



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTOR: DANIEL GONZALO TINIZARAY ROMERO

TEMA: REPROGRAMACIÓN ELECTRÓNICA DEL CONTROL DE INYECCIÓN
Y ENCENDIDO DEL MOTOR HONDA CBR 600 F41 PARA EL VEHÍCULO
FORMULA STUDENT

DIRECTOR: ING. GERMÁN ERAZO

CODIRECTOR: ING. WILSON TRÁVEZ

LATACUNGA, DICIEMBRE 2015

- OBJETIVOS
- ANTECEDENTES
- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- SELECCIÓN DEL EQUIPO DE REPROGRAMACIÓN
- INSTALACIÓN DEL SISTEMA
- DESARROLLO DE LA REPROGRAMACIÓN Y USO DEL SOFTWARE
- PRUEBAS Y RESULTADOS
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar la reprogramación del control electrónico de inyección y encendido del motor CBR 600 F4i del vehículo Formula Student, para obtener un óptimo desempeño en base a los parámetros establecidos para la competencia.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los componentes eléctricos y electrónicos necesarios, que cumplan con requerimientos para desarrollar la reprogramación del motor Honda CBR 600 F4i.
- Investigar fuentes bibliográficas confiables para desarrollar la reprogramación.
- Realizar mediciones de parámetros característicos del motor Honda CBR 600 F4i bajo funcionamiento de la computadora de tipo comercial.
- Seleccionar hardware y software que permita la reprogramación del sistema de control electrónico mientras cumple con el reglamento establecido por la FSG.
- Reprogramar los parámetros relacionados al control de la inyección y el encendido.
- Desarrollar las mediciones de los parámetros característicos con diferentes programaciones.

ANTECEDENTES

- Los vehículos que la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE preparó para la competencia Formula Student Germany se construyeron en apego al reglamento establecido, centrándose principalmente en la simplicidad de la estructura, la facilidad para obtener materiales y la seguridad.
- Esto conllevó a que la construcción de los vehículos COTOPAXI 1 y 2, dejaran de lado aspectos como la telemetría y la electrónica del motor.



ANTECEDENTES

- En su tercera participación el equipo FESPE decide incursionar en aspectos adicionales a la estructura del vehículo, específicamente en el control electrónico del motor.
- En el vehículo FESPE 2014, denominado COLIBRÍ, se realizó la reprogramación electrónica del motor mediante un sistema adaptable y confiable.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- En los vehículos de competencia se debe desarrollar un control especial del motor que responda a los requerimientos de potencia, par y consumo.
- El reglamento de la FSG establece normas que limitan la capacidad del motor para alcanzar sus máximas prestaciones.
- También existen prohibiciones respecto al uso de un controlador electrónico para la mariposa del acelerador, pero permite hacer cualquier modificación al resto de los sistemas electrónicos.

SELECCIÓN DEL EQUIPO DE REPROGRAMACIÓN

- Para determinar el equipo de reprogramación adecuado se tomó en cuenta las características del motor y el controlador original:
 - Motor Honda CBR 600 F4i
 - No dispone de conector OBD
 - La ECU original esta sellada
- Se determinó que existen tres equipos que se pueden utilizar:
 - Equipos propio para Honda
 - Equipos multimarca
 - Equipo Stand-alone

SELECCIÓN DEL EQUIPO DE REPROGRAMACIÓN

- Centralita intercalada: Power Commander V
- Equipo multimarca: Programador universal
- Equipo Stand-alone: Haltech PS 1000



SELECCIÓN DEL EQUIPO DE REPROGRAMACIÓN

	Centralita intercalada (Power Commander V)		Equipo multimarca (TopMax 2 - eetools)		Equipo Stand-alone (Haltech PS 1000)	
Propiedad	Comentario	Pto.	Comentario	Pto.	Comentario	Pto.
Precio	Mejor relación	3	Muy elevado	1	Elevado	2
Manejabilidad	Conexión USB	3	Necesita alimentación fija	1	Conexión USB	3
Adaptabilidad	Solo determinadas centralitas	1	Usa adaptadores	2	Cualquier motor hasta 8 cilindros	3
Reusabilidad	Solo determinadas centralitas	1	En otros dispositivos	3	Con nuevo arnés	2
Portabilidad	Muy portable	2	No es portable	1	Muy portable	3
Compatibilidad	Solo determinadas centralitas	1	Cualquier memoria EEPROM	3	Necesita cambiarse el cableado	2
Ventajas	Software específico	2	Cualquier software para la reprogramación	1	Soporte técnico a nivel local	3
TOTAL	13		12		18	

ECU HALTECH PLATINUM SPORT 1000



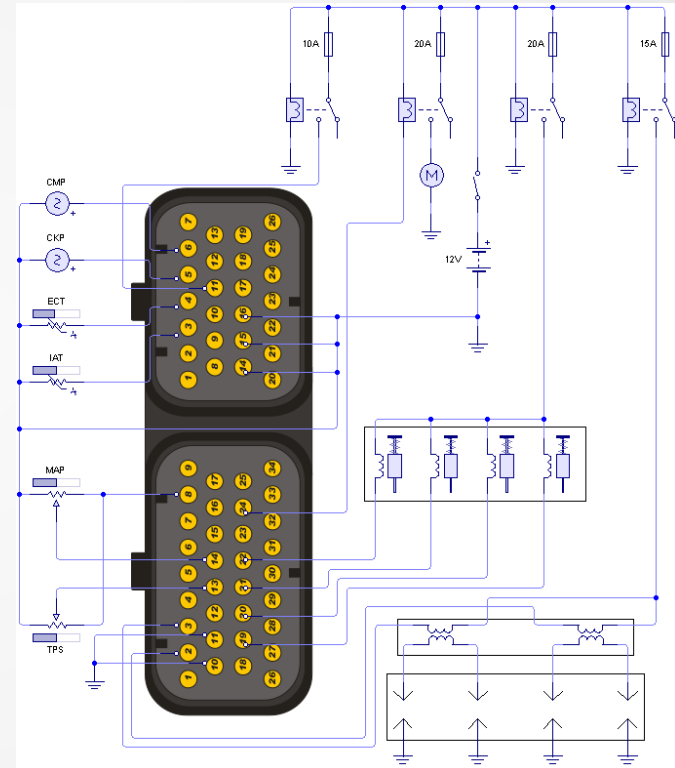
RECONOCIMIENTO DEL EQUIPO

- La ECU reprogramable Haltech PS 1000 presenta las siguientes características:

Especificación	Valor o descripción
Número de cilindros	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8
Número de rotores	2
RPM máxima	16000
Sensor CKP y CMP	Hall o inductivo
Encendido	Un distribuidor, doble distribuidor, chispa directa, chispa perdida
Inyección	Secuencial, semisequencial o grupal
Entrada de datos	CKP, CMP, MAP, TPS, ECT, IAT, O2 Lambda, velocidad, 4 entradas analógicas, 3 entradas digitales
Salidas	4 inyectores expansibles, 4 bobinas individuales expansibles, control de bomba de combustible, 4 salidas digitales y un motor a pasos
Almacenamiento de datos	448 kB para Data Login

INSTALACIÓN DEL EQUIPO

- Se realiza siguiendo el código de colores con el manual, o de acuerdo a las marcas en el cableado.



INSTALACIÓN DEL SOFTWARE

- El instalador se encuentra en el CD que viene incluido con el equipo.
- Es recomendable descargar la última versión de la página del fabricante.
- El software instalará automáticamente cualquier driver necesario.
- Se necesita de al menos 128 MB de memoria de video para la aceleración 3D.

