance .....  | 100 Ω in series with 22 μF   |
| Bandwidth.....          | 70 Hz to >50 kHz into 32 Ω load;<br>2 Hz to >50 kHz into high-impedance load |

Fig. 8: Salidas analógicas NI myRio  
Fuente: USER GUIDE AND SPECIFICATIONS NI myRIO-1900

#### 4.5. Metodología Analítica

Consiste en la desmembración de un todo, descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos. El análisis es la observación y examen de un hecho en particular. Es necesario conocer la naturaleza del fenómeno y objeto que se estudia para comprender su esencia [7].

Este método nos permite conocer más del objeto de estudio, que en nuestro caso es el banco dinamométrico Armfield CM11, con lo cual se puede: comprender de mejor manera el comportamiento actual del mismo, y así establecer una teoría sobre la cual trabajar, método que se aplica y ostenta a continuación.

## 4.6. Método Experimental

Es un proceso en el que se plantean un conjunto de muestras o pruebas, generándose así datos que puedan analizarse posteriormente con el fin de obtener conclusiones válidas en consideración al tipo de proceso de funcionamiento que se esté estudiando.

Este método es necesario implementarlo para la validación del funcionamiento eficaz del banco luego de haber sido realizado las mejoras que consideramos de vital importancia para optimizar el banco dinamométrico [8].

### 4.6.1. Definiciones a considerar en la metodología experimental

- **Variables de respuesta:** conocidas como las variables de salida, que en nuestro caso, serán las señales entregadas por los sensores acoplados en banco, los cuales nos entregan la información acerca del funcionamiento del motor de combustión, como: potencia, torque, y temperaturas a distintos regímenes.
- **Factores controlables:** conocidas como variables de entrada, siendo para nuestro proyecto las señales de entrada controlados desde nuestro ordenador, para activar, controlar o desactivar distintos actuadores, como son: la mariposa del acelerador, mapas de ignición e inyección, electroimanes del freno dinamométrico, avance del encendido e inyección, entre otros.
- **Factores no controlables o de ruido:** son factores no controlables, que en nuestro caso serían la presión atmosférica, el ruido generado por perturbaciones magnéticas entre la gran cantidad de cables agrupados.
- **Factores estudiados:** son las variables que analizamos para entender el comportamiento del motor de combustión del banco, en nuestro caso, las variables son: revoluciones del motor, temperatura del refrigerante, temperatura del aire del ambiente, temperatura del aire en el colector de admisión, temperatura de los gases de escape, temperatura de entrada y salida del fluido refrigerante, torque del motor, posición de la mariposa del cuerpo de aceleración.
- **Niveles y tratamientos:** Son los diferentes valores que se asignan a cada factor estudiado en un diseño experimental, en nuestro caso serían las ecuaciones matemáticas necesarias para ajustar las respuestas entregadas por los sensores del banco a nuestro software creado con LabVIEW, las cuales son comparadas con los datos visibles en el software de la ECU Haltech Platinum Sport 1000.

- **Error aleatorio:** o inevitable, definido por la variación natural en el proceso de toma de datos durante el funcionamiento del motor, que en nuestro caso sería netamente la estabilidad de la señal obtenida por el sensor del torque, la cual no es un valor constante, debido a las vibraciones naturales que sufre el motor de combustión durante su funcionamiento.
- **Error experimental:** son los errores que se pueden cometer durante el desarrollo del proyecto por parte de los responsables del uso del banco, los cuales deberán ser absorbidos por el error aleatorio, en nuestro caso, los errores experimentales principales podrían ser: fuente de alimentación eléctrica insuficiente, no alimentar al banco con tensión de 220 v para el freno, no alimentar la fuente de 110 v para el funcionamiento del flujo del refrigerante.

## 5. MARCO METODOLÓGICO

### 5.1. ESTADO GENERAL DEL BANCO DINAMOMÉTRICO ARMFIELD VOLKSWAGEN CM11

#### 5.1.1. Descripción y características

El banco Armfield CM11 es una maqueta didáctica de uso estudiantil destinada para el aprendizaje en cuanto al funcionamiento verídico en un determinado tiempo o estado del motor de combustión sobre el cual esta acoplado.

El banco está construido para facilitar el estudio del funcionamiento del motor mediante la obtención de datos de variables como: potencia del motor, temperatura de funcionamiento, y obtención de curvas de funcionamiento de los sensores del sistema de inyección.

Cuenta con un sistema de encendido y aceleración controlado mediante un software de comunicación entre un ordenador (PC) y la ECM del motor, con lo cual se posibilita el estudio a distintos regímenes de funcionamiento.

Para el análisis de la potencia obtenida del motor, el banco cuenta con un sistema de freno electromagnético (dinamómetro), el cual se activa mediante una señal digital de voltaje de 5v alimentando electroimanes que presentan resistencia al giro del motor, mediante lo cual se puede medir el torque y potencia del mismo.

El sistema de inyección electrónica cuenta con sensores que nos permiten monitorear parámetros reales en estados diferentes de funcionamiento del motor, como son:

- **Sensor CKP:** posición y velocidad del cigüeñal (pulsos).
- **Sensor MAP:** presión del aire de entrada (voltaje).
- **Sensor IAT:** temperatura del aire de entrada (voltaje).
- **Sensor ECT:** temperaturas del refrigerante (voltaje).
- **Sensor TPS:** posición de la mariposa de aceleración (voltaje).
- **Sensor Lambda:** gases de escape (voltaje).

Información que es revelada a nuestra PC mediante el software de comunicación.

#### 5.1.2. Especificaciones Técnicas

Las especificaciones del banco, las obtenemos del manual de usuario del Banco Dinamométrico Armfield CM11 [9], y se muestran en la *Tabla 1*.

*Tabla 1: Especificaciones Técnicas Banco Armfield CM11*

|                                |                                   |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| <b>DIMENSIONES DEL BANCO</b>   |                                   |
| Altura                         | 1250 mm                           |
| Largo                          | 2200 mm                           |
| Ancho                          | 850 mm                            |
| <b>SOFTWARE Y COMUNICACION</b> |                                   |
| Nombre                         | ArmSoft                           |
| Interfaz                       | MI-Diag                           |
| <b>MOTOR VOLKSWAGEN</b>        |                                   |
| Fabricante                     | Volkswagen                        |
| Identificación                 | AER/ATE 111/66                    |
| Capacidad                      | 1.0 litros (999 cm <sup>3</sup> ) |
| Cilindros                      | 4                                 |
| Diámetro                       | 67.10 mm                          |
| Carrera                        | 70.60 mm                          |
| Relación De Compresión         | 10.5 : 1                          |
| Potencia Nominal               | 37 KW @ 5000 rpm                  |
| Torque Máximo                  | 86 Nm @ 3400 rpm                  |
| Gasolina                       | 95 RON (Research Octane Number)   |
| Sistema De Control             | Bosch Motronic™ MP9.0             |
| Bujías                         | W8DTC                             |
| Capacidad De Aceite            | 3.5 litros                        |
| Capacidad De Refrigerante      | 4.2 litro                         |
| <b>FRENO DINAMOMÉTRICO</b>     |                                   |
| Fabricante                     | Klam                              |
| Modelo                         | K40                               |
| Potencia Máxima                | 60 KW                             |
| Torque Máximo                  | 145 Nm                            |
| Voltaje                        | 220 – 240 Voltios                 |
| Frecuencia                     | 50 – 60 Hz                        |
| Fusibles                       | 20 Amp.                           |

|                              |                          |
|------------------------------|--------------------------|
| Fabricante Sensor            | Kistler                  |
| Modelo                       | GU 13Z-31 y ZF42         |
| Fabricante Amplificador      | Kistler                  |
| Modelo                       | 5039A322                 |
| Rango                        | 500 pC = 10 v DC         |
| <b>RODAMIENTOS</b>           |                          |
| Fabricante                   | SKF                      |
| Modelo                       | 1209/SN509 y 1210/SN510  |
| Lubricante                   | Grasa de alta velocidad  |
| <b>UNIONES</b>               |                          |
| Fabricante                   | Reich                    |
| Modelo                       | Arcusaflex AC2,3 HT.2012 |
| <b>ELECTRICIDAD</b>          |                          |
| Voltaje                      | 220 – 240 Voltios        |
| Frecuencia                   | 50 – 60 Hz               |
| Fusibles                     | 20 Amp.                  |
| <b>INDICADORES DEL MOTOR</b> |                          |
| Fabricante Sensor            | Kistler                  |
| Modelo                       | GU 13Z-31 y ZF42         |
| Fabricante Amplificador      | Kistler                  |
| Modelo                       | 5039A322                 |
| Rango                        | 500 pC = 10 v DC         |

### 5.1.3. Componentes del Banco

Para su funcionamiento, el Banco Armfield CM11 cuenta con distintos elementos y soportes del mismo (*ver Fig.: 9*), los cuales se detallan a continuación:

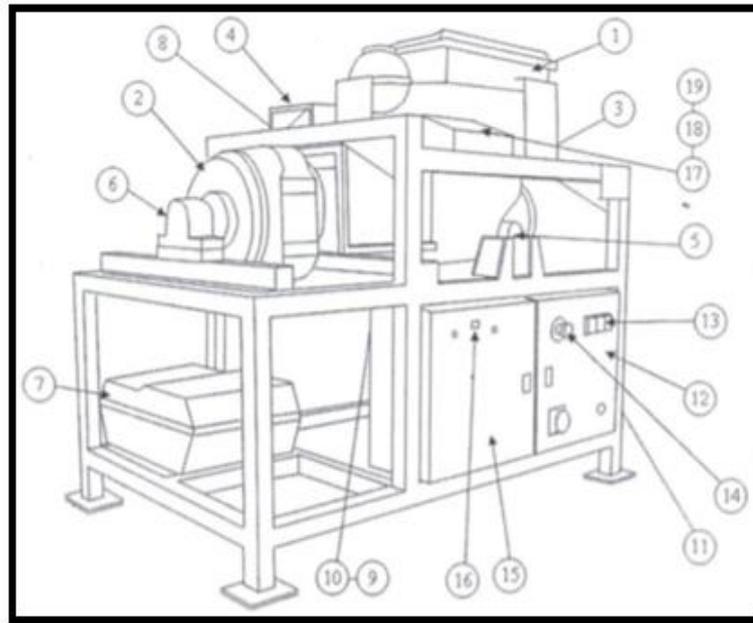


Fig. 9: Componentes del banco dinámico  
Fuente: Manual del Banco Armfield

- |                                      |                                     |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Motor de combustión<br>Volkswagen | 7. Tanque de combustible            |
| 2. Dinamómetro                       | 8. Intercambiador de calor          |
| 3. Estructura de soporte (4)         | 9. Tubos de escape (10)             |
| 5. Barra estabilizadora              | 11. Batería                         |
| 6. Rodamientos                       | 12. Gabinete eléctrico              |
| 14. Botón de emergencia              | 13. Switch                          |
| 15. Gabinete electrónico             | 18. Potenciómetro de<br>aceleración |
| 16. Interfaz USB                     | 19. Potenciómetro de freno          |
| 17. Controlador lógico               |                                     |

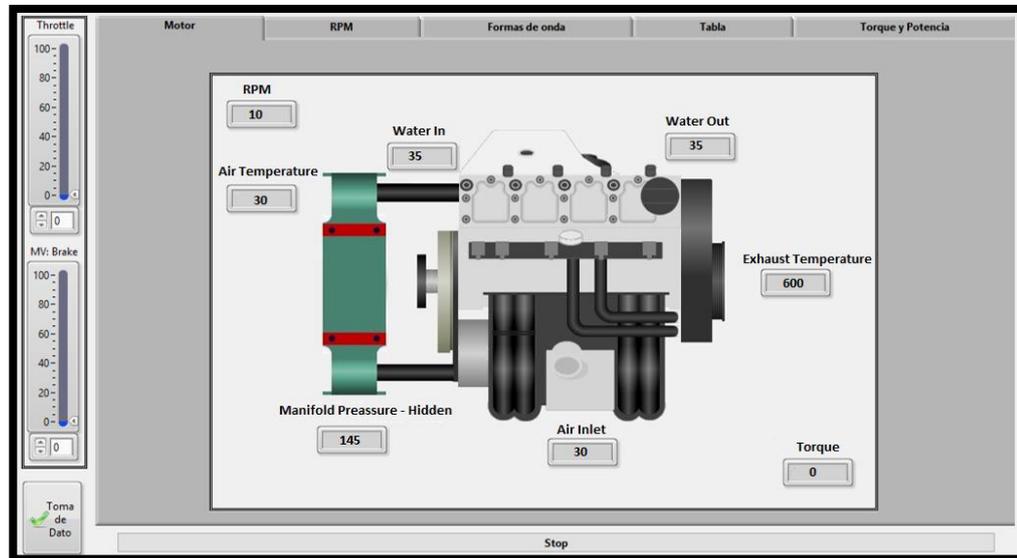
#### 5.1.4. Toma de muestras del Banco Dinamométrico mediante ArmSoft

Para la obtención de muestras del banco, se realiza una inspección visual de todo el sistema eléctrico para verificar que el mismo cuente con la alimentación de voltaje necesaria para su funcionamiento.

Ejecutamos el software ArmSoft en el ordenador, encendemos el motor del banco y observamos en el ordenador (PC) cuales son los valores obtenidos, y notamos de entrada valores errados, como es: la temperatura de los gases de escape, los mismos que aún sin encender el motor, ya marcaban 600 grados Celsius de temperatura.

Apreciamos también que no es posible el control de la aceleración, ya que no entra en funcionamiento el potenciómetro de aceleración, siendo así imposible realizar pruebas a diferentes velocidades del motor.

Los datos obtenidos en el software ArmSoft, se detallan a continuación (*ver Fig.: 10*):



*Fig. 10: Datos obtenidos mediante ArmSoft*  
Fuente: Autores

### 5.1.5. Toma de muestras del Banco Dinamométrico mediante Scanner Automotriz

Establecemos la comunicación entre la ECU y un escáner automotriz (Carman Scan VG64) para la lectura de datos del motor en funcionamiento a velocidad de ralentí, en donde se observa una lectura totalmente diferente entre las muestras (*ver Tabla 2*).

*Tabla 2: Comparación de Muestras entre ArmSoft y Scanner Automotriz*

| Sensor       | Valores ArmSoft | Valores Carman Scan |
|--------------|-----------------|---------------------|
| ECT          | 38 °C           | 25 °C               |
| IAT          | 37 °C           | 19 °C               |
| Gases Escape | 600 °C          | 30 °C               |
| MAP          | 140 KPa         | -60 KPa             |
| RPM          | 8               | 650                 |

En la tabla anterior, se verifica las anomalías que presenta el software ArmSoft del banco, mostrando medidas erradas.

## 5.2. DESARROLLO DEL MÓDULO VIRTUAL Y PROGRAMACIÓN DEL SOFTWARE DE MONITOREO Y CONTROL

Para el desarrollo de la programación en LabVIEW, primeramente tenemos que contar ya con todos los sensores y actuadores fijados en su lugar de trabajo.

### 5.2.1. Acoplamiento de la Celda de Carga y amplificador de señal

Previamente a esto, se realizó un análisis visual de la celda original de carga, verificando que no se encontraba en condiciones óptimas de trabajo, pues el diseño de la misma, no soporta la constante vibración del banco, por lo que se han arrancado los cables de la misma (ver Fig.: 11).



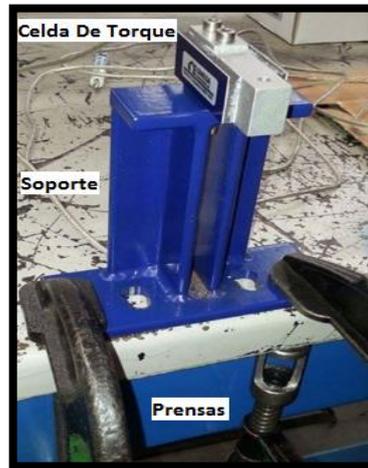
Fig. 11: Celda de carga original en mal estado  
Fuente: Autores

Se verifica también que el circuito electrónico original, ha sufrido imperfecciones debido a la vibración del banco, lo que ha perjudicado al amplificador de la señal obtenida por el torque que es en una escala de milivoltios, y se necesita ampliarla hasta un rango de variación de 0 a 5 voltios de amplitud. Por lo que se hace la adquisición tanto de la celda de torque marca Omega, como del amplificador indispensable para la misma.

Antes de acoplar la celda de torque en su sitio, es de vital importancia realizar una calibración de la misma, para posteriormente poder obtener los valores de voltaje correspondientes a las características mecánicas de trabajo. A continuación se indica su proceso de calibración.

### 5.2.2. Calibración de la celda de carga y su respectivo amplificador

**Primer paso:** colocar la celda en un lugar fijo y seguro (*ver Fig.: 12*), pudiendo asegurarse en una prensa mecánica con la ayuda de su propio soporte.



*Fig. 12: Sujeción de celda de carga*  
*Fuente: Autores*

**Segundo paso:** se alimenta tanto la celda, como el amplificador con 24v (*ver Fig.:13*), para esto, retirar con cuidado el amplificador del interior de su cilindro de protección. En este punto tener muy en cuenta los pines del amplificador y la identificación de los colores de la celda, diferenciando las señales de las alimentaciones de los mismos para evitar provocar corto circuitos.

Adjuntamos el diagrama de pines del amplificador (*ver Fig.: 14*).

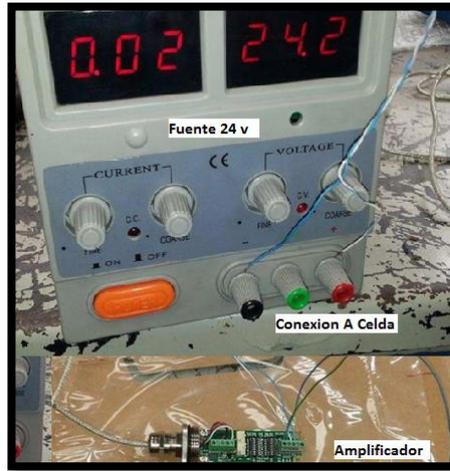


Fig. 13: Fuente de alimentación para celda y amplificador  
Fuente: Autores

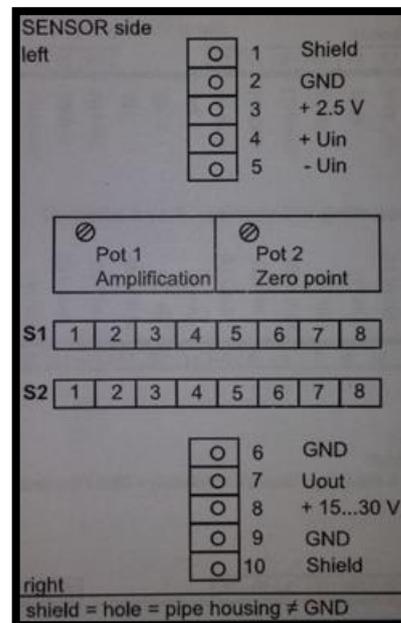


Fig. 14: Diagrama de pines de conexión del amplificador  
Fuente: Autores

**Tercer paso:** aseguramos un cable de acero en el agujero donde se apoya directamente el eje que recibe la carga del giro del motor, esto para sujetar un peso neto de 3 Kg necesario para dar una carga inicial a la celda, sobre la cual realizar la calibración (ver Fig.: 15).

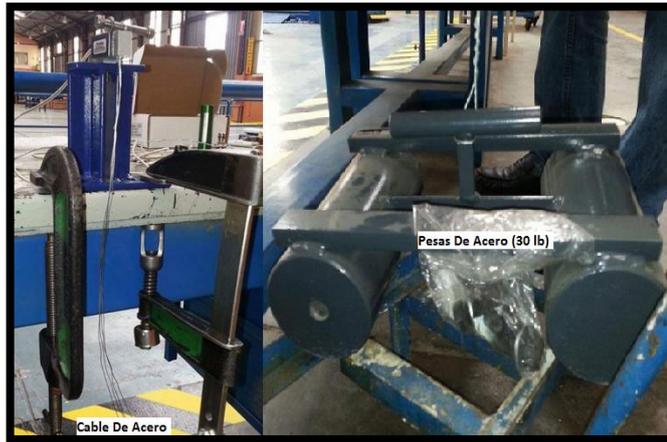


Fig. 15: Pesas acopladas a la celda de carga  
Fuente: Autores

**Cuarto paso:** se cuelgan las pesas al aire libre (ver Fig.: 16), y se procede a realizar el cálculo y relaciones matemáticas para la calibración del amplificador y la celda, los pasos se describen a continuación:

- Como referencia, establecemos que: con 100lbf (444.82N) aplicados sobre el punto de carga de la celda, la misma nos entrega una señal de respuesta de 5v.
- El peso con el que contamos para la calibración, es de 30Kgf (66.138lbf / 294.195N).
- Comprobamos que la relación entre las unidades *lbf* y *N* sea lineal, para eso realizamos la siguiente operación (ecuación 1):

P (x,y): donde “x” representa la carga en lbf, mientras que “y” representa la carga en “N”.

P1 (66.138 ; 294.195)

P2 (100 ; y<sub>2</sub>)

$$y_2 = \frac{(100 * 294.195)}{66.138} = 444.82N \quad [1]$$

- Al verificar que la relación es lineal, entonces procedemos a calcular el valor de voltaje que debería marcar la celda de carga cuando está soportando los 30Kgf (ecuación 2).

$$30Kgf \approx 66.138lbf$$

$$100\text{ lbf} \approx 5\text{ v}$$

P (x,y): donde “x” representa la carga en *lbf*, mientras que “y” representa el voltaje de salida en *v*.

P1 (66.138 ;  $y_2$ )

P2 (100 ; 5)

$$y_2 = \frac{(5*66.138)}{100} = 3.307\text{ v} \quad [2]$$

- Una vez encontrado el valor de voltaje de salida que debería marcar el amplificador de la celda al estar con los 30kgf colgando de la misma, procedemos a girar el potenciómetro de calibración del circuito del amplificador, hasta que en los terminales de salida nos marque los 3.307v.

Luego de tener la celda y el amplificador calibrados, procedemos a montarlos en el banco. La celda es colocada en el mismo sitio de la anterior, mientras que el amplificador se lo monta dentro del gabinete electrónico, de donde se proporciona las señales a la DAQ NI MyRio para su procesamiento (*ver Fig.: 16*).



*Fig. 16: NI myRio y amplificador de la celda de carga*  
*Fuente: Autores*

### 5.2.3. Programación

Inicialmente se intentó programar el software de control del Banco, con una DAQ que poseía el banco mismo, esta DAQ era la 6009 (*ver Fig.: 17*), la cual tuvimos que retirarla, ya que la misma no cumplía con los requerimientos para la obtención de datos.



Fig. 17: DAQ 600  
USER GUIDE NI USB-6008/6009

Decidimos entonces crear el software mediante la programación Express de LabVIEW, ya que el mismo será instalado en una sola computadora PC, pero en comunicación con una NI myRio, para evitar problemas de velocidades de lectura durante su funcionamiento. Y guardamos todo el trabajo en la memoria de myRio (ver Fig.:18).

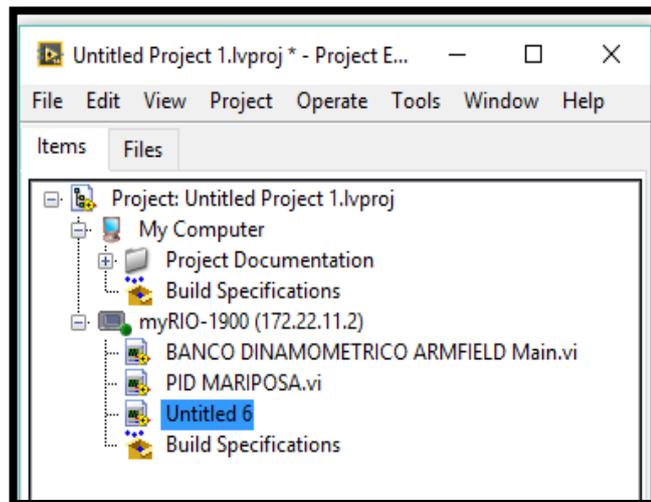


Fig. 18: Memoria interna de NI myRio  
Fuente: Autores

### 5.2.3.1. Crear de un nuevo VI

Vamos a crear un nuevo VI con el nombre de BANCO DINAMOMETRICO ARMFIELD que es en el que vamos a trabajar (ver Fig.: 19).

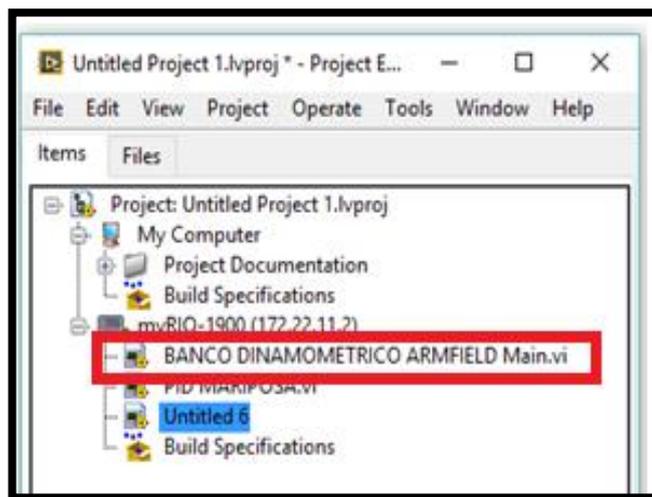


Fig. 19: Crear nuevo VI  
Fuente: Autores

### 5.2.3.2. Obtención de señales

En la hoja de programación, con un click derecho ingresamos a *Express* desde la myRio, seleccionamos *Analog Input* y la arrastraremos hacia nuestra ventana, en seguida nos muestra un cuadro de diálogo las entradas que tenemos.

Los pines utilizados, se describen a continuación en la tabla (ver Tabla 3).

Tabla 3: Pines y Señales de Lectura y Escritura para myRio

| # DE ENTRADA | TABLA DE PINES Y SEÑALES DE LECTURA Y ESCRITURA PARA LA MYRIO |                 |
|--------------|---|-----------------|
|              | Señales Entrada   | Pin de la myRio |
| 1            | Temperatura Ambiente  | A/AI0 (PIN3)    |
| 2            | Temperatura Entrada de Agua                                   | A/AI1 (PIN5)    |
| 3            | Temperatura Salida de Agua                                    | A/AI2 (PIN7)    |
| 4            | Temperatura del Escape  | A/AI3 (PIN9)    |
| 5            | Señal del sensor MAP  | B/AI0 (PIN3)    |
| 6            | Señal del sensor ECT  | B/AI1 (PIN5)    |
| 7            | Señal del sensor TPS  | C/AI0 (PIN7)    |
| 8            | Señal del sensor de Torque                                    | C/AI1 (PIN9)    |
| 9            | Señal del Tacómetro de la Haltech                             | A/ENC B (PIN22) |
|              | Señales de salida   | Pin de la myRio |
| 10           | Señal para el control del Freno Magnético del banco           | C/AO0 (PIN4)    |

|    |   |                |
|----|---|----------------|
| 11 | Señal de pulsos para el control del servo motor de la mariposa. | C/PWM0 (PIN14) |
|----|---|----------------|

LabVIEW nos muestra una pantalla, la cual tiene bloques de programación únicamente para la adquisición de datos (ver Fig.: 20, 21).

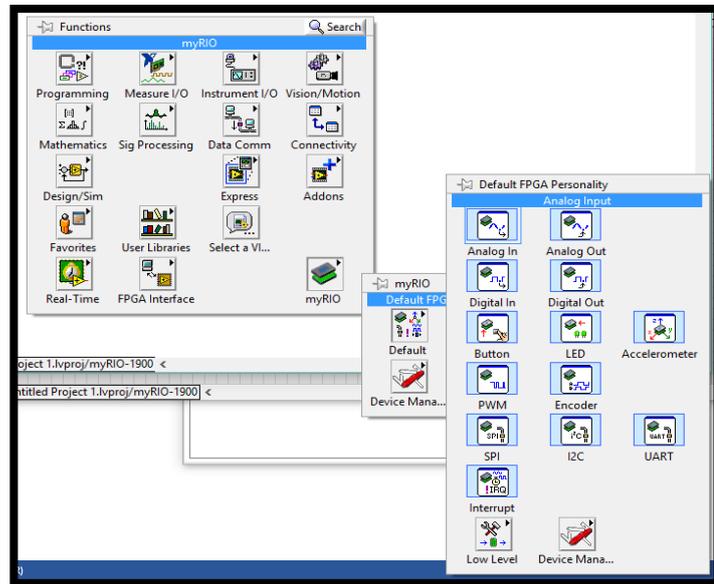


Fig. 20: Bloque de programación para adquisición de datos

Fuente: Autores

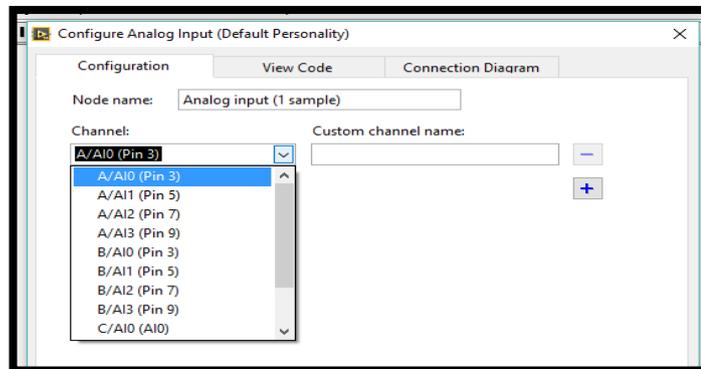


Fig. 21: Canales para adquisición de datos

Fuente: Autores

Como ya tenemos las entradas asignadas para cada sensor y señal que vamos a obtener, ahora lo que nos queda es procesar esa señal, ya que, como sabemos, la misma entra en forma de voltaje y lo que necesitamos conocer es las variables como temperatura (°C), presión (kPa), y ubicación de la mariposa (%), para lo cual tendremos que realizar

una interpolación para lograr encontrar los valores de voltaje vs valores de temperatura, presión y porcentaje.

### 5.2.3.3. Conversión voltaje – temperatura del sensor ECT / IAT

Existen dos maneras para la conversión de voltaje a temperatura, una es mediante interpolación lineal de LabVIEW, y la otra se logra mediante un modelo matemático que presentamos a continuación (ecuación: 3):

$$T = \frac{B}{A - \ln\left(\frac{5V}{V_1} - 1\right)} - 273 \quad [3]$$

Donde:

**T:** es la temperatura que queremos conocer,

**A y B:** constantes de conversión (ecuación: 4, 5)

**V1:** es el voltaje de nuestra primera muestra.

$$A = \frac{RT_1}{e^{\left(\frac{B}{T_1}\right)}} \quad [4]$$

$$B = \frac{\ln\left(\frac{RT_1}{RT_2}\right)}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} \quad [5]$$

Para el caso de las constantes A y B se debe conocer que RT1, RT2, T1 y T2, corresponden a la resistencia y temperatura que se obtuvo de un previo muestreo del sensor, para verificar la variación de voltaje y resistencia del mismo, en función a la variación de la temperatura (ver Fig.: 22).



Fig. 22: Variación de voltaje y resistencia del ECT en relación a la temperatura  
Fuente: Autores

#### 5.2.3.4. Adquisición de datos

- a) Llamamos un *Tab Control*, que nos ayuda con la organización de nuestro programa (ver Fig.: 23).

