



USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMÉRICA

ctSEMBARQ
México

Metodología de Línea Base de Emisiones GEI y Escenarios de Reducción para Proyectos de Transporte Público.

MEXICO LOW EMISSIONS DEVELOPMENT PROGRAM (MLED).
CONTRACT: AID-523-C-11-00001



Septiembre, 2014

Este informe fue elaborado por Tetra Tech ES Inc. para la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, USAID

AVISO LEGAL

Las opiniones expresadas en esta publicación no reflejan necesariamente la opinión de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional ni la del Gobierno de los Estados Unidos.

www.mledprogram.org

Metodología de Línea Base de Emisiones de GEI y Escenarios de Reducción para Proyectos de Transporte Público.

El presente estudio fue elaborado por el CTSEMBARQ México. El autor principal es Lía Ferreira bajo la supervisión de Ricardo Troncoso de World Wildlife Fund, en el marco del Programa para el Desarrollo Bajo en Emisiones de México (MLED), patrocinado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), bajo el contrato “AID-523-C-11-00001” implementado por Tetra Tech ES Inc.

Para mayor información, por favor contacte a: info@mledprogram.org

www.mledprogram.org

Metodología de Línea Base de Emisiones de GEI y Escenarios de Reducción para Proyectos de Transporte Público.

Tabla de contenido

Tabla de acrónimos y abreviaturas	4
1. Introducción	4
1. Metodología de Línea Base de Emisiones GEI y Reducción	6
1.1 Generalidades	6
1.2 Objetivos de la metodología	7
1.3 Descripción de la metodología.....	8
1.4 Descripción de Parámetros de Medición	12
1.4.1 Número de unidades por cada categoría de la flota.....	12
1.4.2 Recorrido promedio anual por unidad según la categoría de vehículo.	13
1.4.3 Intensidad Anual	14
1.4.4 Eficiencia Promedio.....	14
1.4.5 Fuente de energía total consumida	15
1.4.6 Factor de emisión.....	16
1.4.7 Emisiones Totales.....	17
1.5 Cálculo de Reducción de Emisiones	19
1.6 Descripción de fugas:	20
2. Recomendaciones generales.....	21
Bibliografía	23
Anexo I.....	24

Tabla de acrónimos y abreviaturas.

ASI	Avoid, Shift, Improve (Evitar, Cambiar, Mejorar)
ASIF	Activity, Structure, Intensity, Fuel (Actividad, Estructura, Intensidad , Combustible)
BANOBRAS	Banco Nacional de Obra y Servicios Públicos
BAU	Business as Usual
BRT	Bus Rapid Transit (Autobuses de Transporte Rápido Masivo)
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IMP	Instituto Mexicano del Petróleo
IPCC	Intergovernmental Panel for Climate Change (Panel Intergubernamental de Cambio Climático)
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MRT	Mass Rapid Transit (Transporte Rápido Masivo)
PROTRAM	Programa de Apoyo Federal al Transporte Masivo
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático)

1. Introducción

Desde hace algunos años la comunidad internacional ha decidido realizar acciones contra el cambio climático. Estas acciones buscan reducir los Gases de Efecto Invernadero (GEI) considerados como los responsables del calentamiento global que a su vez, provocan el cambio climático.

En particular, cabe destacar que el sector transporte es una parte importante del total de emisiones GEI tanto a nivel global como nacional. De hecho en México, el sector transporte es responsable del 22% de dichas emisiones (INECC 2012) teniendo un impacto importante en el consumo de energía y en la competitividad del país.

Dentro de los esfuerzos realizados para mejorar el transporte, se han implementado proyectos con un enfoque *ASI* (Avoid, Shift, Improve, sus siglas en inglés) a nivel mundial, cuyo significado es Evitar- Cambiar- Mejorar la manera en que nos movemos. A grandes rasgos este enfoque menciona que en cuestiones de movilidad, lo más efectivo es **evitar** desplazarse para realizar las actividades cotidianas (lo cual se consigue con una política integral de gestión urbana) pero en caso de tener que trasladarse lo mejor es **cambiar** hacia modos sustentables de traslado como la bicicleta o el transporte masivo y **mejorar** las tecnologías del transporte motorizado para contaminar menos.

Algunas de estas medidas han estado orientadas hacia la mejora del transporte público para optimizar. Entre ellas, por ejemplo, se encuentran los sistemas de transporte masivo que han proporcionado grandes beneficios a las zonas donde se implementaron como descongestión, menor tiempo de traslado y sobre todo, menores emisiones tanto de GEI como de contaminantes locales (estos últimos, impactan a la salud directamente).

Ahora bien, para conocer los beneficios derivados de la implantación de proyectos de transporte público es importante calcularlos. Para el caso de la reducción de emisiones GEI, existen metodologías que permiten contabilizarla, ya sea ex ante o ex post.

Cada metodología tiene un objetivo específico de acuerdo a lo que se pretende hacer con los resultados. Los aspectos que varían básicamente son: la rigurosidad de los cálculos, la disponibilidad de datos, los costos asociados al cálculo y recolección de información, entre otros.

Basándose en esto, CTSEMBARQ México ha diseñado una metodología de rigurosidad media (sujeta a datos disponibles) que los gobiernos de las ciudades pueden utilizar de manera práctica, sin la utilización de muchos recursos tanto humanos como económicos con la finalidad de calcular el potencial de mitigación (o la reducción, si el proyecto ya está implantado) de los proyectos que tengan que ver con el transporte público.

Esta metodología se construyó con el apoyo del Programa de Apoyo Federal al Transporte Masivo (PROTRAM) de México en el marco del Proyecto de Transformación del Transporte Urbano (PTTU) con fondos de BANOBRAS y se ha adaptado a los casos particulares de las ciudades y de sus proyectos.

En las secciones siguientes, se describe las generalidades de la metodología, su modo de utilización, el modelo incluido y las recomendaciones generales.

1. Metodología de Línea Base de Emisiones GEI y Reducción

1.1 Generalidades

Primero que nada, es importante distinguir dos conceptos que son fundamentales en la evaluación de reducción de emisiones en un periodo determinado. El primer concepto es el de Línea base, partiendo del escenario BAU¹ y el segundo es el del escenario alternativo.

La línea base, en este caso será aquel escenario en el que no se implemente ningún proyecto de transporte adicional y que por la tanto, las cosas seguirían según las tendencias históricas. Este escenario es llamado BAU (Business as usual, por sus siglas en inglés). Si las cosas siguieran como están en el presente, la situación futura generaría más emisiones de GEI que el escenario alternativo deseado.

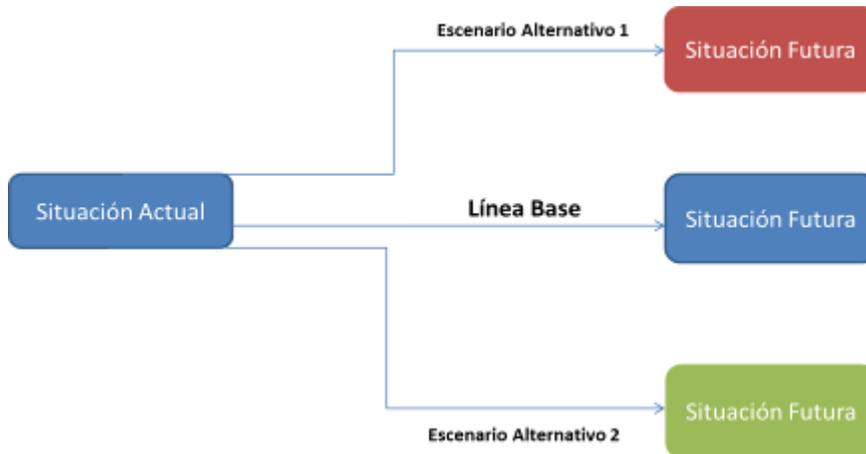
En la Figura 1. Comparación de la situación Actual con respecto a los escenarios alternativos se puede apreciar en los recuadros café y verde, los escenarios alternativos en los que se ha implementado uno o más proyectos de transporte. Asimismo, en la Figura 2, se presenta una comparación del escenario BAU con respecto del escenario alternativo (intervención).

En la parte naranja se presentan las emisiones reducidas ya que con el escenario de implementación se pretende emitir menos GEI a largo plazo durante el periodo de evaluación que en este ejemplo, es de 2010 a 2030.

El modelo de cálculo incluido con esta metodología pretende obtener una gráfica como la de la Figura 2 (aunque varía según la ciudad evaluada).

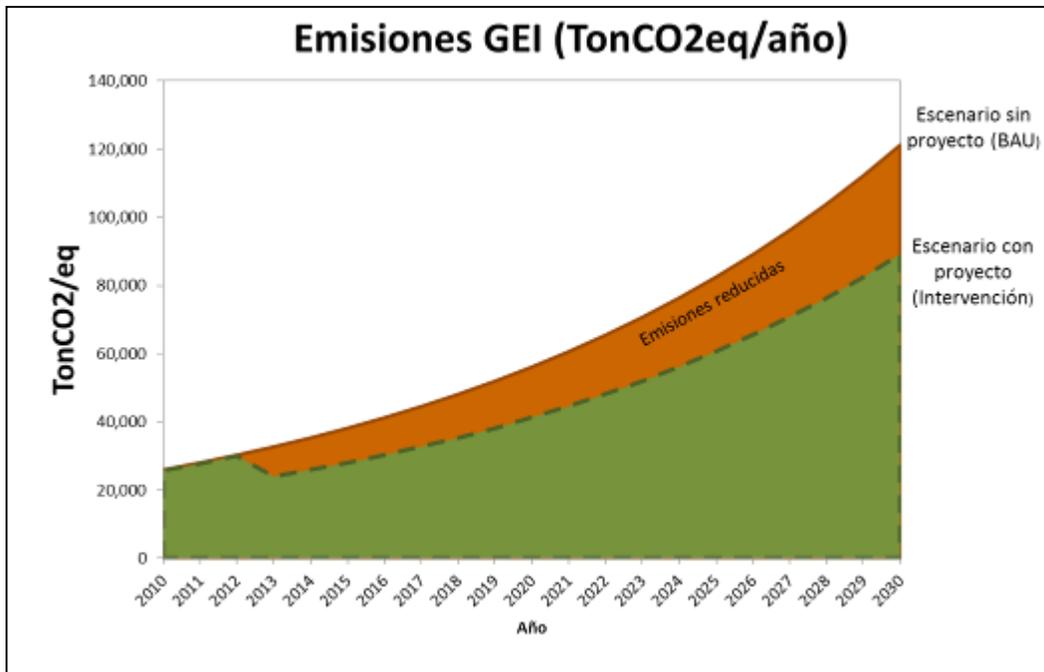
¹ Business as usual (BAU), se refiere al escenario correspondiente a la línea base en donde no se efectúa ningún cambio para modificar las tendencias actuales, es decir, es el escenario sin implementación de un proyecto específico.

Figura 1. Comparación de la situación Actual con respecto a los escenarios alternativos



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2 Comparación de la Línea base con el escenario alternativo de implementación



Fuente: Elaboración propia.

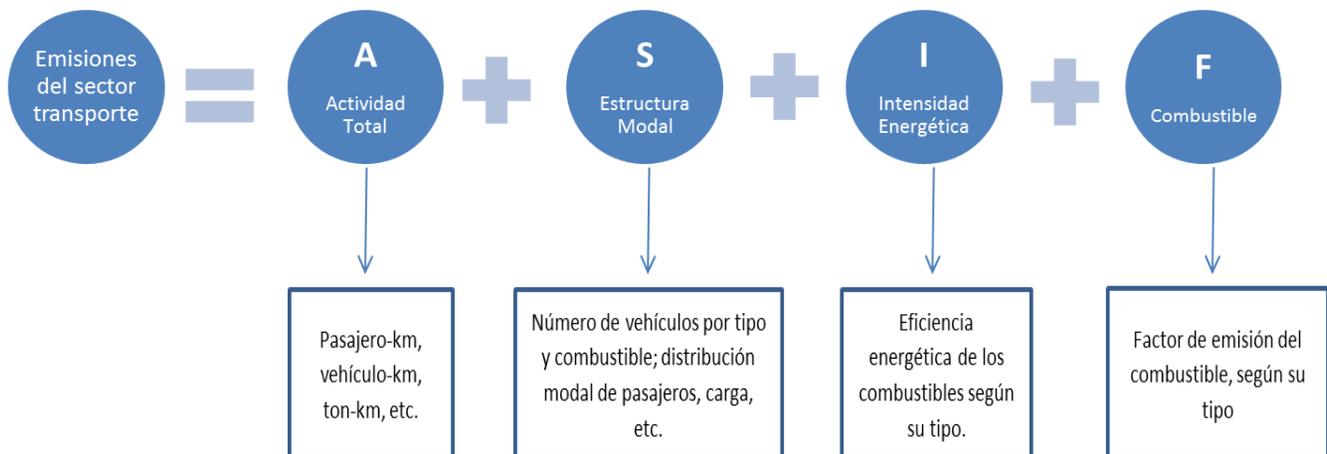
1.2 Objetivos de la metodología

- Estimar la Línea Base de emisiones de GEI de Transporte Público.
- Calcular el potencial de mitigación de emisiones de GEI por la implementación de proyectos de Transporte Público.
- Proveer de una herramienta de uso práctico para las ciudades, que contenga la línea base y la proyección del proyecto para evaluar los beneficios ambientales en materia de reducción de emisiones de GEI.
- Calcular la reducción de emisiones de GEI en el sector Transporte para los proyectos ya implantados.

1.3 Descripción de la metodología

Esta metodología es del tipo “*bottom up*”² (de abajo hacia arriba) pues está basada en la actividad de los vehículos del escenario del proyecto. De igual forma, su estructura sigue un enfoque ASIF (Activity, Structure, Intensity, Fuel) que se basa en la actividad total del transporte, en este caso de los kilómetros recorridos por la flota. Así-mismo, las emisiones se calculan mediante el factor de emisión de GEI según el tipo de combustible (Figura 3).

Figura 3 Descripción de la estructura ASIF



Fuente: Elaboración propia con base en presentaciones realizadas por la Agencia Alemana de Cooperación Técnica (GIZ, 2012).

Los insumos necesarios que requiere esta metodología y el modelo desarrollado, se presentan en las siguientes secciones.

² La metodología *bottom up* (de abajo hacia arriba) parte de datos particulares y detallados para calcular, en este caso, las emisiones de la línea base como la actividad vehicular. Este proceso va de lo particular a lo general.

En general, las variables mayormente modificadas son las que corresponden a la flota vehicular ya que para el escenario de implementación del proyecto se busca reducir kilómetros de motorización y/o sustituir unidades de menor capacidad por unas de mayor capacidad y más eficientes energéticamente, que a su vez optimicen el traslado de los pasajeros.

A grandes rasgos, los insumos requeridos tanto para la línea base como para el escenario de implementación son los siguientes:

- **Características de la flota** (número de unidades, tipo de unidades por su tamaño y combustible, eficiencia energética).
- **Datos de actividad** (Kilómetros recorridos, combustible consumido).
- **Factores de emisión de la fuente de energía consumida.**

En la siguiente tabla, se muestra la descripción de cada uno de estos parámetros, así como la las fuentes de información de donde se obtiene.

Tabla 1. Definición de los insumos y variables de cálculo para la estimación de la reducción de emisiones de GEI para sistemas de transporte.

Insumo	Descripción	Fuente de donde se obtiene	Comentarios adicionales
1	Número de unidades en circulación por cada categoría de la flota.	Datos estadísticos de la ciudad/proyecto.	Las unidades contabilizadas serán aquellas que pueden ser afectadas por la implementación del proyecto de transporte tanto antes como después de la implementación.
2	Tipo de fuente de energía consumida por cada categoría de la flota.	Datos estadísticos de la ciudad/proyecto.	Generalmente existen dos fuentes de energía, la energía eléctrica y la de combustibles fósiles que incluyen diésel, gasolina, gas LP y gas natural.

Insumo	Descripción	Fuente de donde se obtiene	Comentarios adicionales
3	Recorrido anual promedio por unidad según la categoría de la flota (km/año).	Datos estadísticos de la ciudad/proyecto.	Para esta variable, se utiliza el recorrido promedio por año de cada una de las unidades según su categoría, tanto para la línea base como para el escenario del proyecto.
5	Eficiencia promedio por tipo de categoría de la flota (km/L), (km/m ³), (km/kWh).	Datos reportados según estudios realizados por la ciudad o en caso de no existir, puede utilizarse los datos por default del IMP.	La eficiencia promedio de la unidad debe considerar las unidades nuevas introducidas por la implementación, por lo que se debe hacer un promedio ponderado de eficiencias según las unidades introducidas, de acuerdo a su categoría.
7	Crecimiento de la flota.	Datos estadísticos del proyecto/ciudad.	Este porcentaje se obtiene ya sea de tendencias históricas o de los estudios de demanda del proyecto. ³
8	Factor de emisión ⁴ por energía consumida o por combustible consumido (kgCO ₂ /L combustible),	IPCC	El factor generalmente se toma por default de los reportados por el IPCC. Estos factores, se reportan en kgCO ₂ eq/MJ y mediante

³ Si en vez del crecimiento, se tiene la flota calculada por año, se puede sustituir directamente en el modelo para ambos escenarios.

⁴ En algunos casos, se puede utilizar el factor de emisión por kilómetro recorrido, si es que se tuviera la información por lo que no sería necesario calcular la eficiencia energética por litro de combustible consumido.

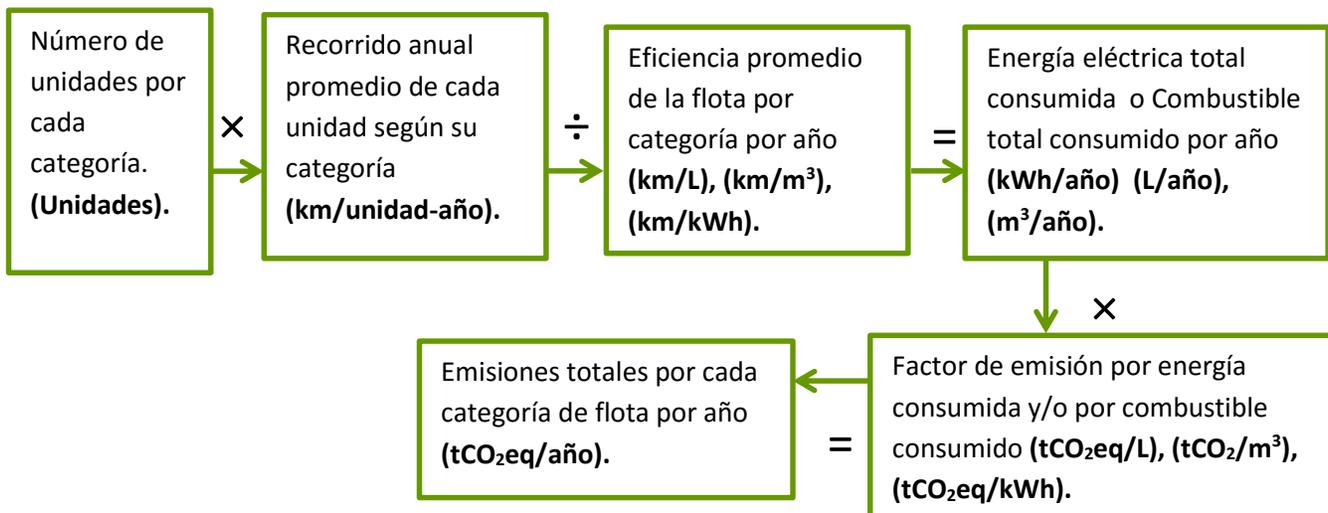
Insumo	Descripción	Fuente de donde se obtiene	Comentarios adicionales
kgCO ₂ eq/m ³ de combustible), (kgCO ₂ eq/kWh).			el poder calorífico y la densidad del combustible, se transforma a kgCO ₂ eq/L o la unidad necesaria.

Fuente: Elaboración propia con base en las metodologías anteriormente revisadas.

En la Figura 4 se presenta el diagrama de proceso que sigue esta metodología, así como la relación de los parámetros listados en la tabla anterior y posteriormente, se realiza una descripción detallada de cada uno de estos parámetros.

En general este diagrama aplica para todo tipo de flota, exceptuando a los trenes ligeros, metros y tranvías porque éstos parten de la intensidad y la energía utilizada, en lugar de la flota.

Figura 4 Diagrama de la Metodología utilizada para la elaboración de la Línea Base



Fuente: Elaboración propia.

1.4 Descripción de Parámetros de Medición

1.4.1 Número de unidades por cada categoría de la flota

El número de unidades por categoría de flota es el primer parámetro necesario para realizar los cálculos. En este caso, la flota es aquella que se prevé que exista tanto antes como después de la implementación del proyecto durante el año base y los años de proyección.

Primero que nada, es necesario definir cuáles serán las categorías consideradas. Por este motivo, en la Tabla se presenta la descripción de cada una de ellas. En caso de que existieran más, se pueden incluir dentro del modelo de cálculo del Anexo I.

Tabla 2. Descripción de cada tipo de categoría correspondiente a la flota.