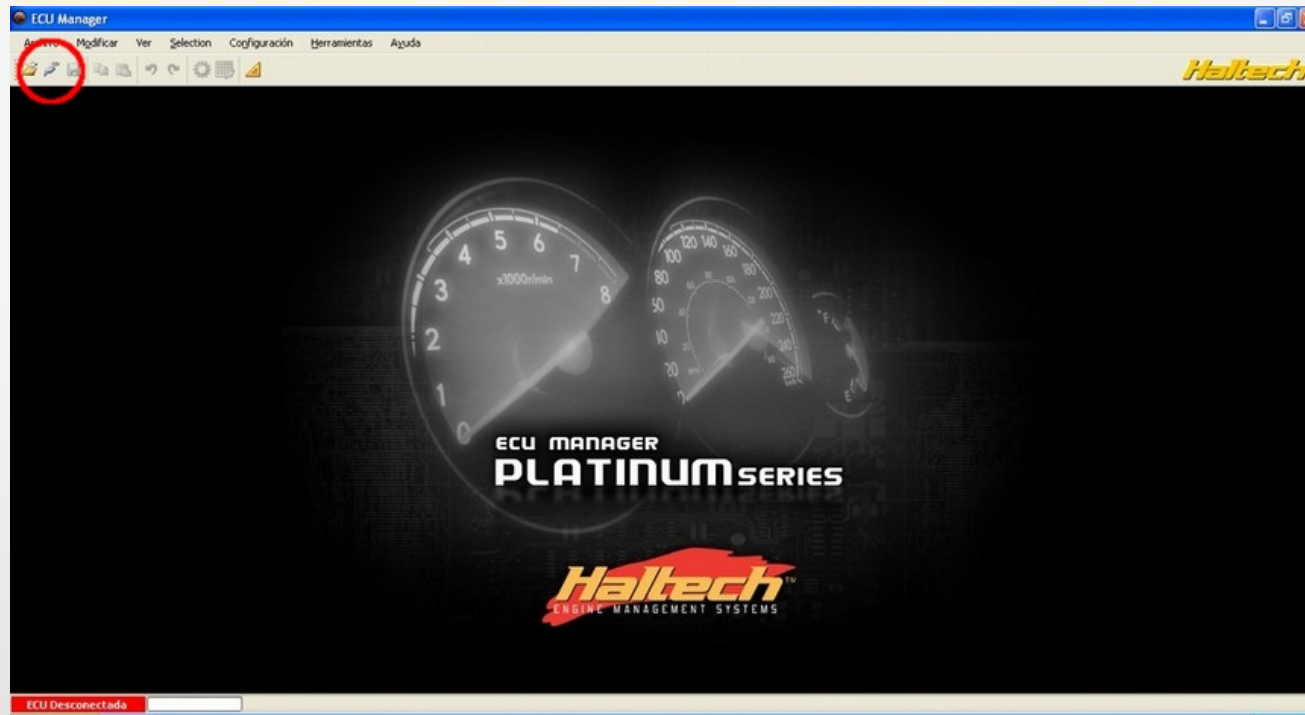


haltech_ecu_manager_1_13_...

haltech_ecu_manager_1_13_5_release.exe
Date Created: 04/09/2015 3:53
Size: 128 MB

CONFIGURACIÓN DE LA ECU

- Primero debe conectarse la ECU al motor a través del arnés y a la computadora por el cable USB.
- Se inicia el software y se presiona el botón de conexión



CONFIGURACIÓN DEL MOTOR

- La configuración principal se realiza desde el menu Setup > Main setup
- Se despliega una ventana en la que se elige la opción Basic y la pestaña Main

Main Setup - Platinum Sport 1000 1.13

Principal | Sincronización | Inyección | Avance

Info del Motor

Método Programación: Tiempo de In

Tipo de Motor: Piston

No. de Cilindros: 4

Volumen del Motor: 600 cc

Fuente Carga Inyección: TPS

Fuente Carga Avance: TPS

Fuente MAP: Interno

RPM Arranque Max: 250 RPM

RPM Max Indicador: 13000 RPM

Orden de Disparo

#1: 1

#2: 2

#3: 4

#4: 3

#5: 2

#6: 4

#7: 1

#8: 1

Tuning Method

Determina el método de programación que usted quiera utilizar.

Eficiencia Volumétrica (EV):

Programación EV esta disponible cuando se seleccione MAP o TPS para la referencia de Carga Principal. EV, o Eficiencia Volumétrica, permite a la ECU determinar el tiempo de inyección basandose en la Mezcla Deseada, Flujo de Inyectores y la Tabla de Eficiencia Volmétrica.

Tiempo de Inyección:

El Tiempo de Inyección utilizado por la ECU se obtiene directamente desde la Tabla de Inyección Base.

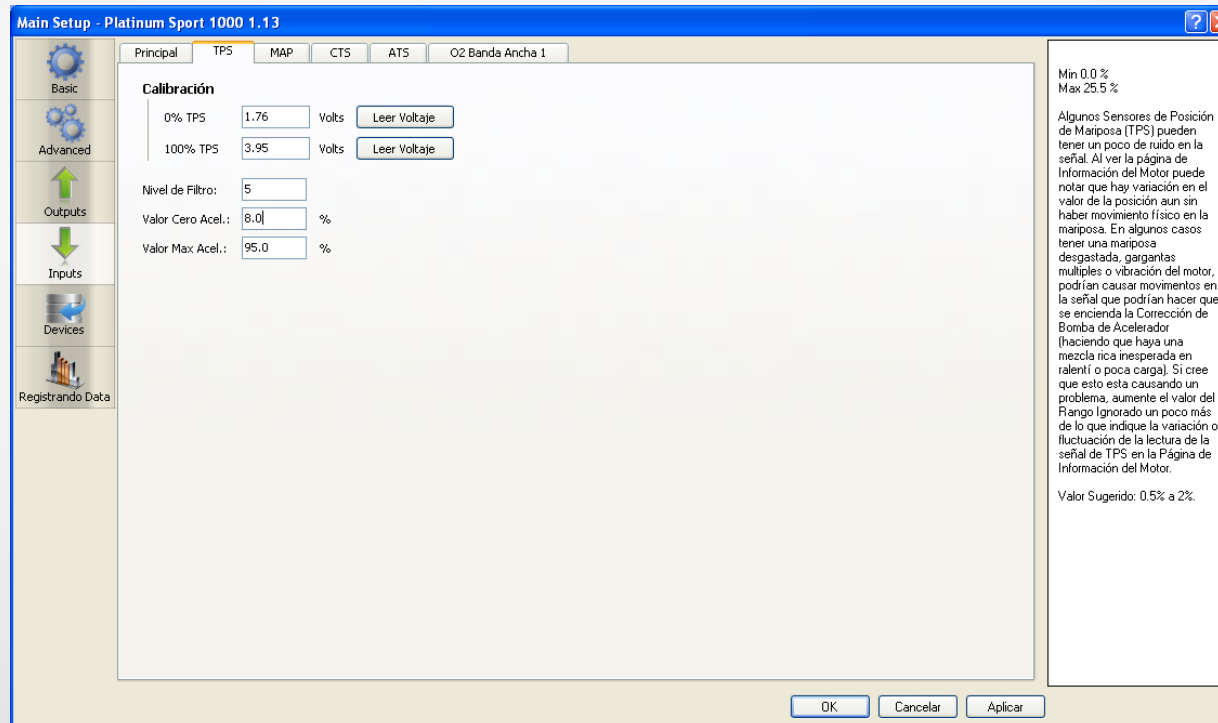
OK Cancelar Aplicar

CALIBRACIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES

- Se calibran desde el menú: Setup > Main Setup
- Se despliega la ventana de configuración y de acuerdo al sensor o actuador se elige una pestaña:
 - Inyectores, bobina, CKP y CMP en la pestaña Basic.
 - ECT, IAT, MAP y TPS en la pestaña Input.
 - Actuadores adicionales en la pestaña Output.