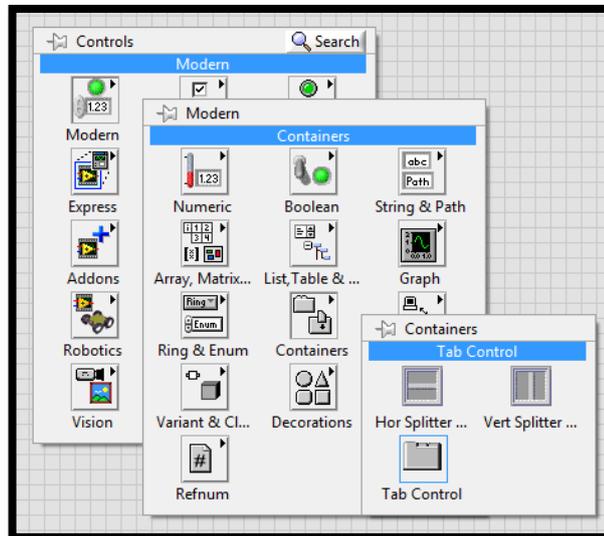
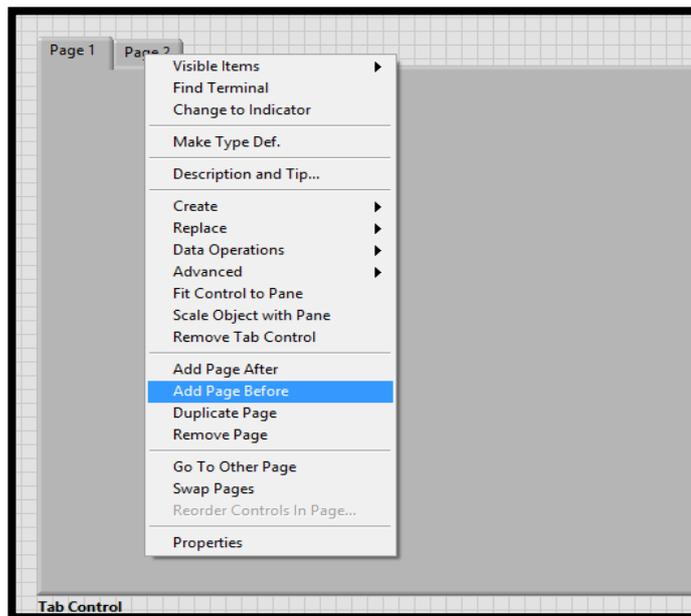


Fig. 23: Bloque Tab Control para adquisición de datos  
Fuente: Autores

- b) Se abre una especie de contenedor con pestañas, que renombramos a nuestra conveniencia, colocando las que sean necesarias tan solo con un click derecho sobre el elemento y seleccionando *Add Page After* o *Before* dependiendo en donde la necesitemos (ver Fig.: 24, 25).



*Fig. 24: Ventana multiuso para programación*  
*Fuente: Autores*



*Fig. 25: Adición de tablas*  
*Fuente: Autores*

Luego de renombrar y agregar las pestañas necesarias podremos introducir en ellas lo que nosotros creamos conveniente que se muestre en las mismas.

Ya organizadas las pestañas según como deseemos que se muestren los datos, tendremos a nuestro programa de esta manera en la hoja principal (*ver Fig.: 26*), la cual será la que se muestre al momento de crear el archivo .exe.

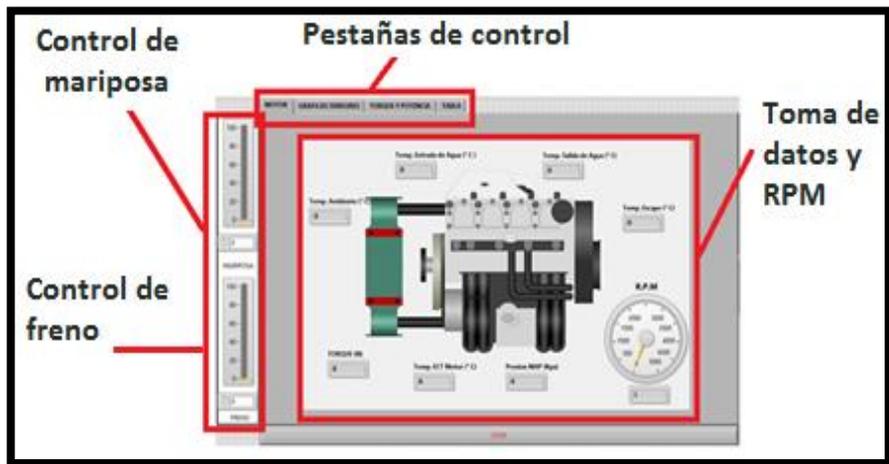


Fig. 26: Ventana principal de control  
Fuente: Autores

### 5.2.3.5. Procesamiento de señales

Dividimos la programación en bloques, A, B, C Y D (ver Fig.: 27).

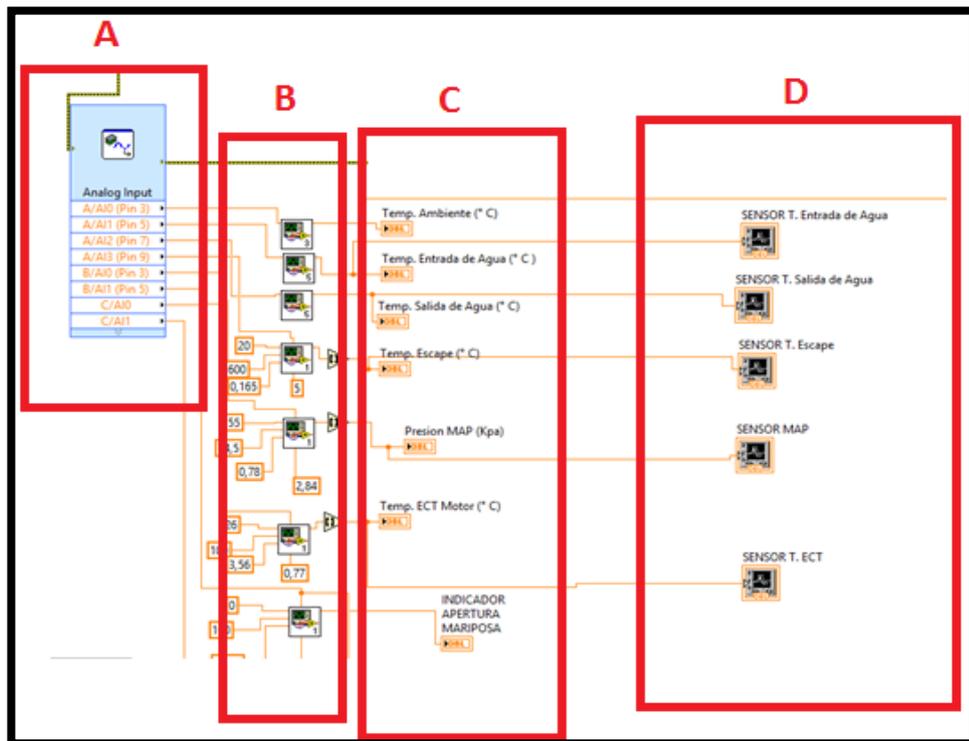


Fig. 27: División de la programación por bloques

- **Bloque A:** obtención de datos mediante *Express myRio*, que son las señales de voltajes procedentes de los sensores.
- **Bloque B:** creamos *subVI*, que tienen programación interna para la interpolación. A continuación detallamos el procedimiento.

Abrimos un nuevo VI, en el cual creamos nuestro subVI de interpolación (*ver Fig.: 28*).

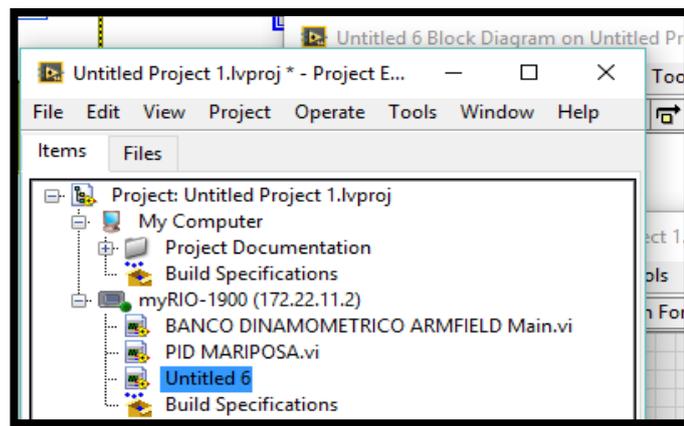


Fig. 28: Crear SubVI  
Fuente: Autores

Creamos nuestro subVI con la fórmula de interpolación de sensores ECT (*ver Fig.: 29*).

$$T = \frac{B}{A - \ln\left(\frac{5v}{V_1} - 1\right)} - 273[3]$$

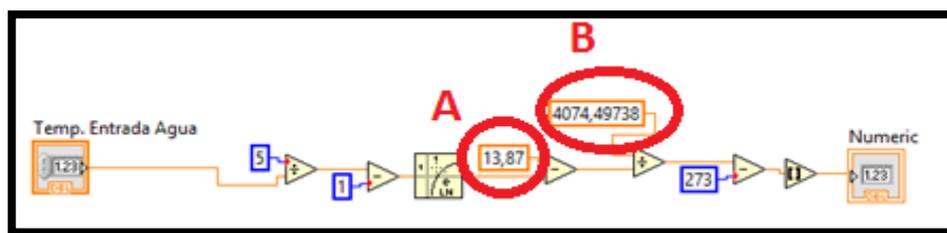


Fig. 29: Interpolación para sensor ECT  
Fuente: Autores

Los valores de A y B los obtuvimos al probar con distintos tipos de valores para RT1, RT2, T1 y T2; calentando un recipiente con agua y con el sensor

sumergido en ella (ver Fig.: 22), verificamos como varían los voltajes y temperaturas (ver Tabla 4).

Tabla 4: Parámetros del Sensor ECT que varían en función a la temperatura del mismo

| Temperatura | Voltaje | Resistencia | Grados Kelvin | B          | A          | Voltaje a comparar | Resultado  |
|-------------|---------|-------------|---------------|------------|------------|--------------------|------------|
| 32          | 2,39    | 1,74        | 305           | 4012,05855 | 0,00337065 | 0,2                | 125,624894 |
| 38          | 2,08    | 1,35        | 311           | 3993,22107 | 0,00358539 | 0,2                | 126,187766 |
| 44          | 1,81    | 1,06        | 317           | 3086,45004 | 0,07009751 | 0,2                | 164,895154 |
| 50          | 1,6     | 0,99        | 323           | 3743,10884 | 0,00814096 | 0,2                | 134,374916 |
| 60          | 1,25    | 0,62        | 333           | 3723,17299 | 0,00869085 | 0,2                | 135,090515 |
| 70          | 0,98    | 0,45        | 343           | 3729,12921 | 0,00852278 | 0,2                | 134,87565  |

De la misma manera se procedió con la interpolación de la temperatura del sensor IAT para la temperatura ambiente (ver Fig.: 30).

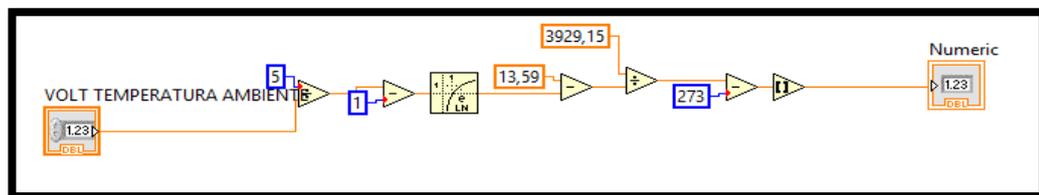


Fig. 30: Interpolación para sensor IAT  
Fuente: Autores

Para crear los SubVI, seleccionamos solo la programación con excepción de los indicadores de entrada y salida, y hacemos click en la pestaña “Edit”, donde seleccionamos la opción de Create sub VI (ver Fig.: 31).

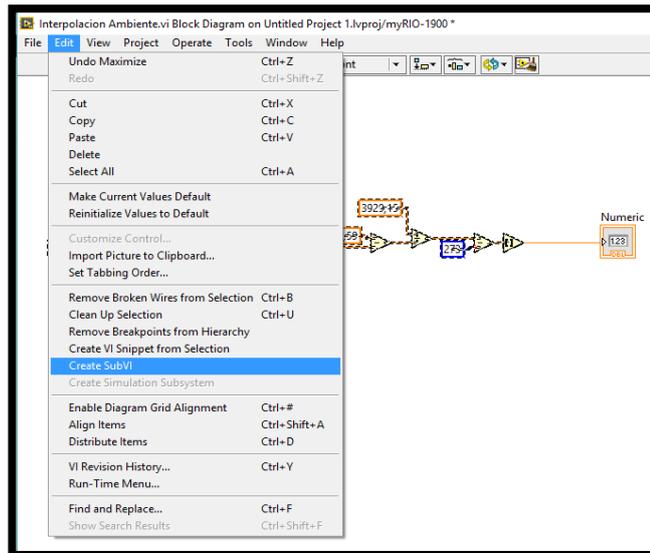


Fig. 31: Bloque para crear nuevo SubVI  
Fuente: Autores

Para otros valores de interpolación, creamos un *subVI* con la ayuda de la herramienta *Interpol 1D* (ver Fig.: 32), la cual la podemos encontrar en *Mathematics > Interpolation & Extrapolation > Interpolate 1D*.

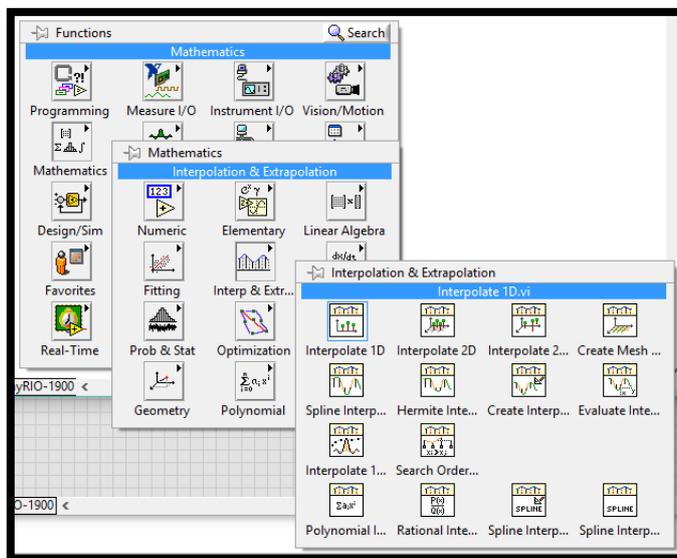


Fig. 32: Bloque "Inter Tool"  
Fuente: Autores

En cualquier momento de la programación, podemos verificar la información y ayuda que proporciona LabVIEW, presionando "ctrl + h" (ver Fig.: 33).

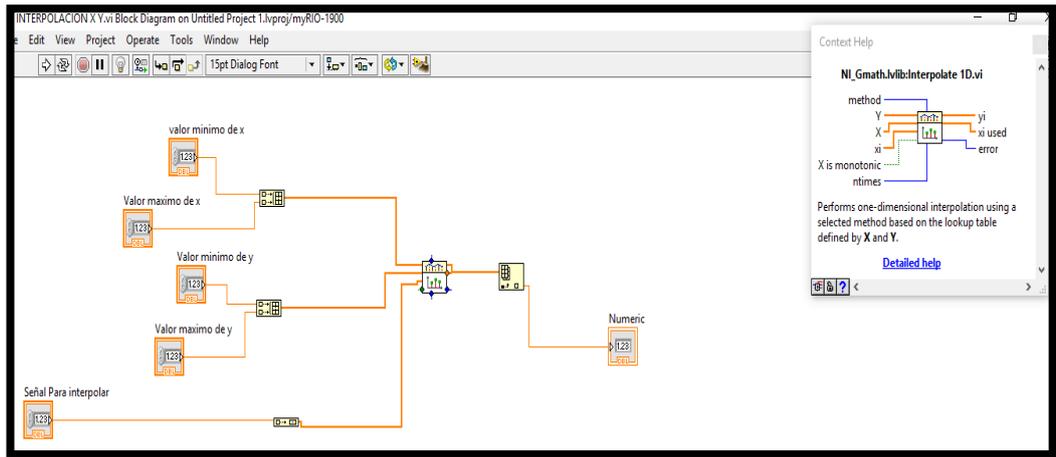


Fig. 33: Información / Ayuda de LabVIEW  
Fuente: Autores

- **Bloque C:** En este bloque estamos mostrando ya los valores interpolados y convertidos a variables de Temperaturas, Presión y Porcentaje (ver Fig.: 34).
- **Bloque D:** en este bloque hemos mandado a graficar los valores que obtenemos de los sensores, usando *Waveform Chart*, las gráficas de los sensores se encuentran en la segunda pestaña de nuestro programa (ver Fig.: 35).

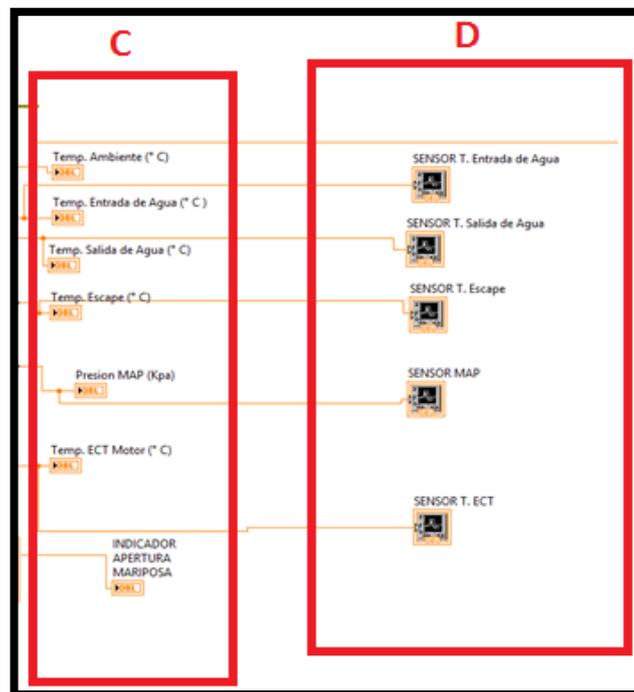


Fig. 34: Bloque de interpolaciones  
Fuente: autores

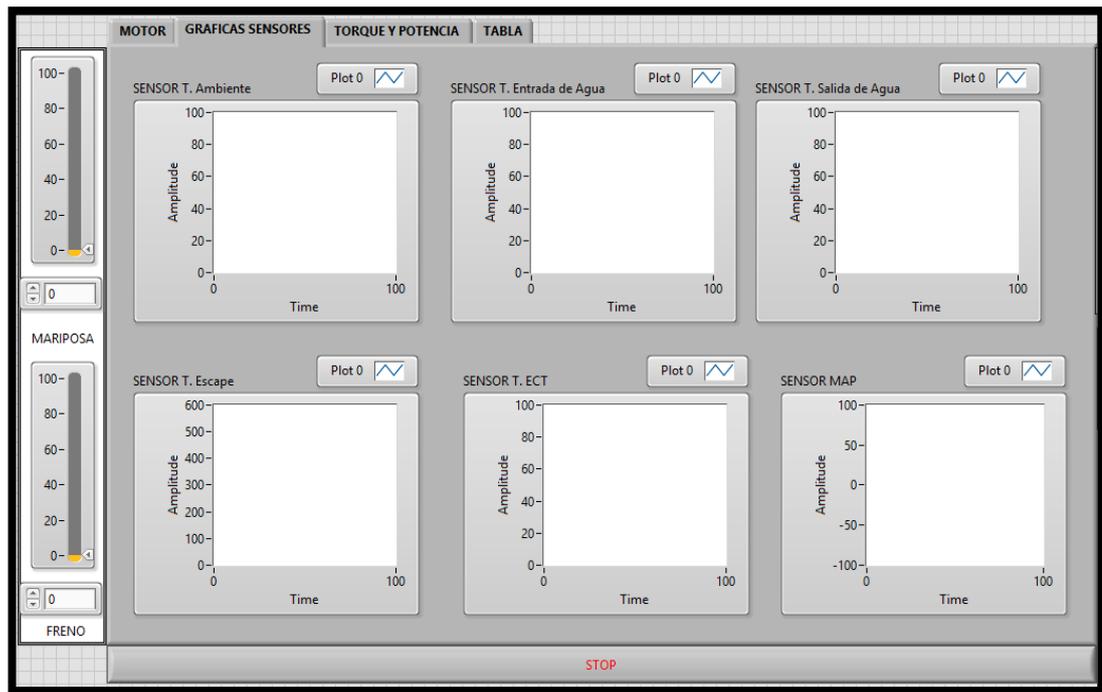


Fig. 35: Ventana con las gráficas de todas las variables a medir  
Fuente: Autores

Una vez que hemos obtenido todos los valores, los hemos interpolado, los hemos mostrado mediante, y los hemos graficado; procedemos a colocar una estructura de repetición llamada *Timed Loop*, la cual repetirá el proceso  $n$  veces, hasta que se detenga al mismo, esta estructura se encuentra en el bloque *Programming > Structures > Timed Structures > Timed Loop* (ver Fig.: 36).

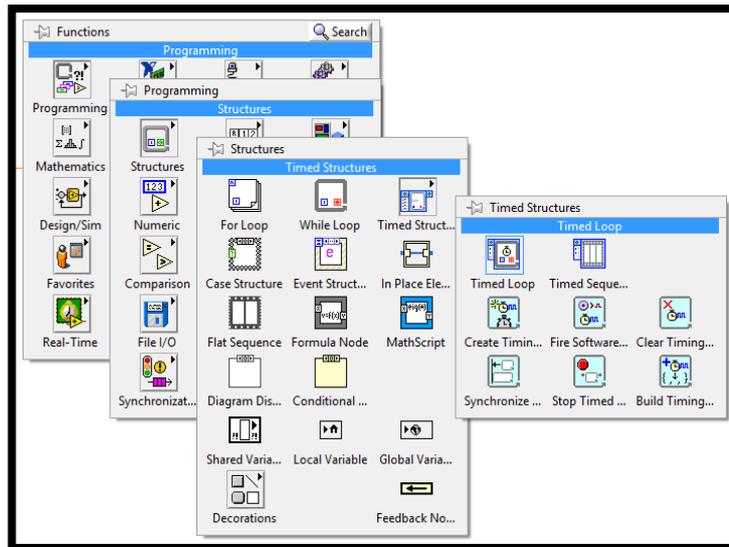


Fig. 36: Bloques para crear *Timed Loop*  
Fuente: Autores

Cabe mencionar que también podemos utilizar la estructura *While Loop*, pero la diferencia es que en *Timed Loop* podemos especificar directamente el tiempo y la frecuencia de muestreo (ver Fig.: 37).

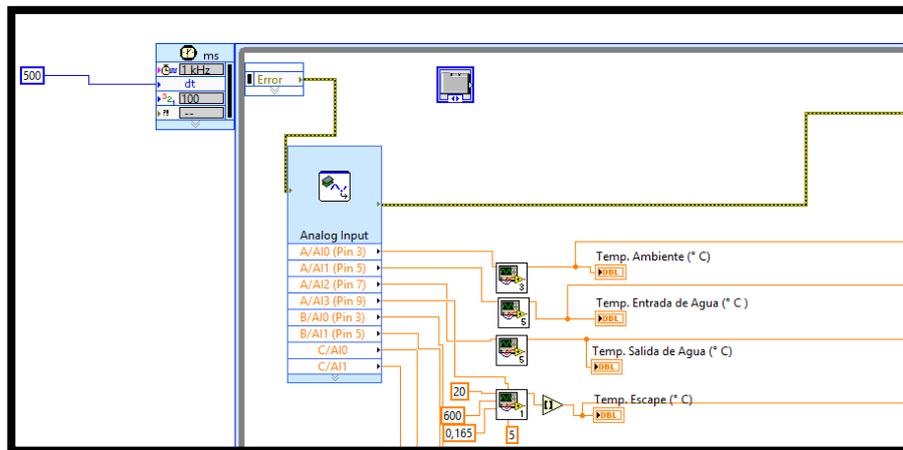


Fig. 37: Selección de tiempo y frecuencia de *Timed Loop*  
Fuente: Autores

### 5.2.3.6. Obtención de señal de RPM (sensor CKP)

Se hace uso del ícono de programación *Encoder*, que no es más que un contador de pulsos; para obtenerlo, nos dirigimos hacia el *Express* de la *myRio* (ver Fig.: 38) y extraemos al *Encoder*; en seguida nos muestra una ventana de diálogo para seleccionar

con que bloque de la myRio queremos trabajar. En nuestro caso, el *Encoder* lo hemos puesto en el Bloque A, pin 22 (ver Fig.: 39).

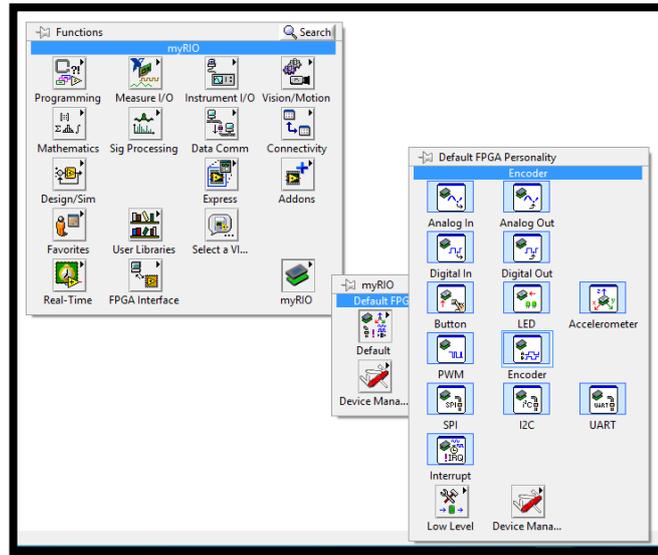


Fig. 38: Obtención del ícono Encoder para el conteo de las RPM  
Fuente: Autores

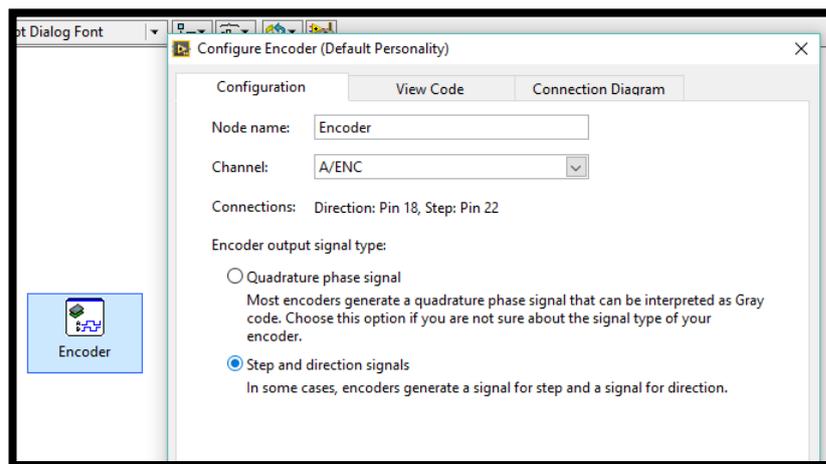


Fig. 39: Configuración del Encoder  
Fuente: Autores

Cabe recalcar que debemos señalar la opción de *Step and Direction Signals*, y procederemos a realizar nuestra programación para lectura de los pulsos que recibirá el *Encoder*; ya realizada la programación tenemos lo que se observa en la figura (ver Fig.: 40).

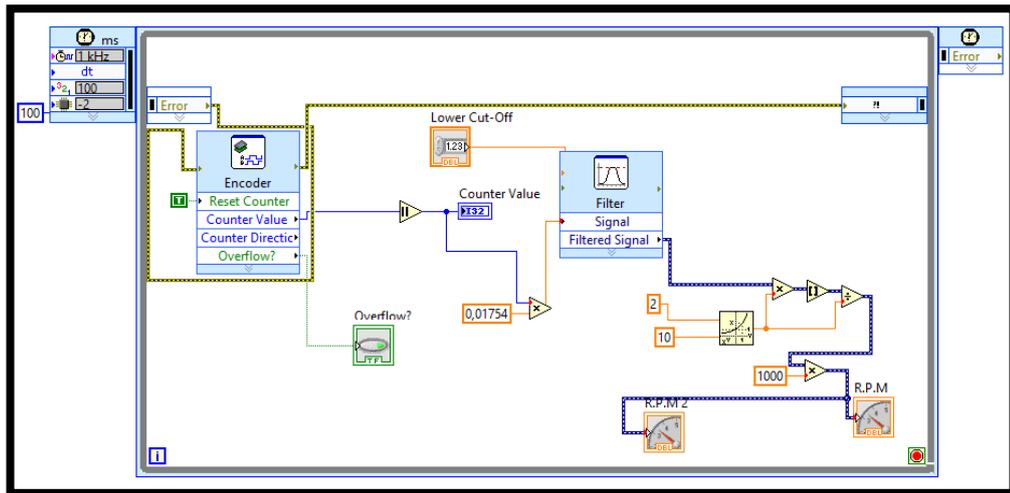


Fig. 40: Encoder programado  
Fuente: Autores

Como podemos ver en la imagen anterior del *Counter Value*, colocamos una operación de valor absoluto, la cual nos evitara mostrar valores negativos; posterior a eso tendremos un contador de pulsos, el cual va oculto en la hoja principal; seguidamente tenemos una multiplicación, que es la que nos transformara el número de pulsos leídos a decimales, realizamos esta acción para luego poder aproximar o redondear la cantidad de decimales con el fin de que las *RPM* sean lo más estables posible.

De todas formas, colocamos un filtro pasa bajo con una frecuencia de corte de 1Hz, esto se lo adquiere desde el bloque de *Express > Signal Análisis > Filter*, con el fin de reducir algún ruido (ver Fig.: 41).

Por último multiplicamos por *1000* la señal filtrada para que se transformen en *RPM*, y las mostraremos en nuestros indicadores de tipo Tacómetro.

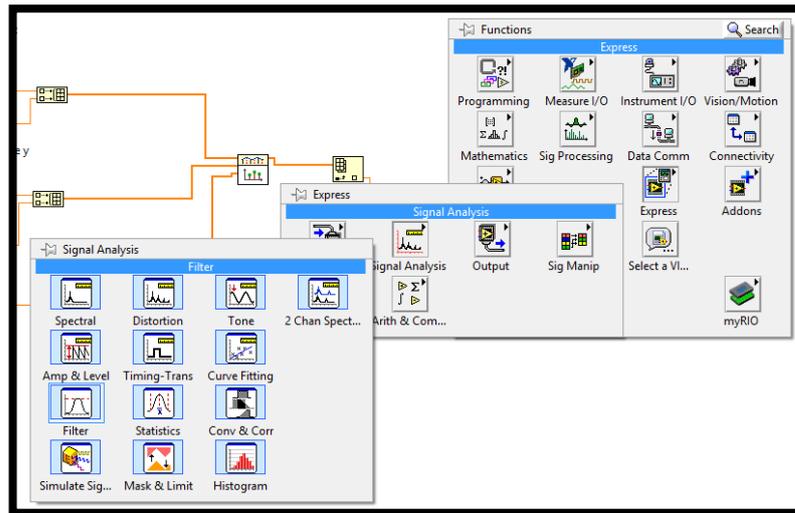


Fig. 41: Obtención del filtro pasa bajo  
Fuente: Autores

### 5.2.3.7. Control de la mariposa del cuerpo de aceleración

Se adquiere una señal *PWM*, para controlar el giro del servomotor que realiza la apertura y cierre de la mariposa, la cual tiene su correspondiente indicador en la pantalla principal (ver Fig.: 42).

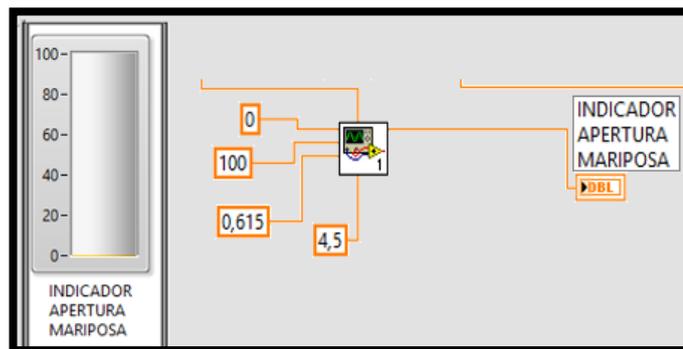


Fig. 42: Programación para obtención de *PWM*  
Fuente: Autores

Este indicador de la apertura de la mariposa, está en porcentaje, y va de 0% a 100%, esto se consigue realizando una interpolación entre valores de voltaje del sensor TPS y el factor de porcentaje (ver Tabla 5).