Clase	Descripción
Compacto (Privado, Taxi)	Vehículo con motor de 4 o 6 cilindros, de 2.5 a 3.1 litros de desplazamiento, con una potencia de 110 a 135 caballos de fuerza (HP), peso bruto vehicular de 820 a 1130 kilogramos y distancia entre ejes de 2 476 hasta 2 700 mm. Ejemplos: VW Jetta, Nissan Sentra.
Combi, Furgoneta	Furgonetas de pasajeros, SUV's (Vehículos deportivos utilitarios, por sus siglas en inglés), vehículos todo terreno, monovolúmenes. Ejemplos: VW Euro Van Pasajeros, Jeep Wrangler, Nissan Xtrail, Toyota Rav 4, Chevrolet Suburban.
Microbús, Midibús	Vehículo automotor con chasis (dos largueros) al que se le instala una carrocería, destinado al transporte de más de 10 personas, siendo principalmente para uso urbano y suburbano. Con características de camiones clases 4-8. Ejemplos: Renault Mascott Midi.
Autobuses	Pasajeros: Vehículo automotor sin chasis, de construcción integral de carrocería y tren motriz, destinado al transporte de más de 10 personas, siendo principalmente de uso foráneo. Ejemplos: Mercedes Benz Multego, Volvo 9700.
Articulados- Biarticulados	Autobús de dos o más secciones de módulos. Generalmente tiene dos ejes en la sección delantera y un tercer eje en la sección trasera. Suelen ser de 18 metros.
Trolebús	Autobús eléctrico, alimentado dos cables desde donde toma la energía eléctrica mediante dos astas.
Motocicleta	Vehículo de dos ruedas, impulsado por un motor que acciona la rueda trasera. Las ruedas junto con el chasis constituyen la estructura fundamental del

	vehículo.
Tren Ligero, metro, tranvía	Es una serie de vagones o coches para el transporte de pasajeros. En este caso, impulsados mediante la energía eléctrica.

Fuente: Elaboración Propia con base en información del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP).

Como primer paso del cálculo de emisiones, se realizará la captura del número de unidades vehiculares **solamente** para los vehículos de transporte público siguientes: Autobuses, articulados-biarticulados, trolebús, combi o vagoneta, microbús o midibús y taxi. En el caso del tren ligero, metro o tranvía, se capturará directamente la energía consumida en una sección posterior, mientras que para los autos privados (compactos) y las motocicletas, el cálculo corresponde a la encuesta de cambio modal⁵ (sección 1.4.7.2).

No es necesario completar todas las secciones porque dependerá de las medidas que se implementen, así como de la información disponible.

1.4.1.1 Factor de crecimiento de la flota

La proyección de la flota vehicular se realiza por medio de un porcentaje de crecimiento promedio que dependerá de las tendencias históricas o de la estimación de la demanda del proyecto. Este porcentaje debe ser capturado en el modelo de Excel y es el mismo para ambos escenarios (a menos que se proyecte un crecimiento diferente en el escenario alternativo).

Cabe mencionar que en caso de que en lugar del factor de crecimiento, se cuenta con la flota proyectada por cada año, se colocarán los datos directamente en las celdas correspondientes según el año y no se tomará en cuenta ningún factor de crecimiento.

Después de completar este paso, se procederá a capturar el recorrido promedio anual.

1.4.2 Recorrido promedio anual por unidad según la categoría de vehículo.

Este parámetro indica cuál es el recorrido promedio anual **de cada unidad** según su categoría y se obtendrá de los datos estadísticos del proyecto.

En general, se considera que el recorrido promedio anual por unidad de vehículo es constante a lo largo del tiempo ya que normalmente lo que se incrementa es la flota. Sin embargo, también es posible cambiar esta variable en periodo de evaluación y todo dependerá de la información que exista en el análisis del proyecto.

Es importante decir que particularmente para el tren ligero, metro o tranvía, se capturará el recorrido anual por categoría (intensidad anual) directamente, es decir, los kilómetros totales recorridos por **todo el sistema**.

⁵ En caso de que se tenga información sobre el número de vehículos privados (compactos y motocicletas) que existen y existirán en la zona delimitada del proyecto tanto para la línea base como para el escenario de mitigación, se pueden capturar directamente en el modelo, evitando la encuesta de distribución modal.

1.4.3 Intensidad Anual

La intensidad se define como el kilometraje anual recorrido por cada categoría de vehículo en total y

$$I_{n,i} = F_{n,i} * Id_{n,i} \text{ (Ecuación 1)}$$

Donde,

$I_{n,i}$ = Intensidad anual de las unidades de la categoría n durante el año i (km/año).

$F_{n,i}$ = Número de unidades de la categoría n en el año i (unidades).

$Id_{n,i}$ = Recorrido promedio anual por unidad de la categoría n en el año i (km/año).

1.4.4 Eficiencia Promedio

La eficiencia promedio de un vehículo se mide con base en la cantidad de kilómetros recorridos por litro de combustible consumido o energía eléctrica consumida según sea el caso. Cabe aclarar que a lo largo del tiempo, la eficiencia promedio de los vehículos va cambiando debido a dos factores importantes: la edad de la flota existente y la introducción de nuevas unidades.

La edad de la flota existente se va incrementando durante los años de proyección, lo que disminuye de cierta manera la eficiencia energética, mientras que la introducción de nuevas unidades en el mismo periodo, incrementa la eficiencia promedio de la flota debido a que se considera que las unidades nuevas tienen una eficiencia mayor.

Por esta razón y a fin de simplificar los cálculos, estos dos factores se englobaron en uno solo (matriz de eficiencia y antigüedad) que se multiplica por la eficiencia promedio para proyectarla en el tiempo.

De esta forma, para el cálculo de la eficiencia promedio se pueden seguir esencialmente 2 opciones: La primera es tener la eficiencia promedio de cada categoría de vehículo en el año inicial del proyecto y según información propia de la flota de la ciudad.

La segunda opción es considerar los datos establecidos por default (Obtenidos de Instituto Mexicano del Petróleo) e incluidos en el archivo de Excel. Sin embargo, para los años posteriores, la eficiencia se puede modificar mediante el *factor de antigüedad y eficiencia* que inicialmente es unitario.

Como ejemplo, si el proyecto inicia en el año 2014 y se introdujeran nuevas unidades, es probable que la eficiencia media mejoraría 1% o 2% etc., dependiendo de la cantidad y tipo de unidades. Este porcentaje se traduce en un factor mayor a 1 que se captura directamente en la matriz correspondiente (si fuera 1%, el factor resultante será 1.01 para 2014, si fuera 2% sería 1.02 y así sucesivamente).

Esto también se puede hacer en caso de que la eficiencia disminuya debido a la antigüedad de las unidades. (Si disminuyera 1%, 2%, etc., el factor sería 0.99 ó 0.98 respectivamente).

Del mismo modo, en el archivo de Excel se incluyó una fila con un porcentaje de pérdida de eficiencia *on road*⁶ por categoría de vehículo. El porcentaje de eficiencia restante se multiplica por el valor inicial de la eficiencia media como se aprecia en la siguiente ecuación:

$$E_{n,1} = E_{n,1} * (100\% - R_{n,1}) \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde,

$E_{n,1}$ = Eficiencia promedio de las unidades de la categoría n en el año base (km/L), (km/m³), (km/kWh).

$R_{n,1}$ =Porcentaje de pérdida de eficiencia *on road* de las unidades de la categoría n en el año base (%).

La multiplicación de la ecuación 2, sólo se realiza para la eficiencia promedio del primer año, es decir, el año base, ya que se considera que el porcentaje de pérdida es constante a lo largo de todo el periodo de tiempo evaluado. Por este motivo, a partir del segundo año, se utiliza la ecuación 3 para el cálculo de la eficiencia promedio.

$$E_{n,i} = E_{n,i-1} * T_{n,i} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde,

$E_{n,i}$ = Eficiencia promedio de las unidades de la categoría n en el año i (km/L), (km/m³), (km/kWh).

$T_{n,i}$ = Factor de tecnología y antigüedad de las unidades de los vehículos n en el año i.

Es importante mencionar que tanto las eficiencias como el factor de tecnología y antigüedad, pueden ser modificables si existen datos confiables de esta información en los análisis de los proyectos, sobre todo en cuanto a la proyección de los años.

Asimismo hay que tener en cuenta que las unidades de eficiencia de los trolebuses deben estar en km/kWh mientras que las de los vehículos impulsados por combustibles fósiles en km/L o km/m³ si es a gas natural.

1.4.5 Fuente de energía total consumida

La fuente de energía consumida, como se ha mencionado antes se divide en dos tipos: La primera es derivada de la energía eléctrica de la red que se ocupa para los trolebuses, metro o trenes ligeros y la segunda es la que producen los combustibles fósiles para el caso de los vehículos a diésel, gasolina, gas LP y gas natural. Para calcular el consumo de energía eléctrica (kWh) o de

⁶ Debido a que la eficiencia de un vehículo disminuye al moverse en condiciones normales con respecto a la eficiencia medida en laboratorio, es necesario ajustar la eficiencia para que el cálculo de las emisiones sea más certero.

combustibles fósiles (Litros) en el año i , se divide la intensidad anual entre la eficiencia promedio de cada categoría de vehículo. La ecuación 4 y 5 presentan el cálculo realizado para cada caso.

$$C_{n,i} = \frac{I_{n,i}}{E_{n,i}} \text{ (Ecuación 4)}$$

$$Ec_{n,i} = \frac{I_{n,i}}{E_{n,i}} \text{ (Ecuación 5)}$$

Donde,

$C_{n,i}$ =

$Ec_{n,i}$ =Energía

$I_{n,i}$ =Intensidad

$E_{n,i}$ =

1.4.6 Factor de emisión

El

Tanto el valor calorífico como el factor de emisión se encuentran reportados en los documentos del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2006) e incluidos en el archivo de cálculo junto con la fuente de donde se obtuvo. Los tipos de combustible considerados son gasolina, diésel, Gas LP y Gas Natural. El resultado de este producto, se multiplica por la densidad del combustible para obtener las emisiones por volumen de combustible. Para el caso de la gasolina, diésel y Gas LP, las unidades son kgCO₂eq por litro y para gas natural es kgCO₂eq por m³. Esto se presenta en la $FE = F_e * V_c * \delta$ (Ecuación 6).

Para los trolebuses, trenes ligeros, metros y tranvías se tiene un factor de emisión (kgCO₂eq/kWh) reportado por el IPCC para la energía eléctrica que se multiplica directamente por la energía consumida para obtener el total de emisiones. Este factor es igual a 0.4 kgCO₂eq/kWh (IPCC, 2006).

$$F_E = F_e * V_c * \delta \text{ (Ecuación 6)}$$

Donde,

F_E = Factor de emisión por volumen (kgCO₂/L), (kgCO₂/m³).

F_e = Factor de emisión por energía (kgCO₂/kWh) (IPCC, 2006).

V_c =Valor calorífico neto del combustible (MJ/kg de combustible consumido) (IPCC, 2006).

δ = Densidad del combustible consumido (kg/L), (kg/m³) (PEMEX).

1.4.7 Emisiones Totales

Las emisiones totales de CO₂ equivalente se calculan multiplicando la cantidad de combustible consumido o la energía consumida por el factor de emisión correspondiente a cada combustible como se presenta a continuación.

$$Et_{n,i} = F_E * C_{n,i} \text{ (Ecuación 7)}$$

Donde,

$E_{n,i}$ =

F_{el} =

$C_{n,i}$ =

Es importante señalar que en el caso de los trolebuses, se adiciona al cálculo un factor de pérdida

p

o

r

$$E_{n,i} = F_{el} * E_{c_{n,i}} * (100\% + TL) \text{ (Ecuación 8)}$$

Donde,

t

$E_{n,i}$ = Emisiones totales GEI de las unidades de los vehículos n en el año i (TonCO₂eq/año).

a

F_{el} = Factor de emisión de la energía eléctrica= 0.4 kgCO₂eq/kWh (IPCC, 2006).

n

$E_{c_{n,i}}$ =Energía consumida por las unidades de la categoría n en el año i(kWh/año).

m

TL =Pérdidas por transmisión de energía =3%. (IPCC, 2006).

S

Al finalizar el cálculo, se realiza una sumatoria de las emisiones de todos los años para conocer el total en el periodo establecido.

ó

n 1.4.7.1 Emisiones del escenario de implementación

Para el escenario de implementación, las emisiones totales también se calculan mediante la ecuación 7 y 8; sin embargo en el particular caso de que se hubieran calculado las **emisiones evitadas del transporte individual**, la ecuación final quedaría como sigue:

e

$$E_{n,i}^E = E_{n,i} - E_{i_{n,i}} \text{ (Ecuación 9)}$$

Donde,

e

$E_{n,i}^E$ = Emisiones totales GEI de las unidades de los vehículos n en el año i (TonCO₂eq/año) correspondientes al escenario del proyecto o implementación.

$E_{n,i}$ = Emisiones totales GEI de las unidades de los vehículos n en el año i (TonCO₂eq/año). En este caso sólo se refiere al transporte público.

E

$E_{i_{n,i}}$ =Emisiones evitadas de la categoría n en el año i (KgCO₂eq). Esto se refiere a las emisiones evitadas del auto particular o motocicleta según sea el caso.

o

Se debe aclarar que si se tiene un estimado del número de coches o motocicletas que se dejarían de utilizar tanto antes como después del proyecto, se puede colocar directamente en los insumos de flota sin necesidad del cálculo de la encuesta de cambio modal que permanecería en ceros dentro del modelo, no afectando así al cálculo final.

s

e

p

u

e

d

Por otro lado, para utilizar la encuesta, se debe asegurar que en la parte de flota los autos y motocicletas permanezcan en ceros para evitar hacer un doble conteo.

1.4.7.2 *Emisiones evitadas del transporte individual*

En esta metodología, también es posible contabilizar las emisiones que se han dejado de emitir al utilizar el transporte público propuesto por el proyecto en lugar del coche o motocicleta. En este caso, el cálculo requiere cuatro parámetros principales:

- **Encuesta de cambio modal**
- Número de viajes realizados
- Porcentaje de crecimiento de los viajes realizados anualmente
- Distancia promedio de viaje

La encuesta de cambio modal es aquella que indica cuantos usuarios han cambiado de modo de transporte (en este caso, de auto o motocicleta) debido a la implementación del proyecto. Esta encuesta se puede realizar ex ante, con usuarios potenciales del proyecto o ex post en un cierto periodo después de la implementación y generalmente responde a la pregunta: *¿Si este sistema de transporte no existiera, de qué otra forma hubiera realizado este trayecto?*

Con las respuestas, se obtiene un porcentaje que indique cuantas personas hubieran utilizado el coche particular, motocicleta u otro modo de transporte para trasladarse.

El número de viajes realizados se obtendrá del estudio de demanda del proyecto, así como el porcentaje de crecimiento anual promedio de los mismos y la distancia promedio de viaje.

La ecuación para calcular las emisiones evitadas es la siguiente:

$$Ei_{n,i} = \frac{F_E}{E_{n,i}} * M_{n,i} * D_p * V_i \text{ (Ecuación 10)}$$

Donde,

$Ei_{n,i}$ =Emisiones evitadas de la categoría n en el año i (kgCO₂eq). En este caso, representa al auto particular o motocicleta según sea el caso.

F_E = Factor de emisión por volumen (kgCO₂/L), (kgCO₂/m³).

$E_{n,i}$ = Eficiencia promedio de las unidades de la categoría n en el año i (km/L). Debido a que únicamente se consideran autos particulares y motocicletas, se tomó la eficiencia promedio de los vehículos a gasolina por ser el combustible más representativo.

$M_{n,i}$ =Porcentaje de cambio modal de los usuarios por el sistema de transporte implantado en el año i. Aquí n representa al auto particular o motocicleta.

D_p =Distancia promedio de viaje (km)

V_i = Número de viajes en el año i . Los viajes a partir del año 2 se calculan multiplicando el factor de proyección de viajes por el número de viajes del año anterior.

1.4.7.3 Emisiones por kilómetro

Una vez obtenidas las emisiones totales, se puede también obtener el factor de emisión por kilómetro recorrido para realizar comparaciones entre los distintos años y los tipos de unidades existentes, según la siguiente ecuación:

$$Ek_{n,i} = \frac{Et_{n,i}}{I_{n,i}} \text{ (Ecuación 11)}$$

Donde,

$Ek_{n,i}$ = Emisiones por kilómetro de las unidades de la categoría n en el año i (gCO_2eq/km)⁹.

$Et_{n,i}$ = Emisiones totales GEI de las unidades de la categoría n en el año i ($kgCO_2eq/año$).

$I_{n,i}$ = Intensidad anual de las unidades de la categoría n en el año i ($km/año$).

1.5 Cálculo de Reducción de Emisiones

Una vez que se tienen las emisiones totales de la línea base y del escenario de implementación, lo que se hace es calcular la diferencia para cada año con o sin proyecto y con ello se obtiene una reducción de emisiones por cada año durante el periodo de estudio. La ecuación correspondiente a este cálculo, es la siguiente:

$$R_i = Et_{n,i}LB - Et_{n,i}E \text{ (Ecuación 12)}$$

Donde,

R = Reducción de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el año i ($TonCO_2eq/año$).

$Et_{n,i}LB$ = Emisiones totales GEI de las unidades de los vehículos n en el año i ($TonCO_2eq/año$) correspondientes a la Línea Base.

$Et_{n,i}E$ = Emisiones totales de GEI de las unidades de los vehículos n en el año i ($TonCO_2eq/año$) correspondientes al escenario del proyecto.

En la hoja de resultados, se realiza una sumatoria de la reducción de emisiones por cada año de manera que se pueda evaluar el periodo seleccionado, a esto se le llama **potencial de mitigación** cuando el ejercicio es proyectado o **reducción de emisiones**, si el proyecto ya ha sido implando. Gráficamente, el cálculo se representa en la Figura 2.

⁹ El resultado se obtiene en $kgCO_2eq/año$ por lo que para convertir a gCO_2eq , se multiplica por 1000.

1.6 Descripción de fugas:

Las fugas se consideran como el cambio neto en las emisiones de GEI que ocurren fuera de los límites del proyecto, que son mensurables y atribuibles a las actividades del mismo.

Este término generalmente es aplicado a las metodologías de los proyectos MDL sin embargo, también es posible ajustarlos a otras metodologías que evalúen las emisiones de GEI.

En el caso particular de transporte, las emisiones de fuga pueden deberse a:

- Efecto rebote de congestión vehicular debida al incremento de la velocidad de los vehículos en general.
- Emisiones aguas arriba¹⁰ de los combustibles gaseosos utilizados para la línea base o el escenario del proyecto de implementación.
- Emisiones debidas a la energía eléctrica de los vehículos en caso de utilizar.
- Cambio en el factor de ocupación de los taxis y autobuses o microbuses, provocado por el proyecto.

Algunas de estas fugas son más fáciles de calcular que otras debido a la información disponible.

Para esta metodología, se utilizaron las fugas de la energía eléctrica de los trolebuses, metros, tranvías y trenes ligeros ya que es fácilmente cuantificable teniendo la energía consumida; sin embargo en el caso de las fugas por congestión y producción de combustibles gaseosos, no se utilizó ninguna contabilización debido a que volvería más complejo el modelo de cálculo y la información sería escasa por lo que existiría mayor incertidumbre en las emisiones.

Finalmente, el cambio en el factor de taxis y autobuses o microbuses, se ha considerado de manera tal que precisamente, la metodología se basa en la flota circulante sustituida directa e indirectamente por el proyecto ya que algunas veces sólo se cambia el factor de ocupación del transporte público afectado sin que realmente se eliminen kilómetros de motorización, lo cual no es una cuantificación real.

2. Recomendaciones generales

Con el fin de utilizar esta metodología adecuadamente, se puntualizarán algunas recomendaciones a tomar en cuenta durante el cálculo de reducción de emisiones, especialmente para el uso del modelo descrito en el Anexo I.

¹⁰ Emisiones de la producción y transporte de combustibles.

Primero que nada, es importante señalar que esta metodología parte de datos previamente obtenidos ya sea en una modelación externa o con datos históricos de la ciudad donde se implementará el proyecto.

Después de esto, es necesario definir el periodo de evaluación que deberá ser igual para ambos escenarios. El modelo que se presenta tiene un periodo de hasta 30 años, sin embargo pueden agregarse más en caso de querer una proyección mayor, aunque se debe ser prudente al agregarlos ya que un periodo muy largo genera incertidumbre.

Posteriormente, se llenará la sección de flota con el número de unidades por categoría en el año base y de igual manera se introducirá un porcentaje de crecimiento anual a lo largo del periodo de evaluación. Aquí también se podría estimar el crecimiento de la flota mediante la demanda de viajes para cada año e introducir estos datos directamente en el apartado de **número de unidades** totales según su categoría para cada año.

Como se mencionaba anteriormente, el número de flota inicialmente considera sólo al transporte público como es: autobuses, microbuses, combis, taxis, trolebús y BRT, es decir, se debe capturar el número de estas unidades en el año inicial para la línea base y en el año de inicio del proyecto dentro del escenario, dependiendo de las variables del proyecto.