SENSOR TPS

- Corresponde a la pestaña TPS.
- Mide el voltaje del sensor cuando la mariposa esta totalmente cerrada 0% y totalmente abierta 100%



SENSORES DE TEMPERATURA

- Corresponden a las pestañas CTS (refrigerante) y ATS (Aire de admisión).
- La calibración se la realiza escribiendo los valores de voltaje y temperatura correspondientes al sensor en una tabla.

The screenshot shows the 'Main Setup - Platinum Sport 1000 1.13' software interface. The 'CTS' tab is selected, showing a table of voltage and temperature values. Below the table is a graph of the calibration curve. The 'Resistencia Interna' is set to 'Activado'. The 'Indicador' section has 'Advertencia Mínima' at 0 °C and 'Advertencia Máxima' at 105 °C. The 'Diagnósticos' section has 'Diagnósticos' set to 'Desactivado', 'Voltaje Mínimo' at 0.00 Volts, 'Voltaje Máximo' at 5.00 Volts, and 'Valor Fuera de Rango' at 95 °C. A right-hand panel contains information about the DSI1 (Digital Switch Input) and its configuration.

Volts	0.45	0.87	1.11	1.40	1.77	3.14	4.02	4.58
°C	118	90	80	70	60	30	10	-10

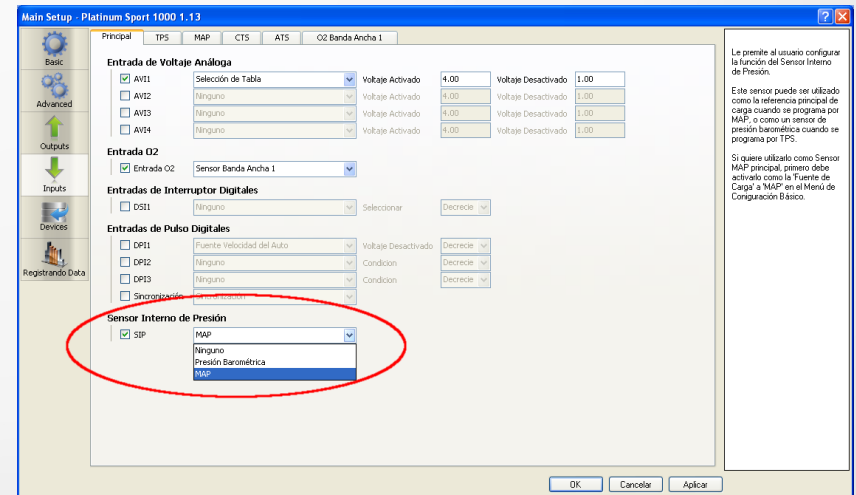
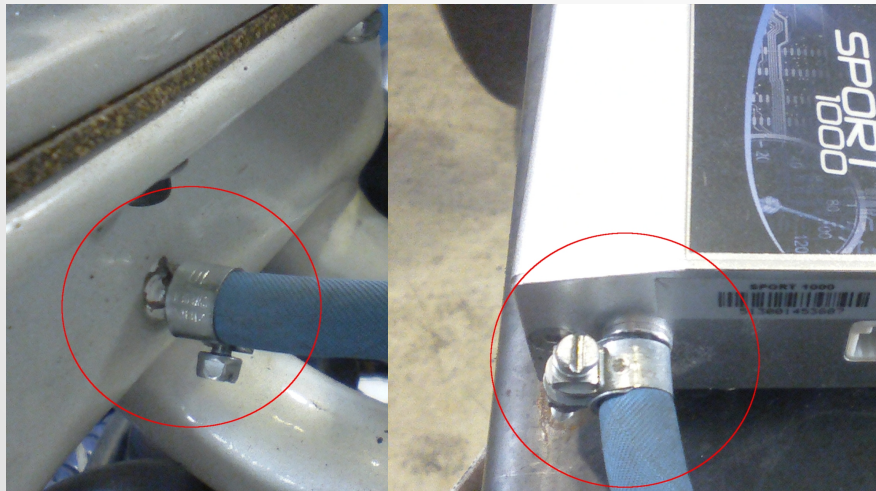
DSI1
(Entrada de Interruptor Digital)
Activar

Las DSI se utilizan para conectar interruptores de activación, tales como interruptores de palanca. Esta entrada no puede leer señales de pulso o frecuencia.

Pin B7 - Gri/Ver (Forrado)

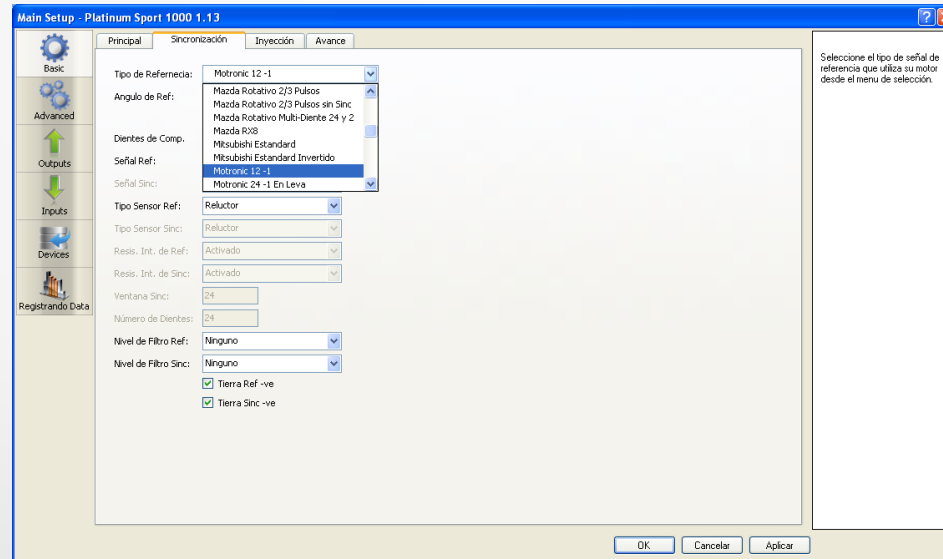
SENSOR MAP

- Corresponde a la pestaña MAP.
- Tiene dos configuraciones: sensor externo o sensor interno. Si se selecciona el sensor externo se realiza una calibración similar a los sensores de temperatura.