Tabla 5: Relación voltaje - apertura de la mariposa

| Voltaje TPS | Porcentaje de apertura de la mariposa |
|-------------|---------------------------------------|
| 0.615 v     | 0%                                    |
| 4.5 v       | 100%                                  |

### 5.2.3.8. Muestra de datos procesados

Los datos se muestran en gráficas, tanto de los valores de cada sensor para la información del funcionamiento del motor.

En la ventana observamos diferentes pestañas conjuntamente, las cuales nos muestran datos como: gráficas de sensores, gráfica de torque, y gráfica de potencia (ver Fig.: 43, 44, 45).



Fig. 43: Ventana de gráfica de sensores  
Fuente: Autores

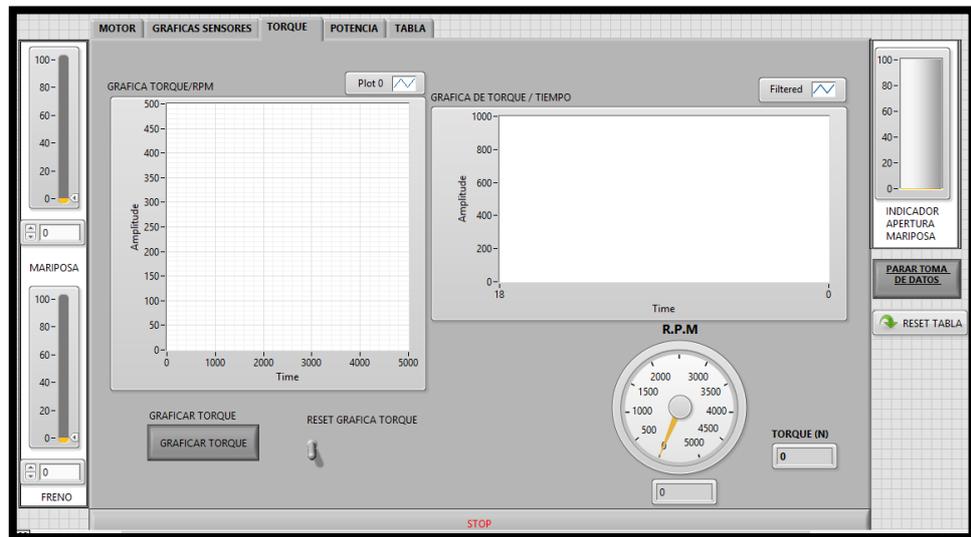


Fig. 44: Ventana de gráfica de Torque  
Fuente: Autores

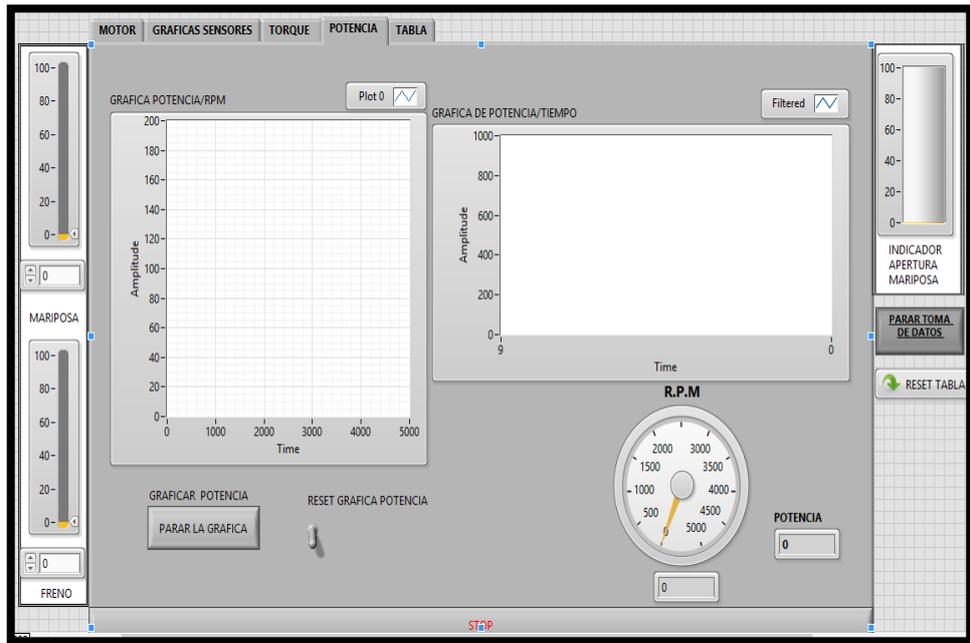


Fig. 45: Ventana de gráfica de Potencia  
Fuente: Autores

Para las gráficas de las señales de Torque y Potencia, la programación se muestra a continuación (ver Fig.: 46):

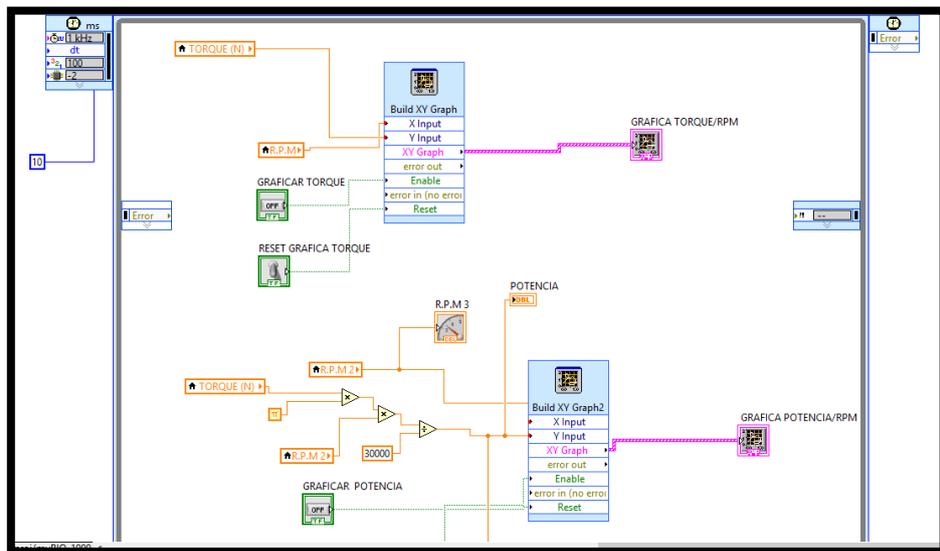


Fig. 46: Programación para mostrar las gráficas  
Fuente: Autores

En la figura se aprecian variables locales de los elementos que deseamos indicar en las gráficas, los agrupamos dentro de un *Timed Loop*, y llamamos al *Express* de grafica X,Y, que nos permite mostrar una gráfica en función de dos parámetros variables.

Para declarar una variable, hacemos *click* derecho sobre el indicador o controlador del que deseamos crear dicha variable, *Create > Local Variable* (ver Fig.: 47).

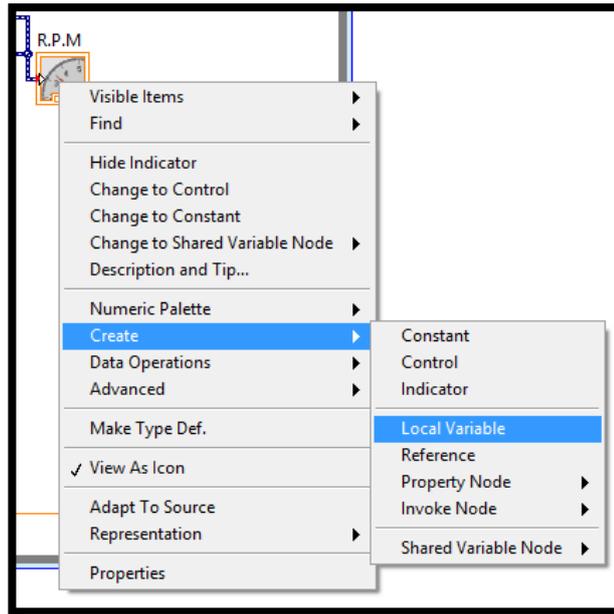


Fig. 47: Creación de una variable local  
Fuente: Autores

Para llamar el *Express* de la gráfica *X,Y*, entramos a la pantalla principal al bloque *Express > Graph Indicators > Express XY Graph* (ver Fig.: 48).

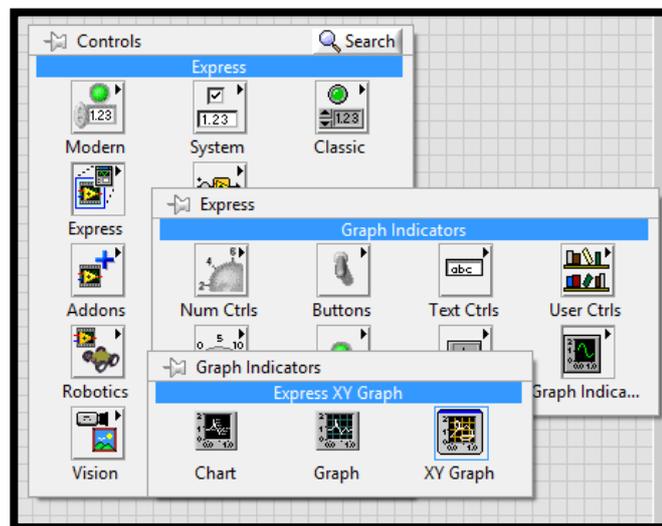
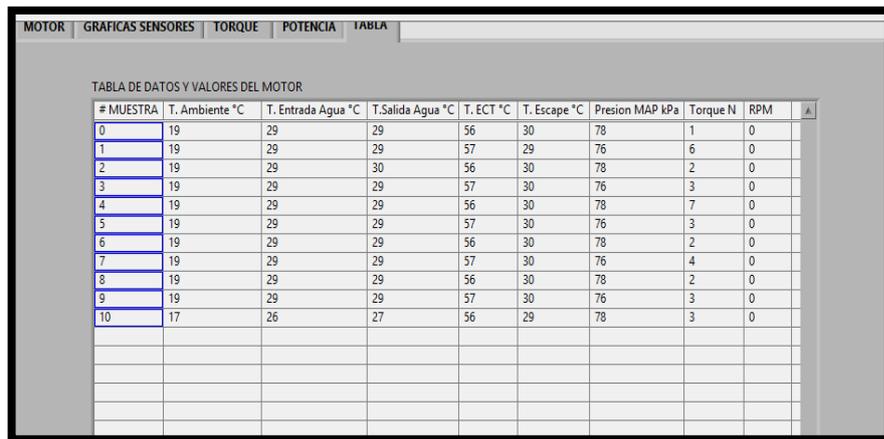


Fig. 48: Crear gráficas de dos variables  
Fuente: Autores

### 5.2.3.9. Tabla de datos

Como mejor recurso de adquisición de datos, se procede a crear un pestaña en la cual esta una tabla que contiene todas las señales de sensores en función de sus respectivos valores. Para iniciar la captura de datos, contamos con el botón de *INICIO* y de *PARADA* de datos, para comenzar con el muestreo de datos se recomienda darle un click de activación y otro de desactivación sobre el botón de *RESET TABLA* (ver Fig.: 49).



| # MUESTRA | T. Ambiente °C | T. Entrada Agua °C | T. Salida Agua °C | T. ECT °C | T. Escape °C | Presion MAP kPa | Torque N | RPM |  |
|-----------|----------------|--------------------|-------------------|-----------|--------------|-----------------|----------|-----|--|
| 0         | 19             | 29                 | 29                | 56        | 30           | 78              | 1        | 0   |  |
| 1         | 19             | 29                 | 29                | 57        | 29           | 76              | 6        | 0   |  |
| 2         | 19             | 29                 | 30                | 56        | 30           | 78              | 2        | 0   |  |
| 3         | 19             | 29                 | 29                | 57        | 30           | 76              | 3        | 0   |  |
| 4         | 19             | 29                 | 29                | 56        | 30           | 78              | 7        | 0   |  |
| 5         | 19             | 29                 | 29                | 57        | 30           | 76              | 3        | 0   |  |
| 6         | 19             | 29                 | 29                | 56        | 30           | 78              | 2        | 0   |  |
| 7         | 19             | 29                 | 29                | 57        | 30           | 76              | 4        | 0   |  |
| 8         | 19             | 29                 | 29                | 56        | 30           | 78              | 2        | 0   |  |
| 9         | 19             | 29                 | 29                | 57        | 30           | 76              | 3        | 0   |  |
| 10        | 17             | 26                 | 27                | 56        | 29           | 78              | 3        | 0   |  |

Fig. 49: Tabla para impresión de datos  
Fuente: Autores

La programación para la misma se muestra a continuación, nótese que optamos también por dividir la pantalla por bloques, para entenderlos de mejor manera (ver Fig.: 50).

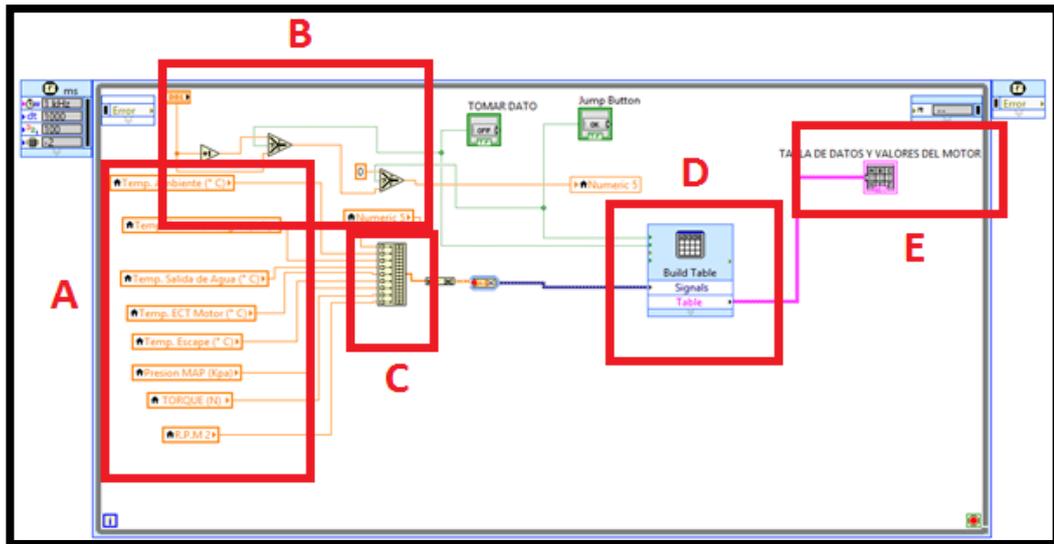


Fig. 50: Programación para la ventana de gráfica

Fuente: Autores.

- **Bloque A:** variables locales de lectura de todos los elementos que vamos a mostrar en la tabla.
- **Bloque B:** contiene un, el cual se va a encargar de contar el número de muestra que se va a tomar.
- **Bloque C:** arreglo principal para poder mostrar los datos en la tabla, estos deben seguir el orden desde arriba hacia.
- **Bloque D:** encontramos a la función *Express* de *Crear Tabla*, la cual nos simplifica la programación de crear otros arreglos para poder ingresar datos en la misma.
- **Bloque E:** tabla completa que se muestra en la pantalla principal de nuestro programa.

### 5.2.3.10. Escritura y control de datos

Para la escritura de datos y control, tanto de la mariposa de aceleración, como del freno magnético, creamos en la pantalla principal dos controles de tipo de barra vertical.

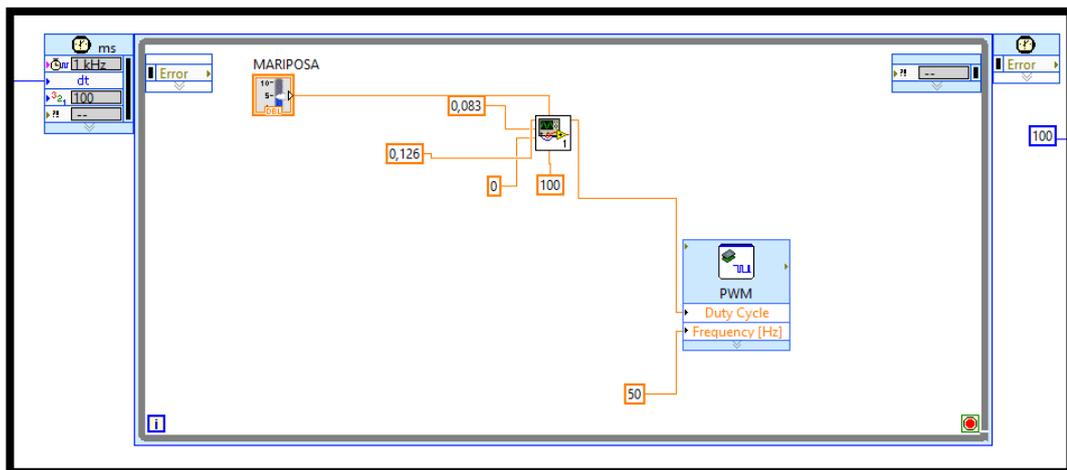
El control de la mariposa se realiza variando el *Duty Cycle* o ancho de pulso, el cual es enviado hacia un servomotor que se encargara del girar la mariposa de aceleración.

El control del freno magnético se consigue con la variación de salida de voltaje que varía desde los 0.5v, que corresponde al 0% del freno, hasta los 4.5v, que corresponde al 100% del freno.

- **Control de la Mariposa:** Para el control de la mariposa, previamente se realizó el cambio del cuerpo de aceleración original, por un cuerpo de aceleración (*ver Fig.: 52*) donde se le colocó un servomotor para el control de giro de la mariposa.

Este control, la escritura de datos la hemos hecho por el pin PWM del bloque C de la myRio, donde establecemos una señal digital a frecuencia de 50Hz con un ciclo *Duty Cycle* que varía desde 0.083 hasta 0.126, el cual está representado en la barra de control desde el 0% hasta el 100% correspondientemente.

- **Señal PWM:** la programación de la Salida PWM y su respectivo control lo mostraremos en la siguiente gráfica (*ver Fig.: 51*).



*Fig. 51: Programación del Duty Cycle para controlar el PWM*  
*Fuente: Autores*

El cuerpo de aceleración varía de posición en función al giro del servomotor incorporado en el mismo (*ver Fig.: 52*).



Fig. 52: servo motor del cuerpo de aceleración  
Fuente: Autores

- **Control del freno:** se envía una señal variable de 0v a 5v hacia un controlador que posee el banco (ver Fig.: 53), esto para lograr frenar al motor con el fin de realizar un desplazamiento de un eje acoplado en el freno (ver Fig.: 54) para realizar la deformación de la celda de carga que envía datos de regreso hacia la myRio, los cuales son analizados ya en el software.

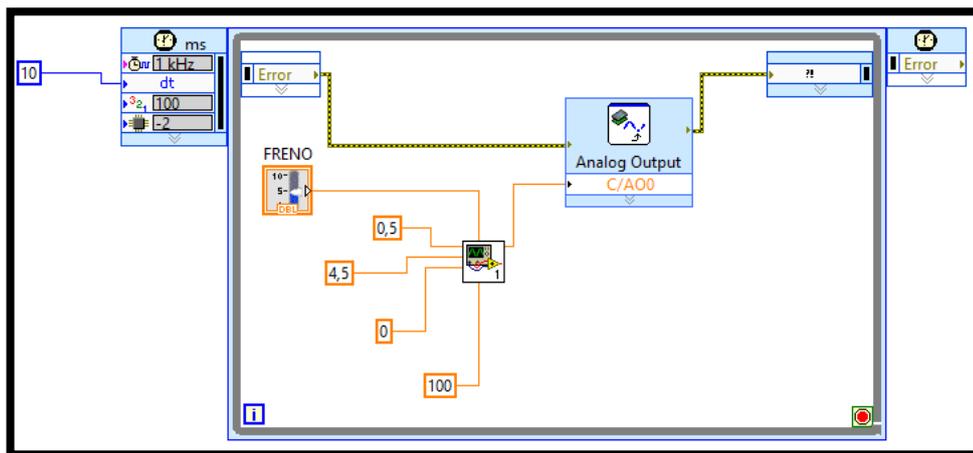


Fig. 53: Señal de 0v a 5v, para control de freno dinamométrico  
Fuente: Autores



*Fig. 54 Freno dinamométrico y su respectivo eje de acoplamiento  
Fuente: Autores*

### 5.3. AMPLIACIÓN EN EL ALCANCE DE TOMA DE MUESTRAS DEL BANCO DINAMOMÉTRICO ARMFIELD CM11

Para alcanzar un mayor análisis del funcionamiento del motor, y un mayor alcance en los futuros estudios realizados en el banco dinamométrico, hemos tomado la decisión de reemplazar ciertos componentes tanto del motor Volkswagen como del banco en sí, los cuales detallamos a continuación.

#### 5.3.1. Modulo electrónico (ECU) original del banco

Al inspeccionar la ECU original del banco, notamos que la misma no envía señales para activación y control de los sistemas de inyección e ignición, por lo que se realiza las pruebas sobre el sensor responsable de emitir tales señales (sensor CKP) a la ECU (*ver Tabla 6*):

*Tabla 6: Pruebas de funcionamiento del sensor CKP*

| Pruebas CKP                  | Resultados   |
|------------------------------|--|
| Alimentación sensor          | 5 v  |
| Masa sensor                  | Si   |
| Señal sensor (motor girando) |  |

Al realizar las pruebas directamente sobre el socket del sensor CKP, se nota que el mismo trabaja de manera correcta, por lo que se procede a inspeccionar los pines de la ECU, la alimentación y una lectura del resto de sensores mediante un scanner automotriz, esto para verificar el funcionamiento de la misma, obteniendo los siguientes resultados (*ver Fig.: 55*):

| 1.2 CURRENT DATA |      |      |      |
|------------------|------|------|------|
| START SIGNAL     | OFF  |      |      |
| AIR COND SIG.    | OFF  |      |      |
| BRAKE SW         | OFF  |      |      |
| CKPS-RPM (DC)    | 757  | rpm  |      |
| COOLANT TEMP/S   | 23   | °C   |      |
| WHL SPEED SE     | 0    | MPH  |      |
| FUEL TEMP SEN    | 19   | °C   |      |
| ACCEL POS SEN    | 0.76 | V    |      |
| FIX              | SCRN | FULL | GRPH |

Fig. 55: Datos obtenidos con el scanner automotriz  
Fuente: Autores

La ECU está trabajando normalmente, el problema que impide el funcionamiento de los sistemas de inyección e ignición, se centra en el inmovilizador de la ECU (ver Fig.:56), el cual se encuentra activado, y al no tener a mano el chip para desactivar el inmovilizador, ni tener los códigos VIN para la desactivación del inmovilizador mediante Scanner, debido a que es un banco netamente didáctico, se realiza el cambio de la ECU original del banco, por el sistema reprogramable Haltech Platinum Sport 1000.



Fig. 56: Inmovilizador Volkswagen  
Fuente: Autores

### 5.3.2. Implementación del Sistema Reprogramable Haltech Platinum Sport 100

Para la instalación del sistema reprogramable en el motor del banco dinamométrico, consideramos el uso de la computadora Haltech Platinum Sport 1000, por su rápida y cómoda programación, además de contar con su software de instalación para el ordenador, de manera libre en su sitio web oficial, necesario para la configuración del sistema de encendido e inyección del motor a combustión. Consiguiendo así la posibilidad de realizar análisis futuros controlando a conveniencia propia los mapas de ignición e inyección, la variación del avance al encendido, entre otros parámetros que inciden en el funcionamiento del motor.

La ventaja de usar estos sistemas, es que cuentan con la posibilidad de ser adaptadas a cualquier tipo de motor, siempre y cuando sepamos las características principales del mismo, como: rueda fónica tanto del cigüeñal como del árbol de levas, tipo de bobinas de ignición, tipo de sistema de inyección, ángulos de avance al encendido, entre otros necesarios para la puesta en funcionamiento del motor que detallaremos a medida que avancemos con el desarrollo del proyecto.

El sistema Haltech controla el funcionamiento del motor a través de la inyección de combustible, el cual varía de acuerdo a la información que recibe la computadora desde el sensor TPS y el sensor CKP, que son las dos principales señales para mantener el funcionamiento del motor a cualquier régimen.

### 5.3.3. Características Del Sistema Haltech Platinum Sport 1000

Se presentan las características en la *Tabla 7*.

*Tabla 7: Características del Sistema Reprogramable*

|                      |   |
|----------------------|---|
| Adaptación           | Motores alternativos de 1 hasta 8 cilindros                         |
| Alimentación         | 8.5 – 16.5 voltios  |
| Aplicación           | Motores modificados / conversión de carburación a inyección / Rally |
| Inyección            | Semisecuencia / Multipunto  |
| Revoluciones máximas | 16000 rpm   |
| Señal de disparo     | Sensor óptico / Sensor hall / Sensor magnético                      |

### 5.3.4. Conexiones eléctricas del Banco Dinamométrico Armfield Volkswagen CM11

Previo al cableado e instalación eléctrica para el sistema Haltech, realizamos un análisis sobre la regleta distribuidora de voltajes, para saber cuáles son los valores de cada uno de los pines (*ver Tabla 8*), y cuáles serán los que utilizaremos para alimentar nuestros equipos a instalar.

*Tabla 8: Diagrama de pines de la regleta eléctrica Armfield*

| Pin / Lectura |          | Pin / Lectura |         | Pin / Lectura |        |
|---------------|----------|---------------|---------|---------------|--------|
| <i>E</i>      | Masa     | <i>16</i>     | 11.65 v | <i>24</i>     | 22.8 v |
| <i>0</i>      | Masa     | <i>17</i>     | 11.65 v | <i>26</i>     | 5.03 v |
| <i>5</i>      | 5.04 v   | <i>18</i>     | 11.59 v | <i>E</i>      | Masa   |
| <i>12</i>     | 11.68 v  | <i>19</i>     | Masa    | ---           | -----  |
| <i>13</i>     | -11.65 v | <i>23</i>     | 22.81 v | ---           | -----  |

De la regleta usamos principalmente los voltajes para alimentación de equipos que consumen corriente como el servomotor del cuerpo de aceleración; y equipos que necesitan voltajes de alimentación más elevados (24v) como son: la celda de carga y los amplificadores de la celda y de la termocupla de los gases de escape.

Con los pines ya identificados, seleccionamos cuales vamos usar para alimentar los equipos que se adaptaran al banco (*ver Tabla 9*).

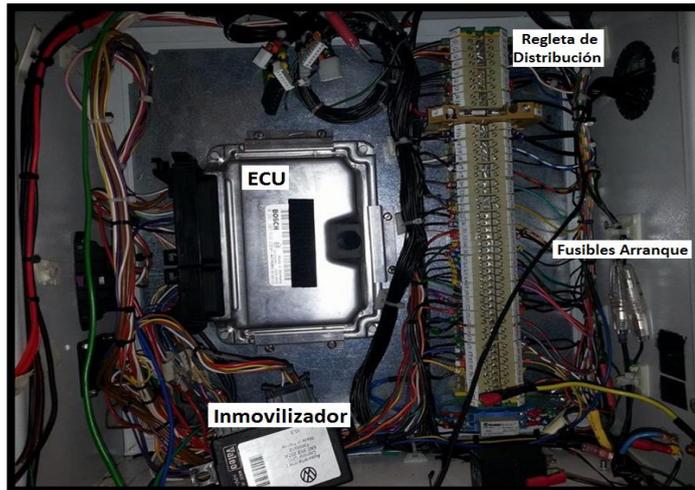
*Tabla 9: Identificación de pines para los nuevos equipos*

| Pin / Equipo |                        | Pin / Equipo |  |
|--------------|------------------------|--------------|--|
| <i>E</i>     | Masa                   | <i>18</i>    | Alimentación de la ECU ( <i>anexo A2</i> )                             |
| <i>0</i>     | Masa                   | <i>19</i>    | Masa   |
| <i>5</i>     | Alimentación del servo | <i>23</i>    | Alimentación del amplificador de termocupla ( <i>anexo A5</i> )        |
| <i>17</i>    | Carga batería          | <i>24</i>    | Alimentación de celda y amplificador de carga ( <i>anexos A3, A4</i> ) |

### 5.3.5. Conexión del arnés del sistema Haltech a sensores y actuadores del banco dinamométrico

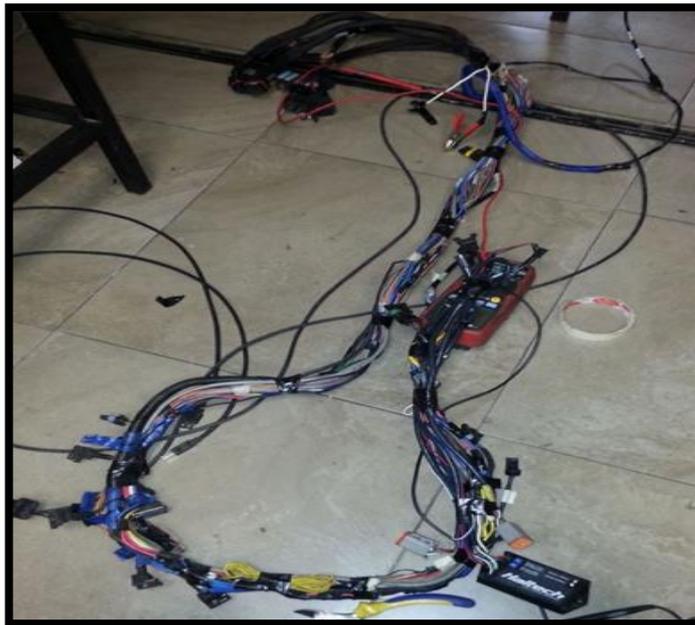
Para esto, primeramente retiramos la ECU original y su respectivo cableado (*ver Fig.: 57*), dejando así el espacio disponible para los nuevos equipos en los gabinetes y el

nuevo arnés que se conectara a un par de sockets propios del banco, donde se comunican con todos los sensores y actuadores del motor a combustión.

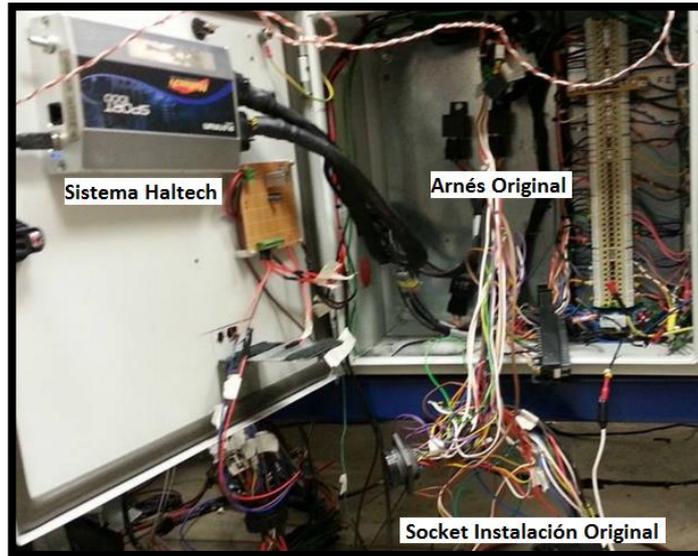


*Fig. 57: ECU y conexiones originales del banco*  
*Fuente: Autores.*

Se monta el sistema Haltech en un lugar seguro y libre de aplastamiento, y con el suficiente espacio para la conexión del arnés eléctrico (ver Fig.: 58) y del cable de interfaz USB para la comunicación con el software ECU Manager 1.13 (ver Fig.: 59).



*Fig. 58: Arnés eléctrico de Haltech*  
*Fuente: Autores*



*Fig. 59: Reemplazo del arnés y la ECU original  
Fuente: Autores*

Siguiendo con el montaje del sistema reprogramable en el banco, realizamos la conexión del arnés a cada uno de los sensores y actuadores (*ver Fig.: 60*).