Las emisiones del transporte privado como autos y motocicletas, están consideradas en las emisiones evitadas del transporte individual (descrito en la sección 1.4.7.2) por lo que si se quiere contabilizar estas emisiones, la flota de autos y motocicletas debe permanecer en cero en la sección 1 de insumos.

Si por el contrario, se tiene un estimado de cuántos autos o motocicletas en circulación hay en la línea base y cuántos habrá una vez realizado el proyecto, las unidades se numerarán en la sección correspondiente de flota, dejando en cero la encuesta de distribución modal.

Respecto al tren ligero, metro o tranvía, no se capturará flota ya que en este caso se contabilizan los kilómetros recorridos por el sistema (incluyendo todas las unidades) por ser un dato más accesible, con ello se obtendrá directamente la energía consumida.

El **recorrido promedio anual** es también un dato que normalmente se calcula con las mismas herramientas que para el número de flota y dependerá de la oferta existente tanto en la línea base como en el escenario del proyecto. Cabe aclarar que en esta parte, pudiera tenerse un máximo y un mínimo de kilómetros recorridos en el escenario del proyecto, así que lo mejor es calcular un escenario para cada uno, es decir, se realizarían dos corridas del modelo, especificando en un reporte, los resultados obtenidos para cada uno.

Los proponentes deben tener disponible la mayor información del escenario de implementación del proyecto.

Para el caso de la **eficiencia energética**, es importante mencionar que se debe tener datos confiables si se decide cambiar los que el modelo incluye por default, ya que depende de la ciudad, condiciones climáticas, edad de la flota, entre otros factores por lo que en estricto sentido, se debería realizar un seguimiento de una muestra de flota de diferentes edades para cada categoría con el propósito de determinar cuánto combustible se consume en una distancia recorrida, calculando así la eficiencia energética de las unidades y realizando un promedio de toda la categoría.

Es necesario decir que la eficiencia energética en la línea base no es la reportada por el fabricante ya que esa es de laboratorio de unidades nuevas, así que para calcularla es mejor realizar pruebas de consumo de combustible recorriendo una determinada distancia, seleccionando una muestra aleatoria de la flota.

Respecto a los **factores de antigüedad y tecnología** de la eficiencia energética, se puede observar que en el modelo se mantuvieron unitarios para no introducir mayor incertidumbre al cálculo; sin embargo, en caso de existir registros históricos de al menos un par de años sobre los cambios que ha tenido la eficiencia energética de la flota en la línea base, o la variación de la misma por la introducción de nuevas unidades, se podría modificar de acuerdo a las proyecciones que se realicen con estos datos. Del mismo modo, en el escenario del proyecto, la eficiencia se puede monitorear en los primeros años de implementación para lograr obtener una proyección de ésta.

La **pérdida de eficiencia on road**, es debida básicamente al tránsito vehicular, es decir al tipo de características del suelo que influye directamente en la eficiencia, a la falta de velocidad apropiada que también la reduce, entre otras cosas. Por lo tanto en general, este dato no debería cambiarse, ya que se ha obtenido de diferentes análisis del transporte público y privado.

En relación con los **factores de emisión**, debido a que fueron obtenidos del IPCC (IPCC, 2006) no deberían modificarse; sin embargo si se desea calcular factores de emisión de motores específicos (justificando la decisión de hacerlo), pueden utilizarse los valores obtenidos con software como IVE¹¹ o MOBILE¹², desarrollados por la EPA.

Finalmente, existen dos recomendaciones muy importantes sobre la metodología en general:

¹¹ Obtenido de <http://www.issrc.org/ive/>

¹² Obtenido de <http://www.epa.gov/otaq/mobile.htm>

La primera tiene que ver con la demanda, ya que se deberá partir de los mismos supuestos de la demanda en el año base y en la proyección tanto para la Línea Base como para el escenario de implementación.

La última recomendación es sobre el modelo de cálculo. Como se podrá observar, es bastante transparente por lo que se pueden realizar ajustes o modificaciones según lo requerido. Por lo mismo, se sugiere guardar copias de seguridad para evitar modificar un insumo que en teoría no debería ser modificable o para regresar a la anterior versión en caso de cometer un error, asimismo se recomienda justificar plenamente cualquier cambio realizado y especificarlo dentro del reporte de emisiones.

Bibliografía

- CAF. (2010). Observatorio de Movilidad Urbana para América Latina. En C. A. (CAF) (Ed.). Bogotá, Colombia: Panamericana Formas e Impresos S.A.
- GIZ. (4 de Octubre de 2012). Transporte Sustentable y Cambio Climático. (GIZ, Ed.) México, D.F.
- IMP. (2011). Instituto Mexicano del Petróleo. *Información Prospectiva de Autotransporte*.
- INECC. (2012). *Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático*. (INECC, Ed.) Recuperado el 2013 de 01 de 18, de http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=685
- IPCC. (2006). Panel Intergubernamental de Cambio Climático. *Factores de emisión de combustibles*.
- PEMEX. (s.f.). *Octanaje*. Obtenido de <http://www.ref.pemex.com/octanaje/nstrprd7.html>

Anexo I

Utilización del modelo de cálculo de reducción de emisiones para los proyectos de transporte público

Este modelo es de tipo “*bottom up*” (bajo hacia arriba) y puede ser fácilmente modificable en caso de requerirse. Los datos de línea base se calculan *ex - ante*, es decir sin la implementación del proyecto y se proyectan en un escenario *Business as Usual* (BAU). El año inicial y final se introducen en al principio de las hojas de insumos.

El modelo está realizado en Excel y contiene 1 libro dividido en 6 hojas visibles y 1 oculta que a continuación se describirán.

Las hojas contenidas en este libro son las siguientes (ilustración 1):

1. **Portada** (Hoja Gris).
2. **Ins&Cons LB**(Hoja Roja).
3. **Ins&Cons E** (Hoja Roja).
4. **Cálculos LB** (Hoja Azul).
5. **Cálculos E**(Hoja Azul).
6. **Resultados** (Hoja Café).
7. *Diferencia entre LB y E*(Hoja Gris oculta)

Ilustración 1 Hojas de Libro de Cálculo visibles



1. Portada

La *portada* es la hoja número uno y como se muestra en la siguiente ilustración, contiene una rápida descripción del modelo así como el diagrama de flujo de los cálculos y los colores de las celdas según su utilidad:

Ilustración 2 Portada



Modelo de cálculo de emisiones de la línea Base para proyectos de transporte de público.

Este modelo se utiliza para calcular las emisiones de LB para proyectos de transporte público. Inicialmente se desarrolló para los proyectos del Programa Federal de Apoyo al Transporte Urbano Masivo (PROTRAM), pero se ha logrado mayor versatilidad en su uso. En general es flexible y fácilmente modificable, se recomienda guardar copias de seguridad para evitar perder información.

Diagrama de Flujo de la Metodología de Medición de Línea Base

```

    graph LR
      A[Número de unidades de la flota en particular (unidades/año)] -- X --> B[Intensidad anual (Km/año)]
      C[Recorrido diario en promedio por unidad al año (Km/año)] -- X --> B
      B -- X --> D[Energía total consumida (kWh) o Combustible total consumido (L)]
      E[Eficiencia promedio de la flota por año (Km/L, (Km/m³) o (Km/kWh))] -- + --> D
      D -- X --> F[Emisiones totales de la flota en particular (Ton CO2eq/año)]
      G[Factor de emisión por energía consumida y/o por combustible consumido (Ton CO2eq/L) ó (Ton CO2eq/kWh)] -- X --> F
  
```

HOJAS

- Portada/Celdas Ocultas
- Ins&Cons LB Ins&Cons E Insumos requeridos y constantes establecidas
- Cálculos LB Cálculos E Cálculos realizados con insumos y constantes
- Resultados Resultados obtenidos

CELDAS

Portada Ins&Cons LB Ins&Cons E Cálculos LB Cálculos E Resultados Diferenc ...

- Descripción de las celdas de cálculo

A continuación se presenta una breve descripción del tipo de celdas contenidas en el archivo así como su color de codificación:

Ilustración 3 Ubicación de las celdas por color

	Tipo de vehículo por su clase
	Tipo de combustible
	Insumos requeridos
	Insumo requerido/Utilización de datos por default
	Constantes utilizadas
	Cálculos realizados (outputs) automáticamente (preferible no modificar)
	Insumo requerido/Utilización de cálculos automáticos
	Resultados

-Celdas de color morado: indican la categoría de la flota.

-Celdas de color azul claro: indican el tipo de combustible utilizado.

-Celdas de color verde pasto: son las celdas de insumos, es decir son aquellas que deberán ser modificadas con los datos de entrada del proyecto.

-Celdas en color amarillo: contienen datos por defecto, obtenidos de cálculos propios pero que se pueden sustituir por información del proyecto en caso de existir.

-Celdas en color anaranjado: indican las constantes utilizadas para los cálculos las cuales en general, no tendrían que modificarse ya que pertenecen principalmente a los factores de emisión.

-Celdas en color verde claro: son los datos de salida, los cálculos se realizan automáticamente por lo que deben evitar modificarse.

-Celdas en color salmón: también realiza cálculos automáticos pero pueden ser modificadas si existe información disponible, sobre todo en las proyecciones de datos.

-Celdas en color marrón: indican los resultados finales obtenidos del modelo, no deberán ser modificadas.

2. **Ins&Cons LB**

La hoja llamada *Ins&Cons LB* es de color rojo y contiene los **insumos** requeridos para la Línea Base, así como las constantes utilizadas. Las partes que conforman esta hoja son las siguientes (ilustración 3):

- Nombre del Proyecto

Primero que nada, se colocará el nombre del proyecto, incluyendo la ciudad en la que se desarrolla en la celda correspondiente.

- Año inicial y año final

En esta parte se colocará el año inicial y el año final de la evaluación del proyecto.

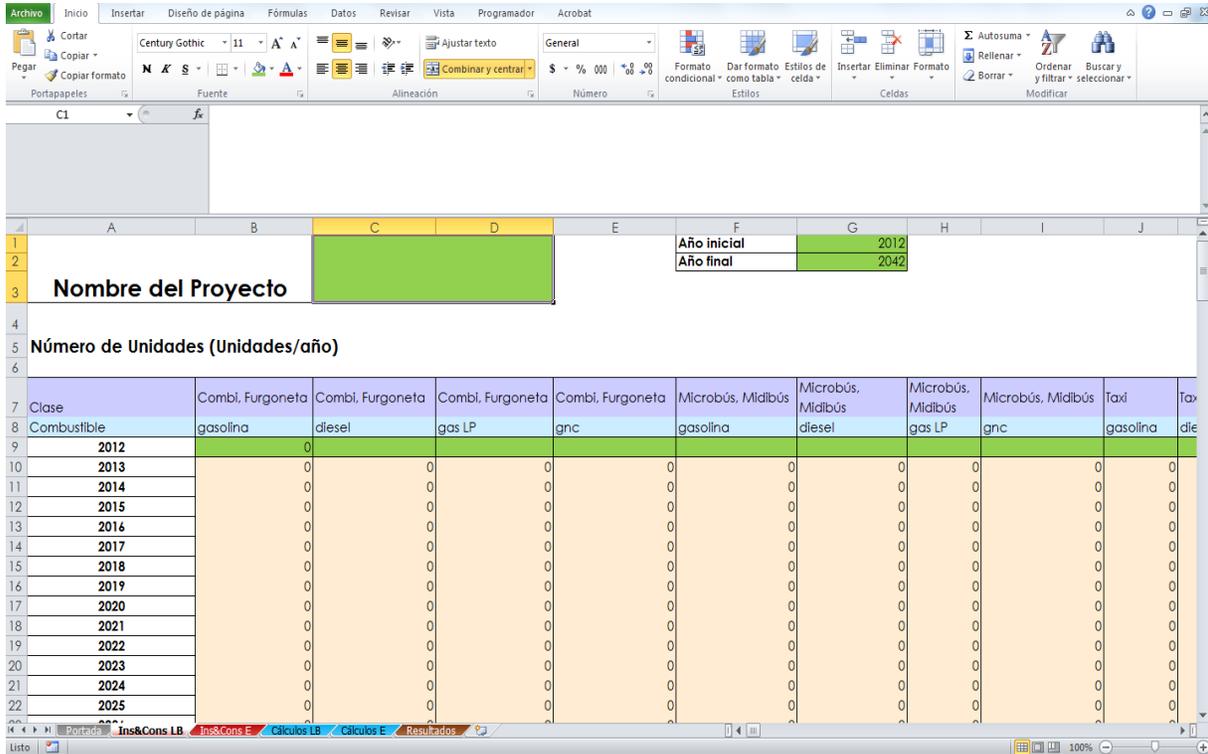
- Número de unidades según su categoría

En esta sección (celda color verde pasto) se colocará el número total de unidades del año base (en el ejemplo de la ilustración 3, es 2012). Las demás celdas inicialmente se calculan de manera automática un porcentaje de crecimiento explicado más adelante por eso es que están en color salmón; sin embargo si se tiene una proyección de la flota en circulación, se puede pegar directamente según la categoría que corresponda como se muestra en la ilustración 4. Aquí se puede observar como las celdas que estaban en color salmón cambian a color verde automáticamente al haberse editado.

Las celdas color lila contienen el tipo de unidades en las que se divide la flota de la zona de influencia del proyecto y en color azul cielo el combustible que utilizan. No es necesario llenar

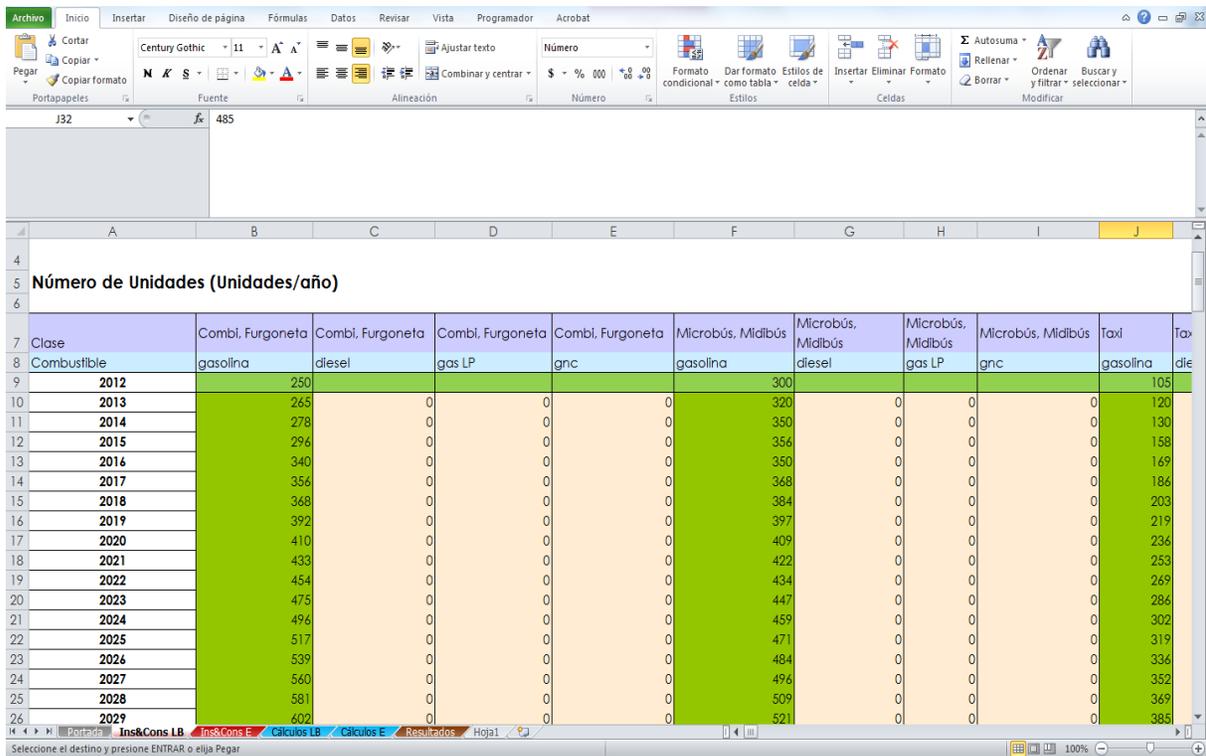
todas las categorías (columnas) porque dependerá de las categorías existentes afectadas por el proyecto, las demás se dejarán en cero.

Ilustración 3 Nombre del proyecto, periodo de evaluación y número de unidades



Nombre del Proyecto				Año inicial		2012					
				Año final		2042					
Número de Unidades (Unidades/año)											
Clase	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Microbús, Midibús	Microbús, Midibús	Microbús, Midibús	Microbús, Midibús	Taxi	Taxi	
Combustible	gasolina	diesel	gas LP	gnc	gasolina	diesel	gas LP	gnc	gasolina	diesel	
2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2024	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2025	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

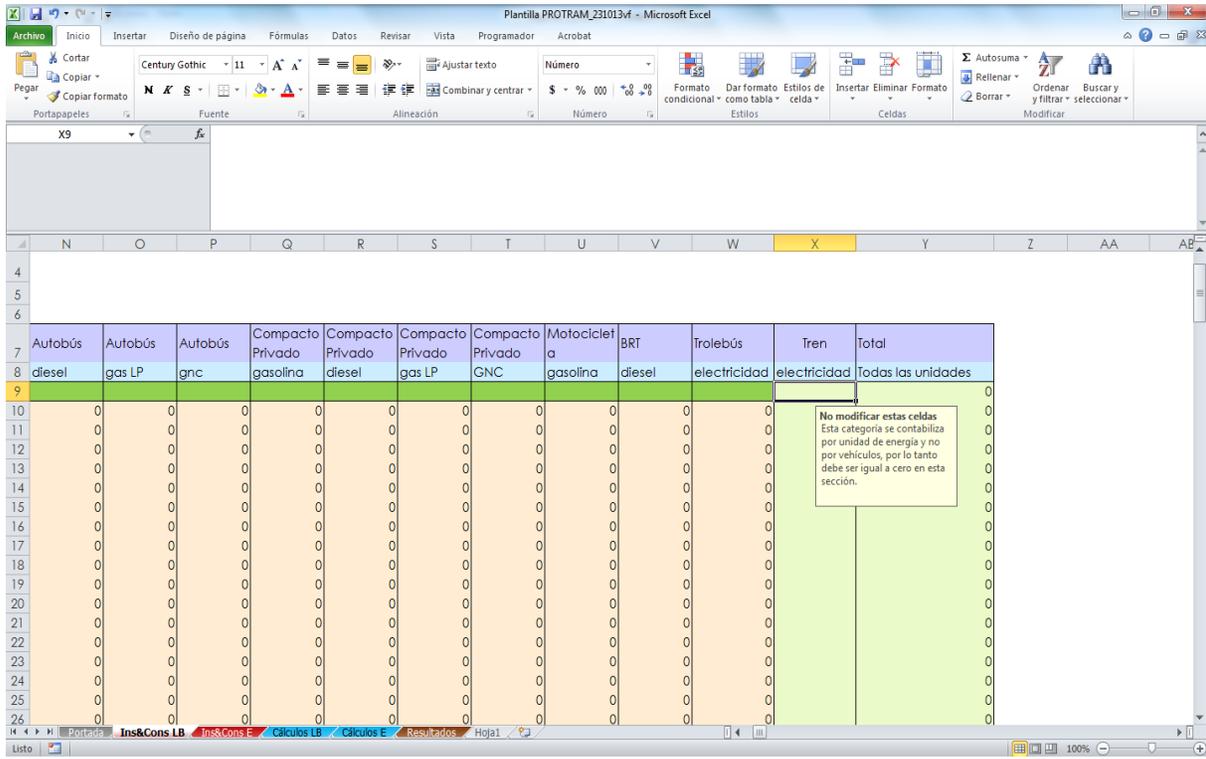
Ilustración 4 Número de unidades (pegadas automáticamente)



Clase	Combustible	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Microbús, Midibús	Microbús, Midibús	Microbús, Midibús	Microbús, Midibús	Taxi	Taxi
Combustible	gasolina	diesel	gas LP	gnc	gasolina	diesel	gas LP	gnc	gasolina	diesel	
2012	gasolina	250	0	0	0	300	0	0	0	0	105
2013	gasolina	265	0	0	0	320	0	0	0	0	120
2014	gasolina	278	0	0	0	350	0	0	0	0	130
2015	gasolina	294	0	0	0	356	0	0	0	0	158
2016	gasolina	340	0	0	0	350	0	0	0	0	169
2017	gasolina	356	0	0	0	368	0	0	0	0	186
2018	gasolina	368	0	0	0	384	0	0	0	0	203
2019	gasolina	392	0	0	0	397	0	0	0	0	219
2020	gasolina	410	0	0	0	409	0	0	0	0	236
2021	gasolina	433	0	0	0	422	0	0	0	0	253
2022	gasolina	454	0	0	0	434	0	0	0	0	269
2023	gasolina	475	0	0	0	447	0	0	0	0	284
2024	gasolina	496	0	0	0	459	0	0	0	0	302
2025	gasolina	517	0	0	0	471	0	0	0	0	319
2026	gasolina	539	0	0	0	484	0	0	0	0	334
2027	gasolina	560	0	0	0	496	0	0	0	0	352
2028	gasolina	581	0	0	0	509	0	0	0	0	369
2029	gasolina	602	0	0	0	521	0	0	0	0	385

Es importante señalar que para el tren ligero, metro o tranvía, la sección de flota no se captura ya que este cálculo se realiza con la energía consumida. Sólo se colocó para mantener la línea del modelo (ilustración 5).