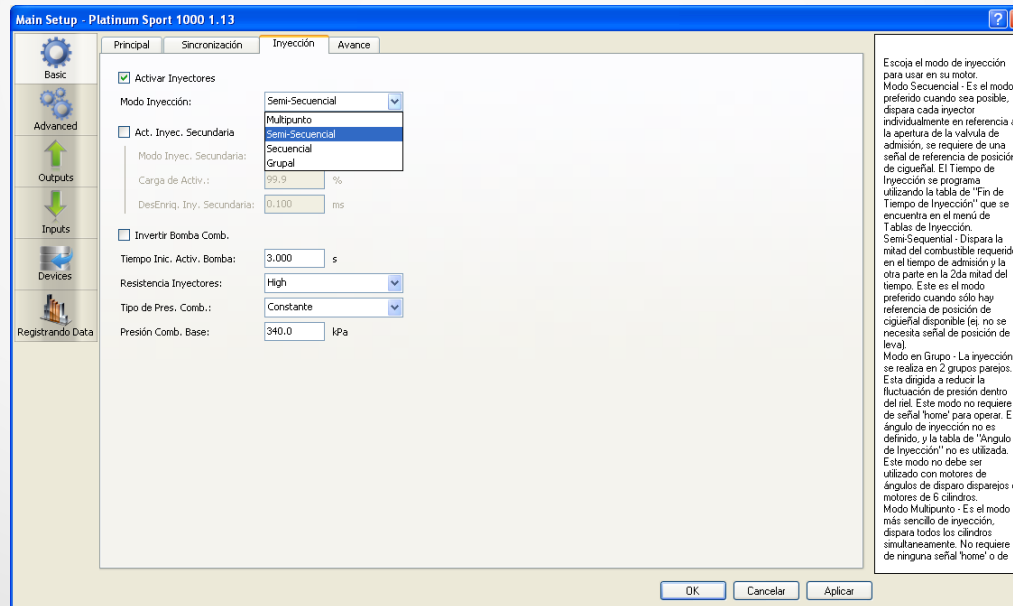
SENSORES CKP Y CMP

- Se elige en la pestaña Synchronization
- La primera casilla permite elegir la configuración de sensores, incluye varias opciones precargadas.
- Si el sistema lo requiere se deben indicar el ángulo de referencia y los dientes de compensación. También se debe indicar el tipo de sensor.



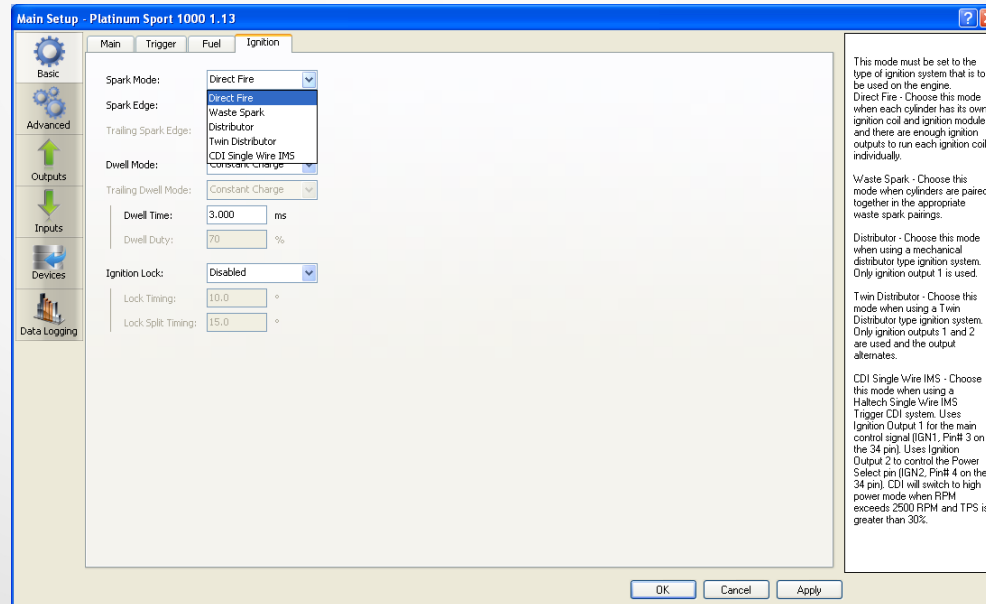
INYECCIÓN

- Está en la pestaña Fuel.
- Se puede elegir el método de inyección: multipunto, secuencial, semi-secuencial y grupal. Cada método depende del tipo de sincronización.
- También se debe indicar la presión de la riel y la impedancia de los inyectores.



ENCENDIDO

- Está en la pestaña Ignition.
- En la primera opción se selecciona el modo de encendido que puede ser: chispa directa, chispa perdida, distribuidor, doble distribuidor y CDI.
- También se debe indicar el ángulo Dwell como una medida de tiempo en milésimas de segundo.



TABLAS Y MAPAS 3D

- El software de ECU Manager utiliza tablas para modificar el tiempo de inyección y el ángulo de avance al encendido
- Las tablas están hechas en función de la velocidad del motor en filas y la carga del sensor TPS o MAP en las columnas
- Cada tabla puede tener un tamaño máximo de 32x32, y entre más divisiones tenga se podrá realizar modificaciones más finas.
- Los mapas 3D son representaciones gráficas de dichas tablas, que permiten apreciar de mejor manera las variaciones en dichas tablas.


