



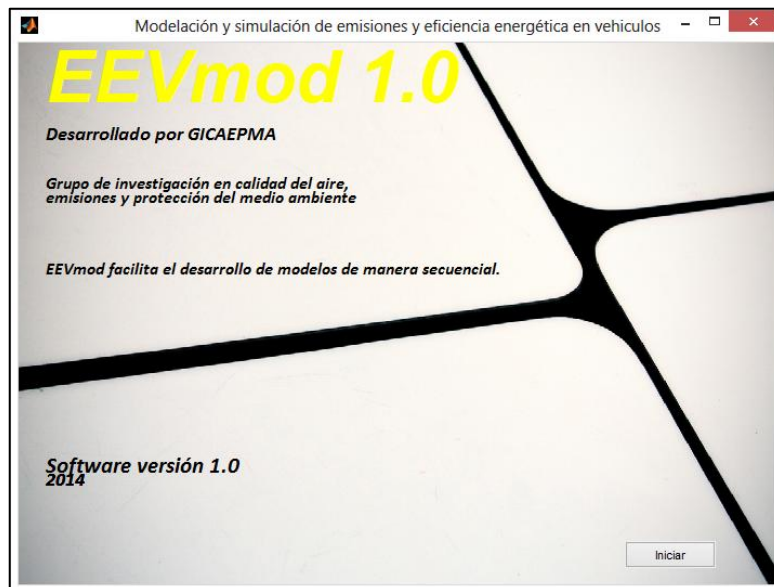
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Grupo de Investigación en Combustibles Alternativos, Energía, y
Protección del Medio Ambiente
Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica
Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Colombia –Sede
Bogotá D.C.
Carrera 30 No 45 –03, Edificio 453, Oficina 401
Tel.: 3165320, Fax.: 316533 Correo Electrónico:
gruicte_bog@unal.edu.co

ANEXO B

TOMO III

DESCRIPCIÓN Y TUTORIAL DEL MODELO DESARROLLADO EEVmod 1.0



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA –
FACULTAD DE INGENIERIA

Noviembre de 2014



CONTENIDO

1.	MODELO DESARROLLADO EEVmod 1.0.....	7
1.1	DESCRIPCIÓN Y PRESENTACIÓN EEVmod 1.0.....	7
1.2	CARACTERÍSTICAS MODELO EEVmod 1.0.....	7
1.3	REQUERIMIENTOS MODELO EEVmod	8
2.	VENTANA PRINCIPAL EEVmod 1.0.....	9
3.	DATOS BASE MODELO	11
3.1	ARCHIVOS BASE.....	12
3.2	CONDICIONES AMBIENTALES Y PERFIL DE VELOCIDAD.....	14
3.3	EMISIONES.....	15
3.4	NORMAS Y COMBUSTIBLES	16
3.5	DIMENSIONES	16
3.6	CARACTERIZACIÓN DEL TREN DE POTENCIA	17
3.7	TIPOS DE CONDUCCIÓN	18
3.8	SELECCIÓN MOTOR.....	19
4.	PERFIL DE MANEJO.....	21
4.1	VARIABLES REQUERIDAS.....	21
4.2	SECCIÓN PERFIL DE MANEJO	22
4.3	CALCULO CICLO DE MANEJO	23
5.	DINAMICA VEHICULAR Y VSP	26
5.1	DINÁMICA VEHICULAR – MODELO MÍNIMA ENERGÍA	27
5.1.1	Variables requeridas.....	27
5.1.2	Calculo dinámica vehicular.....	30
5.1.3	Graficar resultados dinámica vehicular	31
5.2	MODELO DE CARGA.....	32
6.	CÁLCULOS DE FACTORES DE EMISIÓN	36
6.1	MANTOS DE EMISIÓN	36
6.2	SELECCIÓN DE COMBUSTIBLE.....	38



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Grupo de Investigación en Combustibles Alternativos, Energía, y
Protección del Medio Ambiente
Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica
Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Colombia –Sede
Bogotá D.C.
Carrera 30 No 45 –03, Edificio 453, Oficina 401
Tel.: 3165320, Fax.: 316533 Correo Electrónico:
gruicte_bog@unal.edu.co

6.3	SELECCIÓN DEL CONTAMINANTE.....	38
6.3.1	Ejecución aplicación	39
6.3.2	Exportar mantos.....	40
7.	COMPARACIÓN Y ANÁLISIS.....	41
7.1	DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO	41
7.2	ESTIMACIONES POR DEFECTO	43
7.3	CONSTRUCCIÓN DE UN FLUJO DE FONDOS	44



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Grupo de Investigación en Combustibles Alternativos, Energía, y
Protección del Medio Ambiente
Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica
Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Colombia –Sede
Bogotá D.C.
Carrera 30 No 45 –03, Edificio 453, Oficina 401
Tel.: 3165320, Fax.: 316533 Correo Electrónico:
gruicte_bog@unal.edu.co

LISTA DE TABLAS

Tabla 2 Transmisiones disponibles base UPME.....	18
Tabla 2. Motores disponibles base UPME.....	19
Tabla 3. Datos de ejemplo.....	37
Tabla 4. Matriz de frecuencia ejemplo.....	37
Tabla 5. Variable que determinan el flujo de fondos.....	42



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Entrada a EEVmod1.0.....	7
Figura 2. Ventana principal de EEVmod 1.0	9
Figura 3. Ventana nuevo vehículo.....	10
Figura 4. Ventana datos base modelo	11
Figura 5. Botón inicial de EEVmod 1.0.....	11
Figura 6. Botón ingreso información base de ruta.....	12
Figura 7. Hoja de Excel “Formato base 1”, sección datos GPS	12
Figura 8. Hoja de Excel “Formato base 1”, sección datos emisiones no procesadas.....	13
Figura 9. Hoja de Excel “Formato base 1”, sección datos PM no procesadas y NP	13
Figura 10. Hoja de Excel “Formato base 1”, sección consumo – presión ducto escape y temperatura ducto escape.....	14
Figura 11. Emisiones en gramos procesadas.....	14
Figura 12. Condiciones ambientales y perfil de velocidad.....	15
Figura 13. Opciones para manipulación de emisiones y combustible.....	15
Figura 14. Selección de normas de emisiones y combustibles.....	16
Figura 15. Dimensiones vehículo	17
Figura 77 Caracterización tren de potencia	17
Figura 78. Tipos de conducción	18
Figura 18. Selección motor vehículo	20
Figura 19. Siguiente botón habilitado	20
Figura 20. Ventana ingreso archivo base.....	21
Figura 21. Ventana perfil de velocidad	22
Figura 22. Ventana perfil de manejo	22
Figura 23. Ventana inicial calcular y graficar ciclo	23
Figura 24. Ventana gráfico del perfil de velocidad.....	23
Figura 25. Ventana gráfico del perfil de velocidad.....	24
Figura 26. Ventana generar JPG.....	24
Figura 27. Ventana dinámica vehicular y VSP.....	26
Figura 28. Ventana grafico ruta de consumo de combustible	27
Figura 29. Ventana datos temperatura y ASNM.....	28
Figura 30. Ventana poder calorífico del combustible.....	28
Figura 31. Ventana dimensiones del vehículo.....	29
Figura 32. Ventana relaciones de transmisión	29
Figura 33. Ventana ingreso datos diferencial.....	29
Figura 34. Ventana descripción y caracterización de datos de entrada.....	30



Figura 35. Ventana cálculo ciclo obtenido	31
Figura 36. Ventana resultados consumo de combustible.....	31
Figura 37. Ventana gráfica ciclo obtenido.....	31
Figura 38. Ventana volumen consumo de combustible	32
Figura 39. Ventana Principal modelo de carga	33
Figura 40. Correr modelo de carga.....	33
Figura 41. Sección ventana para graficar variables del modelo	34
Figura 42. Espacio en ventana de modelo de carga para graficar variables.....	34
Figura 43. Gasto vehículo.....	34
Figura 44. Sección factores de emisión	35
Figura 45. Sección VSP	35
Figura 46. Ventana principal Cálculo de Factores de emisión.....	36
Figura 47. Determinación de número de segmentos por parte del usuario.....	37
Figura 48. Selección de combustible	38
Figura 49. Selección de contaminante. Para esta imagen en data se seleccionaron CO2, O2, NOx, PM 2.5 y NP, por lo que los demás contaminantes quedan deshabilitados.....	38
Figura 50. Cálculo para HC	39
Figura 112. Cálculo para NOx	39
Figura 52. Ventana opción guardar archivo	40
Figura 53. Interfaz principal.....	45
Figura 54. Ventana auxiliar para nueva base de datos.....	46
Figura 55. Gráficas para el reporte y análisis de resultados.....	47
Figura 56. Estructura de costos/ahorros/beneficios para el usuario.....	48



1. MODELO DESARROLLADO EEVmod 1.0

1.1 DESCRIPCIÓN Y PRESENTACIÓN EEVmod 1.0

A continuación se presenta el modelo desarrollado utilizando el marco teórico expuesto. Es importante resaltar que el DVD contiene la versión ejecutable del modelo EEVmod 1.0, adicionalmente se incluyen las instrucciones de instalación.

Figura 1. Entrada a EEVmod1.0



Fuente. Elaboración Propia

El modelo desarrollado se designa EEVmod, su objetivo es simular la operación de un vehículo para estimar las emisiones, el consumo energético y los costos que trae consigo, de tal modo que permita desarrollar un análisis en base a los resultados generados y poder de ese modo comparar entre diferentes tipos de tecnología en vehículos, en diferentes tipos de combustibles y bajo diferentes condiciones de carga.

1.2 CARACTERÍSTICAS MODELO EEVmod 1.0

1. Construir ciclos de manejo de perfiles de velocidad generados por el vehículo en condiciones de operación normal. (Importante: un ciclo de manejo es un perfil de velocidad contra tiempo corto aprox. 10 minutos, que representa de forma global un perfil



de un viaje de varias horas, su objetivo es poder acortar los tiempo de simulación tanto en dinamómetro para el análisis de emisiones como en simulación, como lo es en este caso).

2. Permite simular la operación de un vehículo bajo diferentes parámetros de operación, siendo estos: carga y perfil de GPS (este último como datos de entrada).
3. Permite modelar emisiones de CO₂ – CO – HC – NO_x y PM
4. Permite desarrollar análisis económicos, ambientales y energéticos a partir de sus resultados, desarrollando proyecciones y proponiendo posibles comportamientos.
5. Permite calcular factores de emisión conociendo datos de emisiones registrados en una ruta de algún vehículo.
6. Permite ingresar de forma directa los factores emisión y consumo obviando la simulación y saltando directamente al análisis de resultados.