Ilustración 5 Caso del tren ligero, metro o tranvía.



	Autobús diesel	Autobús gas LP	Autobús gnc	Compacto Privado gasolina	Compacto Privado diesel	Compacto Privado gas LP	Compacto Privado GNC	Motocicleta gasolina	BRT diesel	Trolebús electricidad	Tren electricidad	Total Todas las unidades
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

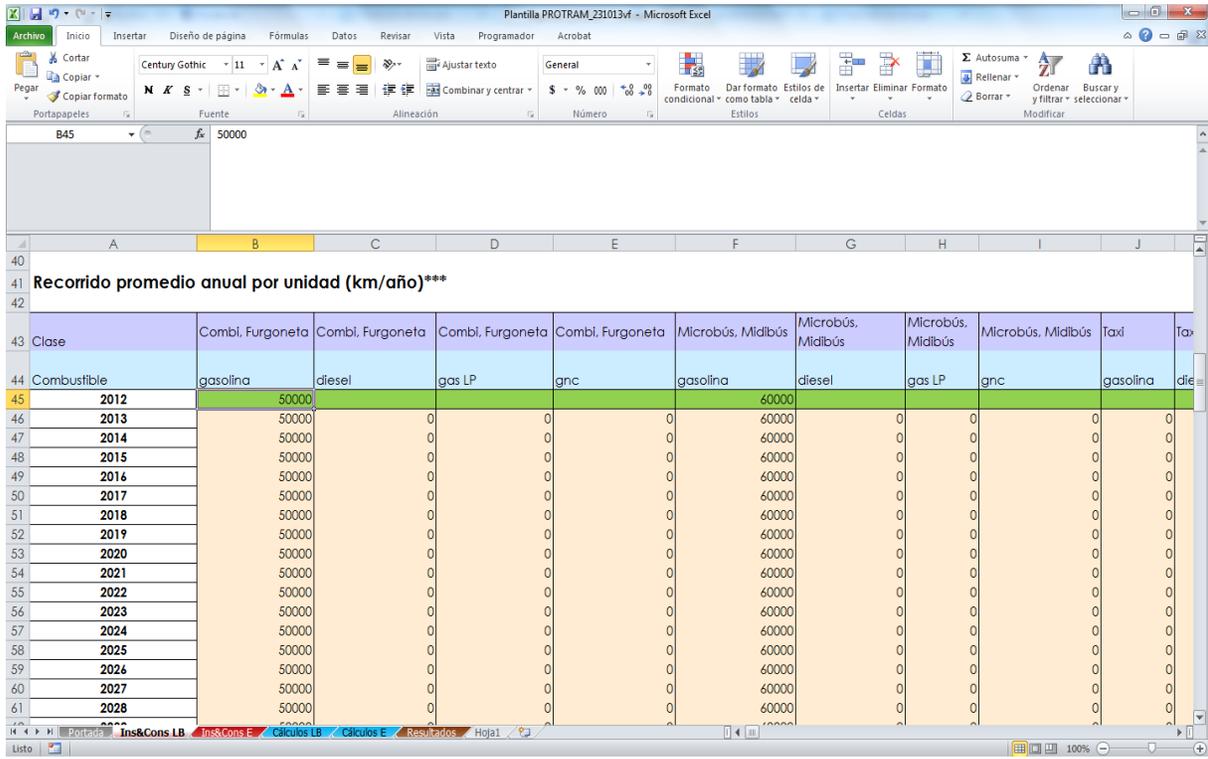
No modificar estas celdas. Esta categoría se contabiliza por unidad de energía y no por vehículos, por lo tanto debe ser igual a cero en esta sección.

- Recorrido promedio anual

Después de esta sección, continúa la de *recorrido promedio anual* por vehículo según la categoría de flota. Primero se coloca el kilometraje recorrido por vehículo del año base (ilustración 6) y los demás años se calculan automáticamente, suponiendo que no hay variación. En caso de que haya variación, se debe realizar un ajuste manualmente.

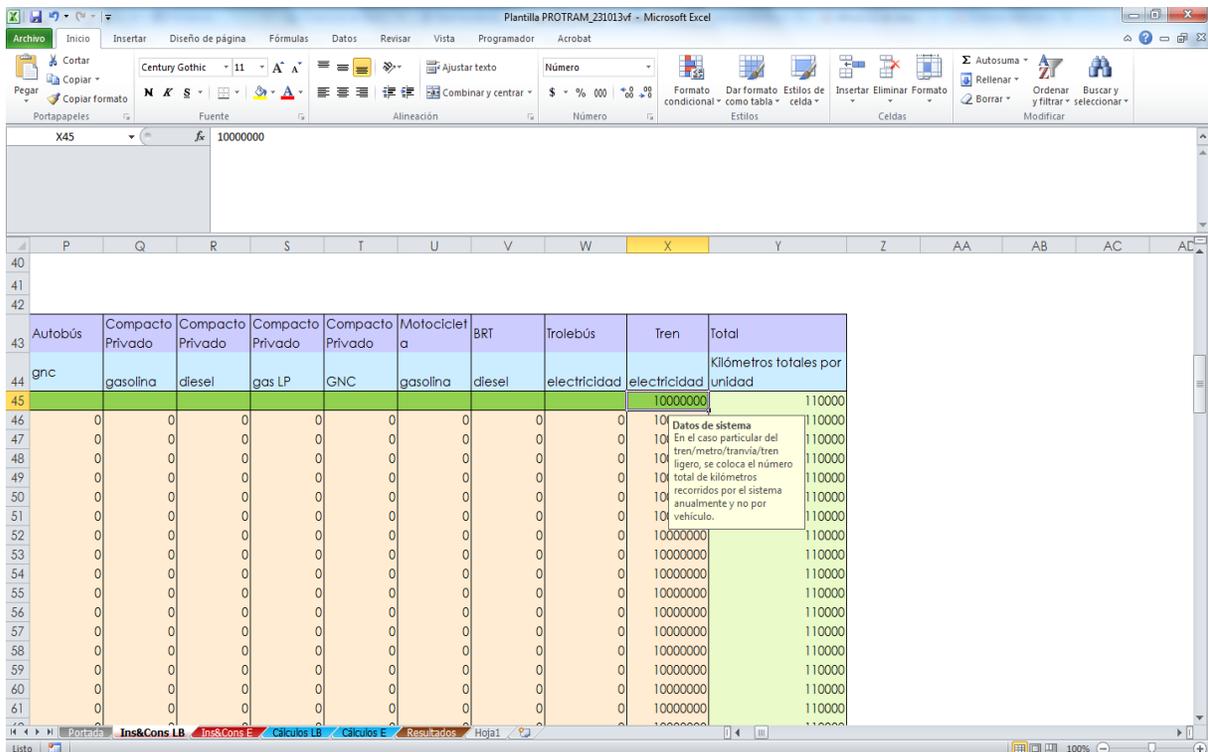
Al igual que la en la sección anterior, para el tren ligero, metro o tranvía, el kilometraje anual es el total recorrido por **todo el sistema** y no por vehículo (ilustración 7).

Ilustración 6 Recorrido anual promedio por unidad.



Clase	Combi. Furgoneta gasolina	Combi. Furgoneta diesel	Combi. Furgoneta gas LP	Combi. Furgoneta gnc	Microbús. Midibús gasolina	Microbús. Midibús diesel	Microbús. Midibús gas LP	Microbús. Midibús gnc	Taxi gasolina	Taxi diesel
2012	50000	0	0	0	60000	0	0	0	0	0
2013	50000	0	0	0	60000	0	0	0	0	0
2014	50000	0	0	0	60000	0	0	0	0	0
2015	50000	0	0	0	60000	0	0	0	0	0
2016	50000	0	0	0	60000	0	0	0	0	0
2017	50000	0	0	0	60000	0	0	0	0	0
2018	50000	0	0	0	60000	0	0	0	0	0
2019	50000	0	0	0	60000	0	0	0	0	0
2020	50000	0	0	0	60000	0	0	0	0	0
2021	50000	0	0	0	60000	0	0	0	0	0
2022	50000	0	0	0	60000	0	0	0	0	0
2023	50000	0	0	0	60000	0	0	0	0	0
2024	50000	0	0	0	60000	0	0	0	0	0
2025	50000	0	0	0	60000	0	0	0	0	0
2026	50000	0	0	0	60000	0	0	0	0	0
2027	50000	0	0	0	60000	0	0	0	0	0
2028	50000	0	0	0	60000	0	0	0	0	0

Ilustración 7 Recorrido anual promedio del sistema (tren ligero, metro, tranvía)

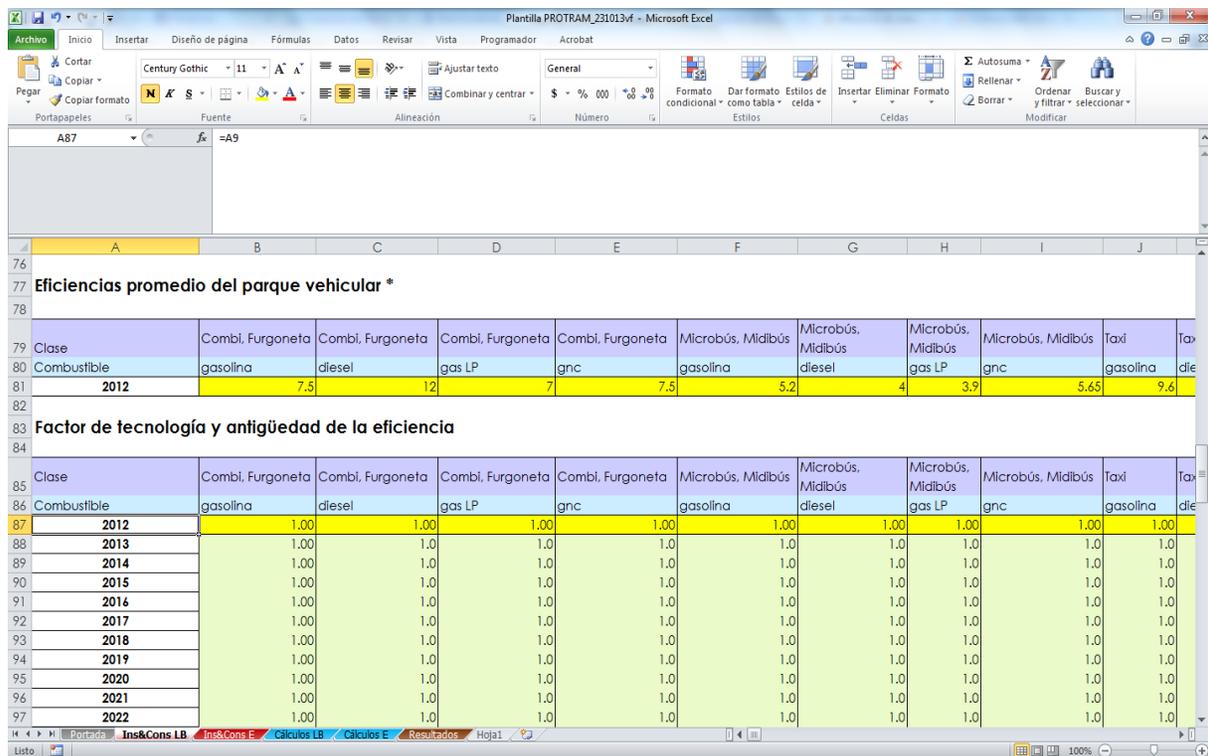


Autobús gnc	Compacto Privado gasolina	Compacto Privado diesel	Compacto Privado gas LP	Compacto Privado GNC	Motocicleta gasolina	BRT diesel	Trolebús electricidad	Tren electricidad	Total
1100000	0	0	0	0	0	0	0	10000000	110000
0	0	0	0	0	0	0	0	10000000	110000
0	0	0	0	0	0	0	0	10000000	110000
0	0	0	0	0	0	0	0	10000000	110000
0	0	0	0	0	0	0	0	10000000	110000
0	0	0	0	0	0	0	0	10000000	110000
0	0	0	0	0	0	0	0	10000000	110000
0	0	0	0	0	0	0	0	10000000	110000
0	0	0	0	0	0	0	0	10000000	110000
0	0	0	0	0	0	0	0	10000000	110000
0	0	0	0	0	0	0	0	10000000	110000
0	0	0	0	0	0	0	0	10000000	110000
0	0	0	0	0	0	0	0	10000000	110000
0	0	0	0	0	0	0	0	10000000	110000
0	0	0	0	0	0	0	0	10000000	110000
0	0	0	0	0	0	0	0	10000000	110000
0	0	0	0	0	0	0	0	10000000	110000
0	0	0	0	0	0	0	0	10000000	110000
0	0	0	0	0	0	0	0	10000000	110000
0	0	0	0	0	0	0	0	10000000	110000
0	0	0	0	0	0	0	0	10000000	110000

- Eficiencia energética promedio y matriz de factor de tecnología y antigüedad.

Posteriormente sigue la sección de *eficiencia promedio* del parque vehicular (ilustración 8) cuyos datos por default se ubican en las celdas amarillas y están ligados con la hoja de línea base. Como se mencionó en la sección 1.4.4, esta eficiencia fue obtenida mediante un ajuste de los datos reportados por el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP). Sin embargo, si se tiene datos estadísticos de la eficiencia, se pueden capturar directamente en las celdas amarillas para el año inicial.

Ilustración 8 Eficiencia promedio del parque vehicular



The screenshot shows an Excel spreadsheet with two tables. The first table, 'Eficiencias promedio del parque vehicular', has columns for fuel types (gasolina, diesel, gas LP, gnc) and vehicle types (Combi, Furgoneta, Microbús, Midibús, Taxi). The second table, 'Factor de tecnología y antigüedad de la eficiencia', shows efficiency factors for the same categories from 2012 to 2022. Yellow cells indicate default values, and green cells indicate modified values.

Eficiencias promedio del parque vehicular *										
Clase	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Microbús, Midibús	Microbús, Midibús	Microbús, Midibús	Microbús, Midibús	Taxi	Taxi
Combustible	gasolina	diesel	gas LP	gnc	gasolina	diesel	gas LP	gnc	gasolina	diesel
2012	7.5	12	7	7.5	5.2	4	3.9	5.65	9.6	

Factor de tecnología y antigüedad de la eficiencia										
Clase	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Microbús, Midibús	Microbús, Midibús	Microbús, Midibús	Microbús, Midibús	Taxi	Taxi
Combustible	gasolina	diesel	gas LP	gnc	gasolina	diesel	gas LP	gnc	gasolina	diesel
2012	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2013	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2014	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2015	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2016	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2017	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2018	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2019	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2020	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2021	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2022	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Si se modifica este dato, la celda se coloreará de color verde para indicar que se ha cambiado información por default (ilustración 9).

Se debe tener cuidado con las unidades de la eficiencia energética ya que varían para cada tipo de combustible. En el caso de la gasolina, diésel y gas LP, la eficiencia será reportada en km/Litro de combustible consumido. Para el Gas Natural (GNC) la eficiencia se reportará en km/m³ de combustible consumido, mientras que para los trolebuses, trenes y metro, la eficiencia estará en km/KwH de energía consumida.

La siguiente sección que también se presenta en la ilustración 8, es la que contiene la matriz de *factores de tecnología y antigüedad de la eficiencia*. Esta matriz representa el incremento o

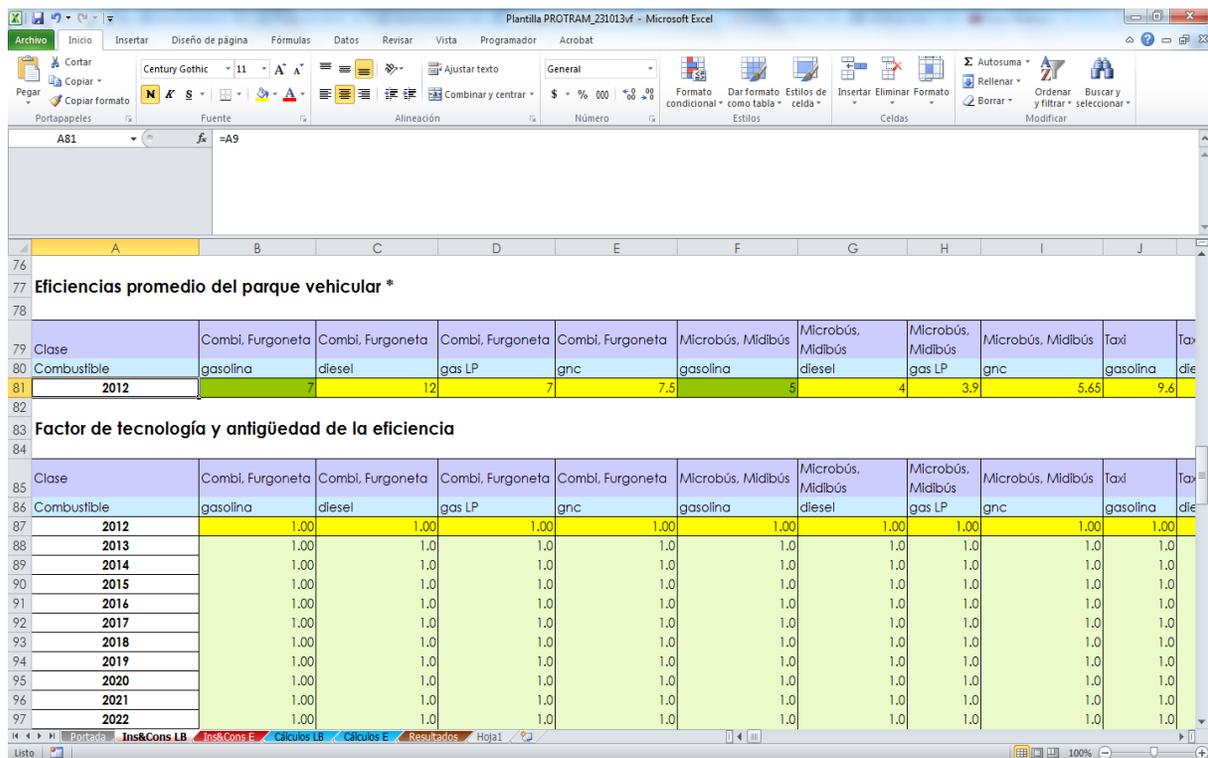
decremento de la eficiencia energética promedio de los vehículos por la introducción de vehículos nuevos a lo largo de los años.

Sin embargo, este factor también representa la pérdida de eficiencia debida a la antigüedad de los vehículos ya que entre más viejos, menos eficientes energéticamente (depende del mantenimiento y el uso).

En este caso, este factor se mantuvo unitario para compensar estas dos situaciones pero dependerá de la información del proyecto, es decir, se podrá modificar dependiendo de los datos con que se cuente.

La modificación se realiza directamente en el año que corresponda, por poner un ejemplo, si se supone que de acuerdo a registros históricos, la eficiencia promedio aumenta 1% anual a partir del año base, en lugar de dejar el 1 se coloca 1.01 hasta el último año del periodo según la categoría que corresponda.