TABLAS Y MAPAS 3D

Inyección - Base ms

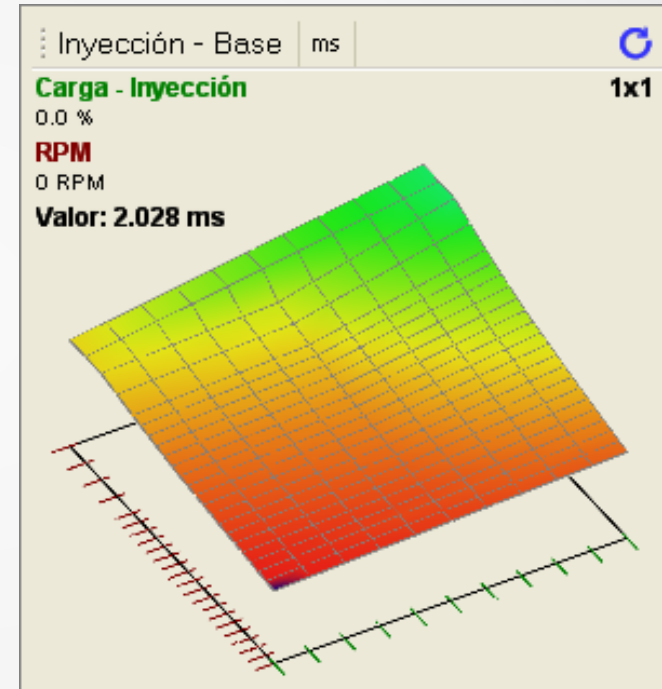
Carga - Inyección %

	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0
RPM	2.950	3.090	3.228	3.368	3.508	3.648	3.788	3.926	4.066	4.206	4.346
RPM	2.950	3.090	3.228	3.368	3.508	3.648	3.788	3.926	4.066	4.206	4.346
11000	2.950	2.994	3.040	3.084	3.130	3.178	3.412	3.644	3.878	4.112	4.346
10000	2.832	2.876	2.920	2.964	3.008	3.054	3.262	3.468	3.676	3.884	4.092
9000	2.716	2.758	2.800	2.842	2.884	2.928	3.110	3.290	3.472	3.654	3.836
8500	2.664	2.704	2.746	2.786	2.828	2.870	3.040	3.212	3.382	3.552	3.724
8000	2.612	2.652	2.692	2.734	2.774	2.816	2.976	3.138	3.298	3.458	3.620
7500	2.562	2.602	2.640	2.680	2.720	2.760	2.910	3.062	3.214	3.364	3.516
7000	2.510	2.548	2.588	2.626	2.666	2.706	2.846	2.988	3.130	3.270	3.412
6500	2.460	2.498	2.536	2.574	2.612	2.652	2.782	2.914	3.046	3.176	3.308
6000	2.424	2.462	2.498	2.536	2.574	2.612	2.734	2.858	2.982	3.104	3.228
5500	2.388	2.424	2.462	2.498	2.536	2.574	2.690	2.804	2.920	3.036	3.152
5000	2.354	2.390	2.426	2.462	2.498	2.536	2.644	2.752	2.860	2.968	3.076
4500	2.318	2.354	2.390	2.426	2.462	2.498	2.598	2.698	2.798	2.900	3.000
4000	2.284	2.318	2.354	2.388	2.424	2.460	2.552	2.646	2.738	2.830	2.924
3500	2.250	2.284	2.318	2.354	2.388	2.424	2.510	2.594	2.680	2.766	2.852
3000	2.218	2.252	2.286	2.320	2.354	2.388	2.466	2.546	2.626	2.704	2.784
2500	2.184	2.218	2.250	2.284	2.318	2.354	2.426	2.500	2.572	2.644	2.718
2000	2.152	2.184	2.218	2.250	2.284	2.318	2.384	2.450	2.516	2.584	2.650
1500	2.120	2.152	2.184	2.218	2.250	2.284	2.344	2.404	2.464	2.524	2.584
1000	2.088	2.130	2.174	2.218	2.262	2.304	2.348	2.392	2.434	2.478	2.522
500	2.058	2.098	2.138	2.178	2.218	2.258	2.298	2.338	2.380	2.420	2.460
0	2.028	2.064	2.102	2.140	2.176	2.214	2.250	2.288	2.326	2.362	2.400

Objetivo

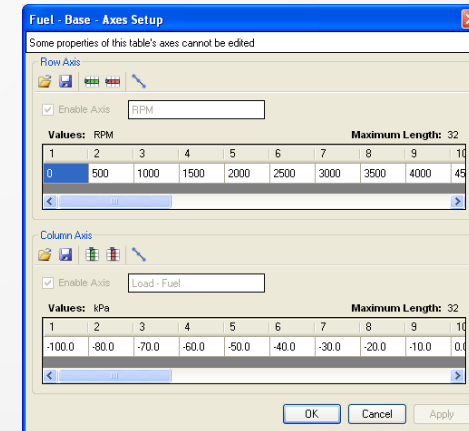
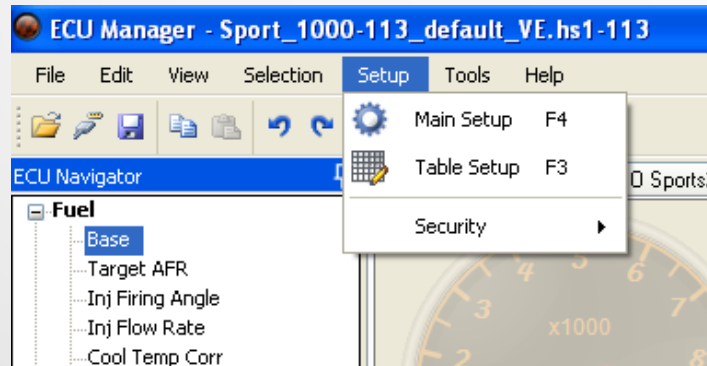


Valor de



CREACIÓN DEL MAPA DE INYECCIÓN

- La ECU Haltech PS 1000 trae mapas pre-cargados en su memoria.
- Primero se debe ajustar el tamaño del mapa de acuerdo a la velocidad del motor y la fuente de carga (TPS o MAP). El tamaño se cambia desde el menú Setup > Table setup.
- Se debe modificar los valores partiendo de un tiempo de inyección calculado.



TIEMPO DE INYECCIÓN

- Se calcula la masa de aire desplazada por el motor, este es el resultado de multiplicar la cilindrada del motor (V_{motor}) en m^3 por la densidad del aire en condiciones normales (ρ_{aire}).
- $V_{motor} = 0.000599 m^3$; $\rho_{aire} = 1.205 kg/m^3$

$$M_{aire,motor} = 0.000599 m^3 * 1.205 kg/m^3$$

$$M_{aire,motor} = 0.000722 kg$$

$$M_{aire,motor} = 0.72179 g$$

TIEMPO DE INYECCIÓN

- Con el valor de masa de aire desplazada, se calcula el valor de masa de aire desplazada a través del motor, que se obtiene multiplicando el valor calculado anteriormente por la velocidad, en este caso de ralentí, y dividiendo para dos.
- La velocidad de ralentí del motor CBR 600 F4i es 1300 rpm.

$$\dot{M} = (V_{motor}) * (\rho_{aire}) * RPM / 2$$

$$\dot{M} = 0.723 \text{ g} * 1300 \text{ rpm} / 2$$

$$\dot{M} = 469.166 \text{ g} / \text{min}$$

TIEMPO DE INYECCIÓN

- El valor de masa de aire desplazada a través del motor se denomina masa de aire de entrada y con ella se calcula la masa de combustible dividiendo este valor para la relación aire-combustible y la velocidad del motor.
- Dado que la ecuación del cálculo de tiempo de inyección esta en unidades inglesas, se debe transformar de gramos a libras-masa.

$$M_{combustible} = \frac{M_{aire, entrada}}{(AFR_d) * RPM}$$

$$M_{combustible} = 0.02458 g * \frac{1 lb}{453.59 g}$$

$$M_{combustible} = \frac{469.166 g/min}{14.68 * 1300 rev/min}$$

$$M_{combustible} = 5.42 * 10^{-5} lb$$

$$M_{combustible} = 0.02458 g$$

TIEMPO DE INYECCIÓN

- El valor de masa de combustible calculado es el que consume todo el motor en un ciclo, para calcular el tiempo de inyección de un solo inyector se divide esa masa de combustible para el número de inyectores.
- El motor CBR 600 F4i utiliza 4 inyectores.

$$M_{\text{combustible}-i} = M_{\text{combustible}} / 4$$

$$M_{\text{combustible}-i} = 5.4289584 * 10^{-05} \text{ lb} / 4$$

$$M_{\text{combustible}-i} = 1.3572 * 10^{-5} \text{ lb}$$

TIEMPO DE INYECCIÓN

- Finalmente, para calcular el ancho de pulso del inyector se debe conocer la velocidad nominal de flujo del inyector.
- Los inyectores del motor CBR 600 F4i son de 23 lb/h.

$$P_w = \frac{M_{\text{combustible}-i} * 3.6 * 10^6}{V_{f,I}}$$

$$P_w = \frac{1.3572 * 10^{-5} * 3.6 * 10^6}{23 \text{ lb/h}}$$

$$P_w = 2.124375 \text{ ms}$$

CREACIÓN DE LA TABLA DE INYECCIÓN

- El tiempo de inyección calculado se escribe en la celda que cruzan la columna del valor de carga más baja con la fila de velocidad de ralentí.
- A partir de esta celda se empiezan a modificar las demás, primero la fila de velocidad de ralentí.
- Se hacen incrementos de entre 1 y 5% del valor de la celda anterior, siendo recomendable un 2% para la primera fila.
- Cuando se ha completado, se hacen incrementos de 2% a medida que aumenta la velocidad y puede aumentar al 3% cuando se ha alcanzado la mitad de la velocidad máxima del motor (13000 rpm)
- Esta tabla puede generarse fácilmente en una hoja de cálculo.