1.3 REQUERIMIENTOS MODELO EEVmod

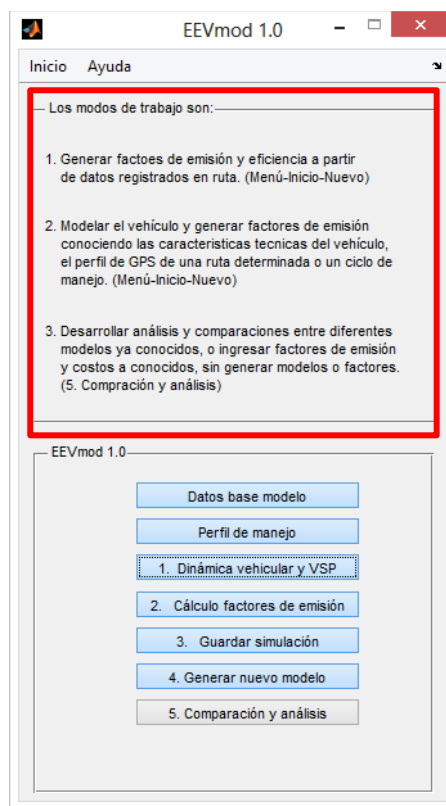
1. El perfil de velocidad de la ruta o un ciclo de manejo
2. Las especificaciones técnicas del vehículo
3. Las condiciones ambientales
4. Si desea calcular emisiones en lugar de modelarlas, se requieren los datos de emisiones.
5. EEVmod maneja el sistema métrico internacional.
6. La ventana de datos de EEVmod debe estar completamente diligenciada para que la modelación corra sin problemas.



2. VENTANA PRINCIPAL EEVmod 1.0

Cuando se ingresa a EEVmod 1.0 se presenta la ventana principal del programa “EEVmod 1.0”, esta ventana es la columna vertebral del modelo, en ella se puede encontrar paso a paso el procedimiento.

Figura 2. Ventana principal de EEVmod 1.0



Fuente. Elaboración Propia

Inicialmente todos los botones del menú se encuentran bloqueados excepto el número cinco (5), el cual le permite ingresar directo al análisis de datos y utilizar factores de emisión y consumo previamente calculados.

Esta ventana le ofrece los tres modos de operación y como acceder a ellos:

1. Modelación de emisiones
2. Calculo de factores de emisión
3. Análisis económico, ambiental y energético.



Dependiendo del requerimiento se debe seguir la instrucción citada en cada modo. Para desbloquear el primer botón y de manera sucesiva los siguientes se debe registrar un nuevo vehículo en el menú de inicio, EEVmod 1.0 registrara el vehículo utilizando la ventana mostrada en la Figura 3.

Figura 3. Ventana nuevo vehículo

Nuevo vehículo en EEVmod

Registro de nuevo vehículo

Placa / Identificación

Marca vehículo Referencia motor

Datos motor vehículo Los datos con (*) son obligatorios

Cilindrada [cc]* N° de cilindros*

Turbo* Intercambiador de temperatura*

Si desconoce las curvas características del motor del vehículo que desea modelar, ingrese los valores a continuación solicitados, EEVmod construirá una.

Tipo motor

Motor IC Motor SI

Potencia max. [kW] @ RPMs

Torque max. [Nm] @ RPMs

RPM ralenti RPM gobernación

Fuente. Elaboración Propia

El procedimiento para el registro del vehículo es el siguiente:

1. Especificar el cilindraje del vehículo [cc] y la cantidad de cilindros como datos obligatorios
2. Seleccionar el tipo de motor y especificaciones técnicas generales.
3. Ingresar las curvas características técnicas del motor.
 - Si se desconoce las curvas características del motor, EEVmod 1.0 las construirá.
 - Si se desconoce los datos, se deben omitir y se debe trabajar con las curvas que trae EEVmod 1.0 por defecto, las cuales abarcan motores de 2000 [cc] a 12000 [cc].

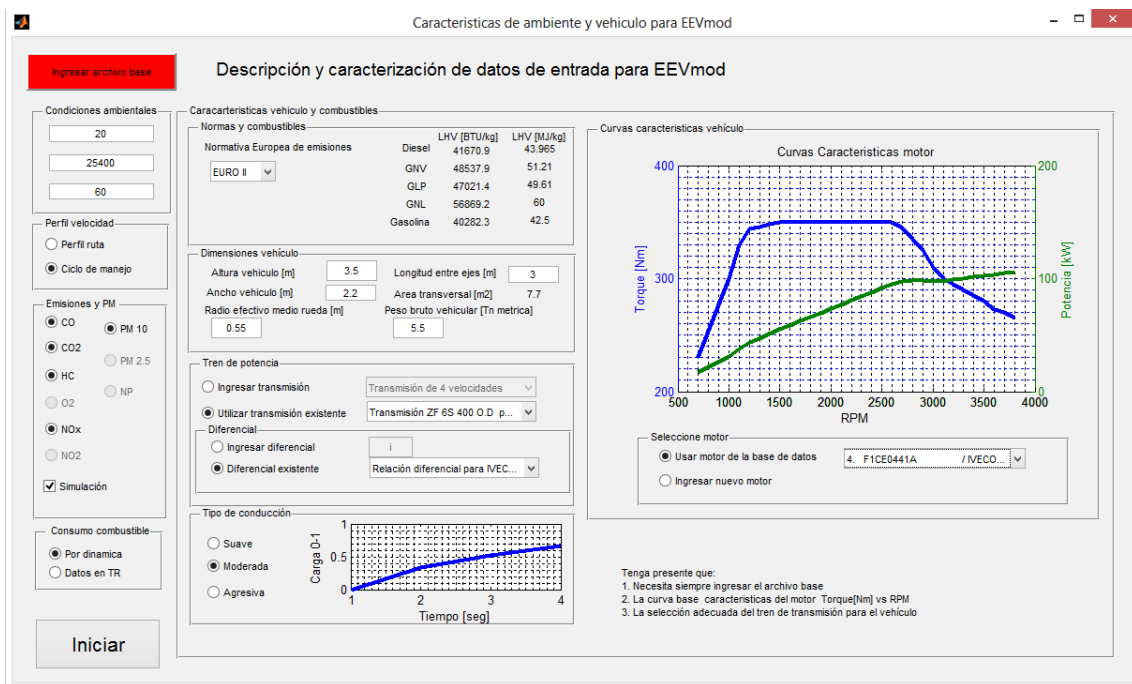
Finalizado el registro del vehículo, EEVmod 1.0 genera una hoja Excel y le asigna el nombre de la placa o identificación previamente especificada.



3. DATOS BASE MODELO

En el botón “**Datos base modelo**” se debe ingresar todos los datos que se solicitan, la ventana presenta datos por defecto que pueden ser usados y corresponden a los vehículos incluidos dentro de este proyecto.

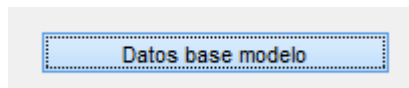
Figura 4. Ventana datos base modelo



Fuente. Elaboración Propia

Una vez registrado el vehículo se habilita el botón “**Datos base modelo**” en la ventana EEVmod Figura 5, da acceso a la base de datos de EEVmod y permite construir las características del modelo y así mismo restringirlo.

Figura 5. Botón inicial de EEVmod 1.0



Fuente. Elaboración Propia



3.1 ARCHIVOS BASE

Se debe ingresar la hoja de datos adquiridos en la ruta haciendo click en “**Ingresar archivos base**”, este formato se encuentra en la carpeta Datos base de EEVmod y se titula “Formato Base.xlsx”.

Figura 6. Botón ingreso información base de ruta



Fuente. Elaboración Propia

La hoja de Excel trae el siguiente contenido:

1. Columnas en color rojo

Datos de GPS (obligatorio tener los datos de velocidad sin ellos EEVmod no corre). Si no se tienen los datos de tiempo, lat, lon, gps_alt, completar las columnas con ceros, EEVmod 1.0 trabajara con una pendiente por defecto del 5%.

Figura 7. Hoja de Excel “Formato base 1”, sección datos GPS

	A	B	C	D	E	
1	tiempo	lat	lon	km/hr	gps_alt	pp
2	9:10:00 p. m.	4.7090728	-74.1101636	0.18	2563.6	
3	9:10:01 p. m.	4.7090726	-74.1101636	0.108	2563.65	
4	9:10:02 p. m.	4.7090724	-74.1101636	0.036	2563.71	

Fuente. Elaboración Propia

Nota: el decimal es (.) punto, si por defecto tiene la coma (,) reemplazar el valor de lo contrario EEVmod 1.0 no leerá los datos.

2. Columnas en color verde

En estas columnas se presentan las emisiones capturadas en segundo a segundo, ver Figura 8. De igual forma si no se tienen los datos, se debe completar las columnas con ceros.



Figura 8. Hoja de Excel “Formato base 1”, sección datos emisiones no procesadas

	F	G	H	I	J	K	
	ppm CO	% CO2IR	ppm HC	% O2	ppm NOx	ppm NO2	Di
.6	128	1.9	442	17.68	404.3	12.3	
55	128	1.9	440	17.68	402.3	12.3	

Fuente. Elaboración Propia

Nota: importante recordar que EEVmod tiene dos características:

- Simula las emisiones.
- Calcula factores de emisión a partir de datos reales.

3. Columnas en color azul y amarillo

Los datos de material particulado, en este caso EEVmod simula PM, pero lo hace global y no clasifica tamaño, de igual modo si se desconocen los datos, se deben completar las columnas con ceros.

Figura 9. Hoja de Excel “Formato base 1”, sección datos PM no procesadas y NP

	L	M	N	O	
	Dilución FPS	PM10	PM2.5	NM3 (PN/cm3)	C
3	27.56	0.009017	0.009017	1.00E+08	
3	27.8	0.008164	0.008164	1.00E+08	

Fuente. Elaboración Propia

Nota: Es importante tener presente que EEVmod 1.0 no es capaz de simular cantidad de partículas.

4. Columnas en naranja y oliva

Se aprecia consumo, temperatura escape y presión escape vehículo, tenga presente que si introdujo la sección de datos de emisiones no procesadas debe ingresar el temperatura y presión en ducto de escape, de lo contrario el EEVmod no corre.



Figura 10. Hoja de Excel “Formato base 1”, sección consumo – presión ducto escape y temperatura ducto escape

	P	Q	R
Consumo instantaneo [cc]		Presion (Pa)	Temp ducto
	2	861.84375	258.426094
	2	1234.16025	260.967085

Fuente. Elaboración Propia

5. Columnas en morado

Si se tienen las emisiones ya procesadas en gramos, se debe diligenciar las columnas correspondientes.

Figura 11. Emisiones en gramos procesadas

g CO	g CO2	g HC	g O2	g NOx	g NO2
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

Fuente. Elaboración Propia

Nota: Cuando la tabla este con todos los datos completos, se debe guardar con la extensión (*.txt).

3.2 CONDICIONES AMBIENTALES Y PERFIL DE VELOCIDAD

Ingresar los datos solicitados, EEVmod 1.0 corregirá el modelo con estos datos. Para las eficiencias volumétricas del motor. Respecto al perfil de velocidad:

1. Ruta

EEVmod 1.0 simulara la ruta de GPS que el usuario haya ingresado, esto puede tardar varias horas, se recomienda el uso de ciclos de manejo.

2. Ciclo de manejo

EEVmod 1.0 seleccionara un perfil de algunos minutos (se recomienda 15 min., el usuario tiene la opción de seleccionar el tiempo del ciclo).