*Fig. 60: conexión de sensores y actuadores del motor  
Fuente: Autores*

Posteriormente se ubican los relés de activación para los circuitos de ignición, inyección, bomba de combustible, y alimentación de la ECU (*ver Fig.: 61*).



Fig. 61: Grupo de relé de la ECU Haltech  
Fuente: Autores.

Finalmente damos por montado el sistema reprogramable con la ubicación de la celda de calibración del sensor de oxígeno (ver Fig.: 62) junto al tablero de control del banco, y la caja de fusibles del arnés eléctrico (ver Fig.: 63) a un costado del gabinete electrónico.



Fig. 62: Calibrador de Lambda  
Fuente: Autores



Fig. 63: Grupo de Fusibles Haltech  
Fuente: Autores

### 5.3.6. Programación del Sistema Haltech Platinum Sport 1000

Antes de proceder a la programación del sistema, debemos realizar dos acciones, primero instalamos el software de la ECU, el cual se puede encontrar en el sitio web oficial de Haltech; y segundo, debemos contar con los datos básicos del motor que inciden en el funcionamiento del mismo, los cuales adjuntamos a continuación (*ver Tabla 10*):

Tabla 10: Características del motor

| Elemento / Sistema                     | Valor / dato / Tipo                                    |
|--|--|
| Angulo de disparo                      | 180°   |
| Ignición                               | Semisecuencia por pérdida de chispa                    |
| Inyección                              | Semisecuencia Bosch Motronic™ MP9.0                    |
| Inyectores                             | Activación de modo Falling                             |
| Posición del sensor CKP                | 13 dientes antes de la marca del punto muerto superior |
| Rueda fónica del árbol de levas        | Rueda de 4 dientes, 2 grandes y 2 pequeños             |
| Rueda fónica del cigüeñal              | 60 – 2 dientes   |
| Señal de disparo de chispa             | Falling  |
| Tiempo de carga de las bobinas (Dwell) | 5 ms   |

Una vez que se ha conseguido los datos técnicos del motor, enlazamos la ECU a una fuente de 12v (batería del banco), controlando la misma mediante el switch de encendido del banco.

Descargamos e instalamos el software *ECU Manager 1.13* disponible en *Haltech.com* (ver Fig.: 64).



Fig. 64: Ícono de software de Haltech  
Fuente: Autores

Abrimos el programa para realizar la comunicación entre la ECU y el software, y se visualiza la siguiente imagen (ver Fig.: 65):



Fig. 65: Pantalla de inicio Haltech  
Fuente: Autores.

El software no reconoce inmediatamente a la ECU sino hasta que se realiza la comunicación presionando la tecla “f5”, con lo cual muestra el proceso de conexión entre la ECU y el software.

### 5.3.6.1. Configuración Base

Una vez realizada la comunicación entre la ECU y el software, nos muestra la pantalla de monitoreo del estado del motor Volkswagen, donde se pueden observar datos como: rpm, carga, presión en el colector, ángulo de la mariposa de aceleración, temperatura del motor, temperatura del ambiente, entre otros.

Para a programación básica de la ECU (ver Fig.: 66), entramos al menú: *Configuración/Configuración Principal (f4)*.

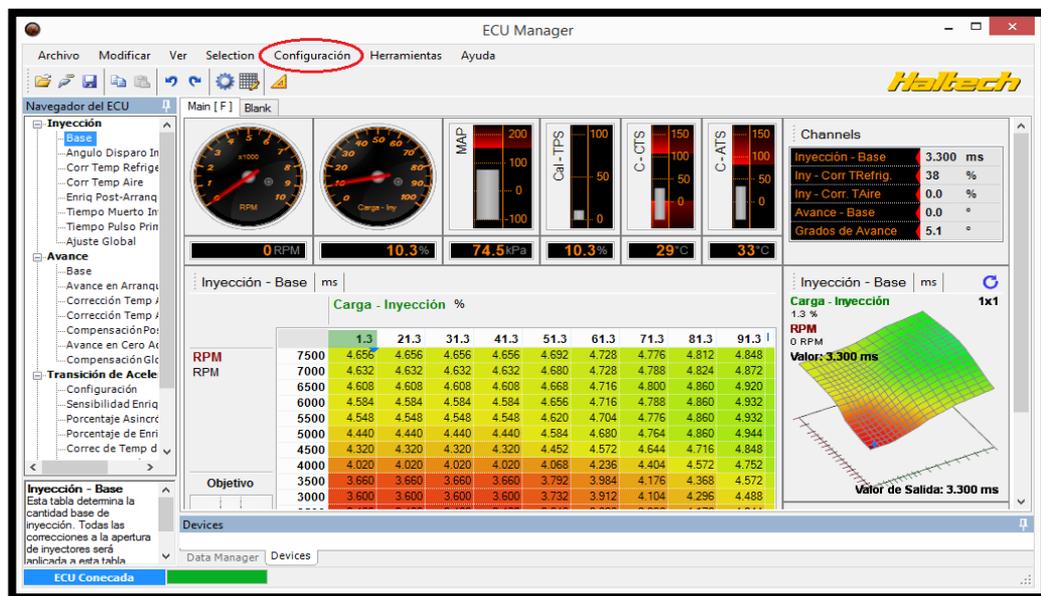


Fig. 66: Entrar a Programación Base  
Fuente: Autores

El programa nos muestra la ventana básica de configuración de la ECU para la realización de los cálculos dentro de la misma para el encendido y funcionamiento del motor, de acuerdo a parámetros técnicos del mismo.

Dentro de la programación básica tenemos los siguientes sub menús:

## a) Principal

Nos pide la información del motor (*ver Fig.: 67*).

- **Método de programación:** nos da las opciones mediante tiempo de inyección o eficiencia volumétrica.

Elegimos “Tiempo de inyección”, ya que con eficiencia volumétrica, la inyección se controla en función al sensor TPS o MAP, mientras que en tiempo de inyección, la misma es controlada por la ECU directamente en base a un mapa de inyección.

- **Tipo de Motor:** nos da las opciones de pistón o rotativo, en nuestro caso, es un motor de “Pistón”.
- **No. Cilindros:** nos da la opción desde 1 pistón hasta 8 pistones, nuestro motor posee “4” pistones.
- **Fuente Carga Inyección:** seleccionamos sensor “TPS”, debido a que resulta mucho más rápido la estabilización de la inyección.
- **Fuente Carga Avance:** nos da las mismas opciones anteriores, y seleccionamos “TPS”, por la misma razón de facilidad de estabilización.
- **Fuente MAP:** seleccionamos “Externo”, puesto que estamos usando el sensor MAP del motor y no el que lleva internamente la ECU.
- **RPM Arranque Max:** colocamos 380 rpm
- **RPM Max Indicador:** colocamos 10000 rpm
- **Orden de disparo:** seleccionamos un orden 1 – 3 – 4 – 2

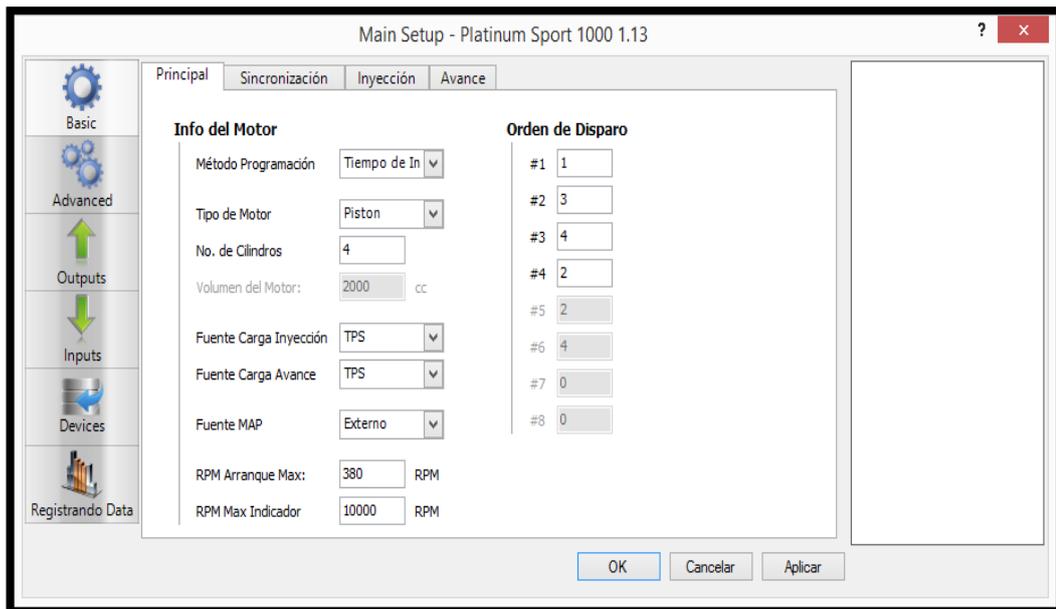


Fig. 67: Configuración principal  
Fuente: autores

## b) Sincronización

En este apartado, configuramos los datos mecánicos para la correcta sincronización entre los tiempos de inyección, ignición, y posición del tren alternativo del motor (ver Fig.: 68).

- **Tipo de referencia:** se refiere al tipo de inyección, nuestro motor tiene inyección del tipo “Motronic 60-2”.
- **Angulo de Ref.:** es el ángulo entre el sensor de referencia y el punto muerto superior PMS del pistón, en nuestro caso es 180°.
- **Dientes de Comp.:** es el número de dientes entre el diente de referencia y la señal de sincronización, en nuestro caso es 13 dientes.
- **Señal Ref.:** nos da las opciones Ascendente y decreciente, con la ayuda del osciloscopio, verificamos que nuestra señal de referencia es de tipo “Ascendente”.
- **Tipo Sensor Ref.:** nos da las opciones efecto hall o reluctor, nuestro caso el sensor CKP es del tipo “Hall”.

- **Resis. Int. de Ref.:** nos da las opciones Activado y Desactivado, por defecto se selecciona “Activado”.
- **Nivel de filtro Ref.:** por defecto, se selecciona “Ninguno”.
- **Nivel de filtro Sic.:** igualmente, por defecto, se selecciona “Ninguno”.

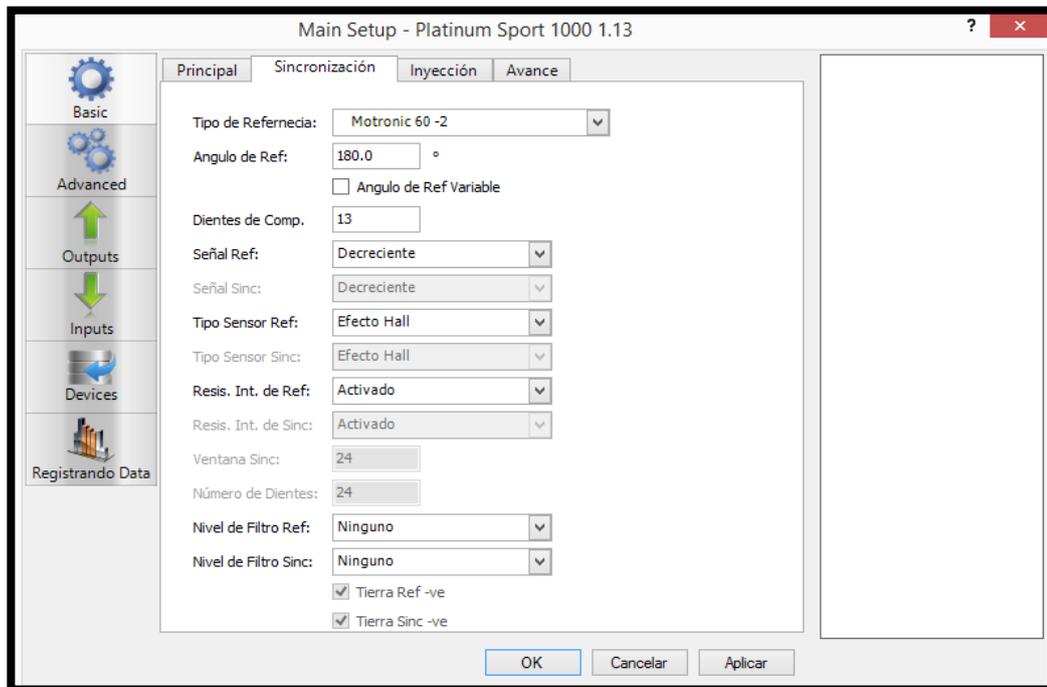


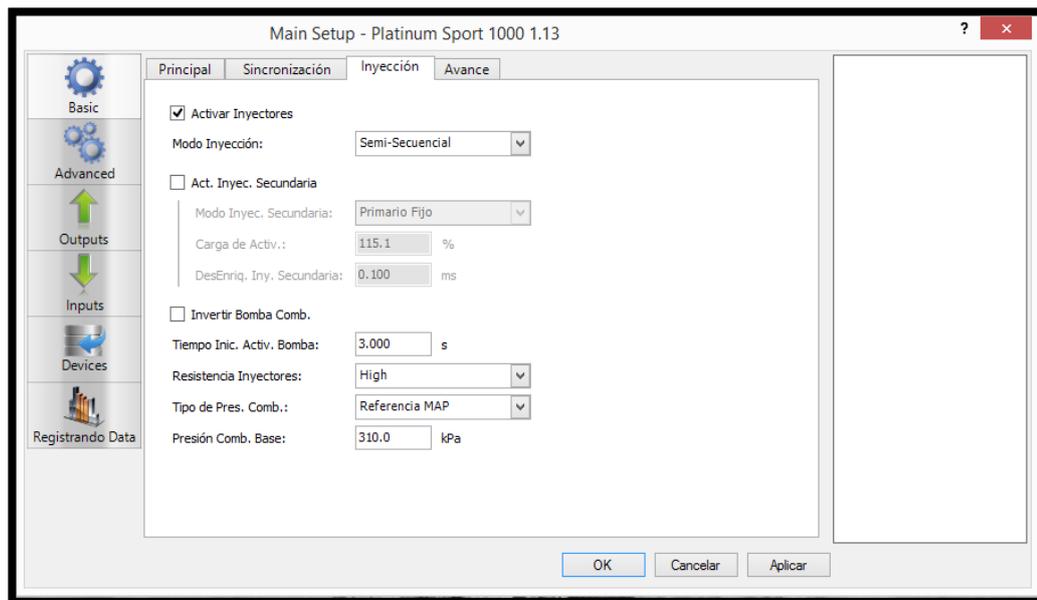
Fig. 68: Configuración de la Sincronización  
Fuente: Autores

### c) Inyección

Colocamos los datos mecánicos de los elementos que pertenecen al sistema de inyección (ver Fig.: 69).

- **Activar Inyectores:** seleccionamos activar.
- **Modo de inyección:** en este caso, para nuestro motor, seleccionamos “Inyección Semisecuencial”.
- **Tiempo Inic. Activ. Bomba:** indica el tiempo en el que la bomba de combustible queda encendida cuando se acciona el switch de encendido del banco, colocamos 3.0 segundos.

- **Resistencia Inyectores:** nos da las opciones “1-3 ohms”, “3-8 ohms” y “high”, en nuestro caso, la resistencia del inyector es de 14.5 ohms, por lo que seleccionamos en el menú la opción “High”.
- **Tipo de Pres. Comb.:** seleccionamos “Referencia MAP”, a razón de que deseamos que la presión del combustible varíe proporcional a la presión del colector.
- **Presión Comb. Base:** colocamos 300 KPa



*Fig. 69: Configuración de la Inyección  
Fuente: Autores*

#### d) Avance

Colocamos los datos del sistema de ignición (ver Fig.: 70).

- **Modo de Chispa:** seleccionamos “Chispa Perdida”, ya que tenemos un sistema de ignición Semisecuencial por pérdida de chispa.
- **Señal de chispa:** seleccionamos “Decreciente” ya que con la ayuda del osciloscopio, notamos que la señal de la bobina se activa al momento de aterrizar la señal a cero voltios.
- **Tiempo de Carga:** es el tiempo utilizado para la carga de la bobina, colocamos 3.0 ms.

- **Avance Fijo:** seleccionamos “Desactivado”.

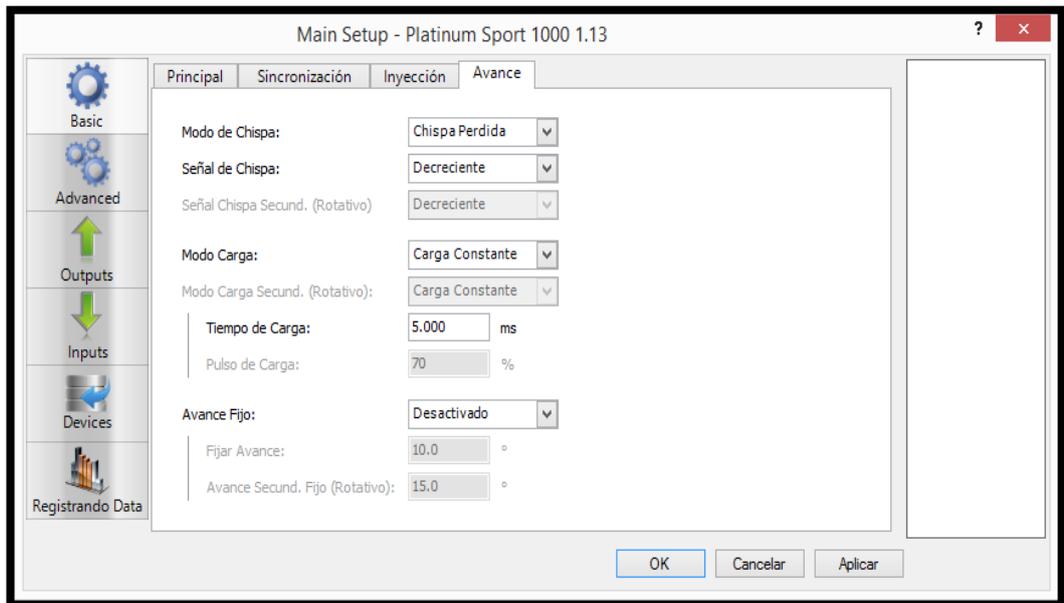


Fig. 70: Configuración del Avance  
Fuente: Autores

### 5.3.6.2. Configuración Avanzada

Dentro de esta programación, seleccionaremos y detallaremos las más importantes para el funcionamiento de nuestro motor (ver Fig.: 71).

#### a) Principal

- **Funciones**
  - **Limitador RPM:** Seleccionamos esta opción, para evitar revoluciones excesivas en el motor, protegiendo así el mismo de un fenómeno conocido como “desembocar el motor”.
  - **Mejora Aceleración Transitoria:** mejora la respuesta del motor cuando hay movimientos bruscos de la mariposa del cuerpo de aceleración.

- **Correcciones Avance**
  - **Tabla Post Arranq.:** activa una tabla 2D que permite aumentar o disminuir el avance sobre un eje de tiempo, mejora el arranque y ralentí.
  - **Tabla Corr. Por Temp. Aire:** retarda o avanza el tiempo de chispa en función a la temperatura, permitiendo así evitar la detonación por aumento de temperatura en el colector.
  - **Tabla Corr. Por Temp. Refrig.:** al igual que la opción anterior, esta tabla permite realizar el retardo o avance del tiempo de chispa en función a la temperatura del refrigerante del motor.
  - **Tabla Cero Acel.:** permite activar una tabla de avance para cuando la mariposa del acelerador está cerrada.
  
- **Correcciones Inyección**
  - **Tabla Post Arrnq.:** activa una tabla que permite el enriquecimiento para cuando el motor esta frío.
  - **Tabla Corr. Por Temp. Aire:** permite aumentar o disminuir un porcentaje de la tabla de inyección base en función de la temperatura del aire en el colector.
  - **Tabla Corr. Por Temp. Refrig.:** al igual que la opción anterior, esta tabla permite realizar un aumento o disminución de un porcentaje de la inyección base en función a la temperatura del refrigerante del motor.
  - **Tabla Inyec. Inicial:** activa una tabla que nos permite controlar el tiempo de apertura del inyector en base a la temperatura del motor; en frío requieren mayor cantidad de combustible, mientras que al aumentar la temperatura, se reduce el tiempo de apertura del inyector.
  - **Tabla Tiempo Muerto Inyect.:** activa la tabla para la corrección de inyección cuando el inyector está en tiempo de latencia, que es el tiempo que tarde en abrir el inyector (0.5 – 1.3 ms).

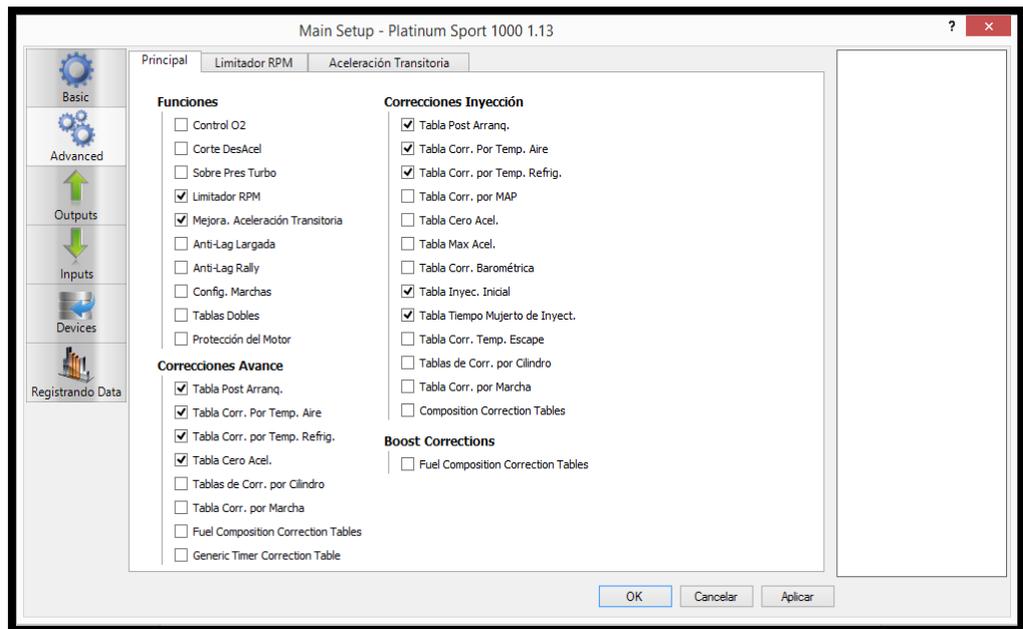


Fig. 71: Configuración Avanzada Principal  
Fuente: Autores

## b) Limitador RPM

En este apartado se programa el corte de inyección en el motor para evitar el desbocamiento del mismo (ver Fig.: 72).

- **Tipo de Límite:** seleccionamos la opción “Combustible”, que hace que permite cortar la inyección del combustible cuando el motor sobre pasa un límite de revoluciones.
- **Tipo de Corte:** seleccionamos la opción “Duro”, que hace que el corte se realice de manera inmediata.

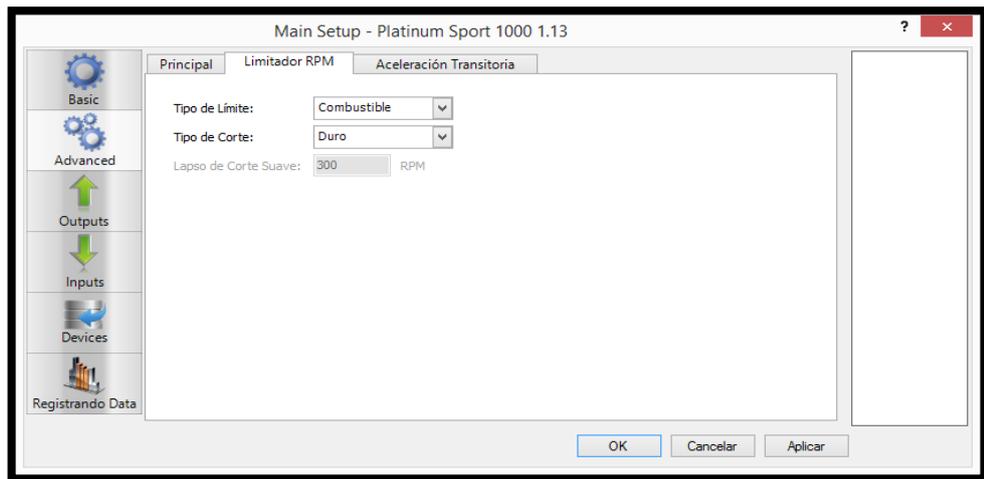
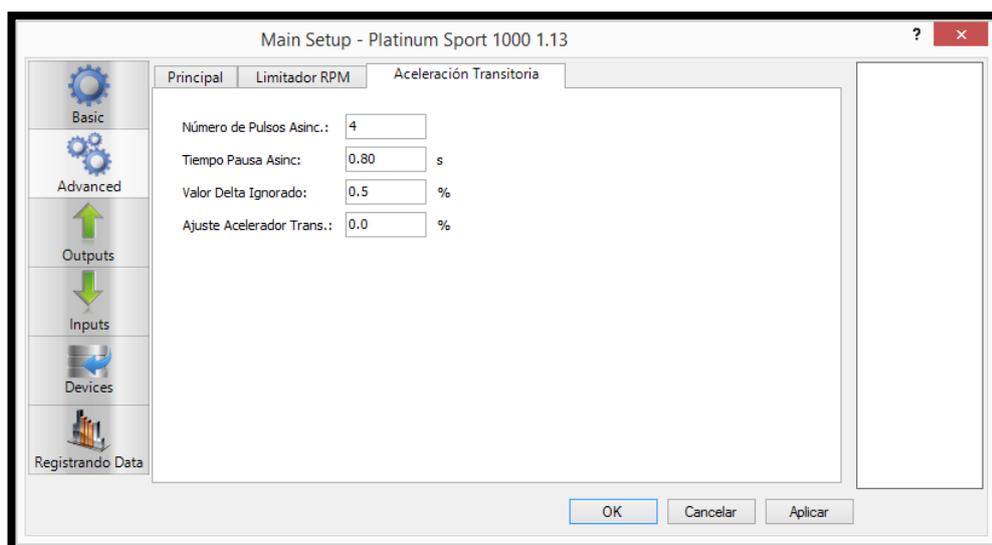


Fig. 72: Configuración del Limitador de RPM  
Fuente: Autores

### c) Aceleración Transitoria

Hace referencia al sistema de inyección de combustible, para lograr una aceleración progresiva (ver Fig.: 73)

- **Numero de Pulsos Asinc.:** es el número de pulsos que puede dar un inyector en un evento de enriquecimiento, colocamos 4 pulsos.
- **Tiempo Pausa Asinc.:** esto evita enriquecimientos excesivos cuando se mueve el acelerador repetidas veces, por defecto se recomienda 0.80 ms.
- **Valor Delta Ignorado:** evita el enriquecimiento a una velocidad de cambio del acelerador, que en nuestro caso elegimos de 0.5%.
- **Ajuste Acelerador Trans.:** modifica el enriquecimiento de la inyección, por defecto colocamos 0.0%.



*Fig. 73: Configuración de Aceleración Transitoria  
Fuente: Autores*

### 5.3.6.3. Configuración Outputs

La programación de los Outputs (Salidas) la realizamos para activar el tacómetro (Tacho), el cual será programado en LabVIEW para poder contabilizar el número de revoluciones por minuto del motor. Esta ventana nos presenta un gran número de funciones, pero activaremos solo lo necesario, que sería el DPO1.

#### a) Principal

Nos muestra un gran número de canales de salida, a los cuales se les puede configurar a cada uno para una sola función (*ver Fig.: 74*).

- **DPO1:** luego de activar esta salida, seleccionamos Tacho (tacómetro), para así obtener en este pin una salida digital proporcionada por la rueda fónica del motor, la cual nos facilitara el conteo de rpm del motor.

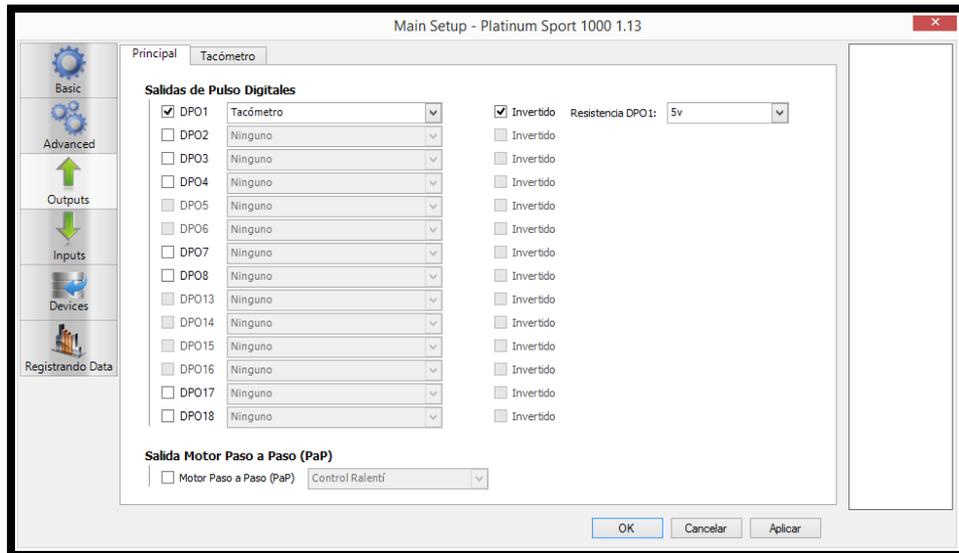


Fig. 74: Selección del Tacómetro  
Fuente: Autores

Seguidamente pasamos a la siguiente pestaña “Tacho” y encontramos las siguientes configuraciones (ver Fig.: 75):

- **Pulso %:** colocamos 50%, es el pulso para controlar el Tacho.
- **DUTY CICLE:** pulsos por ciclo, colocamos “60”

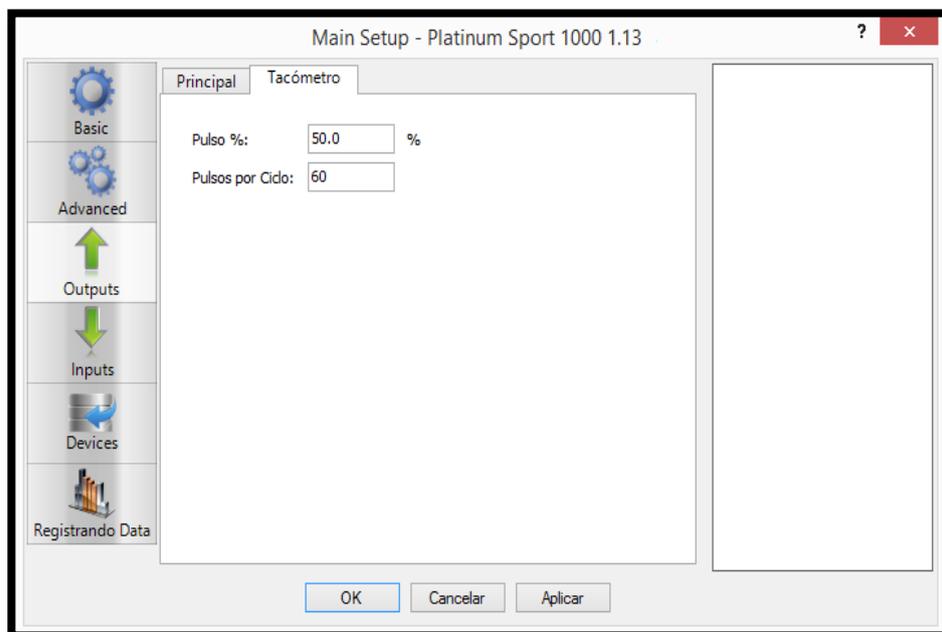


Fig. 75: Configuración del Duty Cycle  
Fuente: Autores

## 5.4. PRUEBAS REALIZADAS EN BASE A DIFERENTES CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR, PARA LA VALIDACIÓN DEL BANCO DINAMOMÉTRICO

### 5.4.1. Obtención de medidas mediante software del Sistema Haltech

#### 5.4.1.1. Motor apagado

Se muestran los valores obtenidos en el software de la ECU Haltech (*ver fig.: 76*) sin encender el motor (*ver Tabla 11*), y a temperatura normal de funcionamiento.