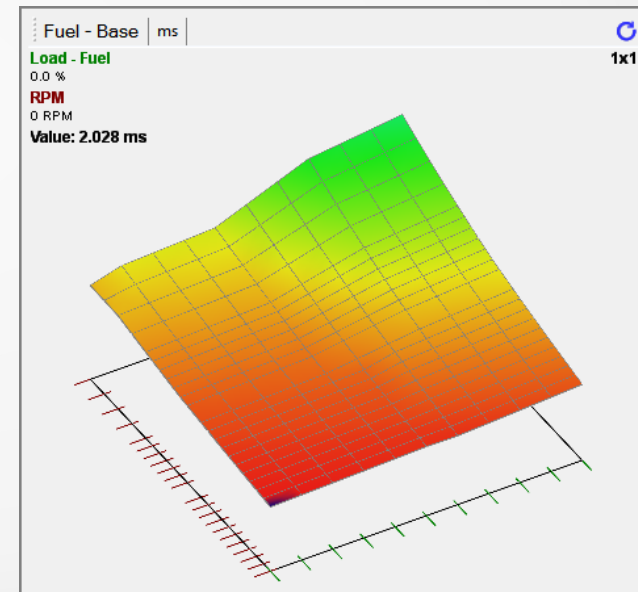
TABLA DE INYECCIÓN

rpm/%	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
13000	2.960	3.232	3.280	3.329	3.379	3.430	4.402	4.512	4.625	4.741	4.859
12000	2.950	3.106	3.153	3.200	3.248	3.297	4.150	4.253	4.360	4.469	4.580
11000	2.941	2.986	3.030	3.076	3.122	3.169	3.911	4.009	4.109	4.212	4.317
10000	2.827	2.870	2.913	2.956	3.001	3.046	3.687	3.779	3.874	3.970	4.070
9000	2.717	2.758	2.800	2.842	2.884	2.928	3.475	3.562	3.651	3.742	3.836
8500	2.664	2.704	2.745	2.786	2.828	2.870	3.374	3.458	3.442	3.538	3.616
8000	2.612	2.651	2.691	2.731	2.772	2.814	3.276	3.358	3.442	3.528	3.616
7500	2.561	2.599	2.638	2.678	2.718	2.759	3.180	3.260	3.341	3.425	3.511
7000	2.511	2.548	2.586	2.625	2.665	2.705	3.088	3.165	3.244	3.325	3.408
6500	2.461	2.498	2.536	2.574	2.612	2.652	2.998	3.073	3.150	3.228	3.309
6000	2.425	2.461	2.498	2.536	2.574	2.612	2.925	2.998	3.073	3.150	3.228
5500	2.389	2.425	2.461	2.498	2.536	2.574	2.853	2.925	2.998	3.073	3.150
5000	2.354	2.389	2.425	2.461	2.498	2.536	2.784	2.853	2.925	2.998	3.073
4500	2.319	2.354	2.389	2.425	2.461	2.498	2.716	2.784	2.853	2.925	2.998
4000	2.285	2.319	2.354	2.389	2.425	2.461	2.650	2.716	2.784	2.853	2.925
3500	2.251	2.285	2.319	2.354	2.389	2.425	2.585	2.650	2.716	2.784	2.853
3000	2.218	2.251	2.285	2.319	2.354	2.389	2.522	2.585	2.650	2.716	2.784
2500	2.185	2.218	2.251	2.285	2.319	2.354	2.460	2.522	2.585	2.650	2.716
2000	2.153	2.185	2.218	2.251	2.285	2.319	2.400	2.460	2.522	2.585	2.650
1500	2.121	2.153	2.185	2.218	2.251	2.285	2.342	2.400	2.460	2.522	2.585
1000	2.089	2.121	2.153	2.185	2.218	2.251	2.285	2.342	2.400	2.460	2.522
500	2.059	2.089	2.121	2.153	2.185	2.218	2.229	2.285	2.342	2.400	2.460
0	2.028	2.059	2.089	2.121	2.153	2.185	2.175	2.229	2.285	2.342	2.400

TABLA Y MAPA DE INYECCIÓN EN ECU MANAGER

- Para introducir un valor en una celda simplemente se lo escribe.
- Al crear la tabla de inyección no es necesario transcribir todos los valores calculados. Se utiliza la herramienta de linealización.

Fuel - Base ms		Load - Fuel %										
		0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0
RPM	12000	2.950	3.106	3.152	3.200	3.248	3.582	3.916	4.252	4.360	4.470	4.580
RPM	11000	2.940	2.986	3.030	3.076	3.122	3.416	3.712	4.008	4.108	4.212	4.316
RPM	10000	2.826	2.870	2.912	2.956	3.000	3.258	3.518	3.778	3.874	3.972	4.070
Target	9000	2.718	2.758	2.800	2.842	2.884	3.110	3.336	3.562	3.650	3.742	3.836
Target	8500	2.664	2.704	2.744	2.786	2.828	3.038	3.248	3.460	3.546	3.636	3.726
Target	8000	2.612	2.650	2.690	2.730	2.772	2.966	3.162	3.358	3.442	3.528	3.616
Target	7500	2.560	2.598	2.638	2.678	2.718	2.898	3.080	3.262	3.344	3.428	3.512
Target	7000	2.510	2.548	2.586	2.626	2.664	2.830	2.998	3.166	3.246	3.328	3.410
Target	6500	2.460	2.498	2.536	2.574	2.612	2.764	2.918	3.072	3.150	3.228	3.308
Target	6000	2.424	2.462	2.498	2.536	2.574	2.716	2.858	3.000	3.076	3.152	3.230
Target	5000	2.354	2.390	2.424	2.462	2.498	2.616	2.736	2.856	2.926	3.000	3.076
Target	4500	2.318	2.354	2.388	2.424	2.460	2.498	2.716	2.784	2.852	2.924	2.998
Target	4000	2.284	2.318	2.352	2.388	2.424	2.460	2.650	2.716	2.784	2.854	2.926
Target	3500	2.250	2.284	2.318	2.352	2.388	2.424	2.586	2.650	2.716	2.784	2.854
Target	3000	2.218	2.250	2.284	2.318	2.354	2.388	2.522	2.584	2.650	2.716	2.784
Target	2500	2.184	2.216	2.250	2.284	2.318	2.352	2.462	2.522	2.586	2.650	2.716
Target	2000	2.152	2.184	2.216	2.250	2.284	2.318	2.402	2.460	2.522	2.586	2.650
Target	1500	2.120	2.152	2.184	2.218	2.250	2.284	2.342	2.400	2.460	2.522	2.584
Target	1000	2.088	2.120	2.152	2.184	2.216	2.250	2.286	2.342	2.400	2.460	2.522
Output Value	500	2.058	2.088	2.120	2.152	2.184	2.216	2.230	2.284	2.342	2.400	2.460
Output Value	0	2.028	2.058	2.088	2.120	2.152	2.184	2.174	2.228	2.284	2.342	2.400



TABLAS DE ENCENDIDO

- Para crear el mapa de encendido se parte de la misma celda que el mapa de inyección, fila de velocidad de ralentí cruzada con la columna de carga 0%.
- El valor que se escribe es el ángulo base de adelanto que está en el manual del motor: 13° antes del punto muerto superior.
- En esta tabla se hacen incrementos en la primera columna y de acuerdo a como se espera que el motor responda en cada condición, por ejemplo: a baja velocidad los incrementos son altos (0.5°) para que el motor alcance potencia rápidamente, a alta velocidad con alta carga los incrementos son bajos ($0.1-0.2^\circ$) para que el motor no se salga de control.