3. Ciclo de manejo-dinamómetro

Si dado el caso se tienen las emisiones registradas de un ciclo de manejo desarrollado en un dinamómetro, se debe seleccionar la ruta y emparar el ciclo de manejo que está en la carpeta de ciclos de manejo.

Figura 12. Condiciones ambientales y perfil de velocidad

The screenshot shows a software interface with two main sections. The top section, titled "Condiciones ambientales", contains three input fields: "Temp ambiente [°C]", "ASNM [m]", and "Humedad relativa". The bottom section, titled "Perfil velocidad", contains two radio button options: "Perfil ruta" (which is unselected) and "Ciclo de manejo" (which is selected).

Fuente. Elaboración Propia

3.3 EMISIONES

Si se tienen los datos base registro emisiones, se debe seleccionar las especies introducidas en la hoja, de lo contrario seleccionar la opción "Simulación". Análogo el ejercicio para consumo de combustible.

Figura 13. Opciones para manipulación de emisiones y combustible

The screenshot shows a software interface with two main sections. The top section, titled "Emisiones y PM", contains seven radio button options: CO, CO2, HC, O2, NOx, NO2, and Simulación (which is selected). The bottom section, titled "Consumo combustible", contains two radio button options: "Por dinamica" (which is unselected) and "Datos en TR" (which is selected).

Fuente. Elaboración Propia



3.4 NORMAS Y COMBUSTIBLES

Se debe seleccionar el estándar o Normatividad Europea de emisiones bajo el cual se desea operar el modelo, EEVmod 1.0 restringirá los resultados al estándar. (Disponibles EURO II a EURO VI).

Figura 14. Selección de normas de emisiones y combustibles

The screenshot shows a software interface titled 'Normas y combustibles'. It features a table of fuel properties and several input fields for configuration. The table lists fuels with their LHV values in BTU/kg and MJ/kg. Input fields include 'Normativa Europea de emisiones' (set to EURO II), 'Vehículo eléctrico' (with sub-fields for battery capacity and regeneration factor, both set to 0), and a 'DUAL' fuel selection dropdown (set to DUAL GNV) with percentage inputs for fuel A and B (both set to 0).

	LHV [BTU/kg]	LHV [MJ/kg]
Diesel	41670.9	43.965
GNV	48537.9	51.21
GLP	47021.4	49.61
GNL	56869.2	60
Gasolina	40282.3	42.5

Fuente. Elaboración Propia

1. Si se desea simular el comportamiento de un vehículo análogo en tecnología eléctrica, se debe ingresar la capacidad de las baterías y el factor de regeneración medio del vehículo.
2. Para la simulación de vehículos duales el modelo permite operar :
 - DUAL GNV
 - DUAL GLP
 - DUAL GNL

Se deben ingresar las proporciones medias de mezcla de combustibles, como referencia el combustible A siempre será diésel.

3. EEVmod 1.0 muestra los poderes caloríficos que se está trabajando en los diferentes combustibles.

3.5 DIMENSIONES

Con el objetivo de conocer las fuerzas restrictivas del vehículo en una ruta se necesita conocer los datos solicitados en este numeral.



Figura 15. Dimensiones vehículo

Dimensiones vehículo			
Altura vehículo [m]	<input type="text" value="0"/>	Longitud entre ejes [m]	<input type="text" value="0"/>
Ancho vehículo [m]	<input type="text" value="0"/>	Area transversal [m2]	Area
Radio efectivo medio rueda [m]	<input type="text" value="reff"/>	Peso bruto vehicular [Tn metrica]	<input type="text" value="0"/>

Fuente. Elaboración Propia

3.6 CARACTERIZACIÓN DEL TREN DE POTENCIA

Para desarrollar el modelo de dinámica vehicular se necesita caracterizar el tren de transmisión del vehículo, en la base de datos se encuentran los vehículos evaluados en las pruebas en ruta y vehículos adicionales.

1. EEVmod 1.0 da la opción de seleccionar transmisiones existentes o ingresar una nueva, en tal caso solicitara las relaciones de transmisión (i), se debe tener la ficha técnica del vehículo.

Figura 16 Caracterización tren de potencia

Tren de potencia	
<input checked="" type="radio"/> Ingresar transmisión	<input type="text" value="Transmisión de 4 velocidades"/>
<input type="radio"/> Utilizar transmisión existente	<input type="text" value="Transmisión ISUZU MXA6S p..."/>
Diferencial	
<input checked="" type="radio"/> Ingresar diferencial	<input type="text" value="i"/>
<input type="radio"/> Diferencial existente	<input type="text" value="Relación diferencial para NPR 71"/>

Fuente. Elaboración Propia

Nota: se debe contar con la ficha técnica del vehículo



En la Tabla 2 se presenta las transmisiones disponibles en la base de datos para la UPME.

Tabla 1 Transmisiones disponibles base UPME

Motor	Transmisión		n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7
NPR 71	ISUZU MXA6S	n	6.02	3.626	2.017	1.367	1		
		nd	6.83						
NKR	MSB5M	n	5.016	2.672	1.585	1	0.77		
		nd	6.142						
IVECO 50C14	ZF 6S 400 O.D.	n	5.373	3.154	2.041	1.365	1	0.791	
		nd	4.838						
NPR 729	MZZ 6U	n	6.369	3.767	2.234	1.442	1	0.782	
		nd	4.2						
LUV TFS	ISUZU MSG-5E PICKUP	n	3.785	2.175	1.413	1	0.855		
		nd	3.5						
Aplica para carga pesada	Allison generica	n	7.8	3.36	1.91	1.42	1	0.72	0.62
		nd	4.8						
Aplica para carga pesada	Zf generica	n	3.49	1.86	1.41	1	0.75	0.65	
		nd	3.98						

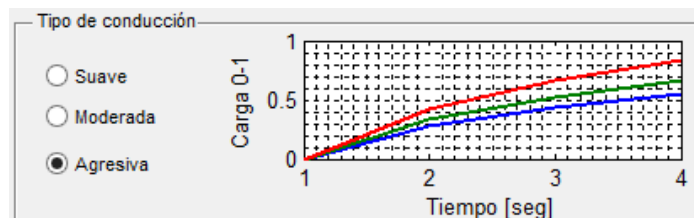
Fuente. Elaboración Propia

3.7 TIPOS DE CONDUCCIÓN

GICAEPMA el grupo de investigación de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá, de acuerdo a los resultados obtenidos en pruebas experimentales ha recolectado información de condiciones de operación y se han clasificado tres tipos de conducción:

1. Suave
2. Moderada
3. Agresiva

Figura 17. Tipos de conducción



Fuente. Elaboración Propia



3.8 SELECCIÓN MOTOR

El modelo presenta la base de motores de UPME y da la opción de ingresar un nuevo motor o construir unas curvas basado en los datos entregados en el registro de entrada.

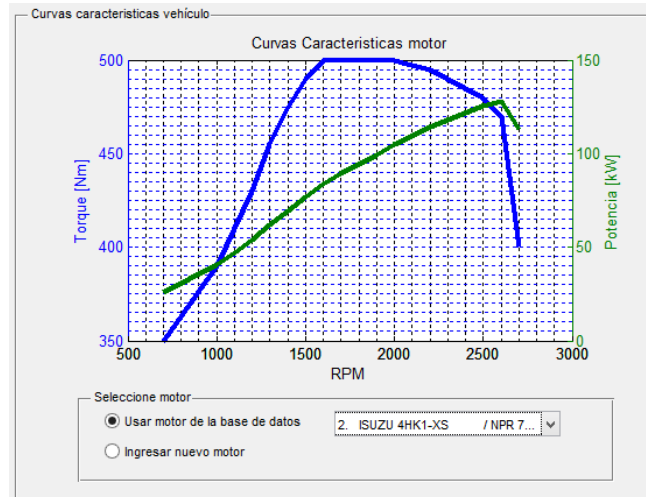
Tabla 2. Motores disponibles base UPME

Marca-Línea	Referencia motor	Combustible	Cilindraje
Chevrolet -NPR 71	ISUZU 4HG1T TURBO	DUAL GNV	4570 cc
Chevrolet-NKR	ISUZU 4JB1 TC	DUAL GLP	2771 cc
IVECO-50C14	F1CE0441A	GNV	2998
Chevrolet-NPR 729	ISUZU 4HK1-XS	GNV	5130 cc
DODGE-D600	361.3, 186 NHP	GLP	5920 cc
Chevrolet-LUV TFS 1055	4ZD1	Gasolina ó GLP	2300 cc
Cummins	ISL G	GNV	8900 cc
Volvo	G9B300	GNV	9400 cc
Scania	OC9 G05	GNV	9300 cc
Mercedes Benz	M 447	GNV	11967 CC
Chevrolet-NKR	ISUZU 4JB1 TC	DUAL GLP	2771 cc
IVECO-50C14	F1CE0441A	GNV	2998

Fuente. Elaboración Propia



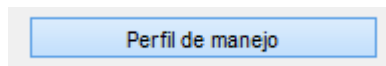
Figura 18. Selección motor vehículo



Fuente. Elaboración Propia

Una vez diligenciada la totalidad de la base de datos. Al dar “Iniciar” habilita el siguiente botón en EEVmod e inicia a construir el ciclo de manejo si fue la opción seleccionada.

Figura 19. Siguiente botón habilitado



Fuente. Elaboración Propia



4. PERFIL DE MANEJO

Esta sección del software EEVmod 1.0 calcula un ciclo de manejo a partir de datos de velocidad obtenidos experimentalmente al recorrer una ruta.

4.1 VARIABLES REQUERIDAS

Para poder correr esta sección del software es necesario:

1. Ingresar algunos datos, con el botón **“Ingresar archivo base”** se importan los datos de velocidad del vehículo durante la ruta o recorrido a evaluar en unidades de kilómetros por hora $\frac{km}{h}$; los datos de velocidad deben estar en la cuarta columna del archivo base.

Figura 20. Ventana ingreso archivo base



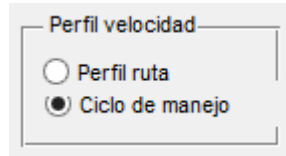
Fuente. Elaboración Propia

2. Para correr los modelos y secciones del software se debe seleccionar una de las siguientes opciones:
 - Perfil de ruta, tomar de referencia los datos introducidos anteriormente
 - Ciclo de manejo, se construye un ciclo de manejo representativo



Para esto, en la sección **“Perfil velocidad”** de esta misma ventana se selecciona una de las dos opciones según se requiera para la simulación.