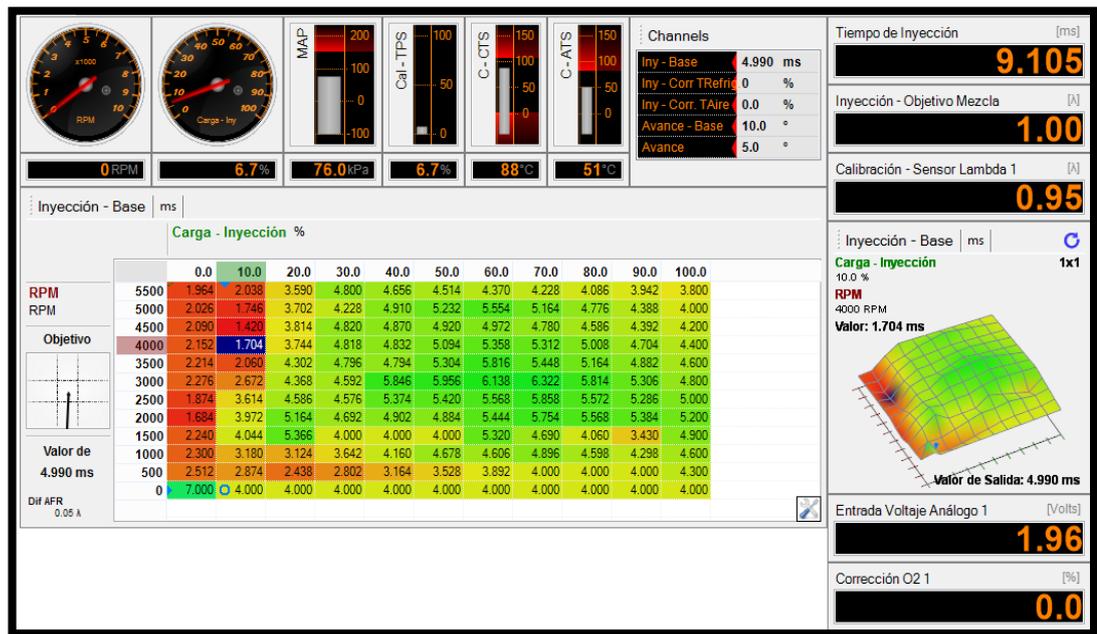


Fig. 76: Datos obtenidos de la ECU Haltech a 0 rpm  
Fuente: Autores

Tabla 11: Datos obtenidos el con motor apagado

| Parámetro | ECU Manager 1.13 |
|-----------|------------------|
| RPM       | 0                |
| MAP       | -76 Kg           |
| TPS       | 6.7 %            |
| ECT       | 88 °C            |
| IAT       | 51 °C            |

### 5.4.1.2. Valores obtenidos con el motor a ralentí

Se muestran los valores obtenidos en el software de la ECU Haltech (ver Fig.: 77) con el motor a ralentí (ver Tabla 12).

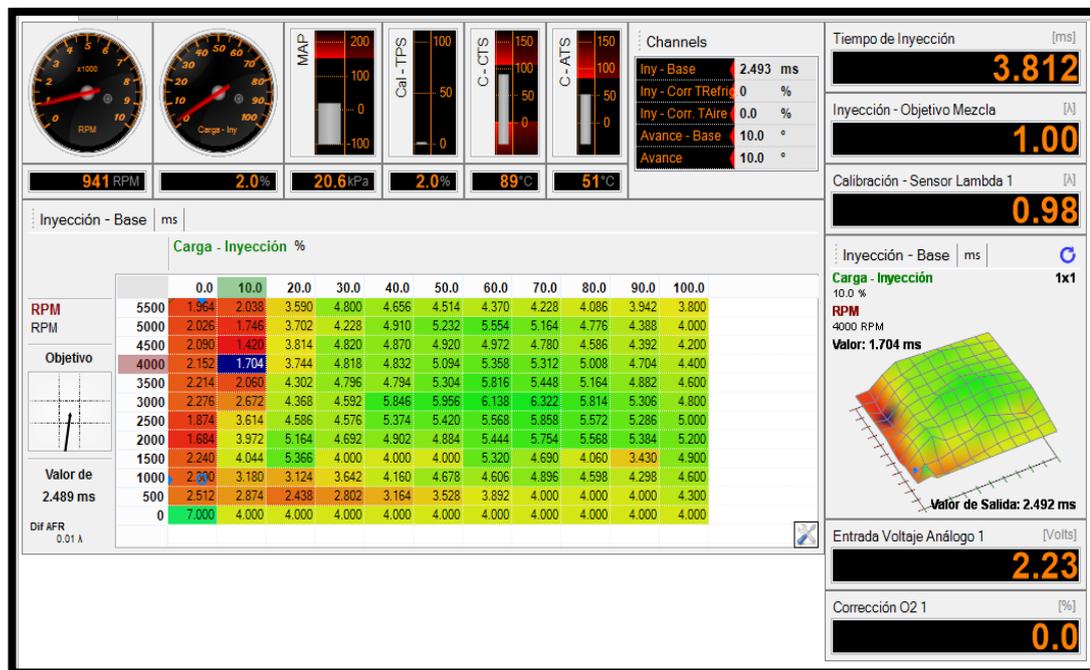


Fig. 77: Datos obtenidos de la ECU Haltech a ralentí  
Fuente: Autores

Tabla 12: Datos obtenidos con el motor a ralentí

| Parámetro | ECU Manager 1.13 |
|-----------|------------------|
| RPM       | 941              |
| MAP       | -20.6 KPa        |
| TPS       | 2 %              |
| ECT       | 89 °C            |
| IAT       | 51 °C            |

### 5.4.1.3. Valores obtenidos con el motor a 2000 rpm

Se muestran los valores obtenidos en el software de la ECU Haltech (ver Fig.: 78) con el motor a 2000 rpm (ver Tabla 13).

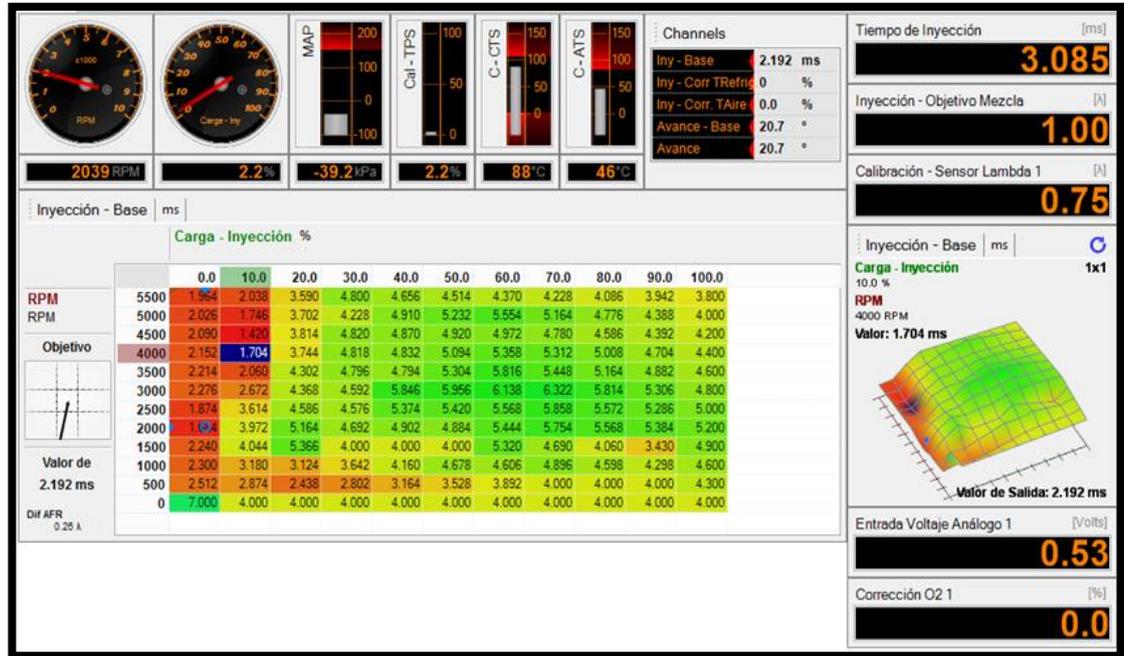


Fig. 78: Datos obtenidos de la ECU Haltech a 2000 rpm  
Fuente: Autores

Tabla 13: Datos obtenidos con el motor a 2000 rpm

| Parámetro | ECU Manager 1.13 |
|-----------|------------------|
| RPM       | 2039             |
| MAP       | -39.2 KPa        |
| TPS       | 2.2 %            |
| ECT       | 88 °C            |
| IAT       | 46 °C            |

### 5.4.1.4. Valores obtenidos con el motor a 4000 rpm

Se muestran los valores obtenidos en el software de la ECU Haltech (ver Fig.: 78) con el motor a 4000 rpm (ver Tabla 14).

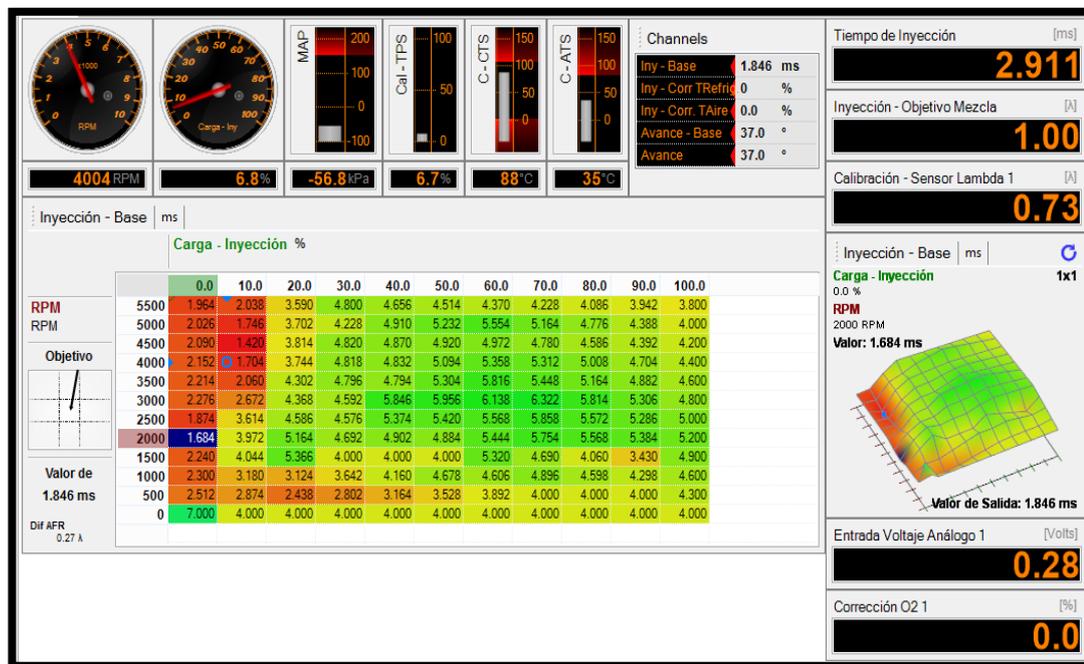


Fig. 79: Datos obtenidos de la ECU Haltech a 4000 rpm

Tabla 14: Datos obtenidos con el motor a 4000 rpm

| Parámetro | ECU Manager 1.13 |
|-----------|------------------|
| RPM       | 4004             |
| MAP       | -56.8 KPa        |
| TPS       | 6.7 %            |
| ECT       | 88 °C            |
| IAT       | 35 °C            |

## 5.5. VALIDACIÓN DE LOS VALORES OBTENIDOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.

Se aplica la Metodología Experimental para la validación de las mediciones obtenidas mediante el software del Banco programado con LabVIEW, y comprándolo con las mediciones proporcionadas por ECU Manager 1.13 del sistema reprogramable Haltech.

Cabe recalcar que las variables controladas, son las variables de entrada, las cuales son las mismas para los dos casos (software ECU Manager 1.13 y software LabVIEW), mientras que las variables de salida, deberán ser comparadas entre sí, para verificar la fiabilidad del software programado en LabVIEW. Las variables a analizar, se describen a continuación:

### 5.5.1. Variables de entrada

Son las alimentaciones y señales de voltaje para el funcionamiento de sensores y actuadores del banco (*ver Tabla 15*).

*Tabla 15: Datos de las variables de entrada*

| <b>Entrada</b>  | <b>Función</b>  |
|---|---|
| Fuente de 24v / pin 23 de la regleta de distribución. | Alimentación del amplificador de la termocupla del escape.          |
| Fuente de 24v / pin 24 de la regleta de distribución. | Alimentación de celda de torque y su respectivo amplificador.       |
| Fuente de 12v / pin 18 de la regleta de distribución. | Alimentación del Sistema Reprogramable Haltech.                     |
| Fuente de 5v / pin 5 de la regleta de distribución.   | Alimentación del servomotor en el cuerpo de aceleración.            |
| Fuente de 5v / pin 20 MyRio bloque "C".               | Alimentación de sensores de temperatura de intercambiador de calor. |
| Señal PWM / pin 14 MyRio bloque "C".                  | Señal de activación para servomotor.                                |
| Fuente de 5v / pin 9, socket ECU Haltech de 34 pines. | Alimentación de sensores ECT, IAT, MAP, CKP,                        |

### 5.5.2. Variables de salida

Son las señales proporcionadas por los sensores, las cuales resultan de la medición de cada fenómeno al que están expuestas, como son: variación de temperaturas, variación

de presión de aire, variación de torque, pulsos de voltaje, entre otras; todas ellas sufriendo una variación de voltaje en su pin de respuesta, que es procesada en el software programado en LabVIEW para mostrar en la pantalla principal de monitoreo, dicha variación de voltaje en una magnitud correspondiente al fenómeno que están expuesto cada sensor.

Se exponen a continuación los valores de respuesta obtenidos en el software ECU Manager 1.13 y en el Software programado con LabVIEW, con el motor a 4000 rpm (ver Tabla 16).

Tabla 16: Variables de respuesta del banco con el motor a 4000 rpm

| Variable de salida                          | ECU Manager 1.13 | Software LabVIEW |
|---|------------------|------------------|
| Posición mariposa de aceleración            | 6.7 %            | -----            |
| Presión de aire en colector de admisión     | -56.8 KPa        | -54.6 KPa        |
| Revoluciones del motor                      | 4004             | 4000             |
| Temperatura aire de entrada                 | 35 °C            | -----            |
| Temperatura ambiente                        | -----            | 24 °C            |
| Temperatura entrada intercambiador de calor | -----            | 28 °C            |
| Temperatura gases de escape                 | -----            | 391 °C           |
| Temperatura refrigerante                    | 88 °C            | 92 °C            |
| Temperatura salida intercambiador de calor  | -----            | 30 °C            |
| Torque                                      | -----            | 63 N             |

### 5.5.3. Factores no controlables

Uno de estos factores es el ruido presente en la adquisición de datos de magnitud eléctrica (voltaje), esto principalmente el ruido que si infiltra en el cable para la obtención de la señal del sensor CKP, haciendo así que varíen en un tanto por ciento el conteo de las revoluciones del motor mostradas en LabVIEW, en relación al número de revoluciones proporcionado por ECU Manager 1.13.

### 5.5.4. Factores estudiados

Son las mediciones que realizamos en cada uno de los análisis, las que se presentan a continuación (ver Tabla 17):

Tabla 17: Interpretación de los factores estudiados

| <b>Factor Estudiado</b>                         | <b>Voltaje</b> | <b>Interpretación</b> |
|---|----------------|-----------------------|
| Posición de la mariposa del acelerador          | 0.615 – 4.5    | 0 – 100 %             |
| Rpm del motor                                   | Digital 5 v    | Pulsos rpm            |
| Temperatura de los gases de escape              | 0.165 – 5 v    | 20 – 600 °C           |
| Temperatura del aire del ambiente               | 0.78 – 2.33 v  | 35 – 23 °C            |
| Temperatura del aire en la admisión             | 0.8 – 2.25 v   | 35 – 24 °C            |
| Temperatura del refrigerante                    | 0.77 – 3.56    | 26 – 100 °C           |
| Temperatura entrada del intercambiador de calor | 2 – 4          | 29 – 35 °C            |
| Temperatura salida del intercambiador del calor | 2 – 4          | 29 – 35 °C            |
| Torque del motor                                | 3.07 – 5       | 294.197 – 444.82Nm    |

### 5.5.5. Niveles y tratamientos

Para tratar o procesar las señales, hacemos uso de fórmulas matemáticas, como: formulas propias de conversión de voltaje a temperatura para sensores del intercambiador de calor, interpolación para termistores, y los amplificadores de señales de voltaje para celda de torque y sensor termocupla.

- **Conversión de variación de voltaje a variación de temperatura**

Como habíamos mencionado anteriormente, el tratamiento para la conversión de voltaje a temperatura, usamos fórmulas de interpolación (*ver ecuación 3*).

$$T = \frac{B}{A - \ln\left(\frac{5V}{V_1} - 1\right)} - 273 \quad [3]$$

- **Interpolación para termistores y sensor ECT del bloque motor**

Para la conversión de voltaje a temperatura, del ECT del motor, usamos la programación de interpolación de LabVIEW.

- **Amplificador del voltaje de la celda de torque**

En este caso realizamos una conversión de variación de voltaje en función de la carga, a una variación Torque mediante la siguiente relación:

$$3.07v = 66.138lbf$$

$$5v = 100lbf$$

- **Amplificador del voltaje del sensor termocupla**

En este caso realizamos una conversión de variación de voltaje en función de la carga, a una variación Torque mediante la siguiente relación:

$$0.165v = 20^{\circ}C$$

$$5v = 600^{\circ}C$$

### 5.5.6. Error aleatorio

Un error inevitable se presenta en la medición de la señal obtenida por el sensor del torque, la cual no es un valor constante, debido a las vibraciones naturales que sufre el motor de combustión durante su funcionamiento.

### 5.5.7. Error experimental

Para el análisis del error en la diferente toma de muestras, calculamos primeramente el error absoluto, el cual nos da un valor en la misma magnitud de la señal medida; este valor lo transformamos en error relativo, que finalmente nos entrega el error en unidades de porcentaje para cada una de las señales.

- **Error absoluto ( $e_a$ )**

El error absoluto, resulta de la diferencia entre el valor real (obtenido por ECU Manager 1.13) y el valor experimental (*ecuación 6*), que en este caso sería el valor obtenido mediante LabVIEW (*ver Tabla 18*).

$$e_a = x - \Delta x \quad [6]$$

Tabla 18: Cálculo del error absoluto en la medición a 4000 rpm

| Medición de variable                          | Valor real (x) | Valor medido ( $\Delta x$ ) | Error Absoluto |
|---|----------------|-----------------------------|----------------|
| Posición mariposa de aceleración (%)          | 6.7            | 6.2                         | 0.5 %          |
| Presión de aire en colector de admisión (KPa) | -56.8          | -54.6                       | 2.2 KPa        |
| Revoluciones del motor (rpm)                  | 4004           | 4000                        | 4 rpm          |
| Temperatura refrigerante (°C)                 | 88             | 92                          | 4 °C           |

- **Error Relativo ( $e_r$ ):**

El error relativo resulta de la división entre el error absoluto y el valor real de la medición (ecuación 7), los valores se registran a continuación (ver Tabla 19):

$$e_r = \frac{e_a}{x} \quad [7]$$

Tabla 19: Cálculo del error relativo en la medición

| Medición de variable                          | Error Absoluto ( $e_a$ ) | Valor medido ( $\Delta x$ ) | Error Relativo |
|---|--------------------------|-----------------------------|----------------|
| Posición mariposa de aceleración (%)          | 0.50                     | 5.9                         | 0.08           |
| Presión de aire en colector de admisión (KPa) | 2.20                     | -54.6                       | 0.04           |
| Revoluciones del motor (rpm)                  | 4.00                     | 4000                        | 0.001          |
| Temperatura refrigerante (°C)                 | 4.00                     | 92                          | 0.04           |

- **Error porcentual ( $e_{\%}$ ):**

El error porcentual (ver ecuación 8) resulta del producto entre el valor relativo por una constante de porcentaje “100” (ver Tabla 20).

$$e_{\%} = e_r * 100 \quad [8]$$

Tabla 20: Cálculo del error porcentual en la medición

| Medición de variable                          | Error Relativo ( $e_r$ ) | Factor de Porcentaje | Error Porcentual |
|---|--------------------------|----------------------|------------------|
| Posición mariposa de aceleración (%)          | 0.08                     | 100                  | 8.47 %           |
| Presión de aire en colector de admisión (KPa) | 0.04                     | 100                  | 4.03 %           |
| Revoluciones del motor (rpm)                  | 0.00                     | 100                  | 0.10 %           |
| Temperatura refrigerante (°C)                 | 0.04                     | 100                  | 4.35 %           |

## 6. CONCLUSIONES

- Como primer punto concluimos que al realizar la comparación entre los valores actuales obtenidos directamente desde la ECU reprogramable Haltech Platinum Sport 1000, con respecto al software del banco, existe un error porcentual mínimo, el cual se produce por la inestabilidad propia de los equipos; verificando así que los datos del software son fiables, y que los mismos pueden ser utilizados para análisis de muestreo del banco.
- En segunda instancia se concluye que la elaboración de un software para el banco en la plataforma de LabVIEW, resultó conveniente por varios motivos, entre los más importantes cabe recalcar que el ambiente virtual que nos ofrece LabVIEW, y la información proporcionada en cada comando, son de gran ayuda para comandos al momento de programar; de igual manera al ser un software que nos proporcionó la misma National Instruments, se lo pudo instalar con todos sus paquetes adicionales que son necesarios a la hora de programar.
- En tercer punto concluimos que fue posible ampliar la capacidad de obtención de datos del banco Armfield, ya que al conseguir implementar en el mismo una ECU reprogramable y una nueva tarjeta de adquisición de datos, es una gran fuente para estudios, prácticas y enseñanza, teniendo en cuenta que actualmente la velocidad de muestreo es mucho más elevada en relación a la tarjeta que tenía anteriormente el banco, la cual medía hasta 4 datos por segundo, mientras que ahora es posible obtener la medición de hasta 50000 pulsos por segundo.

- Implementar la tarjeta DAQ NI myRio, la programación en LabVIEW, y el sistema reprogramable Haltech, resultó de gran utilidad, consiguiendo una herramienta que permite contar con la capacidad de variar tanto mapas de inyección, mapas de avance, entradas y salidas de datos, etc.; y al mismo tiempo tener el control del freno dinamométrico, que se usa en la reprogramación de los mapas de la ECU Haltech para lograr conseguir el mejor rendimiento del motor, y siempre controlando el estado del mismo mediante las gráficas obtenidas de los sensores.

## **7. RECOMENDACIONES**

- Como primera recomendación, podemos mencionar que se debe implementar un sistema de monitoreo y control similar al realizado en este proyecto, para el otro banco Armfield existente en el laboratorio de la Universidad, ya que también sufrió daños debido a las vibraciones que producen los motores al estar en funcionamiento, puesto que su diseño no fue enfocado a que soporten altas y repetitivas vibraciones.
- Siendo entonces, una de las recomendaciones más importantes, la creación de un gabinete totalmente aislado del motor para los elementos electrónicos, ya que los mismos también soportan las altas vibraciones del banco, si bien es cierto, ofrecen mayor resistencia a vibración que los componentes originales del banco, se debe tener cuidado de no exponerlas a vibraciones repetitivas.
- Se recomienda de igual manera implementar seminarios para los estudiantes, enfocados al uso del software LabVIEW, ya que hoy en día los proyectos de investigación dentro de la carrera se van incrementando gracias a los centros de investigación que se han formado; investigaciones en su mayoría están dirigidos hacia el uso de elementos de la National Instruments como las tarjetas de adquisición de datos por lo que resulta necesario tener mayor conocimiento en programación gráfica en interfaz LabVIEW.
- Para una correcta medición de las variables del banco dinamométrico, se recomienda esperar que el motor llegue a su temperatura normal de funcionamiento, la misma que oscila entre los 80 a 85 grados centígrados, consiguiendo así una mejor combustión de la mezcla aire-combustible en las cámaras de combustión, lo que permite que el motor rinda de manera más eficiente.

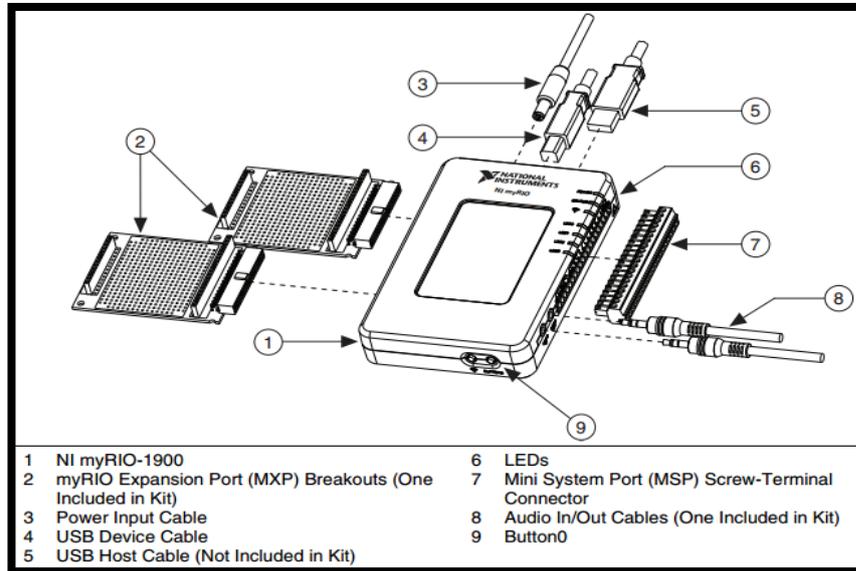
## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Jairo, Darío, Castillo, Calderón; Israel, Fernando, Palacio, Ochoa, «DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN MODELO MATEMATICO PARA EL CALCULO DEL CILO OTTO DEL MOTOR ARMFIELD VOLKSWAGEN CM11-306,» Repositorio UPS, Cuenca, 2013.
- [2] Miriam, Soledad, Carpio, Pesantez; Félix, Rufino, Cedillo, Sánchez, «CARACTERIZACION DE LOS EFECTOS DE LA MEZCLA GASOLINA-ETANOL EN UN MOTOR ARMFIELD VOLKSWAGEN CM11, MEDAIENTE EL LEVANTAMIENTO DE UNA BASE DE DATOS POR ANALISIS DE GASES Y ESPECTROS DE VIBRACIONES,» Repositorio UPS, Cuenca, 2015.
- [3] U. P. D. S. S. Escuela, «DPTO. DE MÁUINAS Y MOTORES TÉRMICOS,» 20 MAYO 2001. [En línea].
- [4] P. D. C. Universidad, «CENTRO CAPACITACION LABVIEW,» <http://www.upchiapas.edu.mx/centro-labview>, 8 Diciembre 2014. [En línea].
- [5] I. National, «NATIONAL INSTRUMENTS TM,» NI Corporation, 2016. [En línea].
- [6] I. T. National, «USER GUIDE AND SPECIFICATIONS NI myRio 1900,» 2001.
- [7] R. Ramón, de *HISTORIA Y EVOLUCION DEL PENSAMIENTO CIENTIFICO*, México, Euler, Ruiz, 2006, pp. 128, 129.
- [8] D. L. A. Universidad, «TEORÍA DE DISEÑOS DE EXPERIMENTOS,» Puebla, 2005.
- [9] C. Armfield, «DISCOVER WITH ARMFIELD, Engeeniring Teaching & Research Equipment,» United Kingdom, 2012.

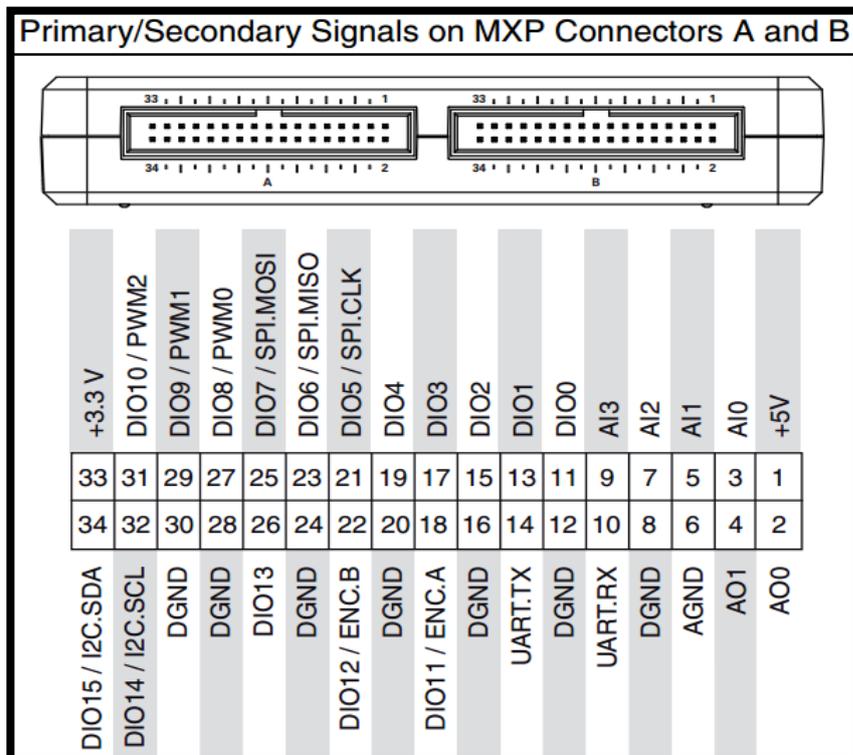
## 9. ANEXOS

- Anexo A1: Diagramas de DAQ NI MyRio

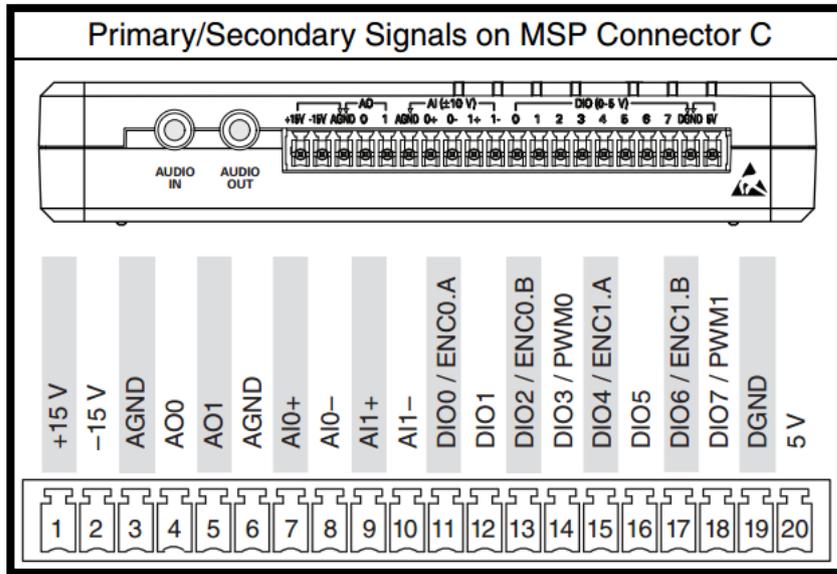
- Anexo A1.1: Partes y Elementos NI MyRio 1900



- Anexo A1.2: Pines de los Bloques “A” y “B” de NI MyRio.



- **Anexo A1.3:** Pines del Bloque “C” de NI MyRio.