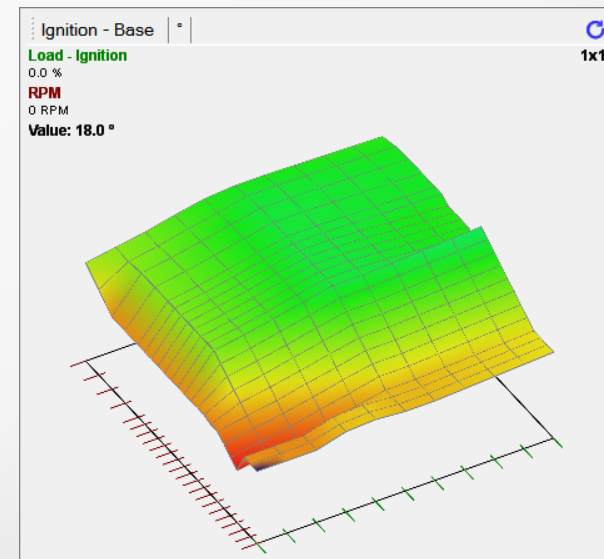
TABLAS DE ENCENDIDO

- Para crear el mapa de encendido se parte de la misma celda que el mapa de inyección, fila de velocidad de ralentí cruzada con la columna de carga 0%.
- El valor que se escribe es el ángulo base de adelanto que está en el manual del motor: 13° antes del punto muerto superior.
- En esta tabla se hacen incrementos en la primera columna y de acuerdo a como se espera que el motor responda en cada condición, por ejemplo: a baja velocidad los incrementos son altos (0.5°) para que el motor alcance potencia rápidamente, a alta velocidad con alta carga los incrementos son bajos ($0.1-0.2^\circ$) para que el motor no se salga de control.

CONSIDERACIONES DEL MAPA DE ENCENDIDO

- Por debajo de la velocidad de ralentí el adelanto debe ser mayor en 6 u 8° al adelanto de esa fila.
- Cerca de la fila de velocidad de torque máximo el adelanto debe disminuir.
- Cuando la carga sea más baja, el adelanto debe tener incrementos menores para favorecer la disminución de velocidad cuando se deja de acelerar.

	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0
13000	24.4	25.6	26.8	28.4	29.8	30.4	30.4	30.2	30.0	29.8	29.6
12000	21.2	25.6	26.8	28.4	29.8	31.4	31.4	31.2	31.0	30.8	30.6
11000	18.0	26.2	27.4	28.8	30.4	31.8	31.8	31.6	31.4	31.2	31.0
10000	18.0	26.2	27.4	28.8	30.4	31.8	31.8	31.6	31.4	31.2	31.0
9000	18.0	26.2	27.4	28.8	30.4	31.8	31.8	31.6	31.4	31.2	31.0
8500	18.0	26.2	27.4	28.8	30.4	31.8	31.8	31.6	31.4	31.2	31.0
8000	18.0	26.2	27.4	28.8	30.4	31.8	31.8	31.4	30.8	30.4	29.8
7500	18.0	26.2	27.4	28.8	30.4	31.8	31.8	31.4	30.8	30.4	29.8
7000	18.0	26.2	27.4	28.8	30.4	31.8	31.8	31.4	30.8	30.4	29.8
6500	18.0	26.2	27.4	28.8	30.4	31.8	31.8	31.4	30.8	30.4	29.8
6000	18.0	26.2	27.4	28.8	30.4	31.8	31.8	31.4	30.8	30.4	29.8
5500	18.0	26.2	27.4	28.8	30.4	31.8	31.8	32.2	32.6	33.0	33.4
5000	18.0	24.6	25.8	27.4	28.8	30.4	30.4	30.8	31.2	31.6	32.0
4500	18.0	23.2	24.4	25.8	27.4	28.8	28.8	29.2	29.6	30.0	30.4
4000	18.0	21.6	22.8	24.4	25.8	27.4	27.4	27.8	28.2	28.6	29.0
3500	17.4	20.2	21.4	22.8	24.4	25.8	25.8	26.2	26.6	27.0	27.4
3000	17.4	18.6	19.8	21.4	22.8	24.4	24.4	24.8	25.2	25.6	26.0
2500	16.0	17.2	18.4	19.8	21.4	22.8	22.8	23.2	23.6	24.0	24.4
2000	14.4	15.6	16.8	18.4	19.8	21.4	21.4	21.8	22.2	22.6	23.0
1500	13.0	14.2	15.4	16.8	18.4	19.8	19.8	20.2	20.6	21.0	21.4
1000	18.0	18.0	18.0	20.0	20.4	19.8	19.8	20.2	20.6	21.0	21.4
500	18.0	18.0	18.0	20.0	20.4	19.8	19.8	20.2	20.6	21.0	21.4
0	18.0	18.0	18.0	20.0	20.4	19.8	19.8	20.2	20.6	21.0	21.4



TABLAS DE CORRECCIÓN DE TEMPERATURA

- Las tablas de corrección de temperatura tienen la función de 'choke'.
- En esta tabla se escribe un valor en porcentaje, el cual será añadido al tiempo de inyección que se tenga en ese momento.
- Esta tabla se selecciona desde el lado derecho dónde se elige el mapa de inyección o encendido.

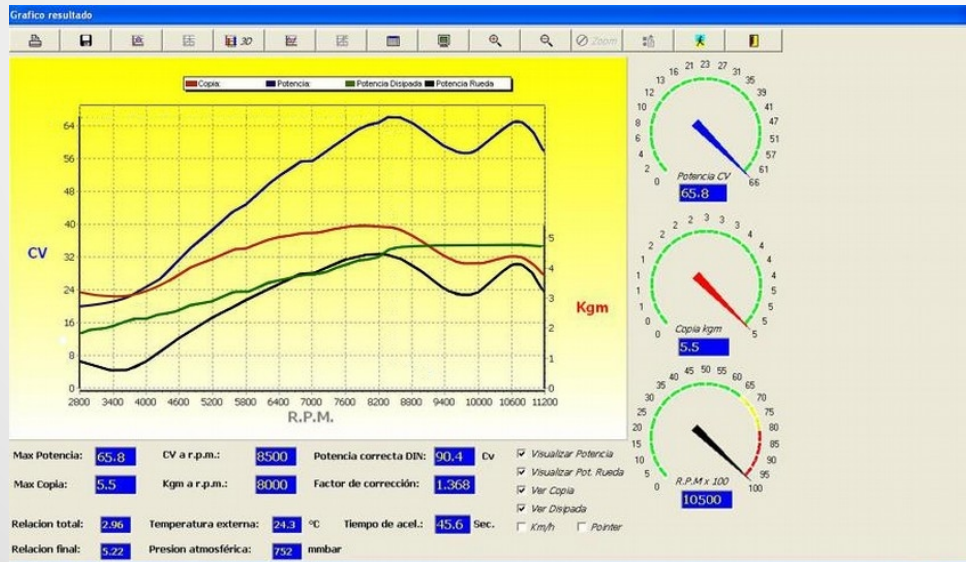
Fuel - Cool Temp Corr		%	
		Load - Fuel %	
		0.0	100.0
CTS	110	10	10
°C	100	2	2
	80	2	2
	60	9	7
	40	18	14
	20	23	17
	0	30	24
	-20	34	27

PRUEBAS Y CORRECCIONES

- Al crear las tablas, se guardan directamente en la ECU.
- El principal problema que existe al encender el motor por primera vez es un exceso de combustible que ahoga el motor, esto se soluciona disminuyendo el tiempo de inyección cerca de la zona de ralentí o disminuyendo el valor de la tabla de corrección de temperatura a baja temperatura.
- El segundo problema más común es que el ralentí no sea estable, para solucionarlo lo mejor es aumentar el adelanto por debajo de la velocidad de ralentí y disminuirlo un poco en dicha velocidad.
- El tercer problema es la aceleración y desaceleración no se muevan de forma pareja con el acelerador, para solucionar esto se debe disminuir el adelanto en las zonas en que esto suceda.