Figura 21. Ventana perfil de velocidad

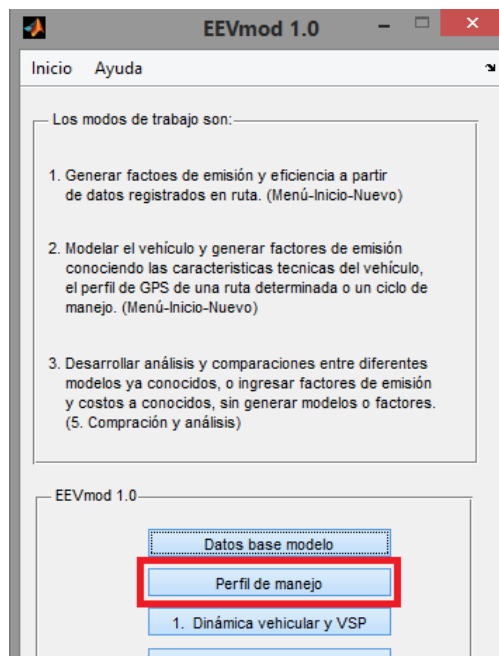


Fuente. Elaboración Propia

4.2 SECCIÓN PERFIL DE MANEJO

Una vez concluida la sección de datos, se debe correr la sección de **Perfil de Manejo**, para esto se hace click en el botón **“Perfil de manejo”** de la ventana principal de EEVmod 1.0 como se muestra en la Figura 22.

Figura 22. Ventana perfil de manejo

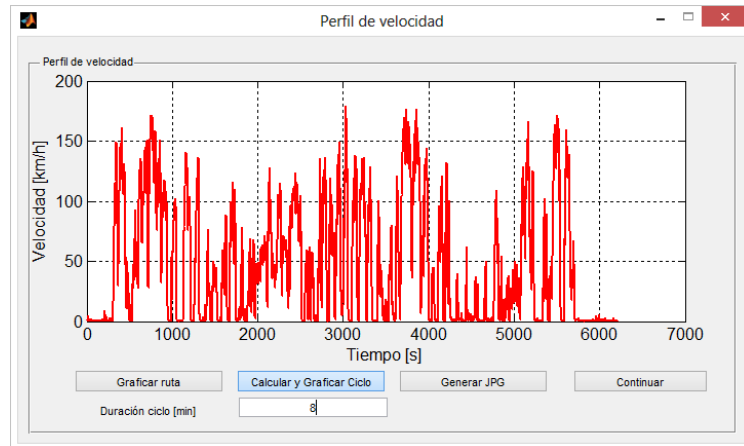


Fuente. Elaboración Propia



Al hacer click en este botón se abre el ambiente correspondiente al cálculo del perfil de manejo el cual tiene la apariencia que se muestra en la siguiente figura.

Figura 23. Ventana inicial calcular y graficar ciclo

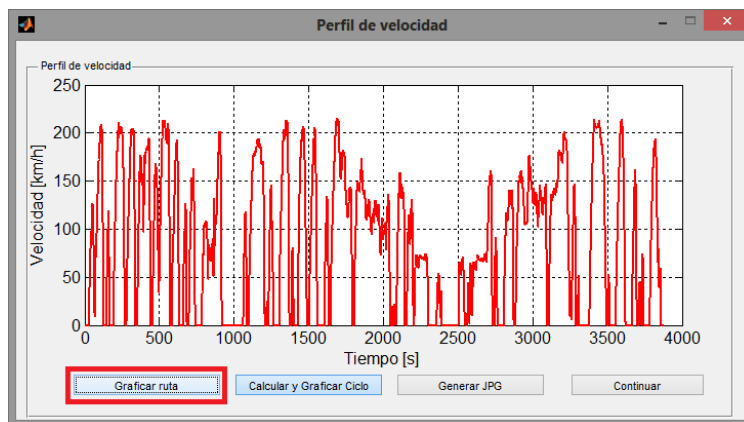


Fuente. Elaboración Propia

4.3 CALCULO CICLO DE MANEJO

Una vez se encuentre en esta ventana es posible graficar la ruta experimental introducida en la sección Datos Base Modelo haciendo click en el botón **“Graficar ruta”**, si anteriormente se seleccionó la opción **“Perfil ruta”** los demás modelos correrán con este perfil graficado.

Figura 24. Ventana gráfico del perfil de velocidad

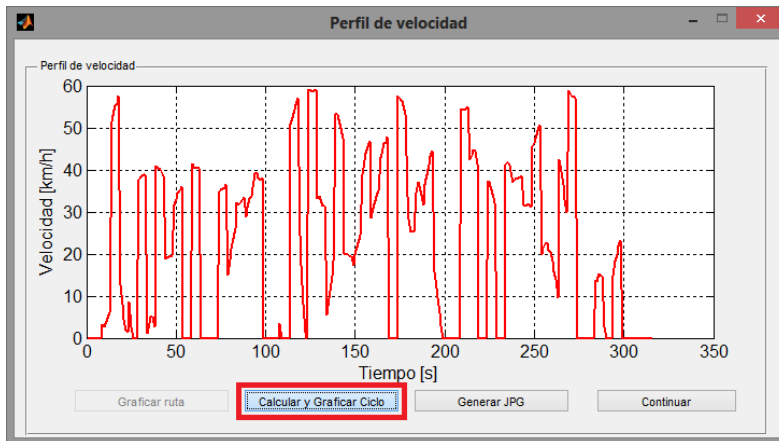


Fuente. Elaboración Propia



Si anteriormente se seleccionó la opción “**Ciclo de manejo**” se activa en esta sección el botón “**Calcular y Graficar Ciclo**”, al hacer click en este botón se corre el modelo de cálculo y se crea un ciclo de manejo representativo de los datos experimentales introducidos y se grafica en esta ventana. Este perfil será utilizado en los modelos posteriores.

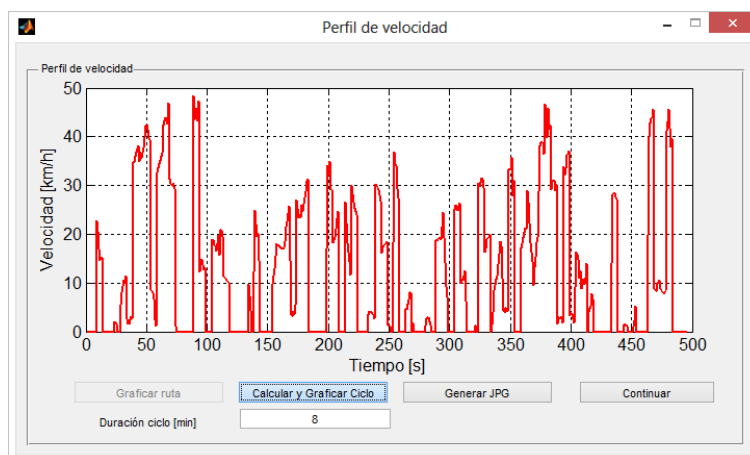
Figura 25. Ventana gráfico del perfil de velocidad



Fuente. Elaboración Propia

Es posible obtener una imagen en formato JPG de la gráfica generada tanto para la ruta como para el ciclo de manejo si se hace click en el botón “**Generar JPG**”, al terminar de correr esta sección se da paso al siguiente modulo si se hace click en el botón “**Continuar**”.

Figura 26. Ventana generar JPG



Fuente. Elaboración Propia



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Grupo de Investigación en Combustibles Alternativos, Energía, y
Protección del Medio Ambiente
Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica
Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Colombia –Sede
Bogotá D.C.
Carrera 30 No 45 –03, Edificio 453, Oficina 401
Tel.: 3165320, Fax.: 316533 Correo Electrónico:
gruicte_bog@unal.edu.co

El ciclo obtenido tiene las mismas características que los datos experimentales en cuanto a velocidad media, aceleración media, desaceleración media, porcentaje de tiempo en aceleración, desaceleración y ralentí, etc.

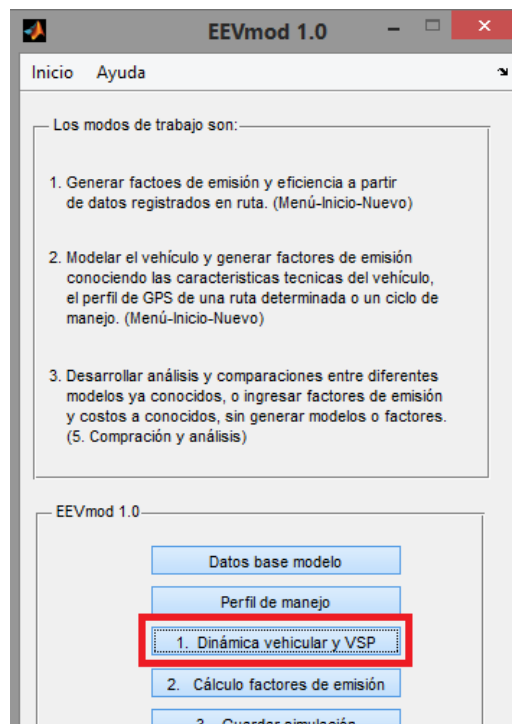
Una vez generado el ciclo de manejo se habilita dinámica vehicular (`din_vehicular`) y se presenta un primer corte de lo que sería el consumo de energía o combustible.



5. DINAMICA VEHICULAR Y VSP

Una vez concluida la sección de datos, y de correr el modelo de cálculo del ciclo de manejo se habilita el botón correspondiente a **Dinámica Vehicular** como se observa en la Figura 27.

Figura 27. Ventana dinámica vehicular y VSP

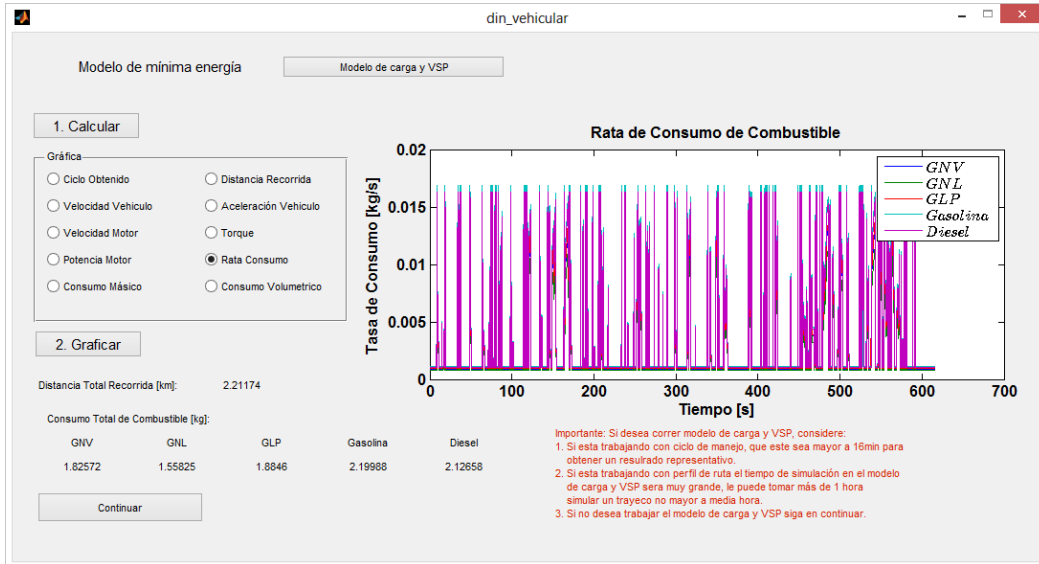


Fuente. Elaboración Propia

Al hacer click en el botón se abre el ambiente correspondiente al modelo de mínima energía para dinámica vehicular el cual tiene la apariencia que se muestra en la Figura 28.