- **Anexo A2: Diagramas de ECU Haltech Platinum Sport 1000**

- **Anexo A2.1: Socket de 34 pines de ECU Haltech.**

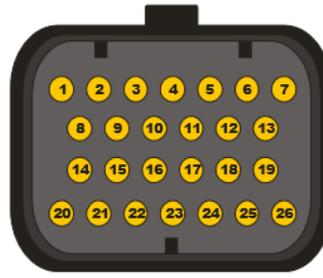


| Pin # | Wire Colour | Connection               | Platinum Sport 1000 | Platinum Sport 2000 |
|-------|-------------|--------------------------|---------------------|---------------------|
| 1     | V/BR        | DPO 2                    | Y                   | Y                   |
| 2     | -           | -                        | -                   | -                   |
| 3     | Y/B         | IGN 1 / DPO 5            | Y                   | Y                   |
| 4     | Y/R         | IGN 2 / SPO 6            | Y                   | Y                   |
| 5     | Y/O         | IGN 3 / INJ 10 / DPO 7   | Y                   | Y                   |
| 6     | Y/G         | IGN 4 / INJ 9 / DPO 8    | Y                   | Y                   |
| 7     | L/V         | IGN 5 / INJ 8 / DPO 9    | N                   | Y                   |
| 8     | L/G         | IGN 6 / INJ 7 / DPO 10   | N                   | Y                   |
| 9     | O           | +5V DC                   | Y                   | Y                   |
| 10    | B           | CHASSIS GROUND           | Y                   | Y                   |
| 11    | B           | CHASSIS GROUND           | Y                   | Y                   |
| 12    | O/W         | +8V DC                   | Y                   | Y                   |
| 13    | -           | -                        | -                   | -                   |
| 14    | W           | TPS                      | Y                   | Y                   |
| 15    | Y           | MAP                      | Y                   | Y                   |
| 16    | O/B         | AVI 2                    | Y                   | Y                   |
| 17    | O/R         | AVI 3                    | Y                   | Y                   |
| 18    | V/B         | DPO 1                    | Y                   | Y                   |
| 19    | L           | INJ 1 / DPO 16           | Y                   | Y                   |
| 20    | L/B         | INJ 2 / DPO 15           | Y                   | Y                   |
| 21    | L/BR        | INJ 3 / DPO 14           | Y                   | Y                   |
| 22    | L/R         | INJ 4 / DPO 13           | Y                   | Y                   |
| 23    | VR          | DPO 3                    | Y                   | Y                   |
| 24    | B/Y         | PUMP RELAY               | Y                   | Y                   |
| 25    | O/Y         | AVI 4                    | Y                   | Y                   |
| 26    | R/L         | +13.8V INJECTOR PWR      | Y                   | Y                   |
| 27    | L/O         | INJ 5 / DPO 12           | N                   | Y                   |
| 28    | L/Y         | INJ 6 / DPO 11           | N                   | Y                   |
| 29    | L/W         | AUX 1 / INJ 12* / DPO 18 | Y                   | Y                   |
| 30    | L/GY        | AUX 2 / INJ 11* / DPO 17 | Y                   | Y                   |
| 31    | G           | IDL 1                    | Y                   | Y                   |
| 32    | G/B         | IDL 2                    | Y                   | Y                   |
| 33    | G/BR        | IDL 3                    | Y                   | Y                   |
| 34    | G/R         | IDL 4                    | Y                   | Y                   |

**Y= Available N = Not Available**

**\* INJ 11 and INJ 12 are only available to Platinum Sport 2000**

○ **Anexo A2.2:** Socket de 26 pines de ECU Haltech.



LOOKING INTO ECU

| Pin # | Wire Colour | Connection       | Platinum Sport 1000 | Platinum Sport 2000 |
|-------|-------------|------------------|---------------------|---------------------|
| 1     | Y <SHD>     | TRIGGER ( + )    | Y                   | Y                   |
| 2     | Y <SHD>     | HOME ( + )       | Y                   | Y                   |
| 3     | GY          | AIR TEMP         | Y                   | Y                   |
| 4     | V           | COOLANT TEMP     | Y                   | Y                   |
| 5     | G <SHD>     | TRIGGER ( - )    | Y                   | Y                   |
| 6     | G <SHD>     | HOME ( - )       | Y                   | Y                   |
| 7     | GY/G        | DSI 1            | N                   | Y                   |
| 8     | GY <SHD>    | DPI 1            | N                   | Y                   |
| 9     | GY/B <SHD>  | DPI 2            | Y                   | Y                   |
| 10    | GY/BR <SHD> | DPI 3            | Y                   | Y                   |
| 11    | R/W         | +13.8V ECU POWER | Y                   | Y                   |
| 12    | GY/O <SHD>  | O2 INPUT         | Y                   | Y                   |
| 13    | GY/Y <SHD>  | AVI 1            | -                   | -                   |
| 14    | B/W         | SIGNAL GROUND    | Y                   | Y                   |
| 15    | B/W         | SIGNAL GROUND    | Y                   | Y                   |
| 16    | B/W         | SIGNAL GROUND    | Y                   | Y                   |
| 17    | -           | -                | -                   | -                   |
| 18    | -           | -                | -                   | -                   |
| 19    | V/O         | DPO 4            | Y                   | Y                   |
| 20    | O/G         | AVI 5            | N                   | Y                   |
| 21    | O/L         | AVI 6            | N                   | Y                   |
| 22    | O/V         | AVI 7            | N                   | Y                   |
| 23    | -           | -                | -                   | -                   |
| 24    | -           | -                | -                   | -                   |
| 25    | -           | -                | -                   | -                   |
| 26    | -           | -                | -                   | -                   |

Y= Available N = Not Available

**Legend- Wire Colours**

**B=Black**

**GY=Grey**

**P=Pink**

**Y=Yellow**

**BR=Brown**

**L=Blue**

**R=Red**

**W=White**

**G=Green**

**O=Orange**

**V=Violet**

**<SHD> = Shielded Cable**

**When two Colours are used in a wire by the alphabetical code, the first letter indicates the basic wire colour, the second colour indicates the colour of the stripe.**

○ **Anexo A2.3:** Salidas Auxiliares de ECU Haltech.

| Platinum Sport 2000 | Platinum Sport 1000 | E11 / E8                 | Pin |
|---------------------|---------------------|--------------------------|-----|
| DPO 1               | DPO 1               | PWM1                     | A18 |
| DPO 2               | DPO 2               | PWM2                     | A1  |
| DPO 3               | DPO 3               | PWM3                     | A23 |
| DPO 4               | DPO 4               | PWM4                     | B19 |
| DPO 5               | DPO 5               | Ignition 1               | A3  |
| DPO 6               | DPO 6               | Ignition 2               | A4  |
| DPO 7               | DPO 7               | Ignition 3 (Injector 10) | A5  |
| DPO 8               | DPO 8               | Ignition 4 (Injector 9)  | A6  |
| DPO 9               | N/a                 | Ignition 5 / Injector 8  | A7  |
| DPO 10              | N/a                 | Ignition 6 / Injector 7  | A8  |
| DPO 11              | N/a                 | Injector 6               | A28 |
| DPO 12              | N/a                 | Injector 5               | A27 |
| DPO 13              | DPO 13              | Injector 4               | A22 |
| DPO 14              | DPO 14              | Injector 3               | A21 |
| DPO 15              | DPO 15              | Injector 2               | A20 |
| DPO 16              | DPO 16              | Injector 1               | A19 |
| DPO 17              | DPO 17              | Aux 2 (Injector 11)      | A30 |
| DPO 18              | DPO 18              | Aux 1 (Injector 12)      | A29 |

○ **Anexo A2.4:** Entradas Auxiliares de ECU Haltech.

| Platinum Sport 2000  | Platinum Sport 1000  | E11 / E8         | Pin |
|----------------------|----------------------|------------------|-----|
| AVI 1                | AVI 1                | Spare AD1        | B13 |
| AVI 2                | AVI 2                | Spare AD2 (TRIM) | A16 |
| AVI 3                | AVI 3                | Spare AD3        | A17 |
| AVI 4                | AVI 4                | Spare AD4        | A25 |
| AVI 5                | N/a                  | Spare AD5        | B20 |
| AVI 6                | N/a                  | Spare AD6        | B21 |
| AVI 7                | N/a                  | Spare AD7        | B22 |
| AVI 8 (not used)     | AVI 8 (not used)     | -                | -   |
| MAP Sensor / AVI 9   | MAP Sensor / AVI 9   | MAP Sensor       | A15 |
| TPS / AVI 10         | TPS / AVI 10         | Throttle         | A14 |
| O2 Input / AVI 11    | O2 Input / AVI 11    | O2 Sensor        | B12 |
| Coolant Temp / ATI 1 | Coolant Temp / ATI 1 | Coolant Temp     | B4  |
| Air Temp / ATI 2     | Air Temp / ATI 2     | Air Temp         | B3  |

○ **Anexo A2.5:** Entradas Digitales de ECU Haltech.

| <b>Platinum Sport 2000</b> | <b>Platinum Sport 1000</b> | <b>E11 / E8</b> | <b>Pin</b> |
|----------------------------|----------------------------|-----------------|------------|
| DSI 1                      | DSI 1                      | Aux Input 1     | B7         |
| DPI 1                      | DPI 1                      | Timed Input 1   | B8         |
| DPI 2                      | DPI 2                      | Timed Input 2   | B9         |
| DPI 3                      | DPI 3                      | Timed Input 3   | B10        |

- Anexo A3: Diagramas de la celda de carga

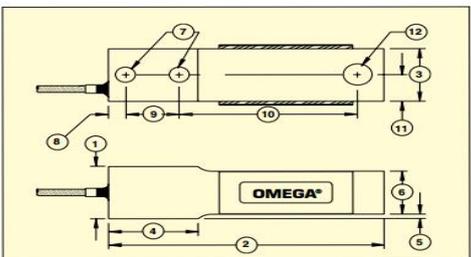
**Tension/Compression  
Calibrated in Compression  
50 lb to 1000 lb  
23 kg to 455 kgf**



**LCEC Series**



**LCEC-1K shown actual size.**



**Output Resistance:**  
350 ±3.5 Ω

**Construction:** Aluminum

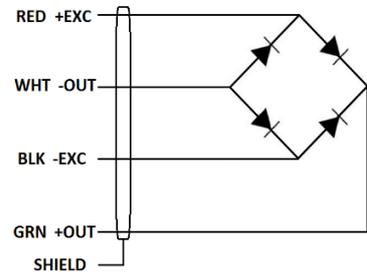
**Electrical:** 3 m (10') insulated 4-conductor shielded color-coded cable

Very High Precision  
Low Profile  
Waterproof, Corrosion Resistant  
Barometrically Insensitive

**ELECTRICAL INFORMATION**

LCEC Series capacities 1000 lbs. and under are provided with a 4 conductor shielded cable (AWG 28) 10 ft. (3m) long.

Wiring Colour Code complies with ISA S37.8 “Specifications and Test for Straining gage Force Transducers” and SMA Load Cell Terminology.



LCEC Series load cells are designed to operate in all weather or wet industrial environments. Their low profile and high side load capability simplify mechanical installation considerations. Their weather sealing, high precision, and repeatability make them ideal for rugged industrial use in testing, batching, weigh pits, and applications that are exposed to the elements.

**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 scale/°F maximum

**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

**Dimensions: inches and mm**

| See Drawing Above | CAPACITY (lb) |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
|-------------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
|                   | 50            |      | 100  |      | 250  |      | 75   |      | 1000 |       |
|                   | inch          | mm   | inch | mm   | inch | mm   | inch | mm   | inch | mm    |
| 1                 | 0.98          | 24.9 | 0.98 | 24.9 | 0.98 | 24.9 | 1.00 | 25.4 | 1.50 | 38.1  |
| 2                 | 2.38          | 60.5 | 2.38 | 60.5 | 2.38 | 60.5 | 3.88 | 98.6 | 5.00 | 127.0 |
| 3                 | 0.50          | 12.7 | 0.50 | 12.7 | 0.50 | 12.7 | 0.50 | 12.7 | 1.00 | 25.4  |
| 4                 | 0.97          | 24.6 | 0.97 | 24.6 | 0.97 | 24.6 | 1.25 | 31.8 | 1.75 | 44.5  |
| 5                 | 0.11          | 2.80 | 0.11 | 2.80 | 0.11 | 2.80 | 0.09 | 2.30 | 0.10 | 2.50  |
| 6                 | 0.82          | 20.8 | 0.82 | 20.8 | 0.82 | 20.8 | 0.82 | 20.8 | 1.36 | 34.5  |
| 7                 | 0.17          | 4.30 | 0.17 | 4.30 | 0.17 | 4.30 | 0.28 | 7.10 | 0.41 | 10.3  |
| 8                 | 0.25          | 6.40 | 0.25 | 6.40 | 0.25 | 6.40 | 0.25 | 6.40 | 0.38 | 9.70  |
| 9                 | 0.50          | 12.7 | 0.50 | 12.7 | 0.50 | 12.7 | 0.75 | 19.1 | 1.00 | 25.4  |
| 10                | 1.31          | 33.3 | 1.31 | 33.3 | 1.31 | 33.3 | 2.50 | 63.5 | 3.25 | 82.6  |
| 11                | 0.25          | 6.40 | 0.25 | 6.40 | 0.25 | 6.40 | 0.50 | 12.7 | 0.50 | 12.7  |
| 12                | 0.17          | 4.30 | 0.17 | 4.30 | 0.17 | 4.30 | 0.40 | 10.2 | 0.40 | 10.2  |

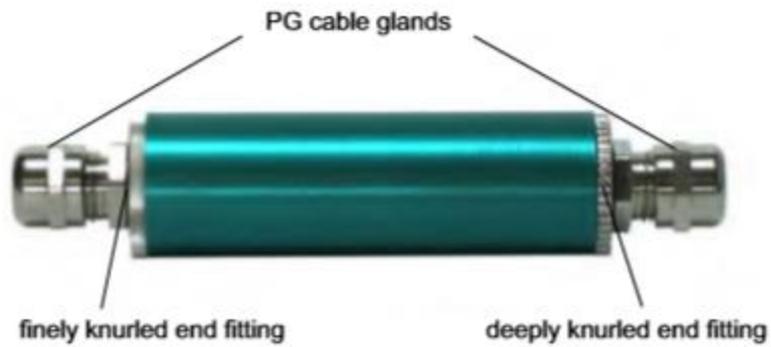
**To Order**

| CAPACITY |         | MODEL NO. | COMPATIBLE METERS*    |
|----------|---------|-----------|-----------------------|
| 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 meter suitable for one direction measurement only.

Ordering Examples: LCEC-250, 250 lb capacity load cell.  
LCEC-1K, 1000 lb capacity load cell.

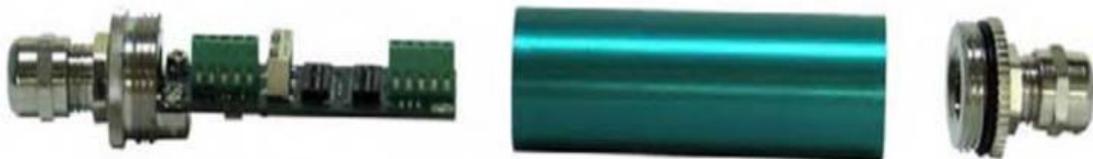
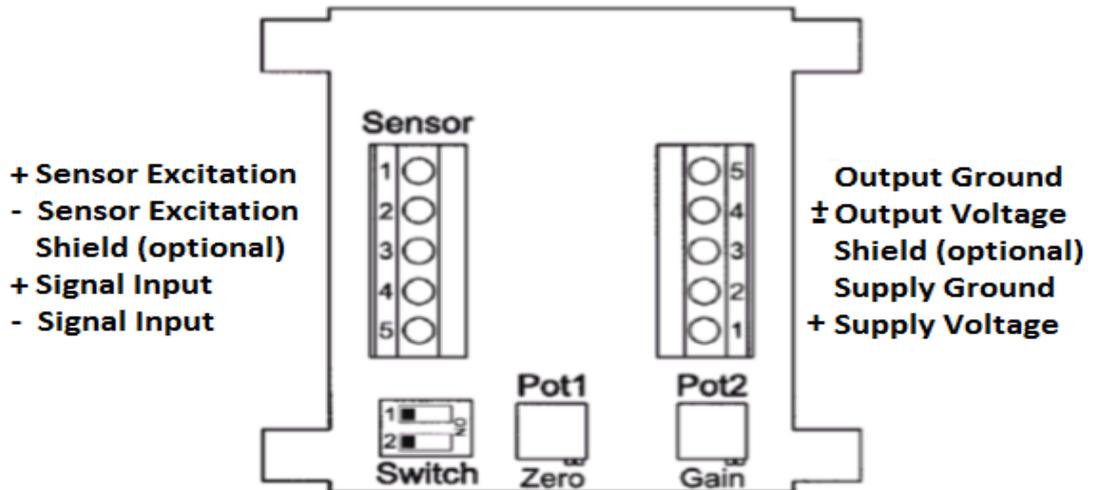
- **Anexo A4:** Diagramas del Amplificador de Celda de Carga



### Model 9235/36

### Multichannel amplifier **burster**

| Socket (sensor's side) | Connector          |
|------------------------|--------------------|
| 1 + SENSOR EXCITATION  | 2 + SUPPLY VOLTAGE |
| 3 SHIELD (Optional)    | 3 NC               |
| 5 - SENSOR EXCITATION  | 5 SUPPLY GROUND    |
| 6 + SIGNAL INPUT       | 7 OUTPUT VOLTAGE   |
| 9 - SIGNAL INPUT       | 9 OUTPUT GROUND    |



- **Anexo A5: Diagramas del Amplificador De Termocupla**

## Technical data

### Analog input

All analog inputs are equipped with a digital filter of second order (filter constant adjustable from 0 to 10 s) and have a sampling rate of > 2 measurements per second.

### RTD temperature probe

| Designation   | Standard           | ITS    | Connection type                                  | Measuring range in °C |        | Measuring accuracy <sup>a</sup> |         |          |        |     |        |
|---|--------------------|--------|--|-----------------------|--------|---------------------------------|---------|----------|--------|-----|--------|
|   |                    |        |  | Min.                  | Max.   |                                 |         |          |        |     |        |
| Pt100<br>Pt500<br>Pt1000<br>$T_K = 3.85 \times 10^{-3} \text{ 1/K}$ | IEC 60751:2008     | ITS-90 | 2/3-wire   | -100                  | 200    | ±0.2 K                          |         |          |        |     |        |
|   |                    |        | 2/3-wire   | -200                  | 850    | ±0.4 K                          |         |          |        |     |        |
|   |                    |        | 4-wire   | -100                  | 200    | ±0.1 K                          |         |          |        |     |        |
|   |                    |        | 4-wire   | -200                  | 850    | ±0.2 K                          |         |          |        |     |        |
| Pt100<br>$T_K = 3.917 \times 10^{-3} \text{ 1/K}$                   | GOST 6651-2009 A.2 | ITS-90 | 2/3-wire   | -100                  | 200    | ±0.2 K                          |         |          |        |     |        |
|   |                    |        | 2/3-wire   | -200                  | 850    | ±0.4 K                          |         |          |        |     |        |
|   |                    |        | 4-wire   | -100                  | 200    | ±0.15 K                         |         |          |        |     |        |
|   |                    |        | 4-wire   | -200                  | 850    | ±0.25 K                         |         |          |        |     |        |
|   |                    |        | Pt50<br>$T_K = 3.91 \times 10^{-3} \text{ 1/K}$  |                       |        | 2/3-wire                        | -200    | 850      | ±0.5 K |     |        |
|   |                    |        | 4-wire   |                       |        | -200                            | 850     | ±0.3 K   |        |     |        |
|   |                    |        | Ni100<br>$T_K = 6.18 \times 10^{-3} \text{ 1/K}$ |                       |        | DIN 43760                       | IPTS-68 | 2/3-wire | -60    | 250 | ±0.4 K |
|   |                    |        |  |                       |        |                                 |         | 4-wire   | -60    | 250 | ±0.2 K |
| Ni500<br>$T_K = 6.18 \times 10^{-3} \text{ 1/K}$                    | 2/3-wire           | -60    |  | 250                   | ±0.4 K |                                 |         |          |        |     |        |
|   | 4-wire             | -60    |  | 250                   | ±0.2 K |                                 |         |          |        |     |        |
| Ni1000<br>$T_K = 6.18 \times 10^{-3} \text{ 1/K}$                   |                    |        | 2/3-wire   | -60                   | 250    | ±0.4 K                          |         |          |        |     |        |
|   |                    |        | 4-wire   | -60                   | 250    | ±0.2 K                          |         |          |        |     |        |
| Ni 100<br>$T_K = 6.17 \times 10^{-3} \text{ 1/K}$                   | GOST 6651-2009 A.5 | ITS-90 | 2/3-wire   | -60                   | 180    | ±0.4 K                          |         |          |        |     |        |
|   |                    |        | 4-wire   | -60                   | 180    | ±0.2 K                          |         |          |        |     |        |
| Cu50<br>$T_K = 4.28 \times 10^{-3} \text{ 1/K}$                     | GOST 6651-2009 A.3 | ITS-90 | 2/3-wire   | -180                  | 200    | ±0.5 K                          |         |          |        |     |        |
|   |                    |        | 4-wire   | -180                  | 200    | ±0.3 K                          |         |          |        |     |        |
|   |                    |        | Cu100<br>$T_K = 4.28 \times 10^{-3} \text{ 1/K}$ | 2/3-wire              | -180   | 200                             | ±0.4 K  |          |        |     |        |
|   |                    |        |  | 4-wire                | -180   | 200                             | ±0.2 K  |          |        |     |        |

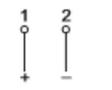
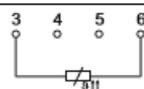
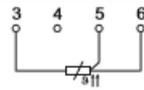
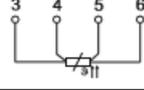
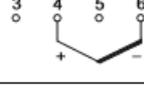
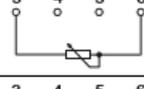
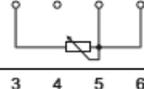
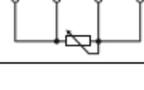
<sup>a</sup> The accuracy value refers to the complete measuring range.

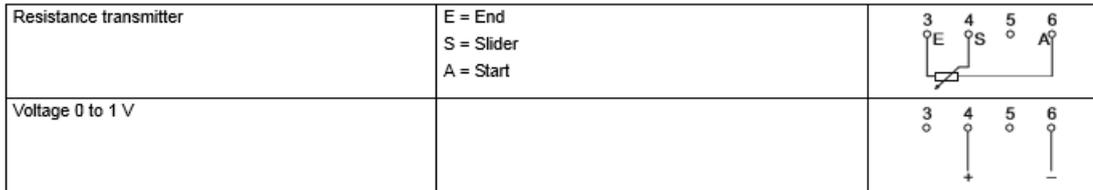
|                        |   |
|------------------------|---|
| Connection type        | 2-wire, 3-wire, or 4-wire circuit                   |
| Sensor lead resistance |   |
| - For 3/4-wire circuit | ≤ 11 Ω per line                                     |
| - For 2-wire circuit   | Measuring resistance + ≤ 22 Ω inner line resistance |
| Sensor current         | < 0.3 mA  |

## Output

|                                      | Type 707050   | Type 707051   |
|--------------------------------------|---|---|
| Output signal                        | Load-independent direct current:<br>Free setting: 4 to 20 mA or 20 to 4 mA        | Load-independent direct current:<br>Free setting: 4 to 20 mA or 20 to 4 mA<br>Voltage signal:<br>Free setting: 0 to 10 V or 10 to 0 V |
| Electrical isolation<br>Test voltage | Between input and output:<br>$\dot{U} = 3.75 \text{ kV/50 Hz}$                    | Between input and output:<br>$\dot{U} = 1.875 \text{ kV/50 Hz}$   |
| Transmission behavior                | Linear, temperature-linear<br>Customer specific<br>Reversion of the output signal |   |
| Step response 0 to 100 %             | < 2 s (with filter constant 0 s)  |   |
| Switch-on delay                      | 5 s (correct measured value after the supply voltage is applied)                  |   |
|                                      | <b>Current output</b>   |   |
| Load ( $R_b$ )                       | $R_b = (U_b - 11 \text{ V})/0.022 \text{ A}$                                      |   |
| Load error                           | $\leq \pm 0.02 \text{ \%}/100 \ \Omega$   |   |
| Calibration conditions/accuracy      | DC 24 V at approx. 22 °C/ $\pm 0.05 \text{ \%}^a$                                 |   |
|                                      | <b>Voltage output</b>   |   |
| Load resistance                      | $\geq 2 \text{ k}\Omega$  |   |
| Load influence                       | $\pm 15 \text{ mV}$   |   |
| Residual ripple                      | $\pm 1 \text{ \%}$ referring to 10 V, 0 to 90 kHz                                 |   |
| Calibration conditions/accuracy      | DC 24 V at approx. 22 °C/ $\pm 0.05 \text{ \%}^b$                                 |   |

## CONNECTION FOR

| Connection for   | Terminal assignment   |   |
|--|---|---|
| Voltage supply<br>Type 707050<br>DC 11 to 35 V<br><br>Current output<br>4 to 20 mA | $R_b = (U_b - 11 \text{ V})/22 \text{ mA}$<br><br>$R_b =$ Load resistance<br>$U_b =$ Voltage supply |   |
| <b>Analog inputs</b>   |   |   |
| RTD temperature probe<br>2-wire circuit  | $R_L \leq 11 \ \Omega$<br>$R_L =$ Lead resistance per wire  |  |
| RTD temperature probe<br>3-wire circuit (3W)                                       | $R_L \leq 11 \ \Omega$<br>$R_L =$ Lead resistance per wire  |  |
| RTD temperature probe<br>4-wire circuit (4W)                                       | $R_L \leq 11 \ \Omega$<br>$R_L =$ Lead resistance per wire  |  |
| Thermocouple   |   |  |
| Resistor/potentiometer<br>2-wire circuit   | $R_L \leq 11 \ \Omega$<br>$R_L =$ Lead resistance per wire  |  |
| Resistor/potentiometer<br>3-wire circuit (3W)                                      | $R_L \leq 11 \ \Omega$<br>$R_L =$ Lead resistance per wire  |  |
| Resistor/potentiometer<br>4-wire circuit (4W)                                      | $R_L \leq 11 \ \Omega$<br>$R_L =$ Lead resistance per wire  |  |



- **Anexo A6: Mapa de inyección de combustible**

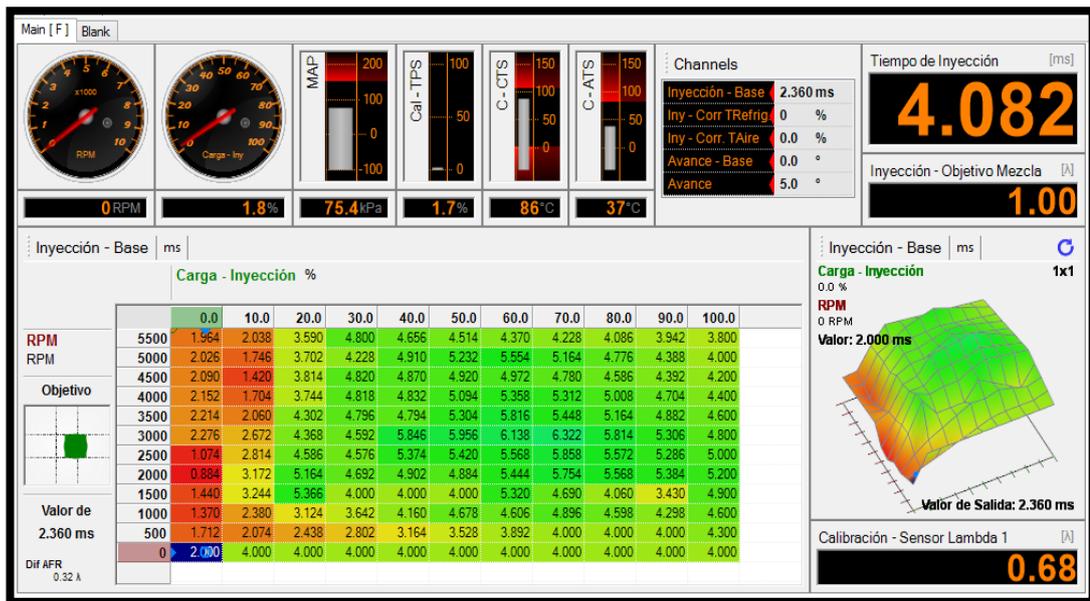


Ilustración 1: Mapa de inyección  
Fuente: Autores

- **Anexo A7: Instalación de Software LabVIEW**

Para la instalación del software LabVIEW myRio 2014, se procedió a realizarlo mediante los discos que vinieron adjuntos a la tarjeta de adquisición de datos myRio 1900 (ver *Ilustración 1*).



*Ilustración 2: CD Software LabVIEW*  
*Fuente: Autores*

Para su correcta instalación procederemos a detallar la misma a continuación:

- a) Al insertar el CD, nos aparecerá un cuadro de instalación del programa y del módulo myRio Tool Kit, en el cual daremos un click sobre “*Install NI LabVIEW 2014 Software Bundle*” (ver *Ilustración 2*).



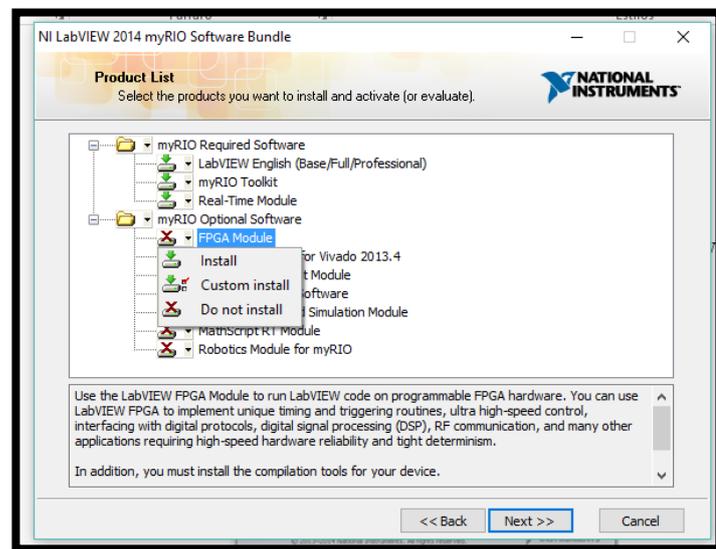
*Ilustración 3: Ventana de instalación*  
*Fuente: Autores*

- b) Al instante aparecerá el cuadro de instalación de LabVIEW 2014, damos click en *Next* para proceder con la instalación (ver *Ilustración 3*).



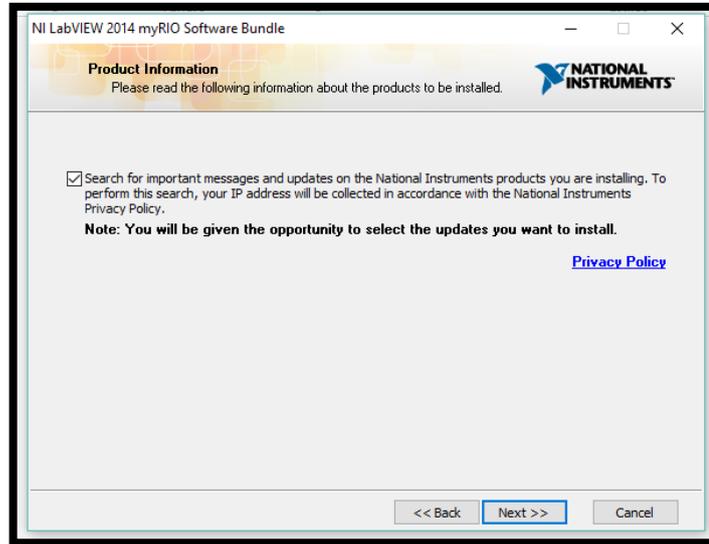
*Ilustración 4: Seleccionar “Next” para instalación  
Fuente: Autores*

- c) En este cuadro nos indica todos los módulos con los que viene LabVIEW 2014 y hay que tener en cuenta que por default no están seleccionados todos. Seleccionamos todo para poder contar con las herramientas que son muy necesarias a la hora de la programación, luego de seleccionarlos le damos click en *Next* (ver Ilustración 4).