TORQUE Y POTENCIA

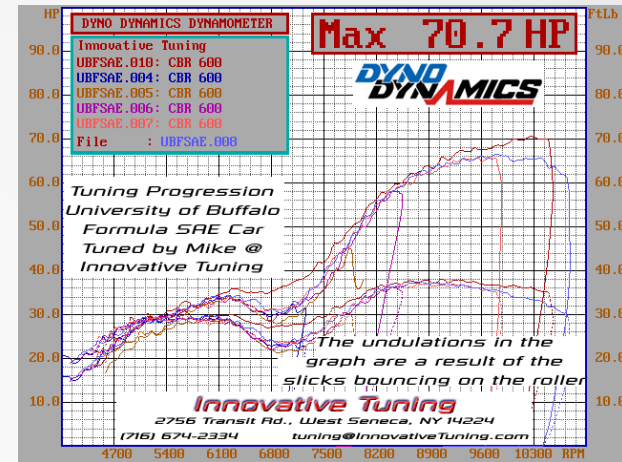
- La prueba de potencia se realizó en la Universidad Internacional en un dinamómetro de rodillos controlado por el software Dynorace.
- Los valores que entrega esta prueba son: potencia disipada, potencia a la rueda, potencia del motor y torque. Se muestran en curvas.



Potencia máxima	65.8 CV @ 8500 rpm
Torque máximo	5.5 Kg-m @ 8000 rpm
Velocidad máxima	10500 rpm

COMPARACIÓN

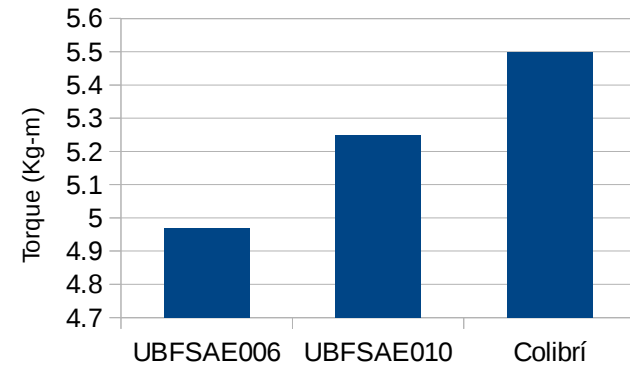
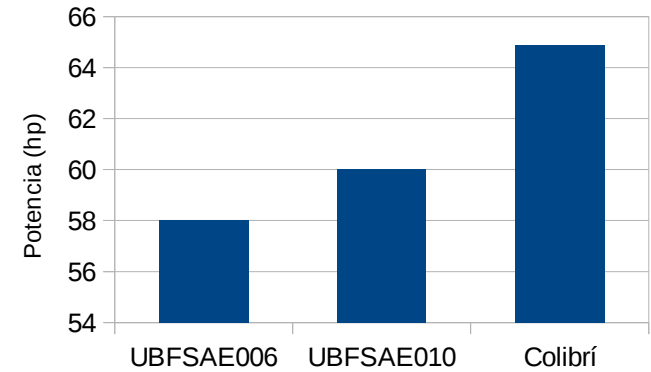
- La comparación se realizó con los valores obtenidos por la Universidad de Buffalo, que utilizó el mismo motor con y sin reprogramación.
- Después de varias modificaciones este equipo mejoró la potencia de su motor en 12.2 HP a su máxima velocidad y 2 HP a 8500 rpm.



PRUEBA	POTENCIA	TORQUE	VELOCIDAD
UBFSAE006	58 HP	4.9 Kg-m	8500 rpm
UBFSAE010	70.2 HP	4.6 Kg-m	10300 rpm
UBFSAE010	60 HP	5.5 Kg-m	8500 rpm

COMPARACIÓN DE TORQUE Y POTENCIA

- El vehículo FESPE tuvo una mejora de 6.87 HP con respecto a la primera prueba y de 4.87 HP con respecto a la segunda, a la misma velocidad de 8500 rpm.
- El torque se elevó 0.6 Kg-m a las 8500 rpm



CONCLUSIONES

- La reprogramación desarrollada permitió obtener un funcionamiento adecuado del vehículo, cumpliendo con las normas establecidas en la competencia.
- Se determinó los componentes necesarios para la reprogramación del control de inyección y encendido que permitieron hacer modificaciones del tiempo de inyección y el avance al encendido en un rango muy amplio de velocidad desde 1500 rpm hasta 13000 rpm y carga del acelerador con un funcionamiento estable en ralentí y controlado durante la aceleración.
- Las mediciones de los sensores y actuadores del motor antes de la reprogramación con observaciones realizadas a su funcionamiento permitieron determinar de forma general el comportamiento esperado del motor.

CONCLUSIONES

- La interfaz de la nueva computadora del vehículo fue de fácil entendimiento, permitiendo un manejo intuitivo del controlador mediante el uso de medidores digitales, mapas tridimensionales y tablas de corrección que son sencillas de interpretar.
- Los cálculos desarrollados del tiempo de inyección a partir de la teoría investigada permitieron obtener la mejor configuración del mapa de inyección para el funcionamiento del motor durante las pruebas de aceleración y conducción del vehículo.
- Se alcanzó una potencia de 65.87 HP a 8500 rpm, con lo que se obtuvo un aumento de 10.6% de potencia (6.87 HP) con respecto a un motor Honda CBR 600 F4i sin reprogración y un aumento de 7.5% (4.87).

CONCLUSIONES

- Se desarrollaron varias configuraciones del controlador que permitieron evidenciar como influían los cambios realizados a los mapas de inyección, encendido, tablas de corrección de temperatura, tablas de sensores para conseguir un funcionamiento estable en ralentí y carga en conjunto con una aceleración suave.

RECOMENDACIONES

- Hacer pruebas de consumo y contaminación que puedan llevar al desarrollo de mejores configuraciones del controlador, sin dejar de lado los parámetros de torque y potencia.
- La adición de otros sistemas que permitan a la computadora disponer de un mayor número de datos que mejoren el funcionamiento del motor, como un sensor de oxígeno, pueden ayudar para realizar calibraciones más finas.
- Investigar acerca de sistemas de seguridad pasiva que permitan preservar la integridad de los equipos que se utilizan para la reprogramación, de manera especial la ECU, a fin de evitar contratiempos que puedan implicar un gasto adicional de tiempo y dinero.
- Se debe tener especial cuidado al momento de realizar trabajos en el vehículo que implique el uso de electricidad ya que pueden provocar daños en el controlador, desde desconfigurarlo incluso hasta quemarlo.

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