Ilustración 9 Eficiencia promedio modificada



Eficiencias promedio del parque vehicular *											
Clase	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Microbús, Midibús	Taxi	Taxi				
Combustible	gasolina	diesel	gas LP	gnc	gasolina	diesel	gas LP	gnc	gasolina	diesel	
2012	7	12	7	7.5	5	4	3.5	5.65	9.6		

Factor de tecnología y antigüedad de la eficiencia											
Clase	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Microbús, Midibús	Taxi	Taxi				
Combustible	gasolina	diesel	gas LP	gnc	gasolina	diesel	gas LP	gnc	gasolina	diesel	
2012	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2013	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2014	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2015	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2016	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2017	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2018	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2019	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2020	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2021	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2022	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

- Pérdida de eficiencia on road

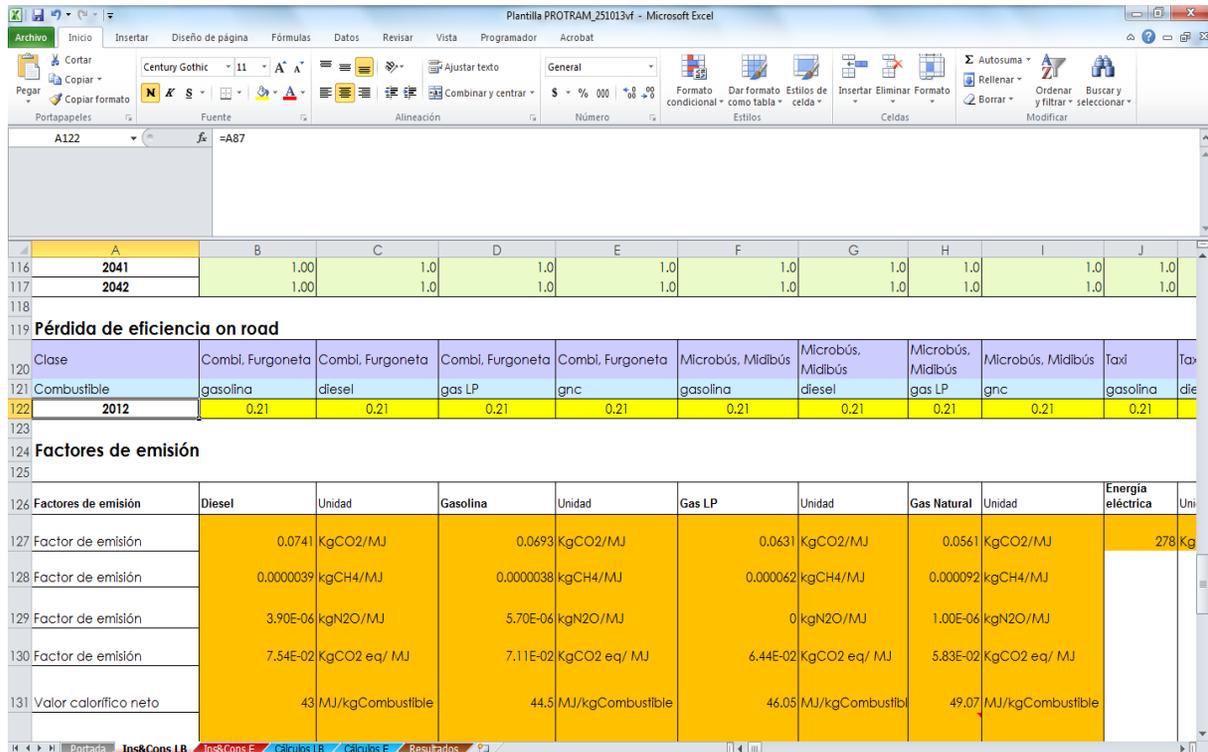
Además de esto, existe una fila de pérdida de eficiencia on road (ilustración 10) que se mantiene constante a lo largo de los años. Esta pérdida de eficiencia se debe principalmente a la circulación en ciudad, ya que por su dinámica, que involucra una mayor fricción con el asfalto, una conducción del auto más intermitente y lenta, se pierde un porcentaje de eficiencia adicional a la pérdida de

eficiencia por antigüedad. En general, este factor no debería modificarse a menos que se tenga información con fuentes fidedignas o que la eficiencia reportada considere todos estos factores, ya que en este caso, el factor será cero.

- Factores de emisión

Después se presentan los *factores de emisión* de los combustibles marcados en naranja en la ilustración 10. Esta sección preferentemente no debe ser modificada.

Ilustración 10 Pérdida de eficiencia on road y factores de emisión



The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data tables:

Clase	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Microbús, Midibús	Microbús, Midibús	Microbús, Midibús	Microbús, Midibús	Taxi	Taxi
2041	1.00	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2042	1.00	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Combustible	gasolina	diesel	gas LP	gnc	gasolina	diesel	gas LP	gnc	gasolina	diesel
2012	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21

Factores de emisión	Diesel	Unidad	Gasolina	Unidad	Gas LP	Unidad	Gas Natural	Unidad	Energía eléctrica	Unidad
Factor de emisión	0.0741	KgCO2/MJ	0.0693	KgCO2/MJ	0.0631	KgCO2/MJ	0.0561	KgCO2/MJ	278	Kg
Factor de emisión	0.0000039	kgCH4/MJ	0.0000038	kgCH4/MJ	0.000062	kgCH4/MJ	0.000092	kgCH4/MJ		
Factor de emisión	3.90E-06	kgN2O/MJ	5.70E-06	kgN2O/MJ	0	kgN2O/MJ	1.00E-06	kgN2O/MJ		
Factor de emisión	7.54E-02	KgCO2 eq/ MJ	7.11E-02	KgCO2 eq/ MJ	6.44E-02	KgCO2 eq/ MJ	5.83E-02	KgCO2 eq/ MJ		
Valor calorífico neto	43	MJ/kgCombustible	44.5	MJ/kgCombustible	46.05	MJ/kgCombustible	49.07	MJ/kgCombustible		

- Factores adicionales de valores por default

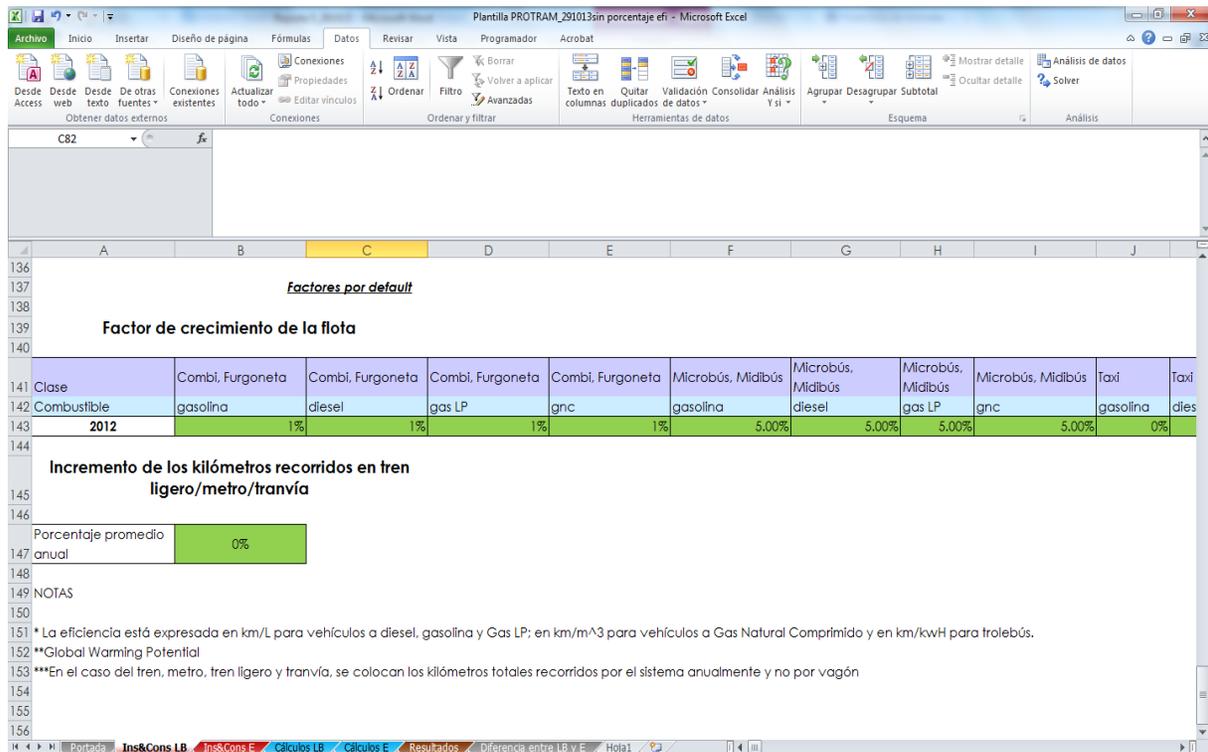
Esta sección se presenta en la ilustración 11 y contiene básicamente 2 factores:

El primero es llamado el factor de crecimiento de la flota y está ligado directamente con la matriz del número de unidades (ilustración 3) ya que es un crecimiento promedio anual (o decrecimiento si aplica) de la flota en circulación para facilitar los cálculos, pues al colocar este porcentaje, la flota de los años siguientes se calcula automáticamente.

Si se tuvieran datos para cada año, entonces se pegan directamente como se ejemplificó en la ilustración 4 y el crecimiento se deja en cero.

El segundo es un porcentaje de incremento promedio anual en los kilómetros recorridos por los sistemas del tren ligero, metro o tranvía esto debido al aumento del número de viajes a lo largo de los años.

Ilustración 11 Factores adicionales de valores por default



Factores por default											
Factor de crecimiento de la flota											
Clase	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Microbús, Midibús	Microbús, Midibús	Microbús, Midibús	Microbús, Midibús	Taxi	Taxi	
Combustible	gasolina	diesel	gas LP	gnc	gasolina	diesel	gas LP	gnc	gasolina	diesel	
2012	1%	1%	1%	1%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	0%	
Incremento de los kilómetros recorridos en tren ligero/metro/tranvía											
Porcentaje promedio anual	0%										
NOTAS											
* La eficiencia está expresada en km/L para vehículos a diesel, gasolina y Gas LP; en km/m ³ para vehículos a Gas Natural Comprimido y en km/kWh para trolebús.											
**Global Warming Potential											
***En el caso del tren, metro, tren ligero y tranvía, se colocan los kilómetros totales recorridos por el sistema anualmente y no por vagón											

3. Ins&Cons E

La hoja llamada *Ins&Cons E* es la hoja de insumos para el escenario de implementación. La estructura es muy similar a la de *Ins&Cons LB* pero con los datos del escenario del proyecto.

La primera sección (ilustración 12) se describe como sigue:

- Nombre del proyecto

Está vinculado con la hoja de *Ins&Cons LB*.

- Periodo de evaluación

El periodo de evaluación es igual que el de *Ins&Cons LB*.

- Año en el que inicia el proyecto

Este insumo es necesario para saber cuándo iniciará el proyecto debido a que a partir de aquí, muchas variables cambian, entre ellas la flota y el kilometraje recorrido. Cabe mencionar que este

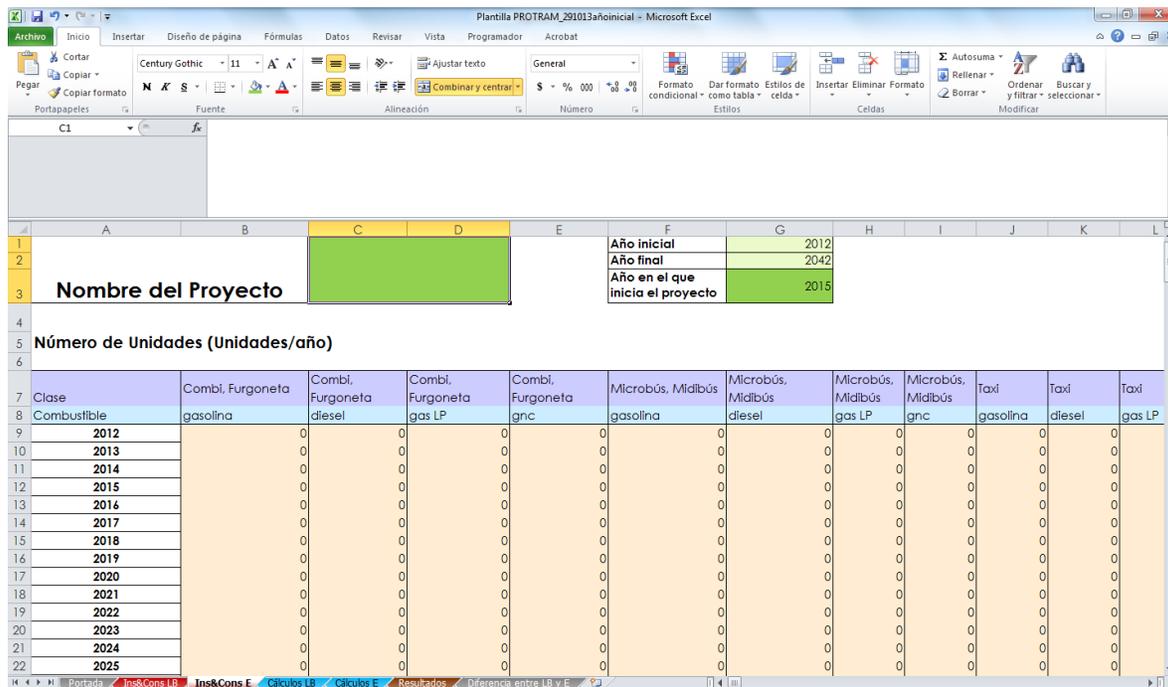
año no necesariamente es igual al año base ya que puede ser que el periodo de evaluación total sea mayor.

- Número de unidades según su categoría

El número de unidades, tiene la misma estructura que la hoja de *Ins&Cons LB*, ya que está ligado al crecimiento de la flota. Este crecimiento es igual inicialmente al de la Línea Base pero puede variar dependiendo de los supuestos del proyecto y por lo tanto el número de unidades resultantes es debido a la realización del mismo.

Al modificar cualquier celda, se coloreará en verde para saber que se ha introducido un dato diferente al de las fórmulas por default como se muestra en la ilustración 13.

Ilustración 12 Número de unidades



Nombre del Proyecto		Número de Unidades (Unidades/año)											
		Combi. Furgoneta			Combi. Furgoneta gas LP		Microbús, Midibús		Microbús, Midibús gas LP		Taxi		Taxi
Clase		gasolina	diesel	gas LP	gnc	gasolina	diesel	gas LP	gnc	gasolina	diesel	gas LP	
Año inicial		2012											
Año final		2042											
Año en el que inicia el proyecto		2015											
2012		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2013		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2014		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2015		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2016		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2017		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2018		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2019		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2020		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2021		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2022		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2023		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2024		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2025		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

En este caso, el periodo de evaluación del escenario del proyecto será el mismo, sin embargo la variación de la flota podrá entrar en un año diferente al inicial para marcar el cambio en el tiempo.

Es importante destacar que si se pegó directamente la flota en la hoja *Ins&Cons LB* en lugar de utilizar el crecimiento, se tendrá que colocar el cursor en la celda B9 de la hoja *Ins&Cons E*, tomar esa fila y extender la fórmula **manualmente** a toda la matriz para no alterar los demás cálculos ya que como se mencionaba, por default, esta matriz está ligada al crecimiento.

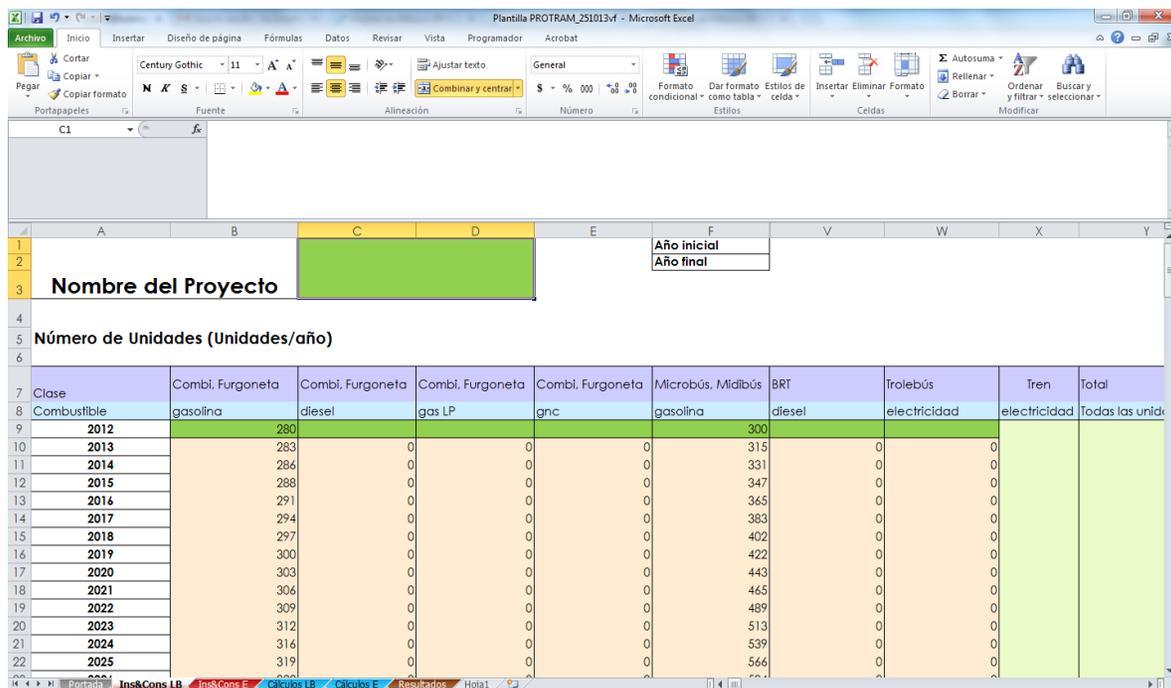
En las ilustraciones 13 y 14, se realiza una comparación entre la línea base y el escenario de implementación. Como ejemplo, se colocó un número de unidades para las combis y microbuses a

gasolina en el primer caso, mientras que en el segundo también se incluyó a autobuses articulados (BRT).

Se puede observar que para el escenario, los años 2012 y 2013 son iguales que en la línea base porque la introducción del proyecto es a partir de 2014. A partir de este año, se introducen BRT y se elimina un cierto número de combis y microbuses, la variación del escenario se colorea verde para que la celda se diferencie del resto.

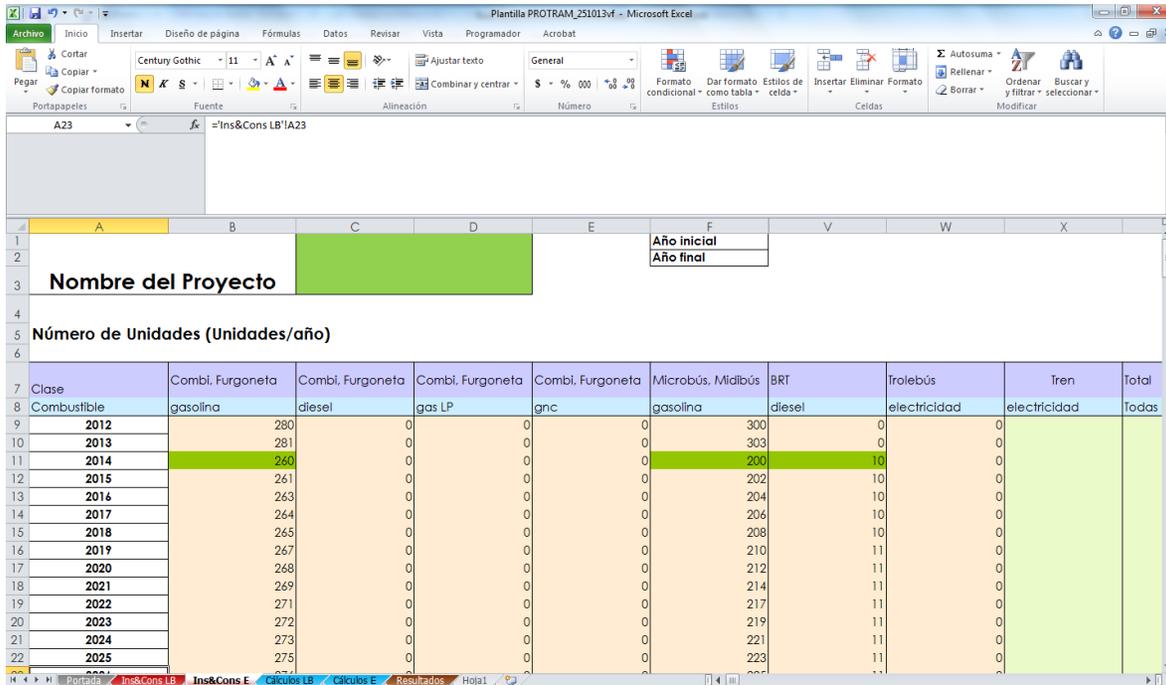
El crecimiento de la flota en ambos escenarios, dependerá de la proyección de la demanda según datos del proyecto.