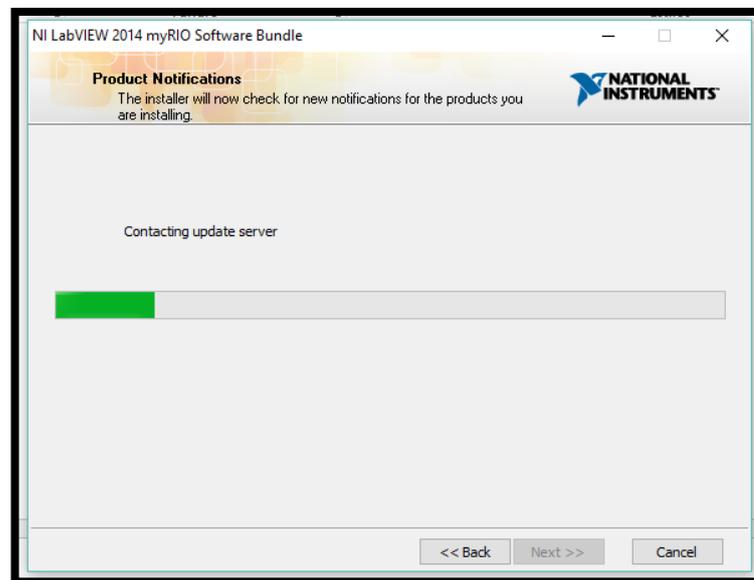
*Ilustración 5: Módulos de LabVIEW  
Fuente: Autores*

- d) En la siguiente ventana nos mostrara un cuadro de dialogo opcional en donde nos indica si es que queremos que LabVIEW busque actualizaciones automáticas a los paquetes que estamos instalando para lo cual recomendamos señalar que sí (ver *Ilustración 5*).



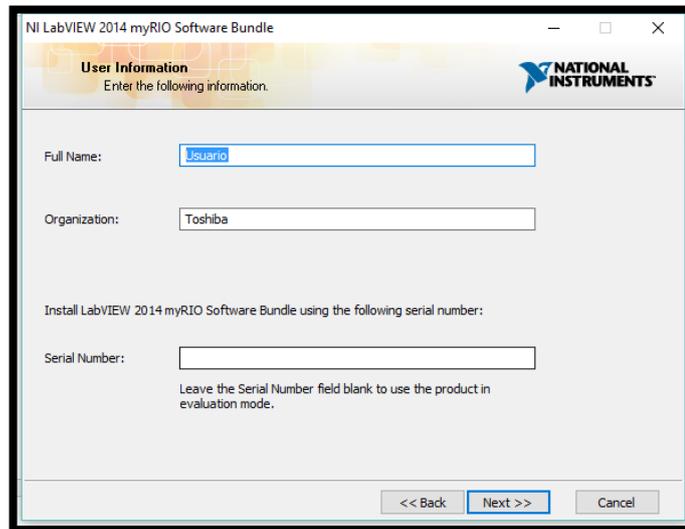
*Ilustración 6: Cuadro de diálogo para actualizaciones*  
Fuente: Autores

- e) A continuación LabVIEW buscara por actualizaciones y de haberlas nos lo informara caso contrario de igual manera nos lo dirá (ver *Ilustración 6*).



*Ilustración 7: LabVIEW buscando actualizaciones*  
Fuente: Autores

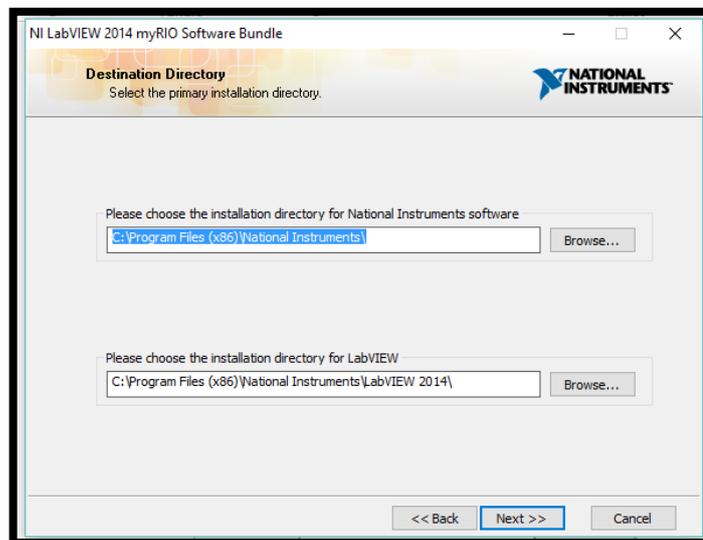
- f) A continuación nos pedirá que ingresemos un usuario y el nombre de la compañía para la cual estamos instalando dicho programa al igual el número de serie (ver *Ilustración 7*).



The screenshot shows a window titled "NI LabVIEW 2014 myRIO Software Bundle" with a "User Information" section. It asks the user to enter their full name, organization, and a serial number. The "Full Name" field contains "Jsuano", and the "Organization" field contains "Toshiba". Below these fields, there is a section for the serial number with a note: "Leave the Serial Number field blank to use the product in evaluation mode." At the bottom, there are buttons for "<< Back", "Next >>", and "Cancel".

*Ilustración 8: Registro*  
*Fuente: Autores*

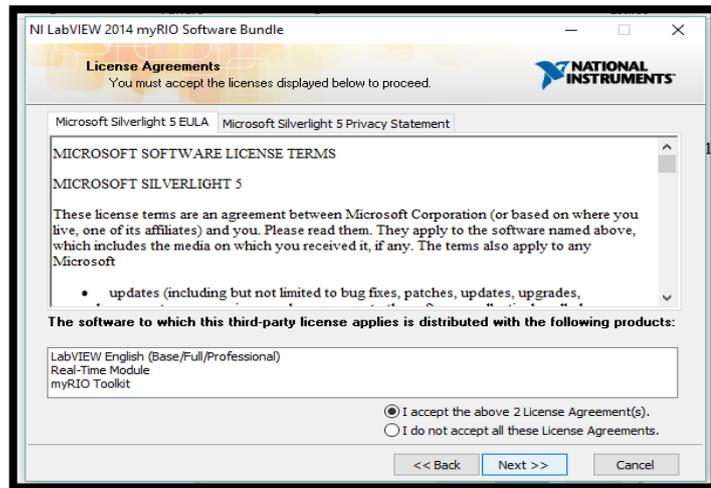
- g) En este punto nos pedirá la ruta en donde se va a instalar el archivo para la cual le dejaremos en la que ya se encuentra por default (ver *Ilustración 8*).



The screenshot shows a window titled "NI LabVIEW 2014 myRIO Software Bundle" with a "Destination Directory" section. It asks the user to select the primary installation directory. There are two fields: "Please choose the installation directory for National Instruments software" with the path "C:\Program Files (x86)\National Instruments\" and a "Browse..." button; and "Please choose the installation directory for LabVIEW" with the path "C:\Program Files (x86)\National Instruments\LabVIEW 2014\" and a "Browse..." button. At the bottom, there are buttons for "<< Back", "Next >>", and "Cancel".

*Ilustración 9: Sitio de instalación*  
*Fuente: Autores*

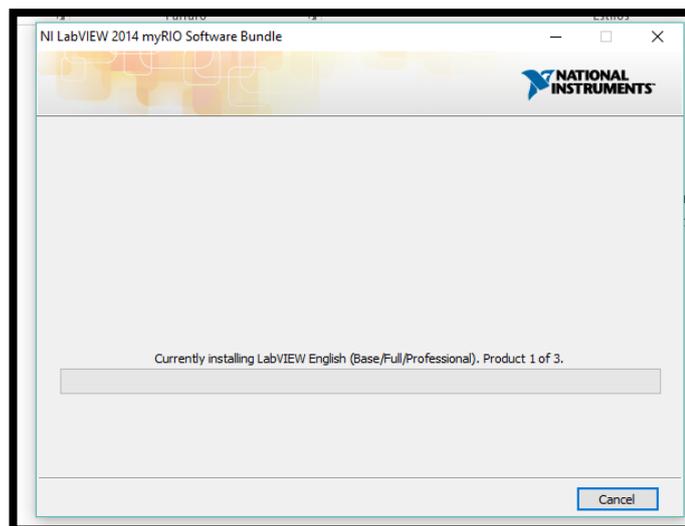
- h) A continuación nos presenta el contrato de licencia para el software al cual le daremos en *acepto* y *Next* (ver *Ilustración 9*).



*Ilustración 10: Contrato de licencia*

*Fuente: Autores*

- i) En el siguiente cuadro nos indica que paquetes estamos procediendo a instalar verificamos que estén todos los que ya habíamos seleccionado y le damos en *Next*.
- j) En el siguiente punto nos aparecerá la siguiente pantalla en donde nos indica el progreso de la instalación al culminar de instalar todos los paquetes, le damos click en *Finish* y tendremos el programa completamente instalado con todos los módulos (ver *Ilustración 10*).

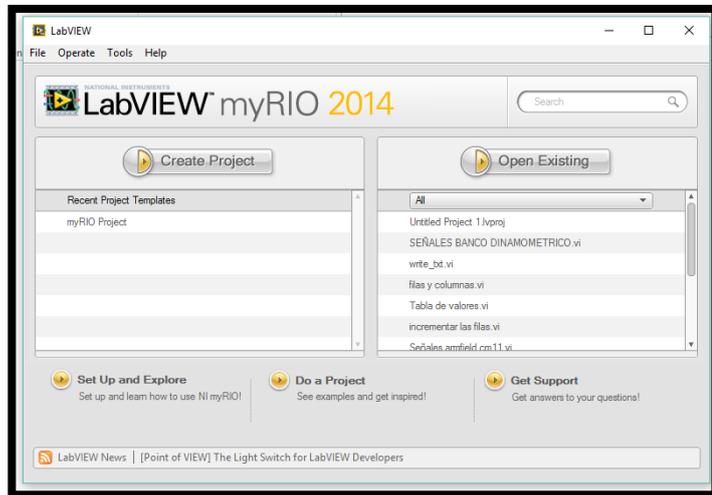


*Ilustración 11: Instalación finalizada*

*Fuente: Autores*

○ **Anexo A7.1:** Iniciando Entorno LabVIEW

Al momento de iniciar el programa nos aparecerá una ventana la cual nos indica si queremos iniciar un proyecto, o abrir uno ya existente, le damos click en “*Create Project*” (ver *Ilustración 11*).



*Ilustración 12: Crear nuevo proyecto*  
*Fuente: Autores*

Seguidamente nos enviará a una ventana en la cual podemos escoger el tipo de proyecto al cual nos enfocaremos, de ser una DAQ normal, podríamos escoger en la opción “*All*” y “*Blank Project*”, al mencionar DAQ normal me refiero a una 6008, 6009, 6213, My Daq, etc.

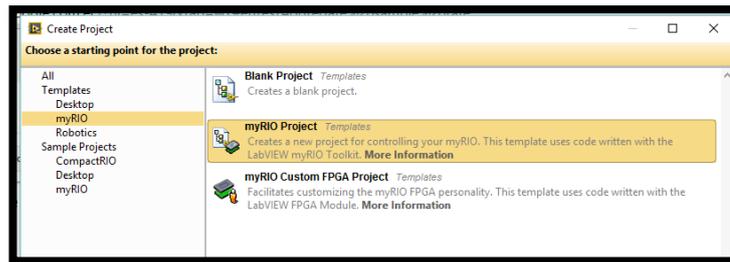
Seleccionamos la opción de myRio y en este punto tenemos que tener mucho cuidado ya que tenemos como vemos tres opciones a escoger, y hay que tener claro que hace cada uno y a continuación se explicara brevemente para tener una idea:

- **Blank Project:** nos creara un proyecto en blanco para ser usado con la myRio, pero en este proyecto, todos los cambios y controles serán guardados en nuestro PC e interactuaran mediante la tarjeta de adquisición de datos, lo cual lo hace responder de manera lenta.
- **myRio Project:** nos creara un proyecto en blanco para ser usado con la myRio, pero a diferencia del anterior, en este proyecto todos los controles y toma de datos se guardara directamente en la myRio, haciendo un proceso mucho más rápido, ya que no tiene que interactuar mediante nuestro PC, sino la escritura

y lectura los hace directamente desde la tarjeta, y nuestro PC solo los lee los datos.

- **myRio Custom FPGA Project:** en este tipo de proyecto la diferencia radica que no utilizamos un lenguaje grafico para la programación, sino un lenguaje escrito parecido a Matlab o C++, utilizando comandos.

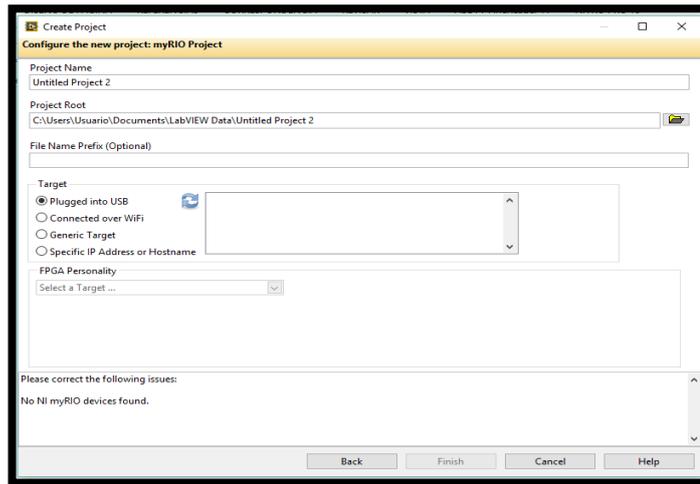
Ya explicados los tres métodos para crear un proyecto, el que hemos escogido para nuestro caso, es el segundo, ya que así tendremos una mayor velocidad y evitaremos en ocasiones que nuestro PC llegue a colgarse y perder datos (*ver Ilustración 12*).



*Ilustración 13: Proyecto guardado en NI myRio  
Fuente: Autores*

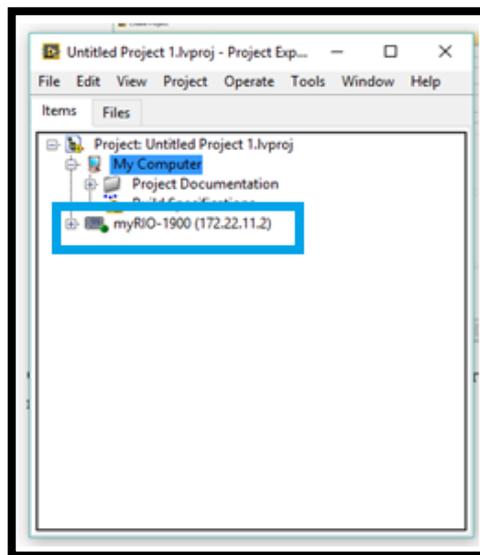
Colocamos el nombre del proyecto, al igual que colocamos el sitio donde se va guardar, y que seleccionemos el tipo de conexión con la que vamos a trabajar con nuestra myRio; en nuestro caso, y en el más seguro y rápido, sería por conexión USB,

En la parte inferior veremos detectada a nuestra tarjeta myRio, y como último paso, finalizamos, y tendremos creado el proyecto, el cual cargara un VI que adquiere datos del acelerómetro de la myRio (*ver Ilustración 13*).



*Ilustración 14: Nuevo VI*  
*Fuente: Autores*

Como podemos visualizar se ha creado un nuevo proyecto dentro de nuestra myRio, en la cual vamos a trabajar, y dentro de este agregaremos los VI para el control y adquisición de datos (ver *Ilustración 14*).



*Ilustración 15: Proyecto generado*  
*Fuente: Autores*

Para crear un nuevo VI, hacemos click derecho sobre el ícono de la myRio y le damos en *New VI* (ver *Ilustración 15*).

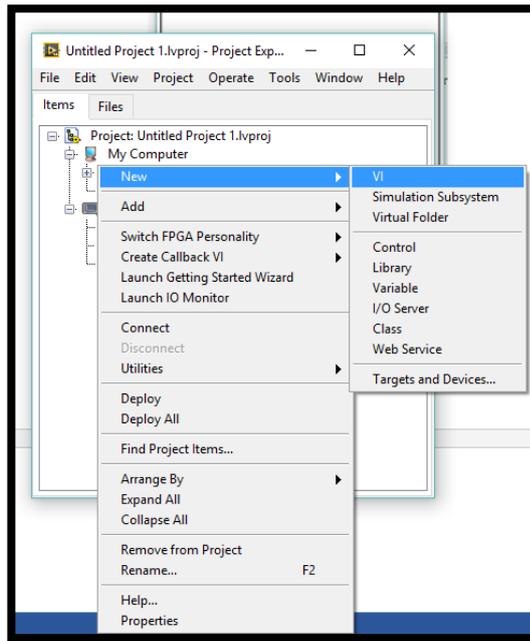


Ilustración 16: Nuevo VI  
Fuente: Autores

Se abren dos ventanas para realizar nuestra programación, en la primera (gris con cuadrícula) vamos a colocar todos los indicadores gráficos y controles; en la segunda (blanca) colocamos toda la programación: contadores, controladores, funciones, etc.

La primera ventana muestra una paleta en la cual tenemos todos los controles que podemos usar (ver Ilustración 16).

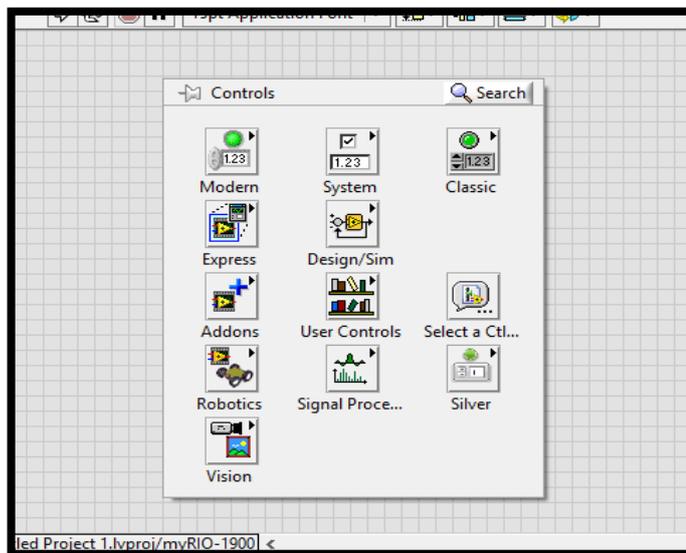
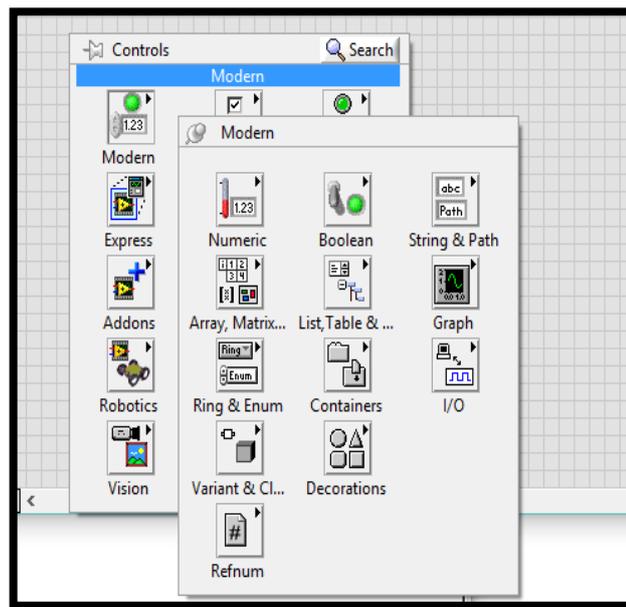


Ilustración 17: Tabla de controles  
Fuente: Autores

Realizando una breve explicación de los componentes que son de más uso para la elaboración de nuestro proyecto vamos, a detallar para que sirve cada ítem del menú de control.

○ **Anexo A7.2: Modern**

En este bloque podremos encontrar todos los indicadores y controles que nos ayudaran a dar valores para escritura de datos y para lectura de los mismos (*ver Ilustración 17*).



*Ilustración 18: Indicadores de control  
Fuente: Autores*

Dentro de este bloque vamos a encontrar otros sub bloques que describiremos a continuación:

- **Numeric:** En este encontramos todos los indicadores y controles numéricos que podemos colocar para la escritura y lectura de datos (*ver Ilustración 18*).

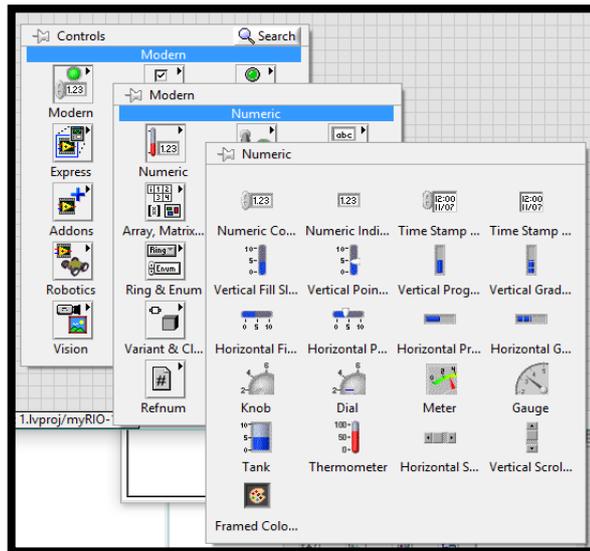


Ilustración 19: Bloque Numeric  
Fuente: Autores

- **Boolean:** En este bloque están los controles e indicadores para datos digitales o 0 y 1, true o false (ver Ilustración 19).

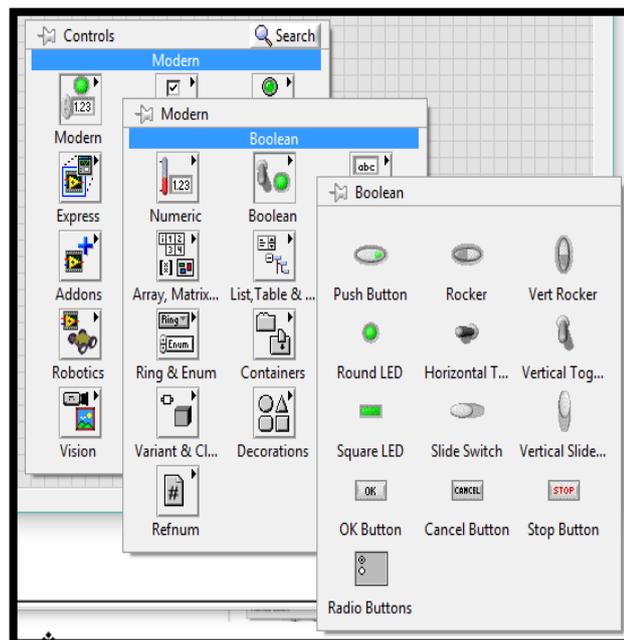


Ilustración 20: Bloque Boolean  
Fuente: Autores

- **String y Path:** Aquí encontramos los indicadores y controles para entrada y salida de texto (ver Ilustración 20).

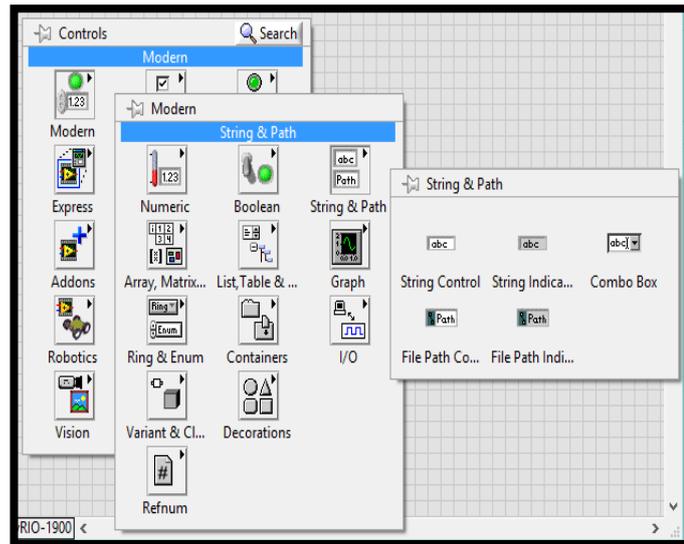


Ilustración 21: Bloque String & Path  
Fuente: Autores

- **Array & Matrix:** Esto corresponde a arreglos que se puede realizar dentro de LabVIEW, como una unión de datos y organizarlos (ver Ilustración 21).

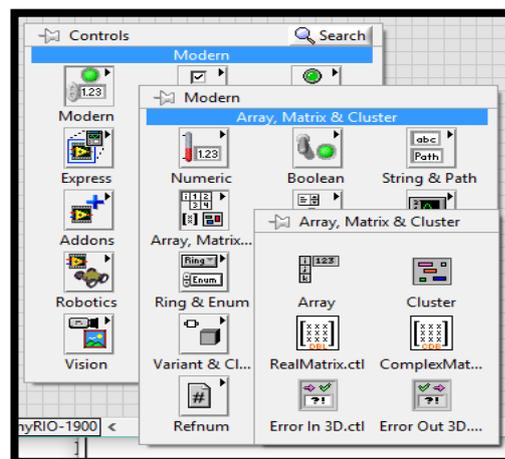


Ilustración 22: Bloque Array & Matrix  
Fuente: Autores

- **List, Table & Tree:** Aquí encontramos el ingreso de listas, tablas o viceversa podremos indicar los datos obtenidos de las entradas que hayamos configurado (ver Ilustración 22).

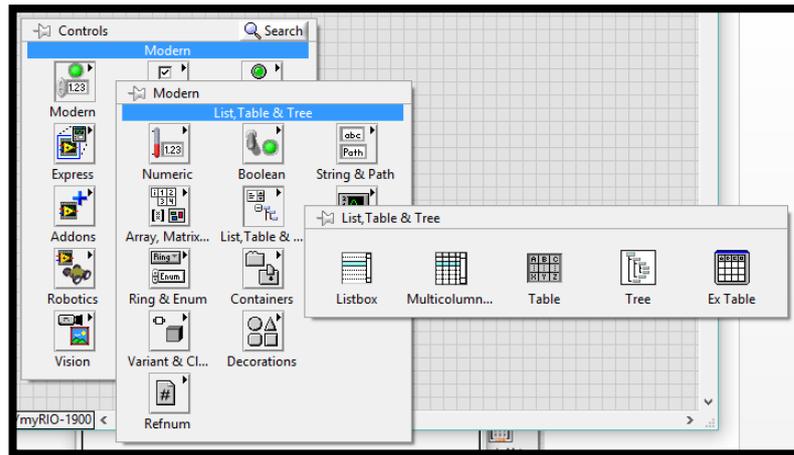


Ilustración 23: List, Table & Tree  
Fuente: Autores

- **Graph:** En este cuadro están todas las variaciones de indicadores gráficos de las entradas que hayamos configurado (ver Ilustración 23).

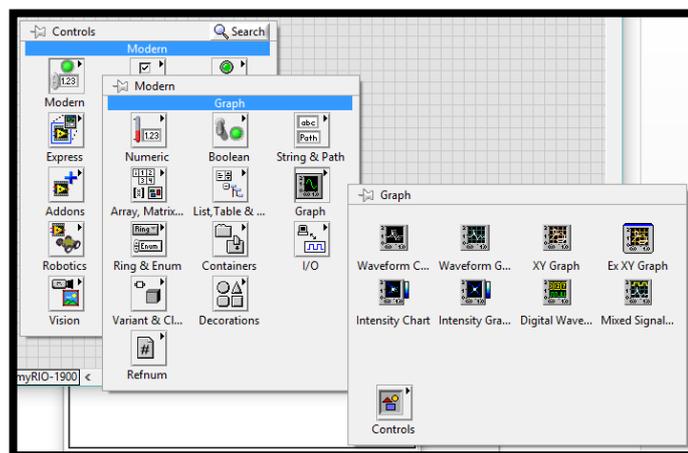
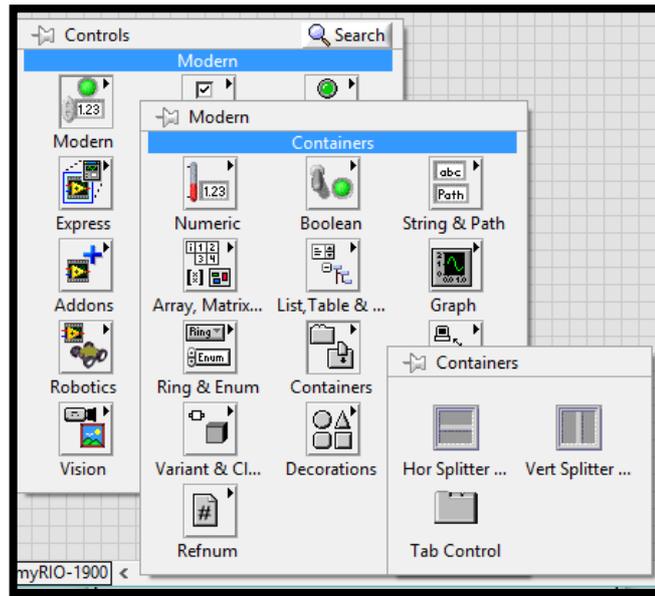


Ilustración 24: Bloque Graph  
Fuente: Autores

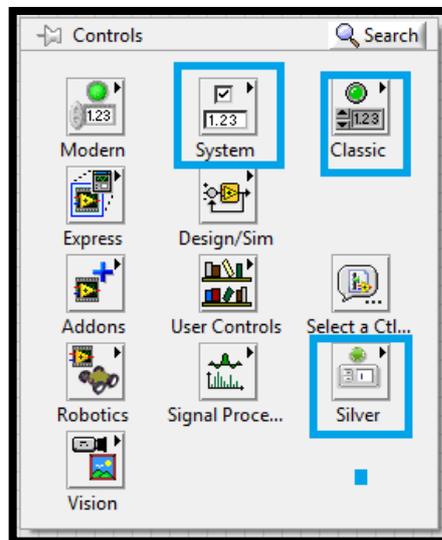
- **Containers:** Aquí se encuentran los elementos que pueden contener más indicadores que sirven para organizar y la creación de programas (ver Ilustración 24).



*Ilustración 25: Bloque Containers*  
Fuente: Autores

○ **Anexo A7.3** System, Classic, y Silver

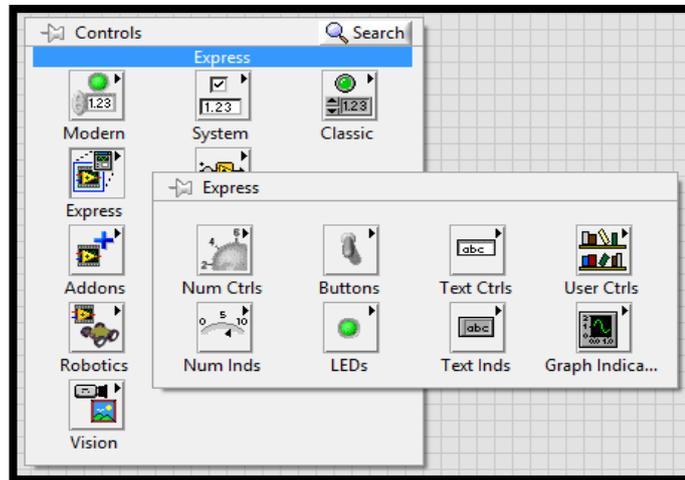
Estos sub bloques son similares al bloque MODERN, con la diferencia de la presentación al momento de llamar a la hoja de programación (*ver Ilustración 25*).



*Ilustración 26: System, Classic, Silver*  
Fuente: Autores

## 1. Express

Este bloque es el más utilizado, ya que simplifica las funciones que vamos a utilizar. Express es una programación más sencilla que simplifica el método de entrada o escritura de datos, ya que se auto configura (*ver Ilustración 26*).