Figura 28. Ventana grafico ruta de consumo de combustible



Fuente. Elaboración Propia

5.1 DINÁMICA VEHICULAR – MODELO MÍNIMA ENERGÍA

Esta sección del software EEVmod 1.0 calcula la mínima energía que requiere un vehículo para seguir un ciclo de manejo obtenido de los datos experimentales de una ruta según el combustible que se use y la calidad de este.

5.1.1 Variables requeridas

Para poder correr esta sección del software es necesario contar con los datos de una ruta experimental o un ciclo de manejo calculado a partir de esta misma ruta, la ruta o el ciclo son obtenidos en una sección anterior.

Entre las condiciones ambientales requeridas en el modelo se encuentran:

- La temperatura ambiente la cual debe ser ingresada en grados Celsius $^{\circ}C$.
- La altura sobre el nivel del mar donde se realizó la prueba en metros m .



Figura 29. Ventana datos temperatura y ASNM

Condiciones ambientales

Temp ambiente [°C]

ASNM [m]

Humedad relativa

Fuente. Elaboración Propia

1. En la sección de normas y combustibles se introduce el poder calorífico inferior del combustible en unidades de Mega Joules por kilogramo $\frac{MJ}{kg}$, los combustibles disponibles son:

- Diésel
- Gasolina
- Gas Natural Vehicular (GNV)
- Gas Natural Licuado (GNL)
- Gas Licuado de Petróleo (GLP).

Figura 30. Ventana poder calorífico del combustible

	LHV [BTU/kg]	LHV [MJ/kg]
Diesel	41670.9	43.965
GNV	48537.9	51.21
GLP	47021.4	49.61
GNL	56869.2	60
Gasolina	40282.3	42.5

Fuente. Elaboración Propia

2. Las dimensiones requeridas del vehículo son la altura y el ancho de la sección frontal del vehículo así como el radio efectivo de sus ruedas, estas medidas deben introducirse en metros m . Adicionalmente es necesario ingresar el peso del vehículo en toneladas Tn métricas.



Figura 31. Ventana dimensiones del vehículo

Dimensiones vehículo

Altura vehículo [m] Longitud entre ejes [m]

Ancho vehículo [m]

Area transversal [m2]

Radio efectivo medio rueda [m] Peso bruto vehicular [Tn metrica]

Fuente. Elaboración Propia

- Los valores de las relaciones de transmisión del tren de potencia pueden ser introducidos manualmente o recurrir a valores predeterminados, en cualquiera de los casos se elige el número de marchas de la caja de transmisión, en caso de hacerlo manualmente se despliega una nueva ventana en la cual se debe introducir las relaciones de velocidad en orden ascendente una a una.

Figura 32. Ventana relaciones de transmisión

Relaciones de transmisión

Ingrese las relaciones de velocidad en orden ascendente UNA a UNA

OK Cancel

Fuente. Elaboración Propia

La relación del diferencial del vehículo se ingresa de manera manual en el cuadro destinado para esto.

Figura 33. Ventana ingreso datos diferencial

Tren de potencia

Ingresar caja

Utilizar caja existente

Ingresar diferencial

Diferencial existente

Fuente. Elaboración Propia



El total de los datos de entrada para este modelo se muestran en la siguiente figura de la interfaz de datos requeridos por el modelo completo.

Figura 34. Ventana descripción y caracterización de datos de entrada

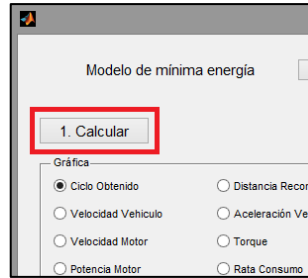
Fuente. Elaboración Propia

5.1.2 Cálculo dinámica vehicular

Para utilizar este modelo lo primero que se debe hacer es hacer click en el botón **“1. Calcular”**, este botón activa el programa y realiza los cálculos requeridos de manera interna utilizando el ciclo calculado anteriormente o los datos de la ruta experimental, a partir de cualquiera de estas dos posibilidades se calculan la distancia recorrida durante este así como la aceleración que experimentaría el vehículo. Haciendo uso de estos resultados y demás datos ingresados anteriormente se calcula la velocidad, torque y potencia en el motor así como el consumo másico y volumétrico de combustible.



Figura 35. Ventana cálculo ciclo obtenido



Fuente. Elaboración Propia

Cuando aparecen valores numéricos para la distancia recorrida y el consumo de combustible, es señal de que el programa ha terminado de realizar todos los cálculos requeridos.

Figura 36. Ventana resultados consumo de combustible

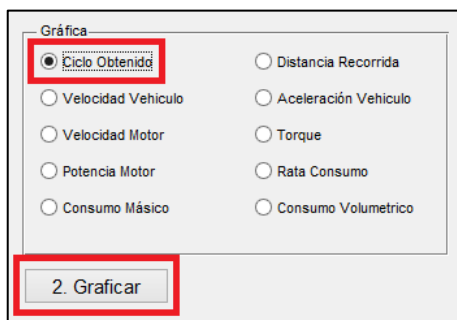
Distancia Total Recorrida [km]:	2.21174	0	0	0.1
Consumo Total de Combustible [kg]:				
GNV	GNL	GLP	Gasolina	Diesel
1.82572	1.55825	1.8846	2.19988	2.12658

Fuente. Elaboración Propia

5.1.3 Graficar resultados dinámica vehicular

En este punto es posible graficar los resultados obtenidos, para esto se selecciona y marca una única opción en el panel “Gráfica” y se da click en el botón “2. Graficar”.

Figura 37. Ventana gráfica ciclo obtenido

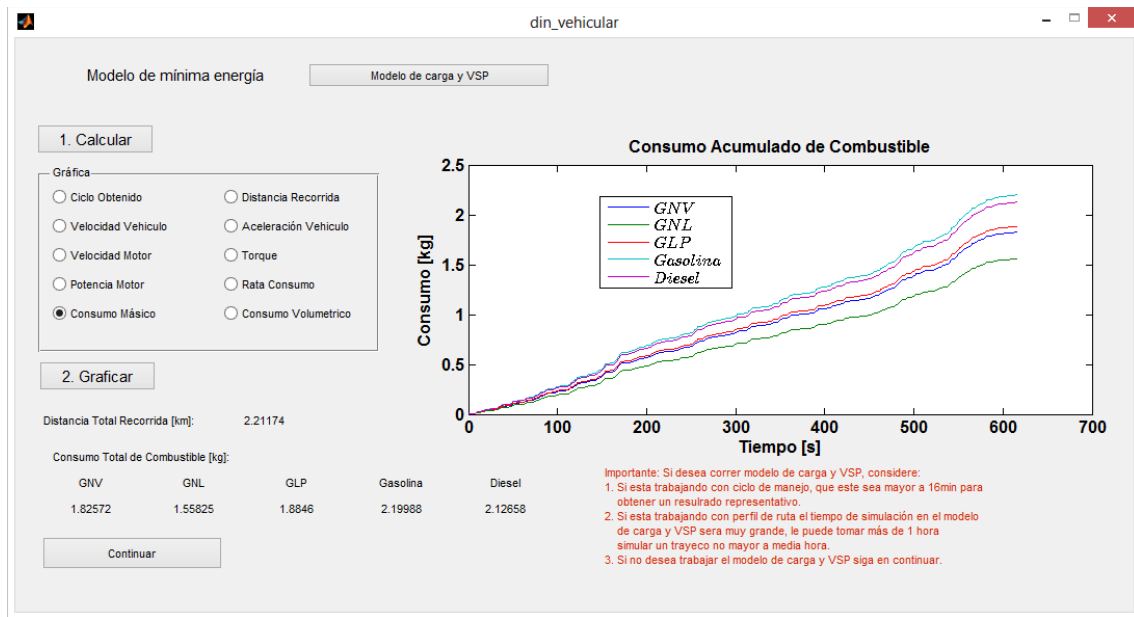


Fuente. Elaboración Propia



Este proceso de graficar se puede realizar repetidamente para visualizar los diferentes resultados obtenidos. La interfaz completa después de realizar todos los pasos requeridos se muestra en la siguiente figura.

Figura 38. Ventana volumen consumo de combustible



Fuente. Elaboración Propia

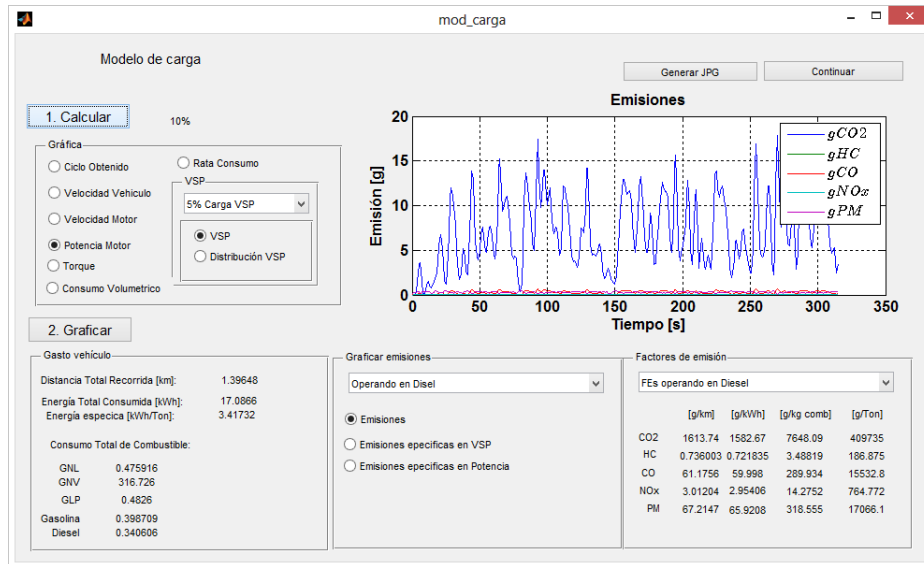
Una vez concluido este modelo se debe hacer click en el botón Continuar para cerrar la ventana y seguir con el cálculo de factores de emisión o si está simulando emisiones ingresa a **“Modelo de carga y VSP”**.

5.2 MODELO DE CARGA

Para trabajar en esta ventana se debe haber ingresado la totalidad de los datos en **“Datos base modelo”** de lo contrario se bloqueara la simulación al no encontrar variables.



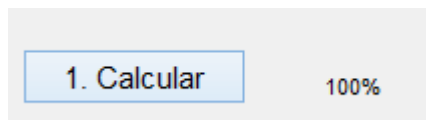
Figura 39. Ventana Principal modelo de carga



Fuente. Elaboración Propia

Nota: si se desea modelar el perfil de una ruta de más de dos horas se puede tardar hasta 4 horas, se recomienda trabajar con ciclos de manejo.

Figura 40. Correr modelo de carga



Fuente. Elaboración Propia

Al ingresar a la ventana de modelo de carga se ejecuta dando click en “**Calcular**”, demora un tiempo según el tamaño del ciclo de manejo.