Ilustración 13 Número de unidades de la LB



Nombre del Proyecto									
Número de Unidades (Unidades/año)									
Clase	Combi, Furgoneta gasolina	Combi, Furgoneta diesel	Combi, Furgoneta gas LP	Combi, Furgoneta gnc	Microbús, Midibús gasolina	BRT diesel	Trolebús electricidad	Tren electricidad	Total
2012	280					300			
2013	283	0	0	0	0	315	0	0	
2014	286	0	0	0	0	331	0	0	
2015	288	0	0	0	0	347	0	0	
2016	291	0	0	0	0	365	0	0	
2017	294	0	0	0	0	383	0	0	
2018	297	0	0	0	0	402	0	0	
2019	300	0	0	0	0	422	0	0	
2020	303	0	0	0	0	443	0	0	
2021	306	0	0	0	0	465	0	0	
2022	309	0	0	0	0	489	0	0	
2023	312	0	0	0	0	513	0	0	
2024	316	0	0	0	0	539	0	0	
2025	319	0	0	0	0	566	0	0	

Ilustración 14 Número de unidades en el escenario de implementación



Clase	Combustible	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Microbús, Midibús	BRT	Trolebús	Tren	Total
Combustible	gasolina	diesel	gas LP	gnc	gasolina	diesel	electricidad	electricidad	Todas	
2012		280	0	0	0	300	0	0	0	
2013		281	0	0	0	303	0	0	0	
2014		260	0	0	0	200	10	0	0	
2015		261	0	0	0	202	10	0	0	
2016		263	0	0	0	204	10	0	0	
2017		264	0	0	0	206	10	0	0	
2018		265	0	0	0	208	10	0	0	
2019		267	0	0	0	210	11	0	0	
2020		268	0	0	0	212	11	0	0	
2021		269	0	0	0	214	11	0	0	
2022		271	0	0	0	217	11	0	0	
2023		272	0	0	0	219	11	0	0	
2024		273	0	0	0	221	11	0	0	
2025		275	0	0	0	223	11	0	0	

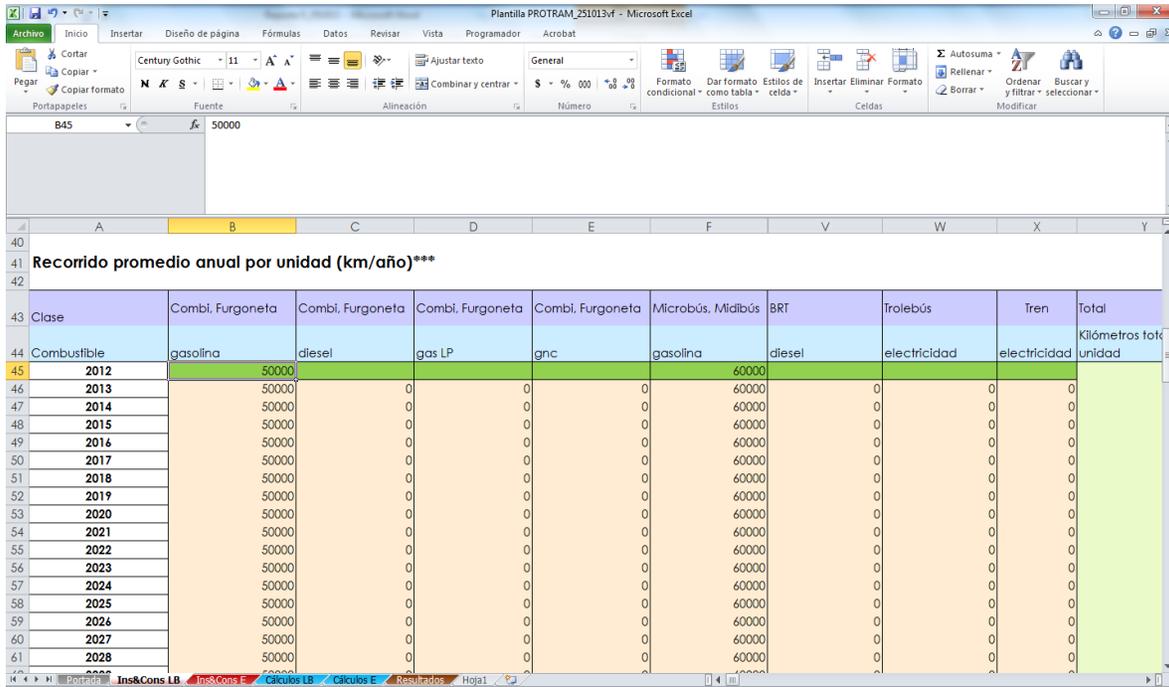
- Recorrido promedio anual por cada unidad según su categoría

Posteriormente, se presenta la sección de recorrido promedio anual por vehículo según la categoría de flota. Esta sección es idéntica a la de la hoja *Ins&Cons LB*.

En la ilustración 15 y 16 se puede ver la localización de esta sección en las hojas de cálculo correspondientes tanto para la línea base como para el escenario de implementación. Siguiendo con la línea del ejemplo pasado, se llenó la celda inicial de combi y microbús a gasolina para el primer caso y se agregó el de BRT para el segundo en 2014 (se cambia de color a verde).

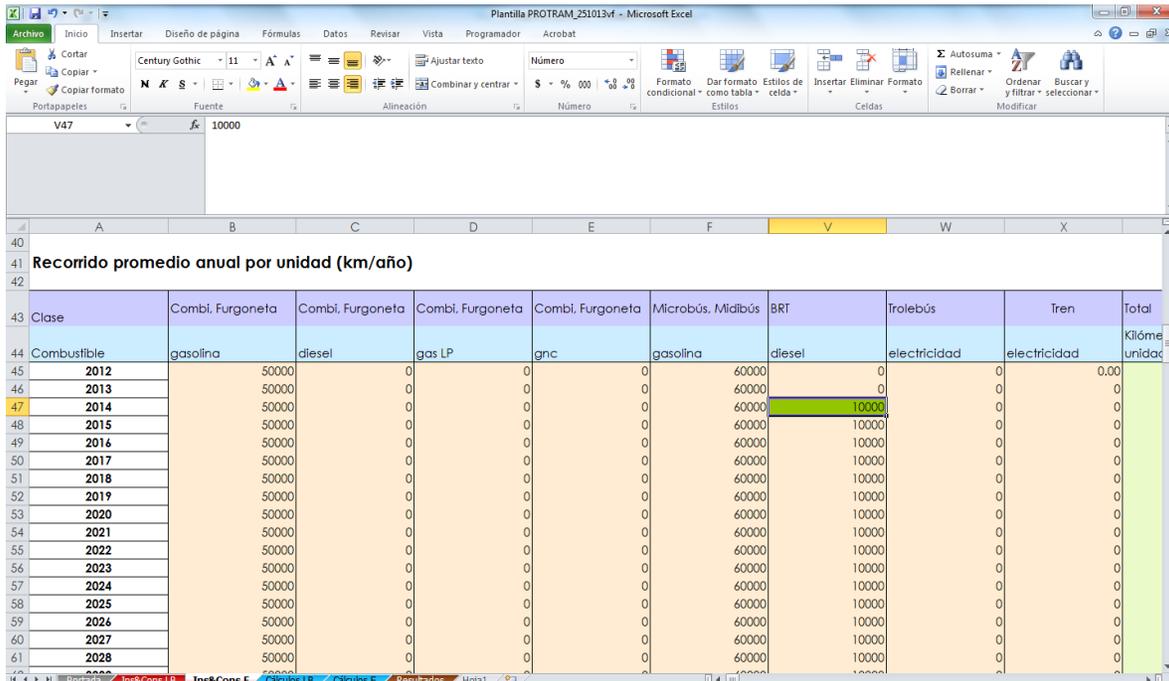
Como se mencionó anteriormente, el recorrido anual por vehículo se considera igual a lo largo del tiempo pero es una variable que se puede modificar si se cuentan con otros datos.

Ilustración 15 Recorrido anual promedio por unidad de la Línea Base



Clase	Combi. Furgoneta gasolina	Combi. Furgoneta diesel	Combi. Furgoneta gas LP	Combi. Furgoneta gnc	Microbús, Midibús gasolina	BRT diesel	Trolebús electricidad	Tren electricidad	Total Kilómetros totales por unidad
2012	50000	0	0	0	60000	0	0	0	50000
2013	50000	0	0	0	60000	0	0	0	50000
2014	50000	0	0	0	60000	0	0	0	50000
2015	50000	0	0	0	60000	0	0	0	50000
2016	50000	0	0	0	60000	0	0	0	50000
2017	50000	0	0	0	60000	0	0	0	50000
2018	50000	0	0	0	60000	0	0	0	50000
2019	50000	0	0	0	60000	0	0	0	50000
2020	50000	0	0	0	60000	0	0	0	50000
2021	50000	0	0	0	60000	0	0	0	50000
2022	50000	0	0	0	60000	0	0	0	50000
2023	50000	0	0	0	60000	0	0	0	50000
2024	50000	0	0	0	60000	0	0	0	50000
2025	50000	0	0	0	60000	0	0	0	50000
2026	50000	0	0	0	60000	0	0	0	50000
2027	50000	0	0	0	60000	0	0	0	50000
2028	50000	0	0	0	60000	0	0	0	50000

Ilustración 16 Recorrido anual promedio por unidad del escenario de implementación

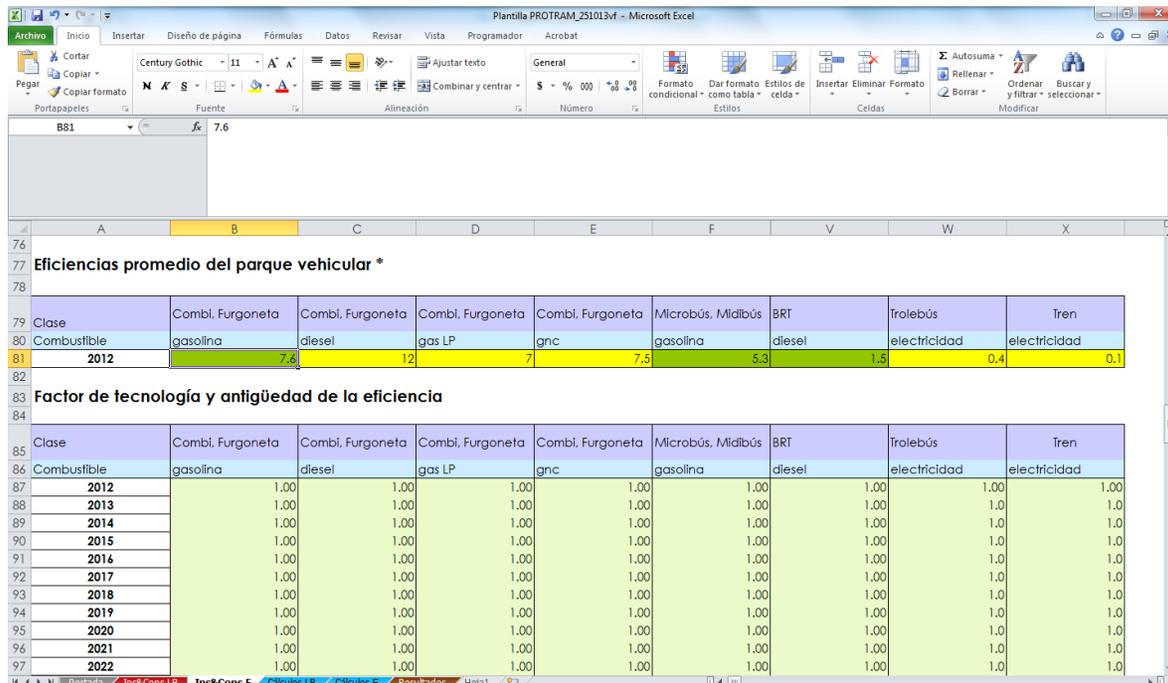


Clase	Combi. Furgoneta gasolina	Combi. Furgoneta diesel	Combi. Furgoneta gas LP	Combi. Furgoneta gnc	Microbús, Midibús gasolina	BRT diesel	Trolebús electricidad	Tren electricidad	Total Kilómetros totales por unidad
2012	50000	0	0	0	60000	0	0	0	0.00
2013	50000	0	0	0	60000	0	0	0	0
2014	50000	0	0	0	60000	10000	0	0	10000
2015	50000	0	0	0	60000	10000	0	0	50000
2016	50000	0	0	0	60000	10000	0	0	50000
2017	50000	0	0	0	60000	10000	0	0	50000
2018	50000	0	0	0	60000	10000	0	0	50000
2019	50000	0	0	0	60000	10000	0	0	50000
2020	50000	0	0	0	60000	10000	0	0	50000
2021	50000	0	0	0	60000	10000	0	0	50000
2022	50000	0	0	0	60000	10000	0	0	50000
2023	50000	0	0	0	60000	10000	0	0	50000
2024	50000	0	0	0	60000	10000	0	0	50000
2025	50000	0	0	0	60000	10000	0	0	50000
2026	50000	0	0	0	60000	10000	0	0	50000
2027	50000	0	0	0	60000	10000	0	0	50000
2028	50000	0	0	0	60000	10000	0	0	50000

- Eficiencia energética promedio y matriz de factor de tecnología y antigüedad.

Después, sigue la sección de las eficiencias medias que se pueden modificar si se tienen datos del proyecto. En la ilustración 17 se puede observar que si se edita la celda de eficiencia, se colorea también a color verde para distinguirla de los demás valores default.

Ilustración 17 Eficiencia promedio modificada y factor de tecnología y antigüedad



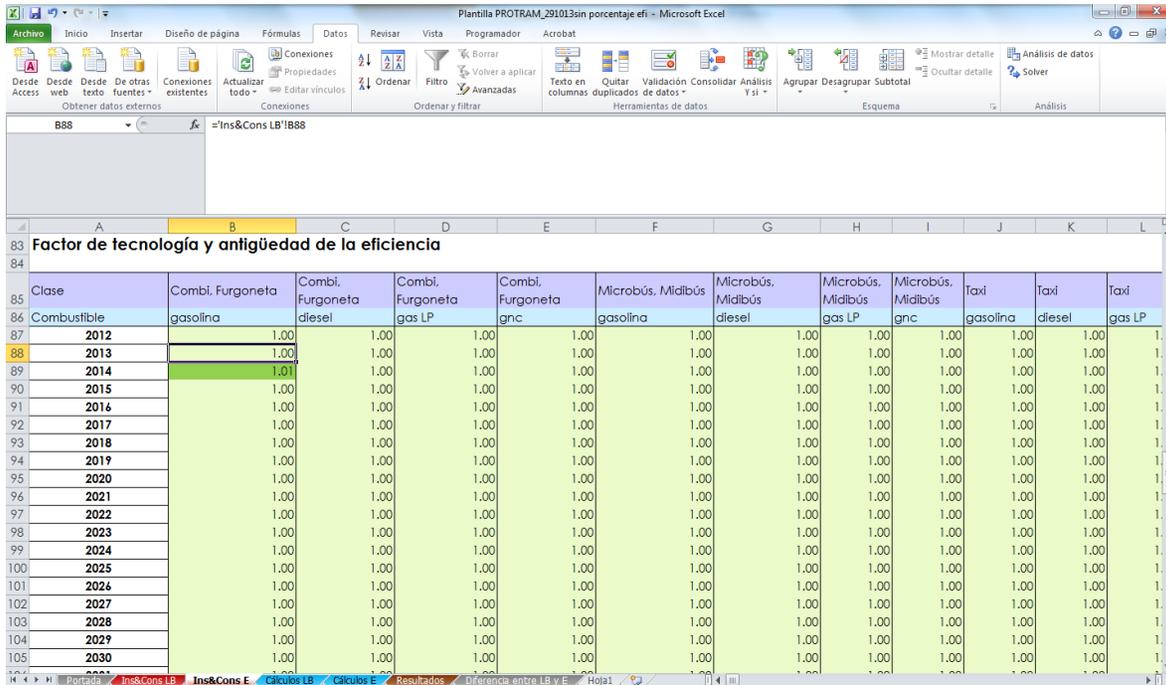
Clase	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Microbús, Midibús	BRT	Trolebús	Tren
Combustible	gasolina	diesel	gas LP	gnc	gasolina	diesel	electricidad	electricidad
2012	7.4	12	7	7.5	5.3	1.5	0.4	0.1

Clase	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Microbús, Midibús	BRT	Trolebús	Tren
Combustible	gasolina	diesel	gas LP	gnc	gasolina	diesel	electricidad	electricidad
2012	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2013	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2014	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2015	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2016	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2017	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2018	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2019	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2020	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2021	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2022	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Finalmente, también se encuentra el *factor de tecnología y antigüedad* que en este caso también es unitario por default para no introducir mayor incertidumbre al cálculo pero que se puede modificar en caso de que la eficiencia media cambie con la implementación del proyecto.

Esta modificación puede ser debida a la introducción de nuevas unidades en un año específico, por lo que la eficiencia media se incrementaría de acuerdo al número de unidades que se introduzcan. Cabe aclarar que como esta sección está ligada a la misma sección en la hoja de *Ins&Cons LB*, se coloreará en verde si se modifica alguna celda para saber cuáles han cambiado (ilustración 18).

Ilustración 18 Cambio de factor de tecnología y antigüedad



Clase	Combi. Furgoneta gasolina	Combi. Furgoneta diesel	Combi. Furgoneta gas LP	Combi. Furgoneta gnc	Microbús, Midibús gasolina	Microbús, Midibús diesel	Microbús, Midibús gas LP	Microbús, Midibús gnc	Taxi gasolina	Taxi diesel	Taxi gas LP
2012	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2013	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2014	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2015	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2016	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2017	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2018	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2019	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2020	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2021	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2022	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2023	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2024	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2025	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2026	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2027	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2028	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2029	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2030	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

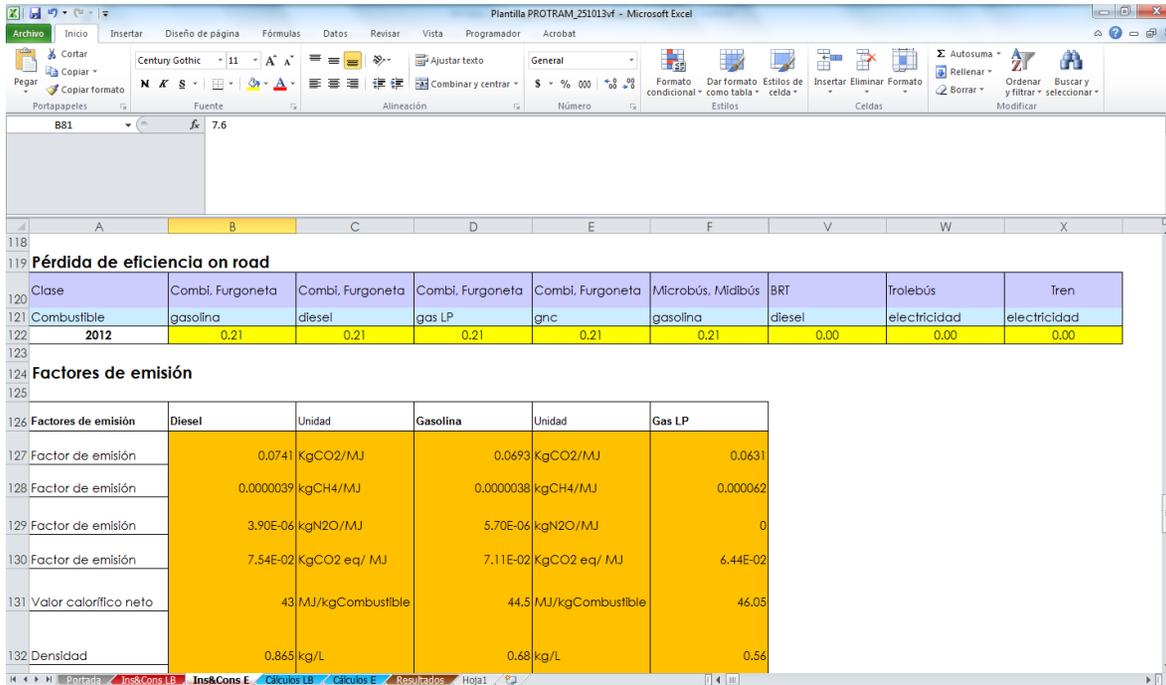
- Pérdida de eficiencia on road

Como se ha mencionado, este factor que se encuentra en celdas amarilla (Ilustración 19) se multiplica por la eficiencia media inicial, considerando que este factor se mantiene constante a lo largo de los años tanto para la Línea Base como para el escenario de implementación.

- Factores de emisión

En esta hoja también se encuentran los factores de emisión (ilustración 19) de los combustibles que están ligados con la hoja de *Ins&Cons LB*.

Ilustración 19 Pérdida de eficiencia on road y factores de emisión



The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data tables:

Pérdida de eficiencia on road

Clase	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Microbús, Midibús	BRT	Trolebús	Tren
Combustible	gasolina	diesel	gas LP	gnc	gasolina	diesel	electricidad	electricidad
2012	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.00	0.00	0.00

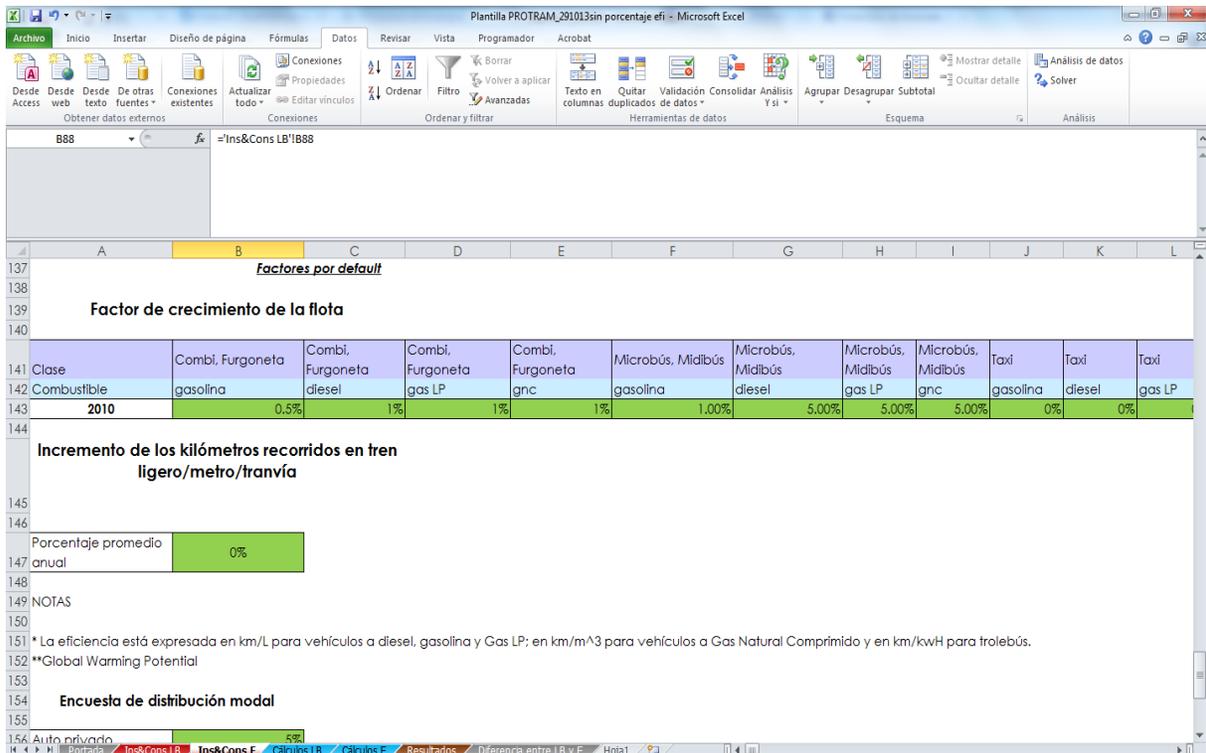
Factores de emisión

Factores de emisión	Diesel	Unidad	Gasolina	Unidad	Gas LP
Factor de emisión	0.0741	KgCO2/MJ	0.0693	KgCO2/MJ	0.0631
Factor de emisión	0.000039	kgCH4/MJ	0.000038	kgCH4/MJ	0.000062
Factor de emisión	3.90E-06	kgN2O/MJ	5.70E-06	kgN2O/MJ	0
Factor de emisión	7.54E-02	KgCO2 eq/ MJ	7.11E-02	KgCO2 eq/ MJ	6.44E-02
Valor calorífico neto	43	MJ/kgCombustible	44.5	MJ/kgCombustible	46.05
Densidad	0.865	kg/L	0.68	kg/L	0.56

- Factores adicionales de valores por default

Los factores por default descritos en la línea base, también están incluidos en el escenario de implementación y en general siguen los mismos lineamientos (ilustración 20) de la hoja anterior.