*Ilustración 27: Bloque Express*  
*Fuente: Autores*

El resto de bloques que encontremos son programaciones enfocadas al control y automatización de diferentes elementos como servomotores, adquisición de datos de imágenes, elementos robóticos, etc.; usando elementos externos llamados *chasis*.

En la segunda ventana (blanca), vamos a encontrar todas las funciones con las cuales vamos a manipular, escribir, y graficar datos en los controles de la pantalla principal (*ver Ilustración 27*).

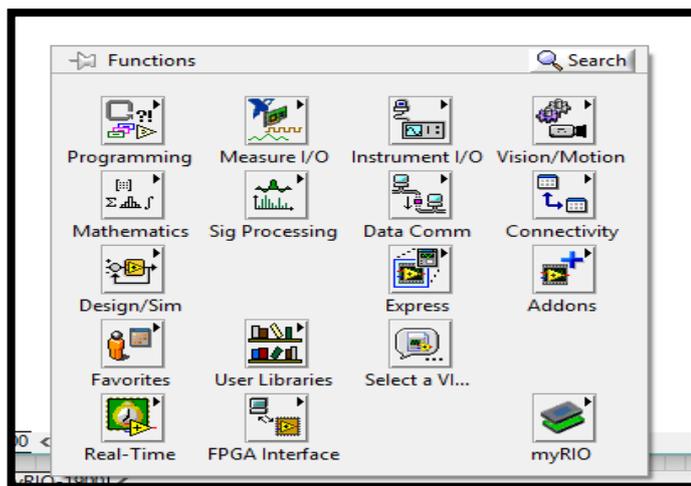


Ilustración 28: Ventana de manipulación de señales  
Fuente: Autores

A continuación describiremos la mayor parte de elementos que se utilizan para la optimización del Banco Dinamométrico Armfield, entre ellos están: *Programming*, *Mathematics*, *Express*, y el bloque myRio.

## 2. Programming

Aquí se encuentran todos los elementos de programación, los cuales los podemos llamar hacia nuestra hoja; a continuación explicaremos brevemente los componentes más usados dentro de este bloque.

- **Structures:** Aquí se encuentran todos los condicionantes para poder realizar la programación, las estructuras principales para realizar una acción con una condición de fin o inicio (*ver Ilustración 28*).

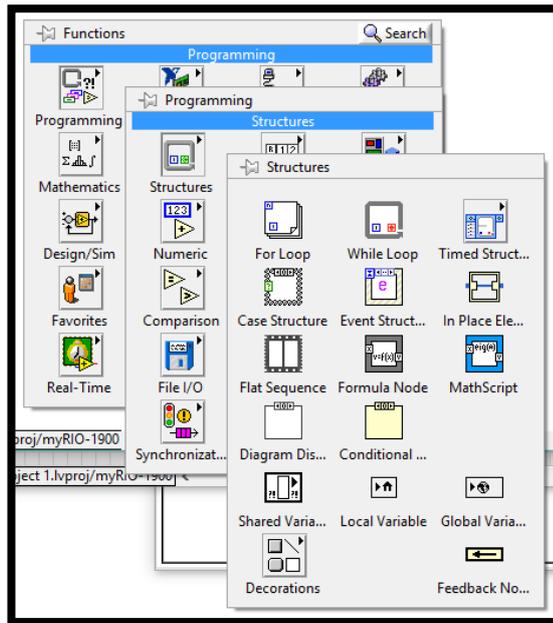


Ilustración 29: Bloque Structures  
Fuente: Autores

- **Array:** programación para realizar los diferentes tipos de arreglos que deseemos formar, ya sea con números, letra, o condiciones booleanas (ver Ilustración 29).

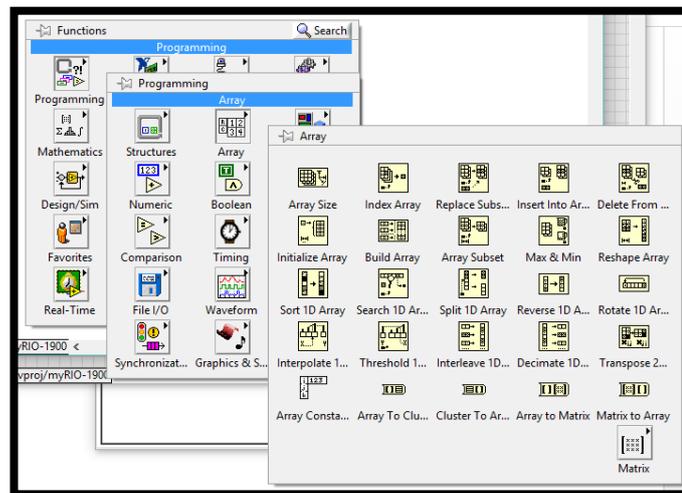
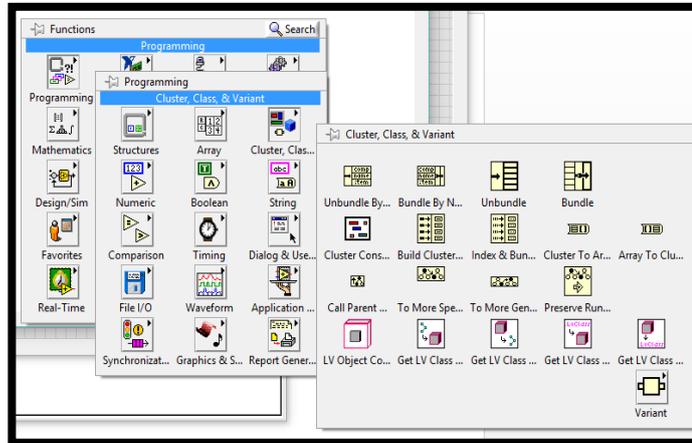


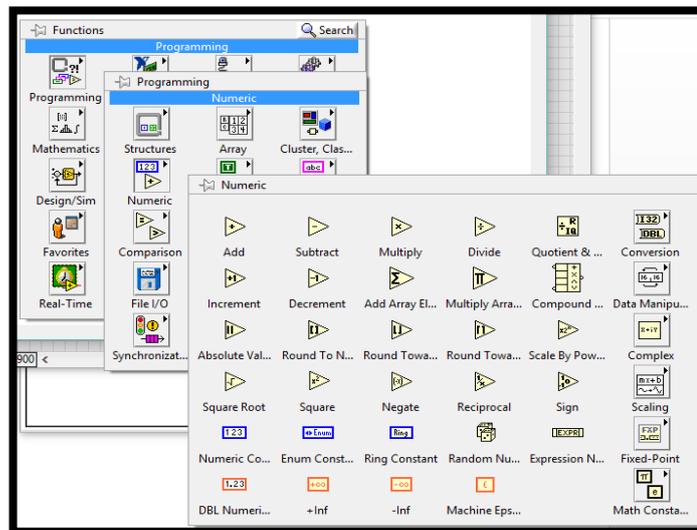
Ilustración 30: Bloque Array  
Fuente: Autores

- **Cluster, Class & Variant:** encontraremos una especie de arreglos, transformaciones, o variaciones que se requieran en la programación (ver *Ilustración 30*).



*Ilustración 31: Bloques Cluster, Class & Variant*  
Fuente: Autores

- **Numeric:** posee todas las operaciones matemáticas básicas que podamos realizar, como suma, resta, multiplicación, división, redondear, etc. (ver *Ilustración 31*).



*Ilustración 32: Bloque Numeric*  
Fuente: Autores

- **Boolean:** se encuentran todas las operaciones lógicas expresadas como compuertas and, or, not, nand, etc. (ver Ilustración 32).

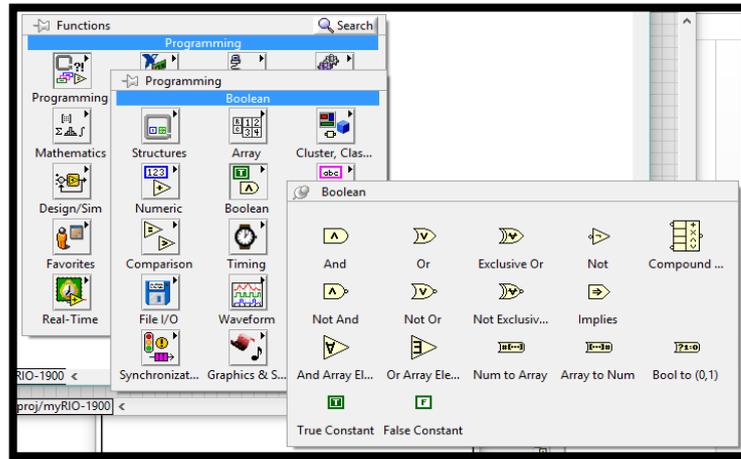


Ilustración 33: Bloque Boolean  
Fuente: Autores

- **String:** encontramos las acciones que vamos a realizar con las variables de texto de entrada (ver Ilustración 32).

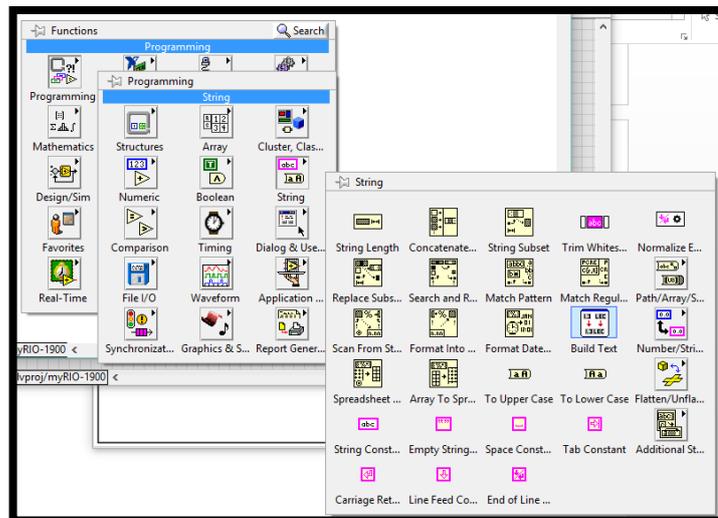
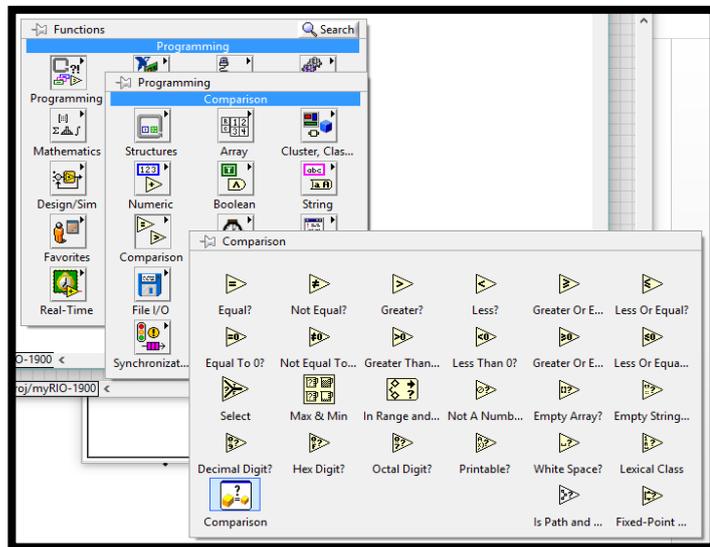


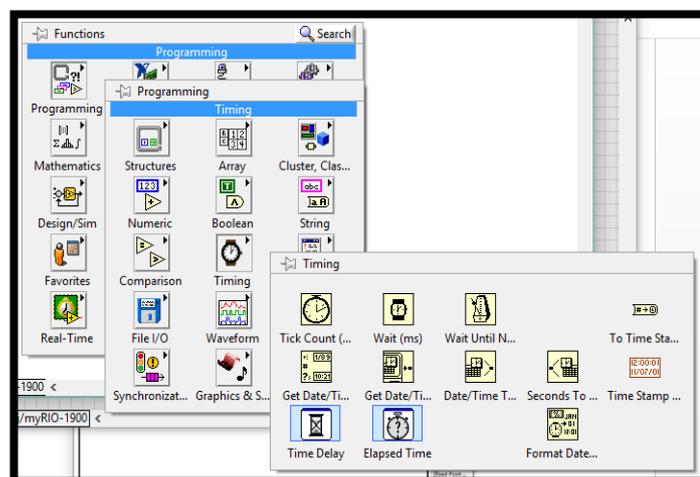
Ilustración 34: Bloque String  
Fuente: Autores

- **Comparisons:** posee las operaciones de comparación entre dos variables (*ver Ilustración 34*).



*Ilustración 35: Bloque Comparisons*  
Fuente: Autores

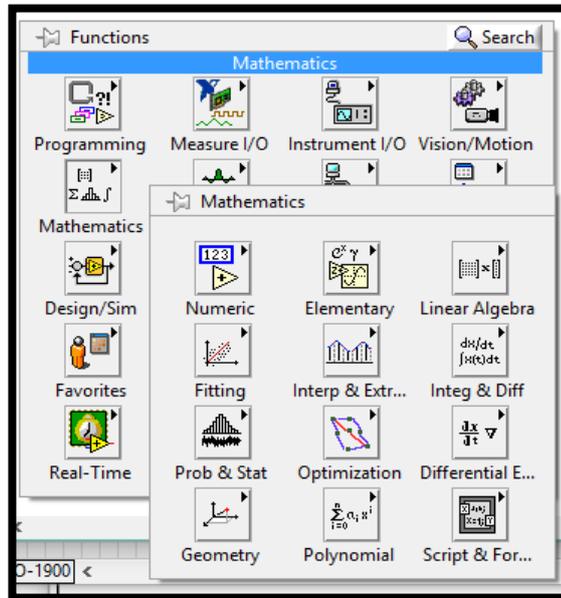
- **Timing:** cuenta con temporizadores, los cuales realizan la acción de disminuir o incrementar el tiempo de muestreo de datos (*ver Ilustración 35*).



*Ilustración 36: Bloque Timing*  
Fuente: Autores

### 3. Numeric

Encontramos casi todas operaciones matemáticas existentes como sumar, restar, multiplicar, dividir, integrar, derivar, interpolar, etc. (ver *Ilustración 36*).



*Ilustración 37: Bloque Numeric*  
*Fuente: Autores*

### 4. Express

Facilita la programación, ya que internamente están programados bajo una programación base; la desventaja es que si se intenta realizar muchas copias de la programación esta perderá su programación base y el programa quedara obsoleto (ver *Ilustración 37*).

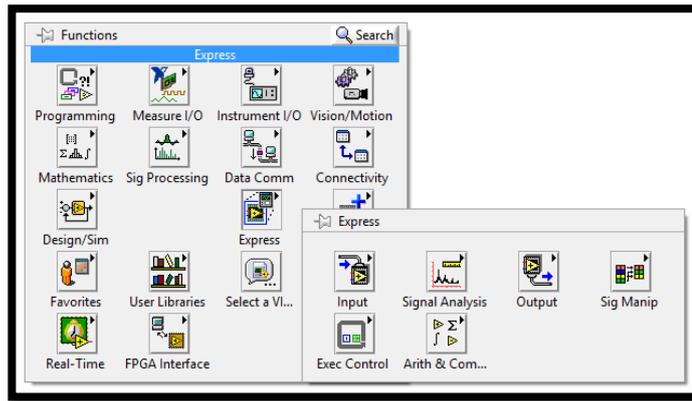


Ilustración 38: Bloque Express  
Fuente: Autores

## 5. myRio

Encontramos las órdenes que podremos darle a nuestra myRio, en lo que se refiere a escritura y lectura de datos. Posee las aplicaciones directas para trabajar con diferentes elementos en *Robotics* (ver Ilustración 38).

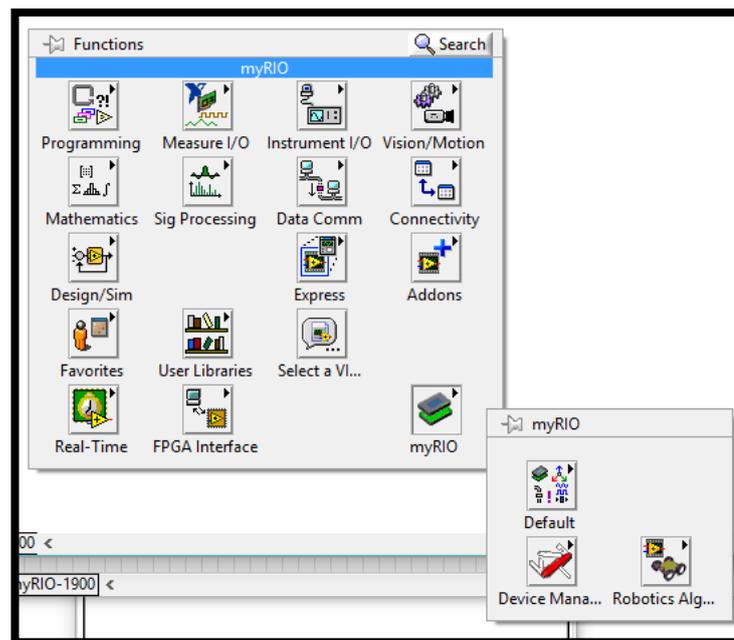
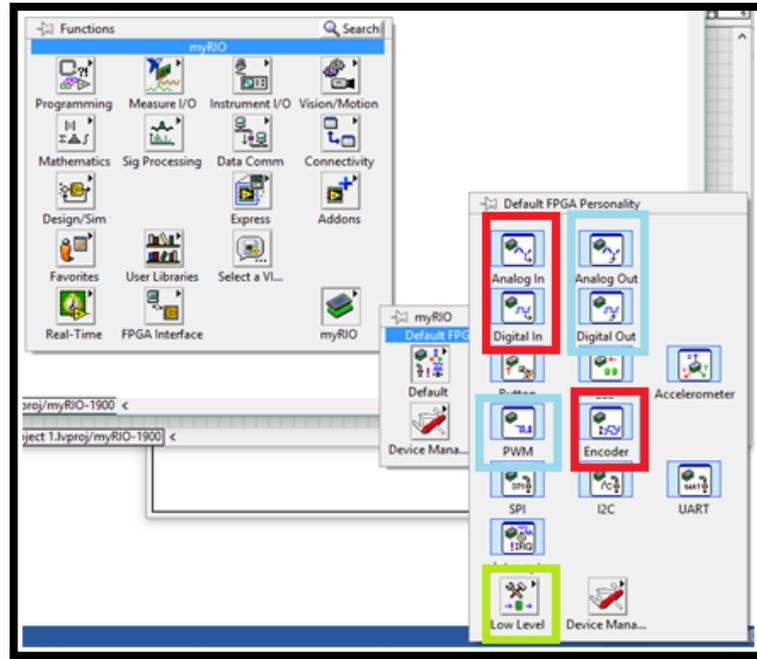


Ilustración 39: Bloque myRio  
Fuente: Autores

- **Default:** Aquí se encuentra una especie de Express de la myRio, ya que están las operaciones directas de adquisición de datos y escritura.

Para la obtención de datos, tenemos las opciones marcadas en rojo, observe la figura, y para la lectura de datos tenemos las opciones marcadas en azul. La opción que está en verde, nos lleva a la realización de la programación base, llamando cuadro por cuadro a la acción a realizar (*ver Ilustración 39*).



*Ilustración 40: Bloque Default  
Fuente: Autores*

- **Analog Input:** para entrada de datos de señales análogas que corresponden a la variación de voltajes en los sensores.
- **Digital In:** para la entrada de señales digitales y Encoder, que es el encargado de leer los pulsos en un determinado tiempo y frecuencia.
- **Analog Out:** para la escritura de datos, tenemos señales en forma de voltaje variable.
- **Digital Out:** para crear señales digitales de salida y PWM, que es la salida directa de pulsos cuadrados en los cuales se puede variar tanto la frecuencia como el ancho de pulso o *Duty Cycle*.

- **Anexo A8:** Adaptación del cuerpo de aceleración y el servo motor
  - **Adaptación del cuerpo de aceleración**

El cuerpo electrónico de aceleración original del banco (*ver Ilustración 40*), necesita las señales de activación procedentes de la ECU original, la cual se la reemplazó por el sistema Haltech, para el control de la apertura y cierre de la mariposa de aceleración.



*Ilustración 41: Cuerpo original de aceleración*  
*Fuente: Autores*

Al ya no contar con la ECU original en el banco, el cuerpo de aceleración se queda sin las señales de alimentación y de control, y en vista que el Sistema Haltech Platinum Sport 1000 no cuenta con la opción para controlar servomotores de aceleración, decidimos realizar la adaptación de un nuevo cuerpo de aceleración mecánico, al cual se le adecuó un servomotor independiente (*ver Ilustración 41*).



*Ilustración 42: Cuerpo de aceleración para adaptar*

Fuente: Autores

- **Adaptación del servo motor al cuerpo de aceleración**

Para el control de la mariposa del nuevo cuerpo de aceleración, adoptaremos en el mismo un servo motor (*ver Ilustración 42*), el cual será alimentado con una fuente de 5v proporcionado por la regleta de distribución eléctrica del gabinete del banco, y controlado por una señal PWM obtenida desde la DAQ NI myRio.



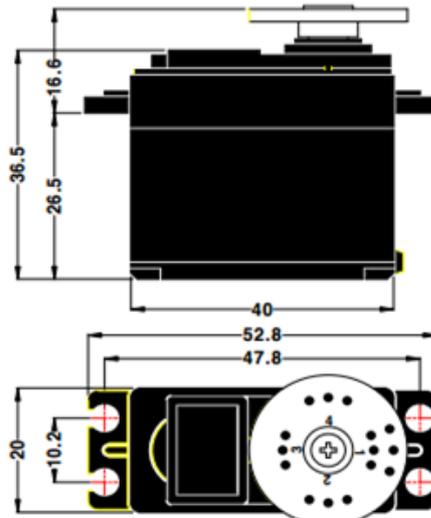
Ilustración 43: Servo motor para control de la mariposa de aceleración

Fuente: Autores

- **Diagrama eléctrico del servo motor**

## ANNOUNCED SPECIFICATION OF HS-311 STANDARD SERVO

|                                      |   |                        |
|--------------------------------------|---|------------------------|
| <b>1. TECHNICAL VALUE</b>            |   |                        |
| <b>CONTROL SYSTEM</b>                | : +PULSE WIDTH CONTROL 1500usec NEUTRAL       |                        |
| <b>OPERATING VOLTAGE RANGE</b>       | : 4.8V TO 6.0V                                |                        |
| <b>TEST VOLTAGE</b>                  | : AT 4.8V                                     | AT 6.0V                |
| <b>OPERATING SPEED</b>               | : 0.19sec/60° AT NO LOAD                      | 0.15sec/60° AT NO LOAD |
| <b>STALL TORQUE</b>                  | : 3.0kg.cm(42oz.in)                           | 3.5kg.cm(48.60oz.in)   |
| <b>IDLE CURRENT</b>                  | : 7.4mA AT STOPPED                            | 7.7mA AT STOPPED       |
| <b>RUNNING CURRENT</b>               | : 160mA/60° AT NO LOAD                        | 180mA/60° AT NO LOAD   |
| <b>STALL CURRENT</b>                 | : 700mA                                       | 800mA                  |
| <b>DEAD BAND WIDTH</b>               | : 5usec                                       | 5usec                  |
| <b>OPERATING TRAVEL</b>              | : 40°/ONE SIDE PULSE TRAVELING 400usec        |                        |
| <b>DIRECTION</b>                     | : CLOCK WISE/PULSE TRAVELING 1500 TO 1900usec |                        |
| <b>MOTOR TYPE</b>                    | : CORED METAL BRUSH                           |                        |
| <b>POTENTIOMETER TYPE</b>            | : 4 SLIDER/DIRECT DRIVE                       |                        |
| <b>AMPLIFIER TYPE</b>                | : ANALOG CONTROLLER & TRANSISTOR DRIVER       |                        |
| <b>DIMENSIONS</b>                    | : 40x20x36.5mm(1.57x0.78x1.43in)              |                        |
| <b>WEIGHT</b>                        | : 43g(1.51oz)                                 |                        |
| <b>BALL BEARING</b>                  | : TOP/RESIN BUSHING                           |                        |
| <b>GEAR MATERIAL</b>                 | : RESIN                                       |                        |
| <b>HORN GEAR SPLINE</b>              | : 24 SEGMENTS/□5.76                           |                        |
| <b>SPLINED HORNS</b>                 | : SUPER/R-XA                                  |                        |
| <b>CONNECTOR WIRE LENGTH</b>         | : 300mm(11.81in)                              |                        |
| <b>CONNECTOR WIRE STRAND COUNTER</b> | : 40EA  |                        |
| <b>CONNECTOR WIRE GAUGE</b>          |   |                        |



## 2.FEATURES

LONG LIFE POTENTIOMETER, TOP RESIN BUSHING

## 3.APPLICATIONS

AIRCRAFT 20-40 SIZE, STEERING AND THROTTLE SERVO FOR CARS, TRUCK AND BOATS

## 4.ACCESSORY & OPTION

CASE SET/

HS322T:1EA

HS322M:1EA

HS322L:1EA

PH/T-2 2x30 NI:4EA

GEAR SET/

HS322G1:1EA

HS322G2:1EA

HS322G3:1EA

HS322G4:1EA

HS300RB:1EA

HORN SET/

R-XA:1EA

## Pines de conexión:

- **Rojo:** alimentación de 5v
- **Blanco:** entrada del PWM
- **Negro:** masa de alimentación

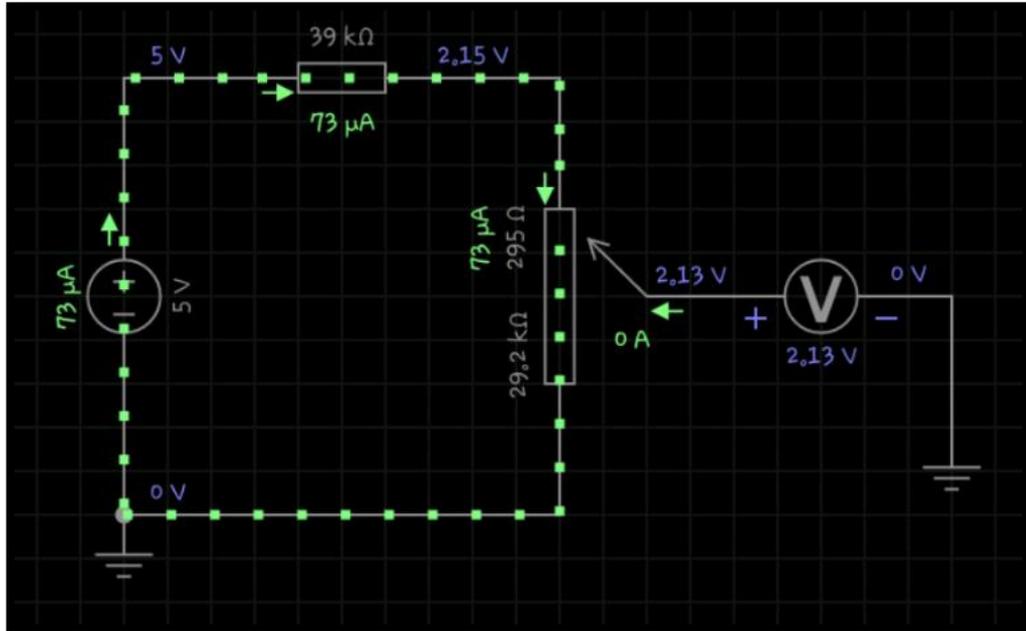
Finalmente, con el motor ya acoplado al cuerpo de aceleración, montamos el mismo sobre el colector de admisión del motor Volkswagen (*ver Ilustración 43*).



*Ilustración 44: Nuevo cuerpo de aceleración  
Fuente: Autores*

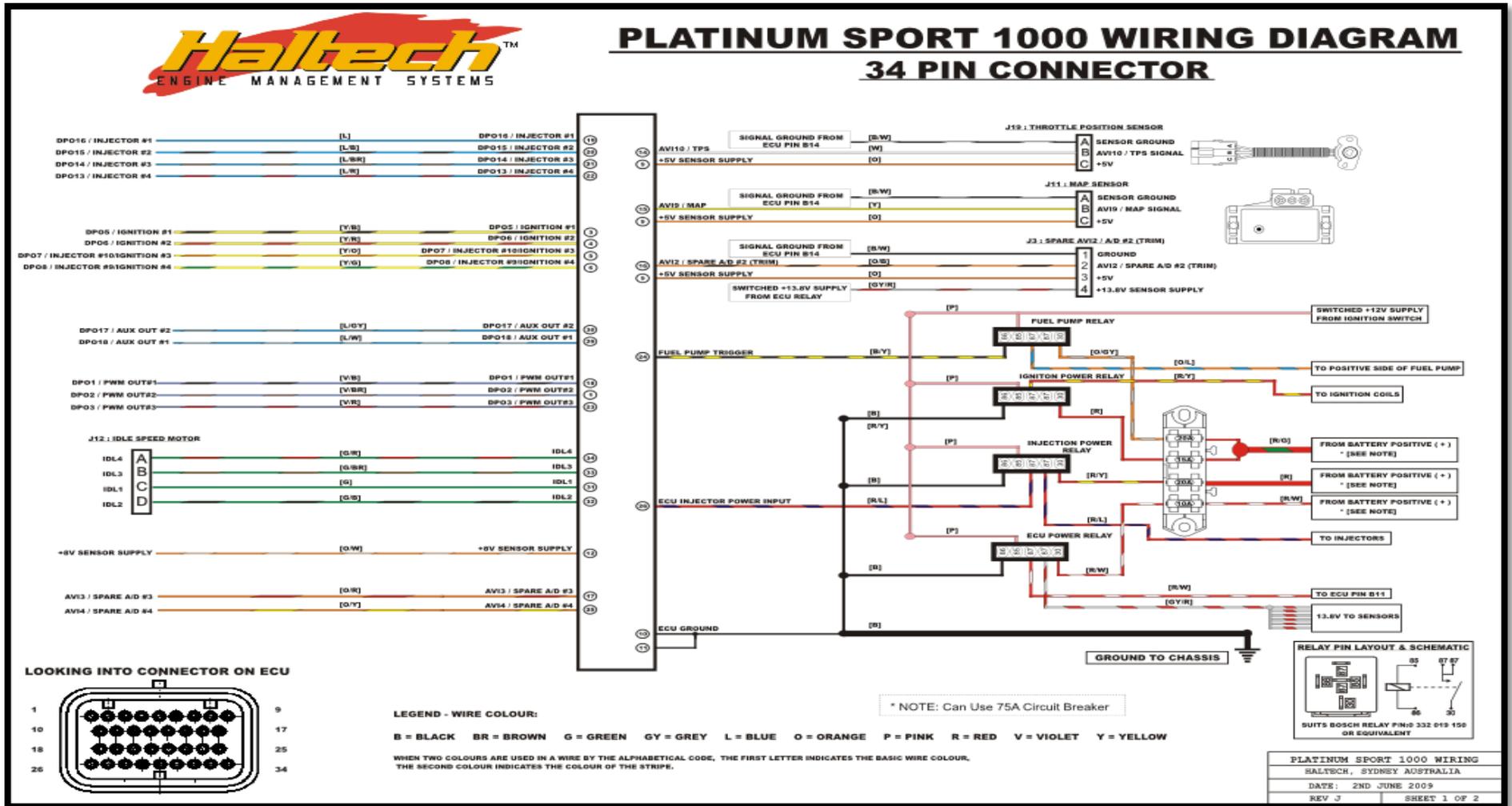
- **Anexo A9:** Circuito de alimentación para los sensores ECT del intercambiador de calor.

Circuito de sensores ECT del ambiente y de la entrada y salida del agua del intercambiador de calor (*ver Ilustración 44*).



*Ilustración 45: Circuito de alimentación de sensores ECT*  
*Fuente: Autores*

- Anexo 10: Diagrama eléctrico para el socket de 34 pines



- Anexo 10: Diagrama eléctrico para el socket de 34 pines