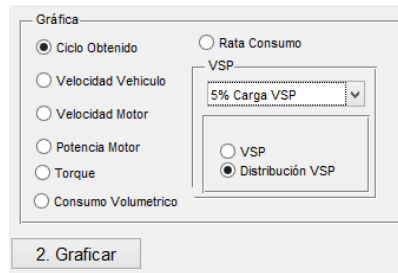
Existe un label que le muestra el porcentaje de avance en la simulación, una vez terminado aparecerá el 100%. Si por algún motivo se presenta un valor diferente significa que faltó diligenciar algún dato en la ventana de datos base.

Una vez simulado la ventana queda totalmente habilitada para observar las variables que se desee.



Es posible visualizar el comportamiento de las diferentes variables siguiendo el procedimiento de “*graficas*” como se muestra en al Figura 41.

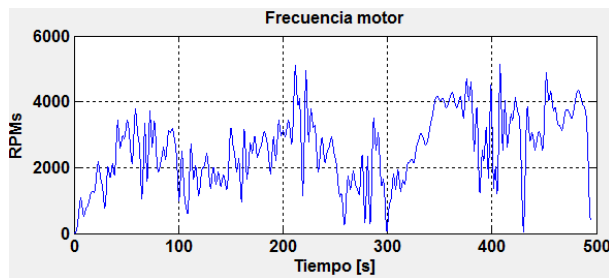
Figura 41. Sección ventana para graficar variables del modelo



Fuente. Elaboración Propia

A continuación se presentan las gráficas como se ilustra en la Figura 42.

Figura 42. Espacio en ventana de modelo de carga para graficar variables



Fuente. Elaboración Propia

En la Figura 43 es posible visualizar el gasto del vehículo en diferentes tecnologías y combustibles.

Figura 43. Gasto vehículo

Gasto vehículo		
Distancia Total Recorrida [km]:	2.41316	
Energía Total Consumida [kWh]:	4.79335	
Energía específica [kWh/Ton]:	3.59501	
Energía consumida de la batería [kWh]:*	3.1156	
Consumo Total de Combustible:		% Ahorro energético ref. DIESEL
Equiv. eléctrico [km/gal]**	30.7488	
GNL [km/gal]	6.30755	12.5
GNV [km/m ³]	3.22375	
GLP [km/gal]	5.59817	
Casolina [km/gal]	6.77607	
Diesel [km/Gal]	9.91496	
DUAL [km/gal equi]***	16.5153	39.9649

Fuente. Elaboración Propia



Respecto a los factores de emisión simulados se puede apreciar los resultados en la Figura 44.

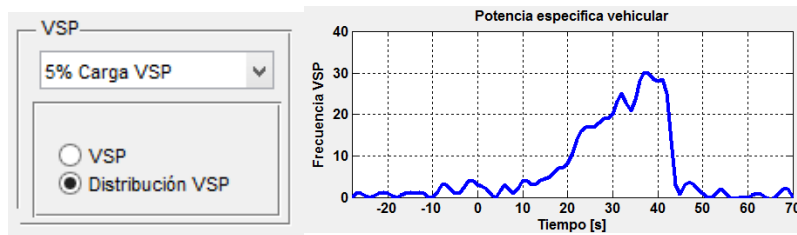
Figura 44. Sección factores de emisión

Factores de emisión					Factores de emisión				
FEs operando en Diesel					FEs operando en Gasolina				
	[g/km]	[g/kWh]	[g/kg comb]	[g/Ton]		[g/km]	[g/kWh]	[g/kg comb]	[g/Ton]
CO2	FEs	FEs	FEs	FEs	CO2	1932.62	972.958	4548.7	423975
HC	FEs	FEs	FEs	FEs	HC	0.934963	0.470696	2.20057	205.11
CO	FEs	FEs	FEs	FEs	CO	14.9448	7.52378	35.1746	3278.56
NOx	FEs	FEs	FEs	FEs	NOx	35.5953	17.92	83.7785	7808.82
PM	FEs	FEs	FEs	FEs	PM	2967.25	1493.83	6983.83	650949

Fuente. Elaboración Propia

Para poder graficar el VSP es necesario primero calcularlo, en la Figura 45 se aprecia las opciones de VSP para cuatro condiciones de pendiente 5% - 10% - 15% - 20%

Figura 45. Sección VSP



Fuente. Elaboración Propia



6. CÁLCULOS DE FACTORES DE EMISIÓN

Esta aplicación se divide en las siguientes secciones como se pueden observar en la Figura 46:

1. Mantos de emisión
2. Selección contaminante
3. Selección de combustible
4. Factores de emisión

El usuario deberá modificarlos campos de las dos primeras secciones mencionadas, el orden en el que se modifique no influye en el resultado de los cálculos.

Figura 46. Ventana principal Cálculo de Factores de emisión

Fuente. Elaboración Propia

6.1 MANTOS DE EMISIÓN

Los mantos consisten en una agrupación de los datos que se leen a partir de la ruta en una matriz de frecuencia.

La matriz de frecuencia es una distribución de los datos entre los intervalos de velocidad y aceleración, en donde cada dato que se encuentre dentro de un segmento determinado de velocidad y aceleración será contado consolidando una frecuencia.



Por ejemplo:

Se tienen 5 lecturas de velocidad y aceleración, se divide la velocidad de 0 a 50 y de 50 a 100 km/h, la aceleración se segmenta de -5 a 0 y de 0 a 5 m/s². Las lecturas en la hoja de datos se registran como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Datos de ejemplo

Lectura	Velocidad (km/h)	Aceleración (m/s ²)
1	0	0
2	25	2
3	55	3
4	42	-1
5	60	4

Fuente. Elaboración Propia

La distribución de las cinco lecturas se registra como se ilustra en la matriz de frecuencia (ver Tabla 4), con estas frecuencias establecidas el programa busca y promedia los datos para cada casilla en común.

Tabla 4. Matriz de frecuencia ejemplo

Aceleración \ Velocidad	-5 a 0(m/s ²)	0 a 5(m/s ²)
0-50(km/h)	1	2
50-100(km/h)	0	2

Fuente. Elaboración propia

Para determinar la cantidad de veces que se quiera dividir tanto la velocidad como aceleración el usuario simplemente deberá escribir el número de divisiones en las respectivas casillas, teniendo cuidado que solo deben ser números.

Figura 47. Determinación de número de segmentos por parte del usuario

The image shows two screenshots of a software interface. The top screenshot shows two input fields labeled 'Numero segmentos vel' and 'Numero segmentos acel'. The bottom screenshot shows the same two input fields, but now they contain the number '15'.

Fuente. Elaboración Propia



6.2 SELECCIÓN DE COMBUSTIBLE

El usuario selecciona el combustible de análisis para visualizar los factores de emisión como se observa en la Figura 48.

Figura 48. Selección de combustible

Selección Combustible

Gasolina Diesel GNV GLP GNL

Fuente. Elaboración Propia

6.3 SELECCIÓN DEL CONTAMINANTE

Como se aprecia en la primera imagen de esta aplicación aparecen todas las casillas activas por defecto. Como bien se sabe en la primera sección del programa que es la de consignar los datos se seleccionaron cuales contaminantes se quieren examinar, por lo que en la aplicación **Cálculo de Factores** de emisión se omiten los contaminantes que no hayan sido seleccionados. Al oprimir cualquier contaminante automáticamente deshabilitará los contaminantes no elegidos anteriormente. Los cálculos se realizan para un contaminante.

Figura 49. Selección de contaminante. Para esta imagen en data se seleccionaron CO₂, O₂, NO_x, PM 2.5 y NP, por lo que los demás contaminantes quedan deshabilitados

Selección Contaminante

CO PM 10
 CO₂ PM 2.5
 HC NP
 O₂
 NO_x
 NO₂

Selección Contaminante

CO₂ PM 10
 PM 2.5
 HC NP
 O₂
 NO_x
 NO₂

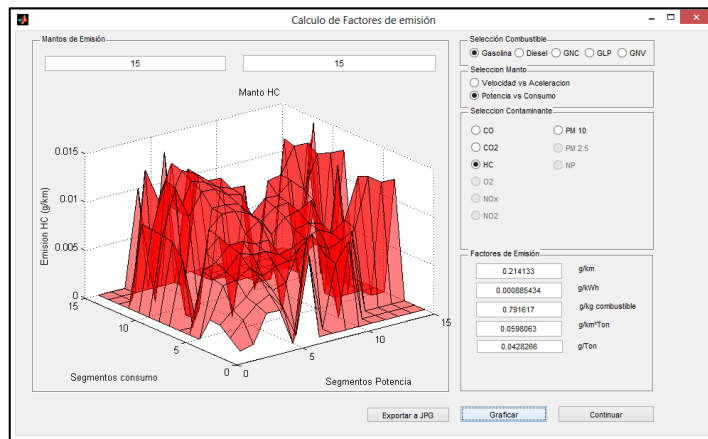
Fuente. Elaboración Propia



6.3.1 Ejecución aplicación

Una vez ingresados las secciones de aceleración, velocidad y el contaminante la aplicación se ejecuta oprimiendo el botón **Graficar** ubicado en la parte superior de la sección **Selección Contaminante**.

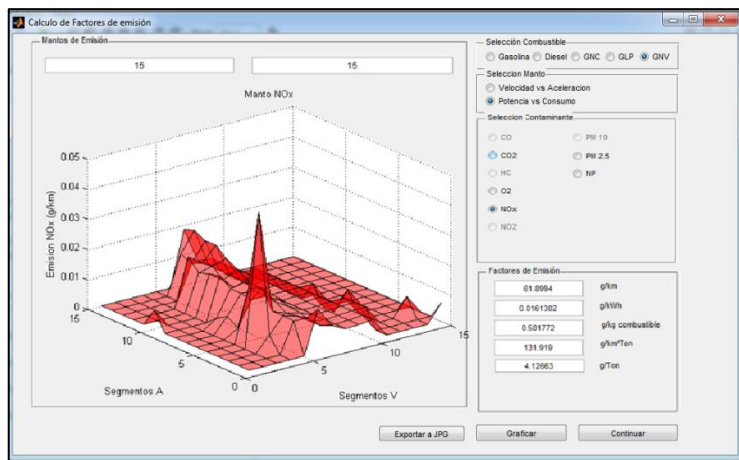
Figura 50. Cálculo para HC



Fuente. Elaboración Propia

Como resultados aparecen el manto de emisión y los factores de Emisión g/km, g/kWh, g/kg combustible, g/km*Ton y g/Ton. Si se quiere ver otro contaminante simplemente en **Selección Contaminante** se elige otro y se vuelve a oprimir el botón **Graficar**.