Ilustración 20 Factores adicionales de valores por default del escenario



The screenshot shows an Excel spreadsheet titled "Plantilla PROTRAM_201013sin porcentaje efi - Microsoft Excel". The active sheet is "Ins&Cons E". The spreadsheet contains the following data:

Factores por default												
Factor de crecimiento de la flota												
Clase	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Combi, Furgoneta	Microbús, Midibús	Microbús, Midibús	Microbús, Midibús	Microbús, Midibús	Taxi	Taxi	Taxi	Taxi
Combustible	gasolina	diesel	gas LP	gnc	gasolina	diesel	gas LP	gnc	gasolina	diesel	gas LP	gnc
2010	0.5%	1%	1%	1%	1.00%	5.00%	5.00%	5.00%	0%	0%	0%	0%

Incremento de los kilómetros recorridos en tren ligero/metro/tranvía

Porcentaje promedio anual	0%
---------------------------	----

NOTAS

* La eficiencia está expresada en km/L para vehículos a diesel, gasolina y Gas LP; en km/m³ para vehículos a Gas Natural Comprimido y en km/kWh para trolebús.
**Global Warming Potential

Encuesta de distribución modal

Auto privado	5%
--------------	----

- Encuesta de cambio modal

Adicionalmente, la hoja de *Ins&Cons E* contiene una parte llamada *encuesta de cambio modal*, utilizada para cuantificar las emisiones evitadas del **transporte individual** descrito en la sección 1.4.7.2. En este caso, se colocará el resultado de la encuesta de acuerdo al porcentaje de usuarios que ha cambiado el modo de traslado individual por la implantación del proyecto (ilustración 21).

- Número de viajes en el año base

Este es el número de viajes previstos en el año base del periodo de evaluación que puede o no coincidir con el año inicial del proyecto. Dependerá de la proyección realizada.

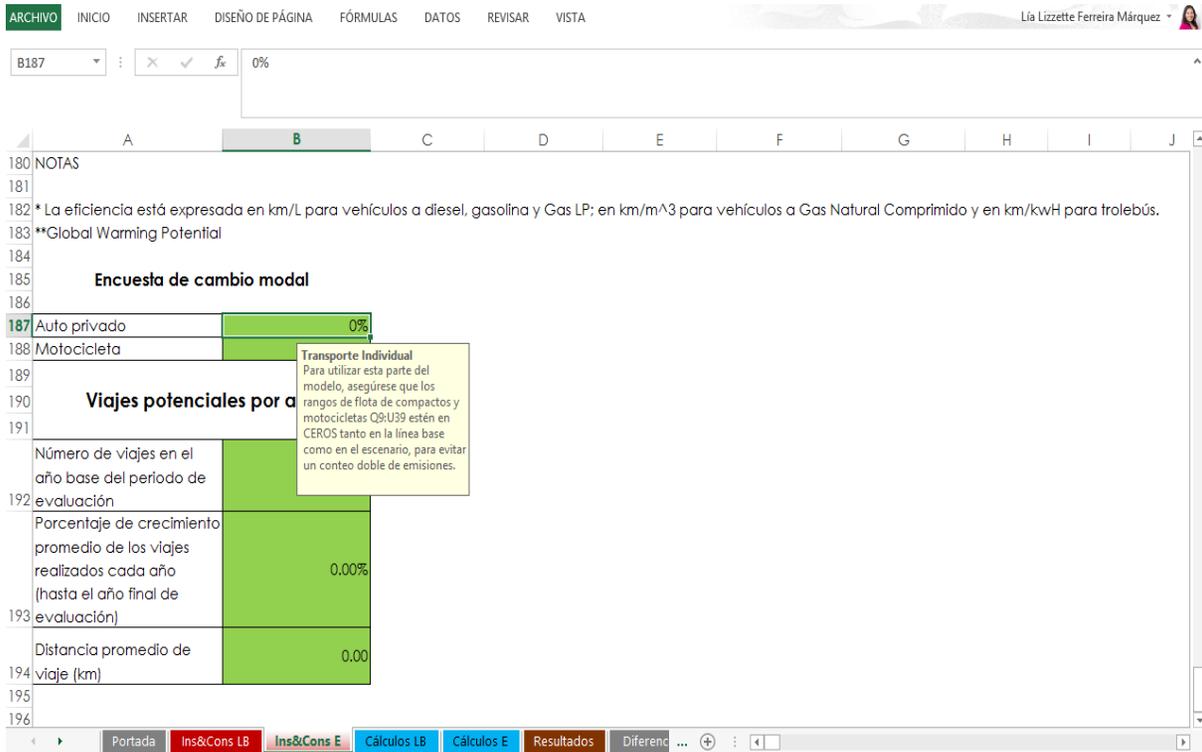
- Porcentaje de crecimiento promedio de los viajes realizados cada año (hasta el año final de evaluación)

Este porcentaje es el promedio del crecimiento anual de viajes según estadísticas del proyecto.

- Distancia promedio de viaje (km)

Como su nombre lo indica, es la distancia promedio de los viajes realizados una vez que el proyecto se ha puesto en marcha.

Ilustración 21 Encuesta de distribución modal



4. y 5. Cálculos LB y Cálculos E

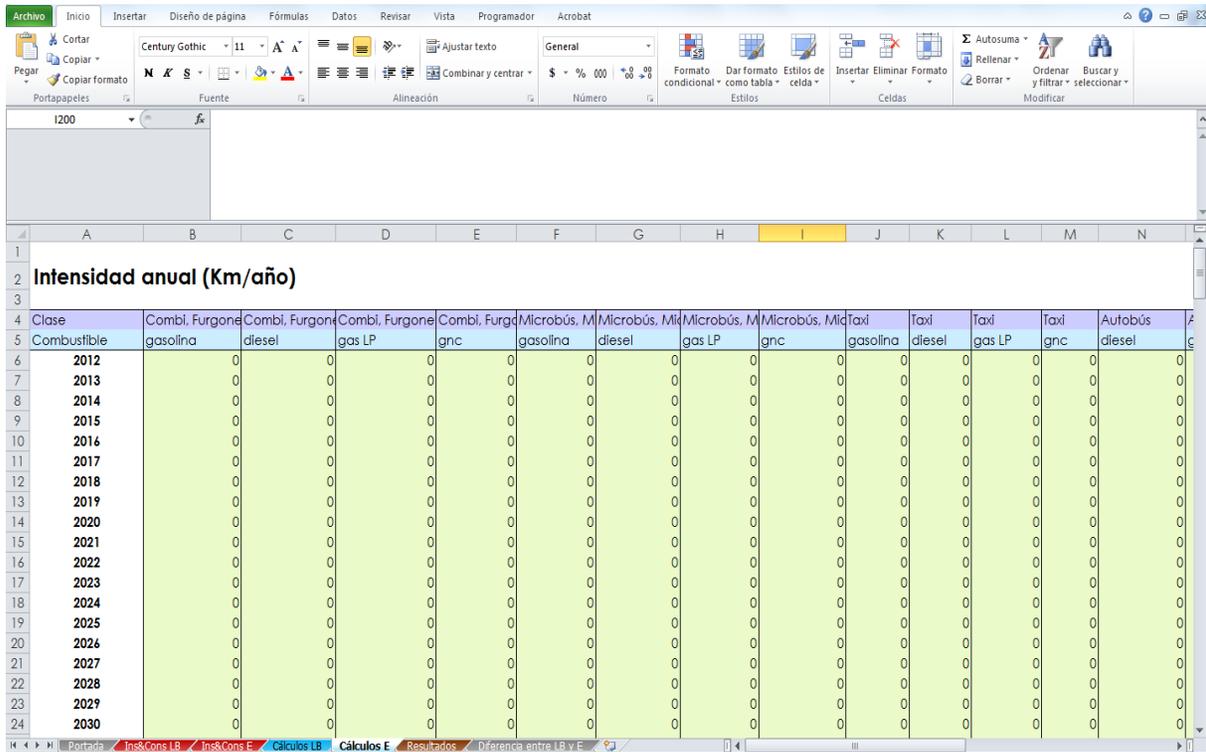
Las hojas llamadas *Cálculos LB* y *Cálculos E* contienen los cálculos realizados a partir de los insumos de la hoja *Ins&Cons LB* y *Ins&Cons E* respectivamente para el periodo de evaluación. Estos cálculos se realizan de manera automática. En general es preferible no modificarlos a menos que existan variables que se quieran introducir dentro del modelo como nuevos factores de emisión, etc.

A continuación se presentan las partes que conforman a estas hojas, tomando como ejemplo la hoja *Cálculos E* porque las dos tienen una estructura muy similar:

- Intensidad anual

Una vez obtenida la proyección de la flota (número de unidades) en la hoja de *Ins&Cons LB* y *E*, se calcula la intensidad anual que como se ha visto en la metodología, se obtiene multiplicando el número de unidades de cada categoría por el kilometraje anual recorrido (también ubicado en la hoja de *Ins&Cons*). Este cálculo es realizado de forma automática. En la ilustración 22 se muestra la localización de la intensidad anual en la hoja de Cálculos.

Ilustración 22 Intensidad anual



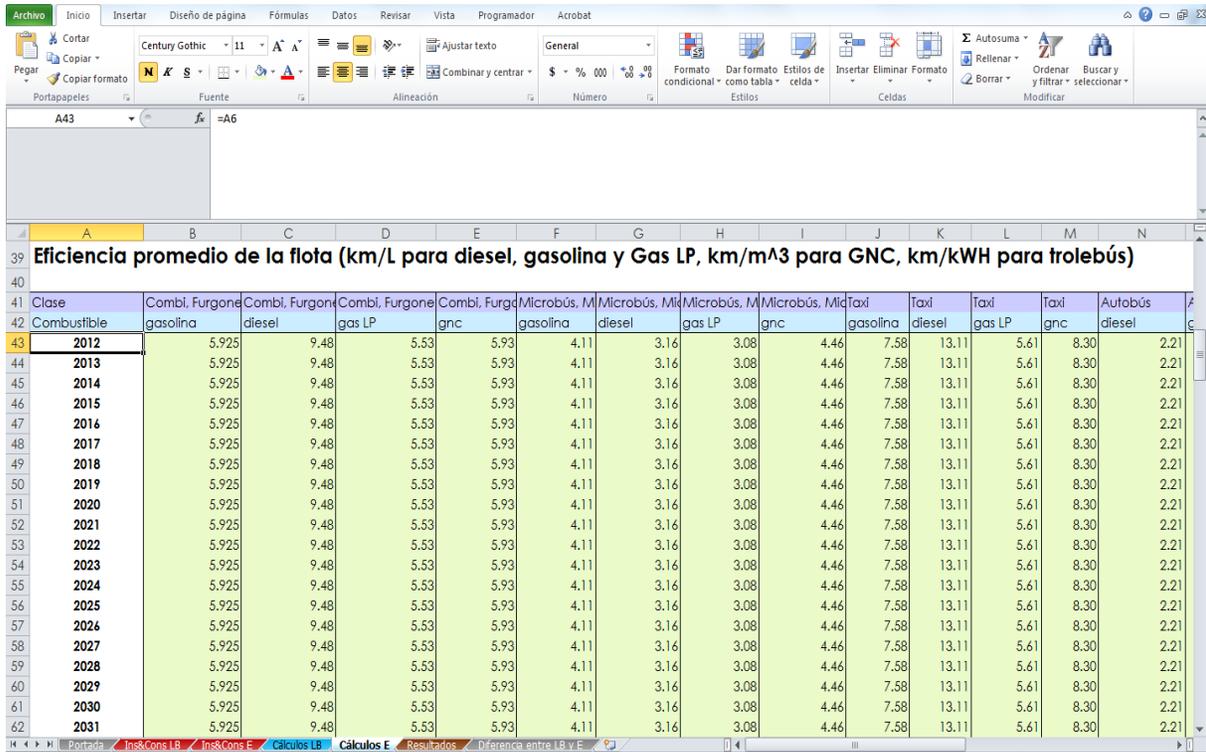
Clase	Combi, Furgone gasolina	Combi, Furgone diesel	Combi, Furgone gas LP	Combi, Furgone gnc	Microbús, M gasolina	Microbús, M diesel	Microbús, M gas LP	Microbús, M gnc	Taxi gasolina	Taxi diesel	Taxi gas LP	Taxi gnc	Autobús diesel
2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2024	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2025	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2026	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2027	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2028	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2029	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2030	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

- Eficiencia promedio

Esta sección mostrada en la ilustración 23 se obtienen directamente de la multiplicación de la eficiencia media inicial y el factor de pérdida on road ubicados en la hoja *Ins&Cons LB y E*, para el primer año así que es un cálculo no modificable dentro de la hoja de *Cálculos*.

A partir del segundo año del periodo de evaluación las celdas están ligadas con el factor de tecnología y antigüedad de las eficiencias (también localizado en la hojas *Ins&Cons LB y E*). Como se describió antes, este factor se modifica de acuerdo a las proyecciones de eficiencia con las que se cuente.

Ilustración 23 Eficiencia promedio



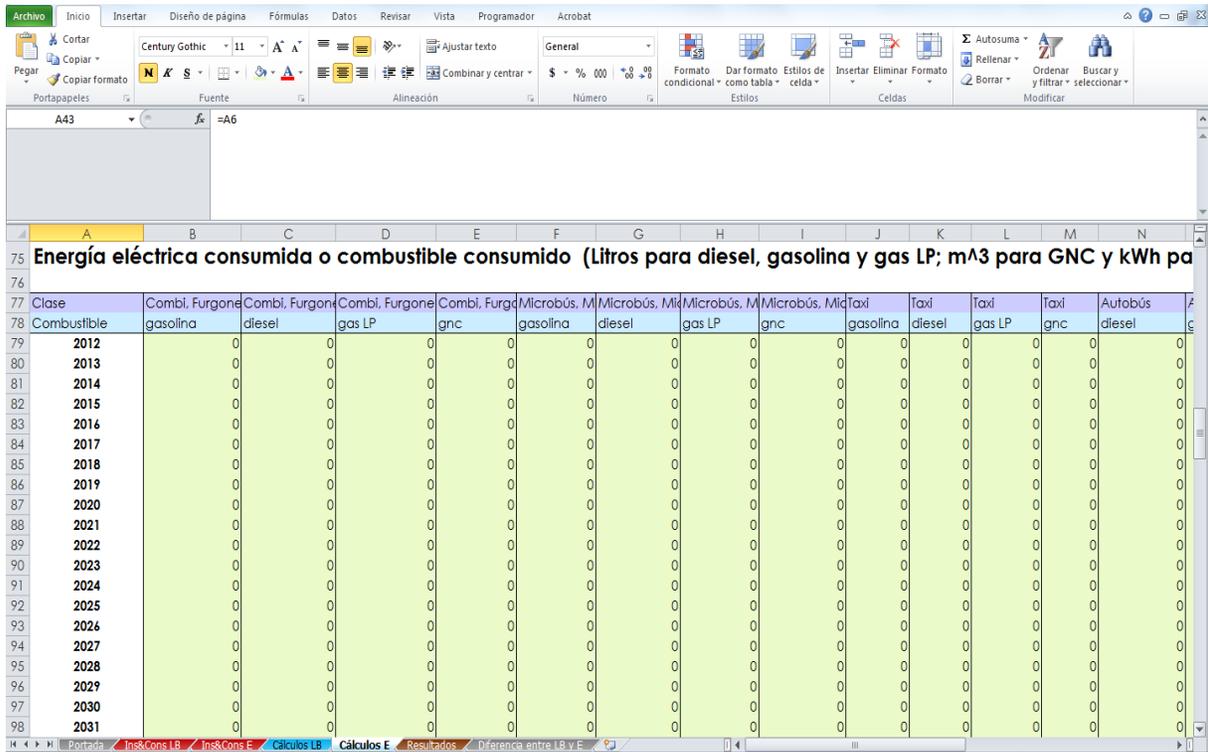
Eficiencia promedio de la flota (km/L para diesel, gasolina y Gas LP, km/m ³ para GNC, km/kWH para trolebús)															
Clase	Combi, Furgone gasolina	Combi, Furgone diesel	Combi, Furgone gas LP	Combi, Furgone gnc	Microbús, M gasolina	Microbús, M diesel	Microbús, M gas LP	Microbús, M gnc	Taxi gasolina	Taxi diesel	Taxi gas LP	Taxi gnc	Autobús diesel		
2012	5.925	9.48	5.53	5.93	4.11	3.16	3.08	4.46	7.58	13.11	5.61	8.30	2.21		
2013	5.925	9.48	5.53	5.93	4.11	3.16	3.08	4.46	7.58	13.11	5.61	8.30	2.21		
2014	5.925	9.48	5.53	5.93	4.11	3.16	3.08	4.46	7.58	13.11	5.61	8.30	2.21		
2015	5.925	9.48	5.53	5.93	4.11	3.16	3.08	4.46	7.58	13.11	5.61	8.30	2.21		
2016	5.925	9.48	5.53	5.93	4.11	3.16	3.08	4.46	7.58	13.11	5.61	8.30	2.21		
2017	5.925	9.48	5.53	5.93	4.11	3.16	3.08	4.46	7.58	13.11	5.61	8.30	2.21		
2018	5.925	9.48	5.53	5.93	4.11	3.16	3.08	4.46	7.58	13.11	5.61	8.30	2.21		
2019	5.925	9.48	5.53	5.93	4.11	3.16	3.08	4.46	7.58	13.11	5.61	8.30	2.21		
2020	5.925	9.48	5.53	5.93	4.11	3.16	3.08	4.46	7.58	13.11	5.61	8.30	2.21		
2021	5.925	9.48	5.53	5.93	4.11	3.16	3.08	4.46	7.58	13.11	5.61	8.30	2.21		
2022	5.925	9.48	5.53	5.93	4.11	3.16	3.08	4.46	7.58	13.11	5.61	8.30	2.21		
2023	5.925	9.48	5.53	5.93	4.11	3.16	3.08	4.46	7.58	13.11	5.61	8.30	2.21		
2024	5.925	9.48	5.53	5.93	4.11	3.16	3.08	4.46	7.58	13.11	5.61	8.30	2.21		
2025	5.925	9.48	5.53	5.93	4.11	3.16	3.08	4.46	7.58	13.11	5.61	8.30	2.21		
2026	5.925	9.48	5.53	5.93	4.11	3.16	3.08	4.46	7.58	13.11	5.61	8.30	2.21		
2027	5.925	9.48	5.53	5.93	4.11	3.16	3.08	4.46	7.58	13.11	5.61	8.30	2.21		
2028	5.925	9.48	5.53	5.93	4.11	3.16	3.08	4.46	7.58	13.11	5.61	8.30	2.21		
2029	5.925	9.48	5.53	5.93	4.11	3.16	3.08	4.46	7.58	13.11	5.61	8.30	2.21		
2030	5.925	9.48	5.53	5.93	4.11	3.16	3.08	4.46	7.58	13.11	5.61	8.30	2.21		
2031	5.925	9.48	5.53	5.93	4.11	3.16	3.08	4.46	7.58	13.11	5.61	8.30	2.21		

- Energía eléctrica consumida o Combustible consumido

De esta manera, teniendo la intensidad anual y la eficiencia promedio, se calcula la energía eléctrica total consumida (para el caso de los trolebuses, metro, tren ligero o tranvía) o el consumo total de combustible (para el caso de los vehículos que utilizan combustible fósil) presentada en la ilustración 24.