Figura 51. Cálculo para NOx



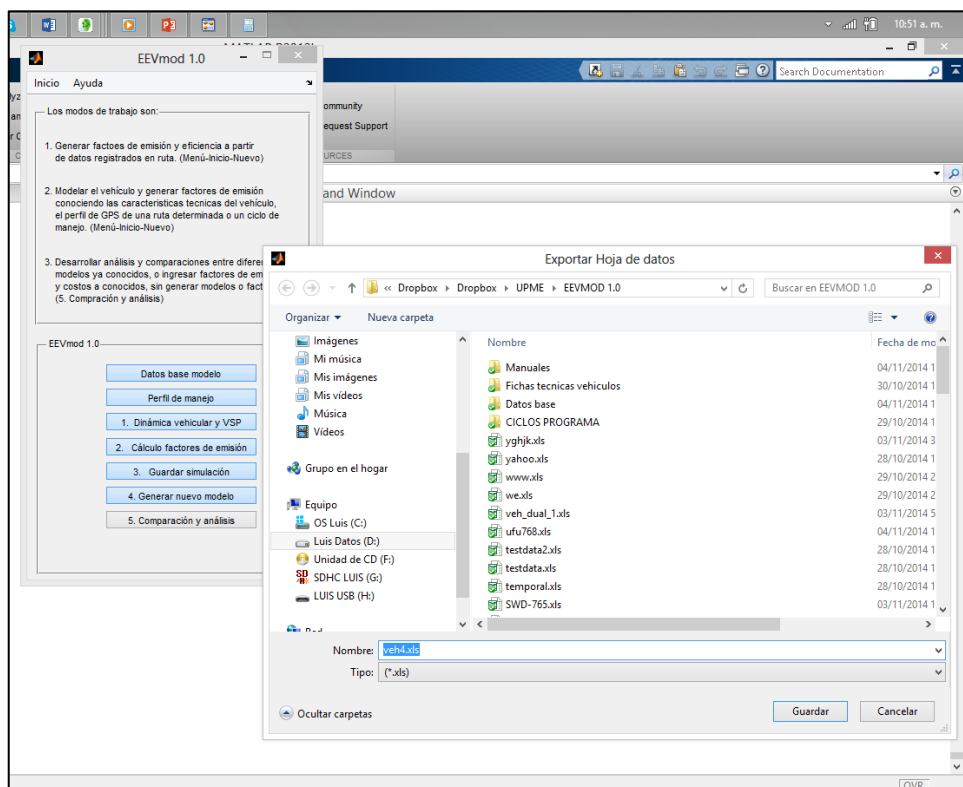
Fuente. Elaboración Propia



6.3.2 Exportar mantos

Para exportar el manto de emisión simplemente se oprime el botón **Exportar a JPG**. Finalizada la simulación y la generación de los factores de emisión se habilita el botón guardar en EEVmod y le pregunta donde guarda el archivo general de la simulación.

Figura 52. Ventana opción guardar archivo



Fuente. Elaboración Propia



7. COMPARACIÓN Y ANÁLISIS

7.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Estimar la conveniencia de operar la flota VUM (vehículos de uso medio) con GNV/GLP o diésel como hasta ahora, implica reconocer la alternativa costo-efectiva en un sentido amplio, es decir aquella que contemple las muy peculiares características de los mercados involucrados y la magnitud de sus impactos ambientales. Para tal fin se recurre a métodos propios de la evaluación social de proyectos, pues permiten confrontar diferentes escenarios para el manejo de recursos escasos. El sector privado materializa estas acciones de manejo en decisiones de inversión cuyos rendimientos conciernen únicamente a la organización, por lo cual su preocupación consiste en maximizarlos considerando, tan solo, beneficios y costos privados. Para los actores institucionales (formales) de naturaleza pública, se amplía el espectro y profundizan consecuencias de los impactos, alcanzando segmentos más grandes, y potencialmente vulnerables, de la población, por lo cual se hace indispensable incluir los costos y beneficios sociales de sus acciones. Bajo estas circunstancias habrá que proceder con cautela, pues el análisis de los impactos demandará mayor atención y la tasación de costos y beneficios podría estar asociada a procesos incompatibles con la lógica de mercado.

El análisis costo-beneficio (ACB) es uno de estos métodos, por el cual se pretende evaluar las alternativas al Diésel, traduciendo costos y beneficios a un numerario que les haga comparables, cuando, efectivamente, admitan tal forma de valoración; por lo que muchos impactos difícilmente representables en tales términos, serán marginados del análisis. Parece pertinente, entonces, acotar el alcance del método al dominio del mercado; es decir cualquier cambio o variación inducida por la conversión a GNV/GLP tiene que venir mediada por mecanismos de mercados (precios), para ser incluida en el ACB, lo contrario sería improcedente. El análisis pasa, entonces, por la estimación de ingresos/beneficios y egresos/costos, asociados a un flujo de fondos para contrastarlo con usos alternativos de los mismos recursos.

El ACB concibe el proceso (conversión GNV/GLP-Diésel) como proyecto de inversión, en tanto paquete discreto de inversiones, insumos y actividades, diseñado para eliminar o reducir restricciones al desarrollo, procurando lograr productos y beneficios mediados por aumentos en productividad y mejoras en el bienestar de una comunidad sobre un periodo de tiempo. Su implementación involucra los siguientes momentos:



1. Definir las acciones del proyecto y sus impactos.
2. Identificar los costos/beneficios asociados a aquellos impactos.
3. Cuantificar los costos/beneficios directos e indirectos.
4. Definir la tasa de descuento que equipare costos/beneficios futuros con los presentes o inmediatos.
5. Estimar los beneficios netos descontados, para analizarlos recurriendo al cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR).

Esta secuencia de actividades define un procedimiento instrumentalmente sencillo, pero algo demandante en términos informacionales. Las variables necesarias para su adecuada implementación, se registran en la Tabla 5.

Tabla 5. Variable que determinan el flujo de fondos

Parámetro	Medida	Fuente
Año Base	2014	Grupo Base
Horizonte Temporal	15 años	Grupo Base
Tasa de Interés Interbancaria (TIB-TIO)	-	BanRep
Precios	\$/MPCD	Ecopetrol (Precios de Referencia)
Demanda Potencial	MPCD	UPME
Reducción de Emisiones CO	\$/Km	Grupo Base (Modelo Técnico)/EPA (2010)
Reducción de Emisiones NOx	\$/Km	Grupo Base (Modelo Técnico)/EPA (2010)
Reducción de Emisiones HC	\$/Km	Grupo Base (Modelo Técnico)/EPA (2010)
Reducción de Emisiones PM	\$/Km	Grupo Base (Modelo Técnico)/EPA (2010)
Impactos positivos sobre la Salud	\$/Km	Grupo Base (Modelo Técnico)/EPA (2010)
Costos Activos Fijos Costos Activos Nominales Costos de Inversión Inversiones en Capital de Trabajo	\$	-
Costos Operativos	\$/Km	Mantilla et al. 2009/ Grupo Base (Modelo Técnico/Pruebas)
Costos de Mantenimiento	\$/Km	Mantilla et al. 2009

Fuente. Elaboración Propia



Cuando estas variables se materialicen en flujos de beneficios y costos sociales –sintetizando los componentes financieros y sus contrapartes intangibles-, será posible obtener la TIR que guía la decisión sobre la ejecución del proyecto. Con fines ilustrativos, supongamos que hemos podido identificar los beneficios B_t y costos $C(t)$ más inmediatos, por lo que nuestras ganancias netas traídas a valor presente, y en tiempo discreto, serían de la forma:

$$VPN = \sum_{t=0}^T \frac{B_t - C_t}{(1 + \delta)^t} \quad (1)$$

La TIR constituye la tasa de descuento δ^* que hace $VPN = 0$, i.e. a una de las raíces positivas resultantes de la condición recién enunciada.

7.2 ESTIMACIONES POR DEFECTO

Bajo este enfoque, se programó un código para ejecutar el ACB dentro del modelo técnico en ambiente MATLAB. Él permite traducir la información sobre precios de combustibles, demandas registradas y potenciales, factores de emisión, costos de inversión, operativos y de mantenimiento, al flujo de fondos para entonces conducir el análisis de forma interactiva y flexible.

Toma por defecto el presente año como base, proyectando el proceso de conversión Diésel-GNV a un horizonte de 15 años. Fueron empleadas las series históricas de la Tasa de Interés Interbancaria (TIB), publicadas por el Banco de La República; series de precios GNV, reportadas por la UPME (2014) en su Sistema de Información de Petróleo y Gas Colombiano; la información de costos operativos y mantenimiento para vehículos “medium-duty”/“heavy-duty” (MD/HD), registradas en documentos técnicos, tasadas a pesos colombianos teniendo en cuenta las variaciones en el tipo de cambio y la inflación. Se optó por emplear como Costo de Inversión el gasto promedio por estación de gas, para la misma sección de la flota diésel.

Aunque tal es la plataforma que lanza el ACB, es posible modificar los datos de entrada según el tipo de combustible y vehículo. Incluso se da la oportunidad para introducir predicciones propias sobre el comportamiento futuro de la demanda y precios de los combustibles; los cuales, también son modelados, por defecto, con ajuste a un movimiento geométrico browniano (MGB).

Las externalidades positivas ambientales i.e. mejoras en la calidad de vida asociadas a la reducción de emisiones, y el flujo de Servicios Ecosistémicos de Regulación Atmosférica (SERA), fueron monetizadas acudiendo al método “Transferencia de Beneficios”. Este consiste en el ajuste de aquellos estimativos por la razón entre el PIB per cápita de ambos países -para el



cual fue realizada la valoración original (E.E.U.U.), y al cual se desea “transferir” la información (Colombia)-; estandarizándoles al año del estudio (2006) i.e.

$$B_{Col} = B_{EEUU} \frac{PIBpc_{Col}}{PIBpc_{EEUU}}^{\varepsilon} \quad (2)$$

; donde B_{Col} : Beneficio en el contexto colombiano, B_{EEUU} : Beneficio en la contexto estadounidense, $PIBpc_{Col}$: Producto interno bruto promedio por habitante colombiano, $PIBpc_{EEUU}$: Producto interno bruto promedio por habitante estadounidense, y ε : elasticidad ingreso de la demanda (indica la sensibilidad de las cantidades demandadas ante variaciones de la renta o ingresos).

La TIR es calculada por interpolación lineal buscando δ^* entre una tasa de interés para la cual el VPN es positivo (δ^2) y otra que lo hace negativo (δ^1). La regla para determinarla es:

$$\frac{\delta^2 - \delta^1}{VPN_2 - VPN_1} = \frac{\delta^2 - \delta^*}{VPN_2 - VPN_{\delta^*}} \quad (3)$$

$$\delta^* = \delta^2 - \frac{VPN_2}{VPN_2 - VPN_1} (\delta^2 - \delta^1) \quad (4)$$

Por cuanto la TIR, sobre el horizonte temporal original, es solución a un polinomio de grado 15 existe la posibilidad de encontrar tasas que no tomen valores reales, en cuyo caso es probable que los beneficios netos i.e. la diferencia entre las externalidades positivas, ingresos netos por venta de combustibles, y costos totales, presenten irregularidades e.g. revelándose secuencia tendiente a infinito.

7.3 CONSTRUCCIÓN DE UN FLUJO DE FONDOS

La interfaz principal para el ACB recibe al usuario con los parámetros esenciales del modelo reportados en la Tabla 1, junto con los potenciales de calentamiento global que permiten calcular los beneficios SERA, como en la Figura 53 Primero habrán de introducirse los factores de emisión (1), para luego indicar el horizonte temporal del ACB (2). Si se desea emplear información más detallada sobre costos operativos (gasto por consumo de combustible) y fijos es posible especificarlos en el recuadro “Consumo de Combustible” y “Costos Fijos”, respectivamente (3 y 4). Igualmente, el tamaño de la flota y el recorrido diario promedio están sujetos a modificaciones, aún cuando se ofrece la posibilidad de trabajar con los tiempos del



ciclo calculado por la contraparte técnica del modelo (5). Finalmente es necesario validar esta información para continuar (6).