Cada categoría se calcula con sus unidades correspondientes, como se muestra en la ilustración.

Ilustración 24 Energía eléctrica consumida o combustible consumido

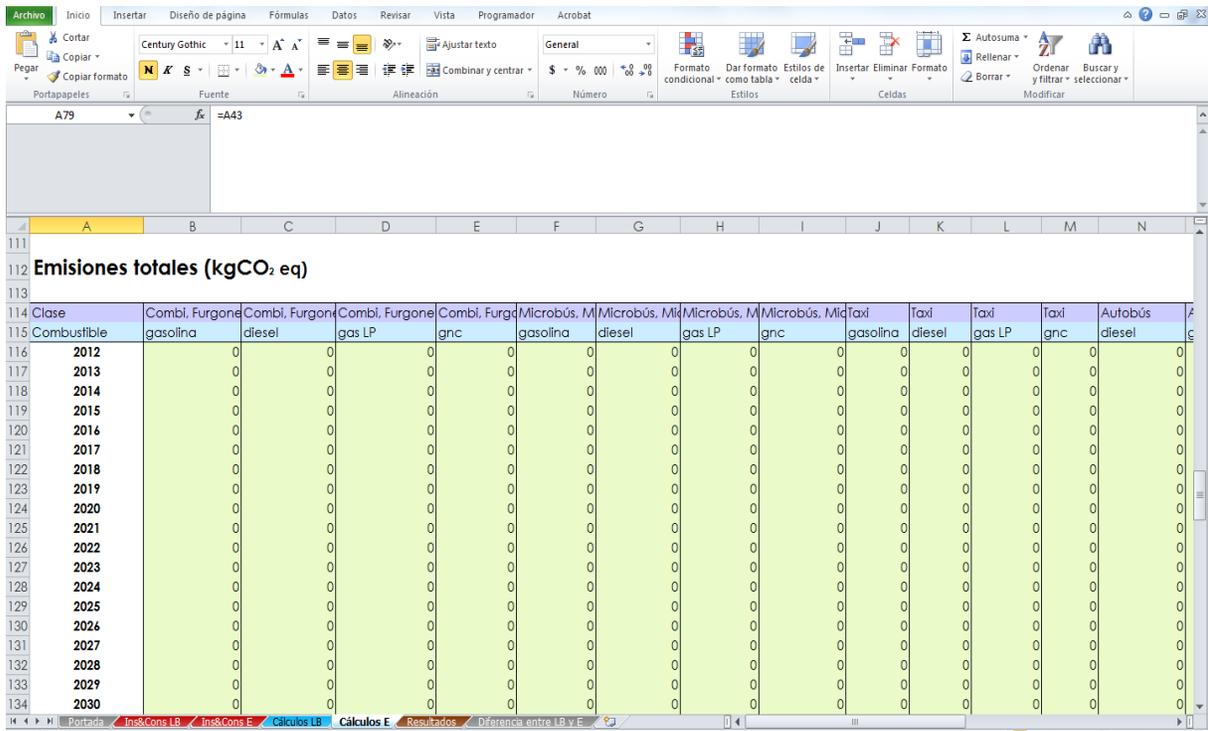


Energía eléctrica consumida o combustible consumido (Litros para diesel, gasolina y gas LP; m ³ para GNC y kWh pa															
Clase	Combi, Furgone gasolina	Combi, Furgone diesel	Combi, Furgone gas LP	Combi, Furgone gnc	Microbús, M gasolina	Microbús, M diesel	Microbús, M gas LP	Microbús, M gnc	Taxi gasolina	Taxi diesel	Taxi gas LP	Taxi gnc	Autobús diesel		
2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2024	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2025	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2026	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2027	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2028	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2029	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2030	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2031	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

- Emisiones totales

Las emisiones totales se calculan automáticamente con la multiplicación de la energía/combustible consumido y el factor de emisión correspondiente (localizado en la hojas de *Ins&Cons LB* y *E*). Esta sección se muestra en la ilustración 25.

Ilustración 25 Emisiones totales



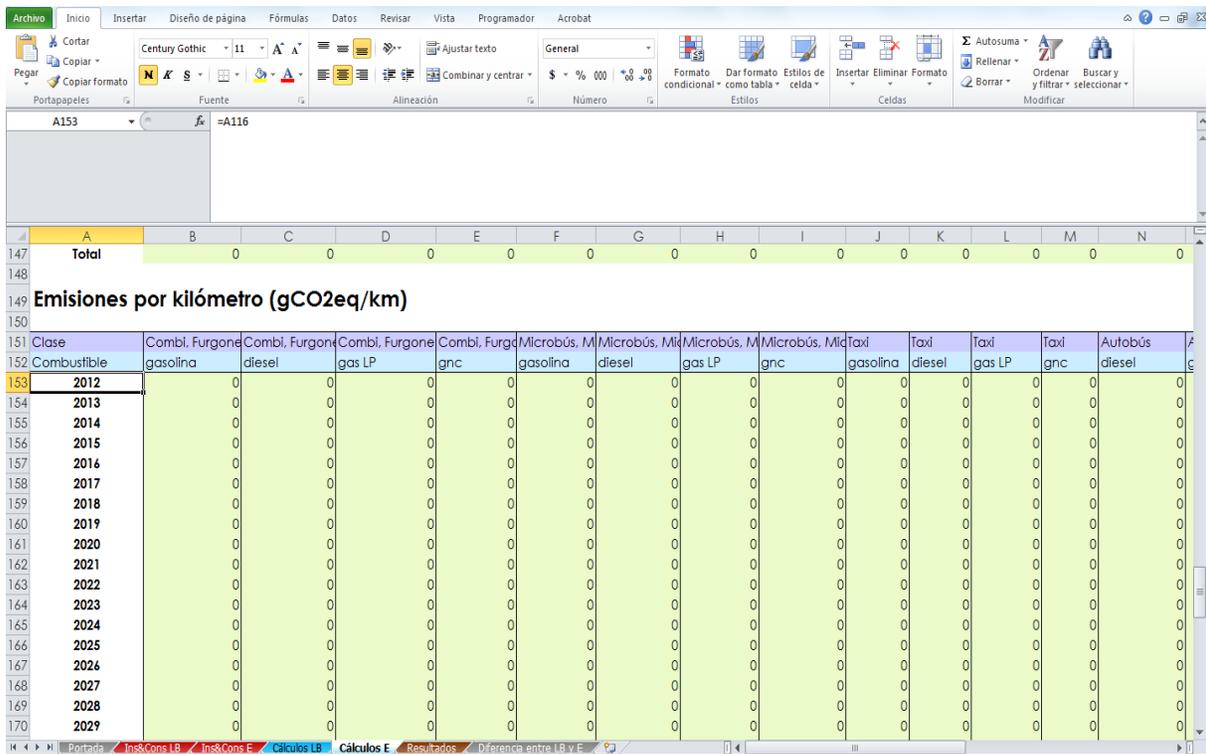
The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data table:

Clase	Combi, Furgon gasolina	Combi, Furgon diesel	Combi, Furgon gas LP	Combi, Furgon gnc	Microbús, M gasolina	Microbús, M diesel	Microbús, M gas LP	Microbús, M gnc	Taxi gasolina	Taxi diesel	Taxi gas LP	Taxi gnc	Autobús diesel
2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2024	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2025	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2026	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2027	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2028	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2029	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2030	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

- Emisiones por kilómetro

De forma complementaria, al final de la hoja *Cálculos* se muestran las emisiones por kilómetro obtenidas por cada categoría de vehículo (ilustración 26) de forma automática.

Ilustración 26 Emisiones por kilómetro



The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following structure:

- Row 147:** Total emissions across all modes, with a value of 0 in each column.
- Row 149:** Section header "Emisiones por kilómetro (gCO₂eq/km)".
- Row 151:** Column headers for transport modes: Clase, Combi, Furgone, Combi, Furgone, Combi, Furgone, Microbús, M, Microbús, M, Microbús, M, Microbús, M, Taxi, Taxi, Taxi, Autobús.
- Row 152:** Sub-headers for fuel types: Combustible, gasolina, diesel, gas LP, gnc, gasolina, diesel, gas LP, gnc, gasolina, diesel, gas LP, gnc, diesel.
- Rows 153-170:** Data for years 2012 through 2029. All cells in this section contain the value 0.

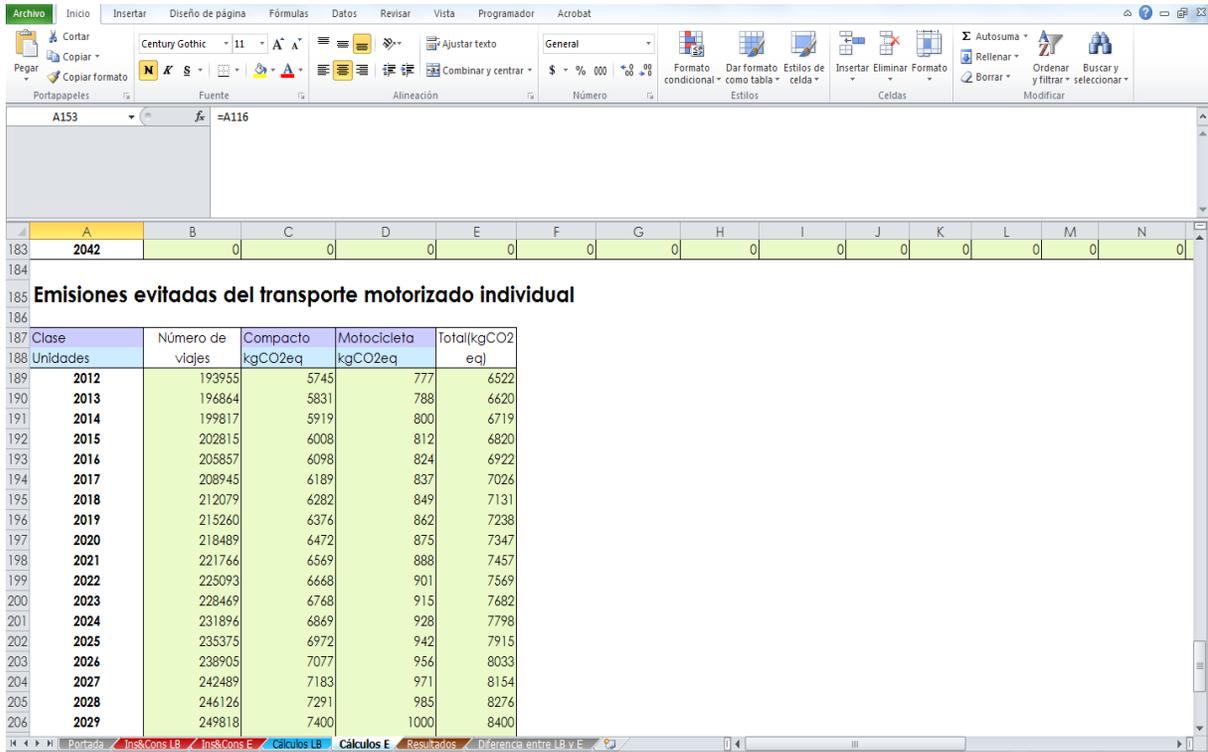
- Emisiones evitadas del transporte motorizado individual

Esta sección se encuentra únicamente en la hoja de *Cálculos E* debido a que se calculan las emisiones evitadas del transporte motorizado individual relacionadas directamente con la encuesta de distribución modal y los viajes previstos (ilustración 27).

Esta parte sólo considera a los compactos y motocicletas. En caso de incluir otra categoría como taxis, se agrega una columna extra, dependiendo de las consideraciones realizadas en la sección de flota de las hojas de insumos.

Es importante recalcar que para utilizar esta sección, la flota de compactos y motocicletas debe tener valores igual a cero en la sección 1 de las hojas de insumos, ya que si no se realizaría un doble conteo de reducción de emisiones.

Ilustración 27 Emisiones evitadas del transporte individual



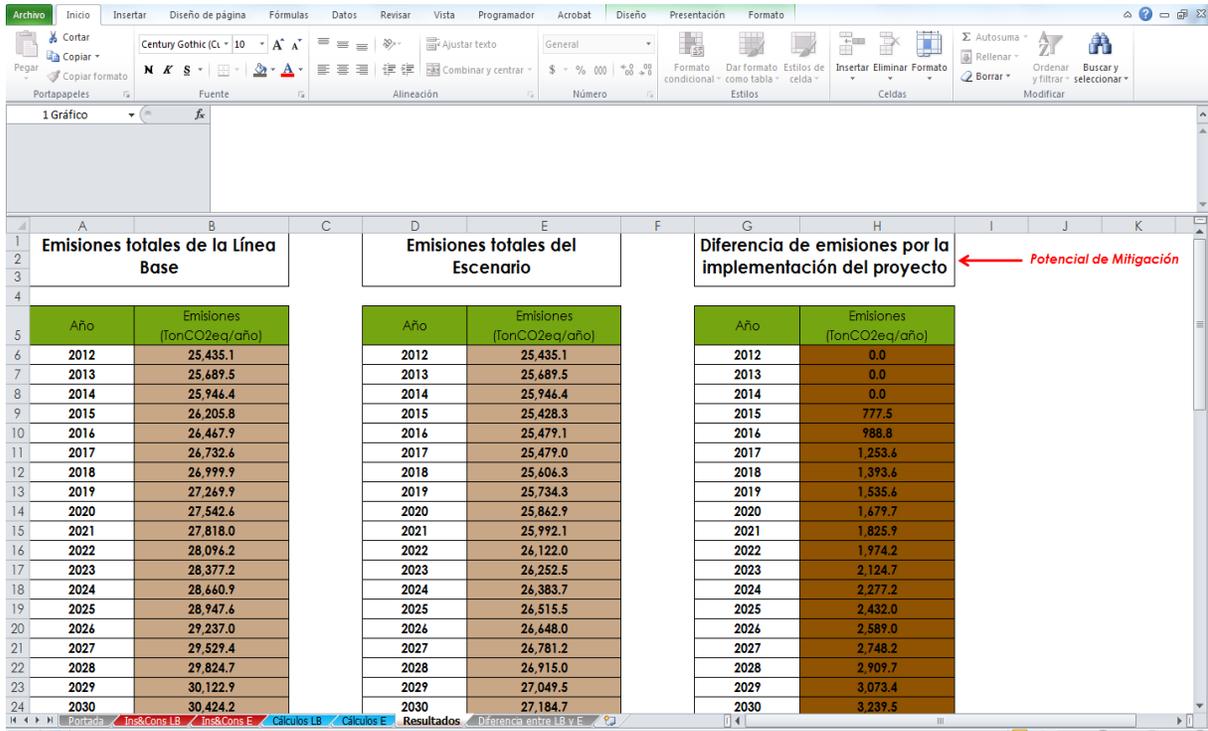
Clase	Número de viajes	Compacto kgCO2eq	Motocicleta kgCO2eq	Total(kgCO2 eq)
2012	193955	5745	777	6522
2013	196864	5831	788	6620
2014	199817	5919	800	6719
2015	202815	6008	812	6820
2016	205857	6098	824	6922
2017	208945	6189	837	7026
2018	212079	6282	849	7131
2019	215260	6376	862	7238
2020	218489	6472	875	7347
2021	221766	6569	888	7457
2022	225093	6668	901	7569
2023	228469	6768	915	7682
2024	231896	6869	928	7798
2025	235375	6972	942	7915
2026	238905	7077	956	8033
2027	242489	7183	971	8154
2028	246126	7291	985	8276
2029	249818	7400	1000	8400

4. Resultados

Finalmente, en la hoja llamada *Resultados* se presentan los resultados obtenidos de estos cálculos, que es la diferencia entre las emisiones de la línea base y del escenario de implementación. Esta diferencia se encuentra en Toneladas de CO₂equivalente/ año y se le llama **potencial de mitigación del proyecto** (ilustración 28).

El potencial total de mitigación es la suma del potencial de cada año.

Ilustración 28 Tablas de resultados de reducción de emisiones

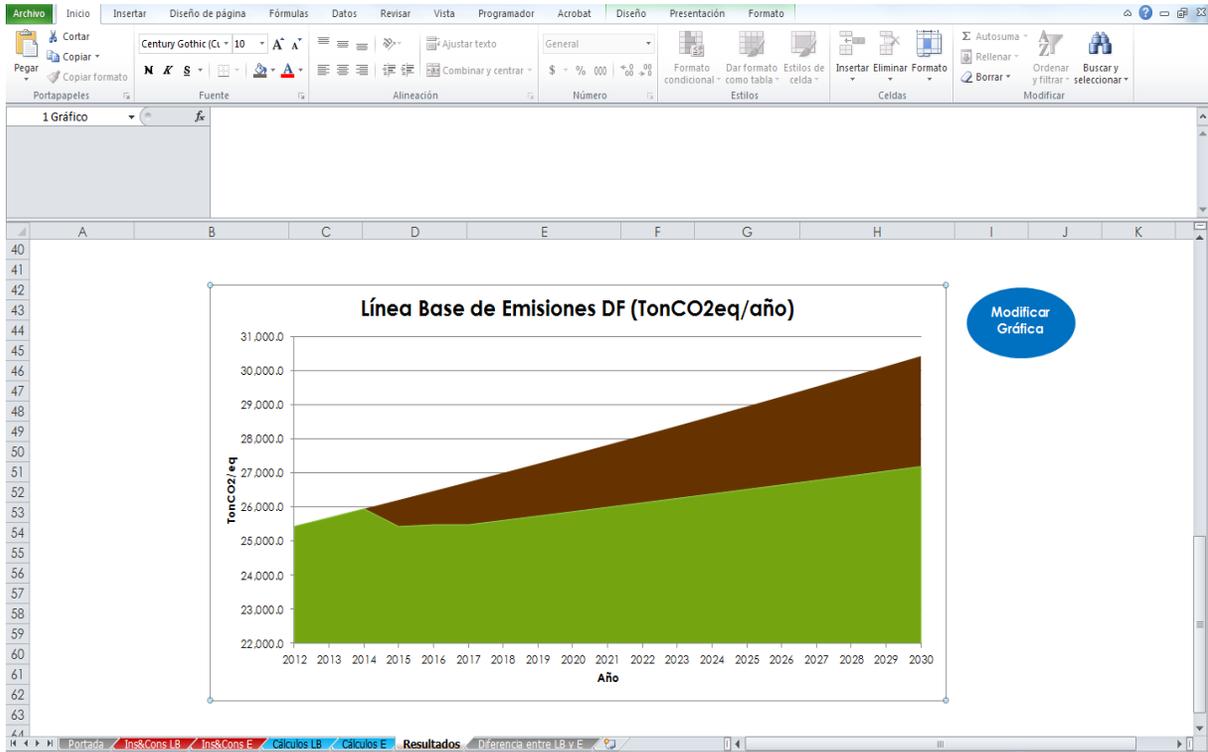


Emisiones totales de la Línea Base		Emisiones totales del Escenario		Diferencia de emisiones por la implementación del proyecto	
Año	Emisiones (TonCO2eq/año)	Año	Emisiones (TonCO2eq/año)	Año	Emisiones (TonCO2eq/año)
2012	25,435.1	2012	25,435.1	2012	0.0
2013	25,489.5	2013	25,489.5	2013	0.0
2014	25,946.4	2014	25,946.4	2014	0.0
2015	26,205.8	2015	25,428.3	2015	777.5
2016	26,467.9	2016	25,479.1	2016	988.8
2017	26,732.6	2017	25,479.0	2017	1,253.6
2018	26,999.9	2018	25,606.3	2018	1,393.6
2019	27,269.9	2019	25,734.3	2019	1,535.6
2020	27,542.6	2020	25,862.9	2020	1,679.7
2021	27,818.0	2021	25,992.1	2021	1,825.9
2022	28,096.2	2022	26,122.0	2022	1,974.2
2023	28,377.2	2023	26,252.5	2023	2,124.7
2024	28,660.9	2024	26,383.7	2024	2,277.2
2025	28,947.6	2025	26,515.5	2025	2,432.0
2026	29,237.0	2026	26,648.0	2026	2,589.0
2027	29,529.4	2027	26,781.2	2027	2,748.2
2028	29,824.7	2028	26,915.0	2028	2,909.7
2029	30,122.9	2029	27,049.5	2029	3,073.4
2030	30,424.2	2030	27,184.7	2030	3,239.5

Se puede observar también una gráfica de área en la ilustración 29, donde se presenta el comportamiento de las emisiones a lo largo de los años para ambos escenarios. La sección café de la gráfica es el potencial de mitigación.

En este caso, una vez que se llenan las hojas de insumos con los años del periodo de evaluación, se oprime el botón azul que dice *modificar gráfica* para ajustar los años de evaluación. Esto se realiza para cada escenario realizado.

Ilustración 29 Potencial de Mitigación



7. Diferencia entre LB y E(Hoja Gris oculta)

Esta hoja está oculta inicialmente ya que se puede utilizar como comprobación de errores. Su función es presentar la diferencia de todas las variables utilizadas en las hojas de *cálculos* de la línea base y el escenario de implementación con el fin de detectar algún error o resultado no esperado y poder realizar una corrección del comportamiento.

www.mledprogram.org