Figura 53. Interfaz principal

Datos de entrada análisis EEVmod

1 Factores de emisión

	[gCO2/km]	[gHC/km]	[gCO/km]	[gNOx/km]	[gPM/km]
DIESEL	1699.29	0.079962	25.563	29.4824	1.47355
Gasolina	2102.57	1.01718	16.259	37.9788	0
GLP	2030.04	21.3498	1365.05	32.7693	0
GNV	891.067	1.48797	47.5684	25.4722	0.126801
GNL	711.054	0.343993	10.997	27.3138	0
DUAL	1376	0.643164	34.3652	27.8783	0.934852

3 Consumo de combustible

DIESEL	9.38868	[km/Gal]
Gasolina	6.4164	[km/Gal]
GLP	5.30102	[km/Gal]
GNV	2.67105	[km/m ³]
GNL	5.37547	[km/Gal]
DUAL	15.6374	[km/Gal]*
Veh. eléctrico	18.0401	[km/Gal]*

1. Los factores de emisión y los consumos de combustible pueden ser editados o trabajar con los generados por la modelación o cálculo de los mismos.

2 Costos

Usar datos base TIB Horizonte temporal [Años] 15

Modificar base TIB Horizonte temporal nuevo [Años] 0

Precios proyectados

Cargar nuevos precios Cargar nueva demanda

4 Costos fijos

Inversión infraestructura DIESEL 0

2. Tenga presente que cada casilla editable maneja un sistema de unidades, ingrese los valores manejando las mismas unidades.
3. El separador de unidades decimales es "." (punto).
4. Las casillas editables por defecto traen un valor asociado al programa, si encuentra habilitada la casilla para edición es libre de hacerlo EEVmod tomara el nuevo valor.
5. En el caso de que no tenga un valor para los factores de emisión y para los consumos de combustible déjelos en cero "0".
* Galon equivalente a diesel

5 Eficiencias

Tamaño de la flota 1 **Calcular recorrido**

Recorrido diario [km/veh] 220.166 Recorrido Anual [km/veh] 0
Recorrido Anual flota [km] 0

Potencial de calentamiento global CO2	1
Potencial de calentamiento global CO	1.9
Potencial de calentamiento global HC	25
Potencial de calentamiento global NOx	298
Potencial de calentamiento global PM	680
Valor estadístico de una vida	1.40522e+10

Usar modelo Continuar Usar datos actuales

Fuente. Elaboración Propia

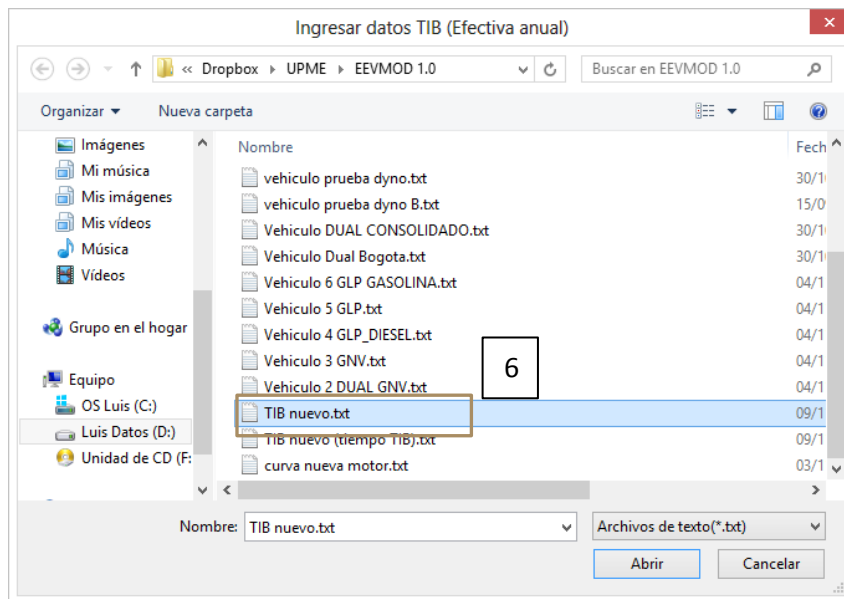


En caso se prefiera emplear una base de datos propia, la ventana emergente (Ver Figura 54) solicitará un libro de Excel con las siguientes especificaciones:

- Una hoja por tipo tipo de combustible.
- En cada hoja:
 - o El precio medio de referencia para el GNV (\$/MPCD) y su fecha correspondiente, en las comulnas C y D.
 - o La demanda proyectada (MPCD) para el horizonte temporal relevante, y su fecha correspondiente, en las columnas E y F.
 - o Los costos de mantenimiento (\$/Km) y los costos operativos (\$/Km) para la flota, en las columnas Y y Z.

Esto permite una más efectiva ejecución del modelo y eficiente registro de nueva información.

Figura 54. Ventana auxiliar para nueva base de datos

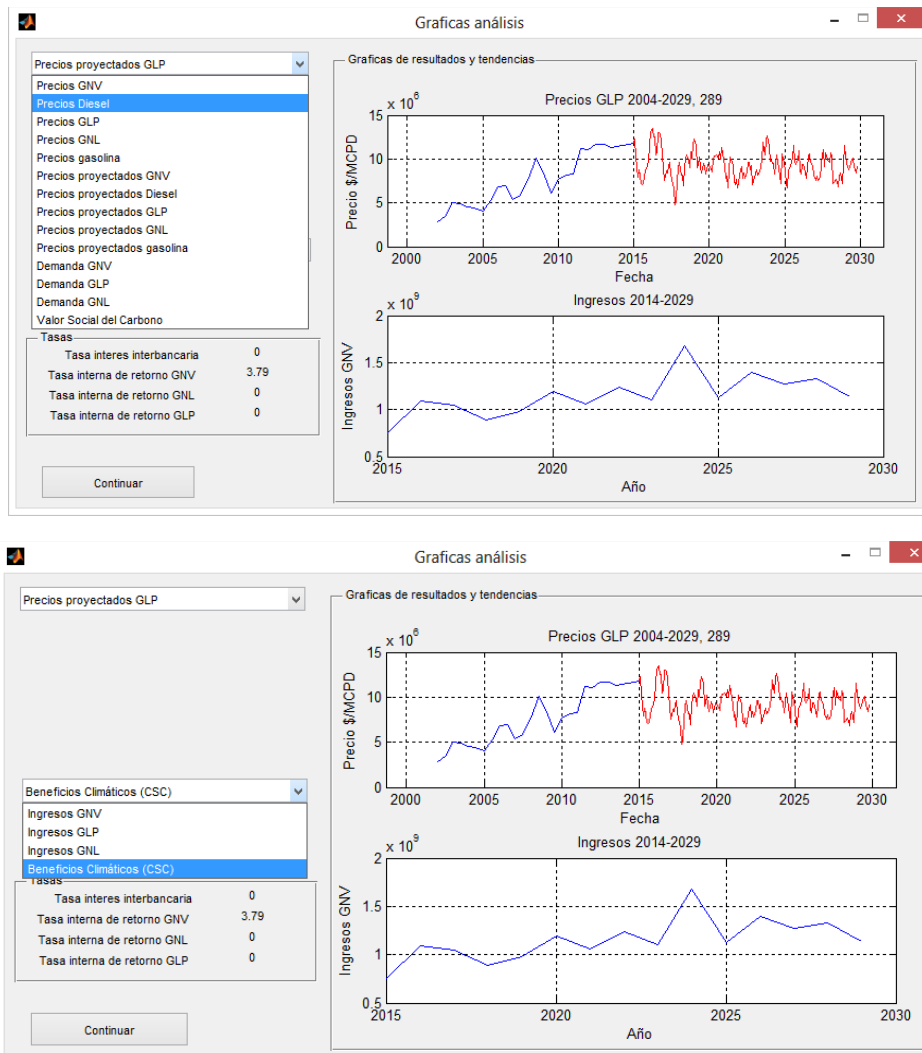


Fuente. Elaboración Propia



Adicionalmente, será posible seguir la evolución de la estimación resultante para aquellos ingresos, beneficios, egresos y costos, sobre el horizonte temporal del proyecto. Esto lo facilitan las gráficas síntesis, al compendiar proyecciones y comportamientos históricos, permitiendo determinar su incidencia en los beneficios o costos totales, siempre pendientes de la TIR, igualmente reportada en ese mismo recuadro (ver Figura 55). Con estos resultados se puede evaluar la viabilidad económica del proceso de conversión Diésel-GNV/GLP/GNC; e incluso desarrollar análisis accesorios sobre cambios en el mercado nacional de energéticos.

Figura 55. Gráficas para el reporte y análisis de resultados



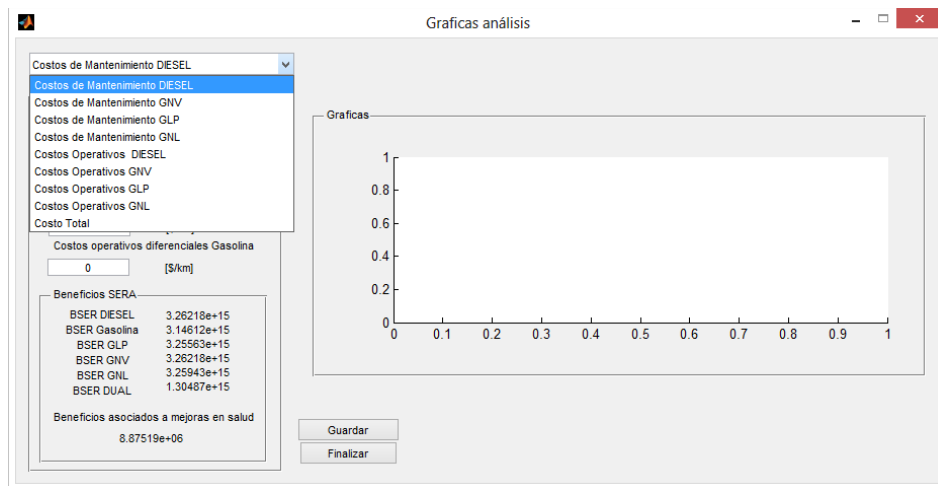
Fuente. Elaboración Propia.



Por último, si se quiere centrar la atención en el usuario, la interfaz ofrece la opción de estudiar la estructura de costos operativos y de mantenimiento a la que este se enfrentaría, sopesándola con los beneficios SERA, suscitados por el cambio de combustible (Ver Figura 56).

Así aunque inscrito en un marco analítico más amplio, podrá ser estudiado para alimentar decisiones puntuales o la formulación de política pública asociada.

Figura 56. Estructura de costos/ahorros/beneficios para el usuario



Fuente. Elaboración Propia.