

Protocolo para el uso de la calculadora de emisiones GEI de MYC en el Área Metropolitana de Guadalajara.

Asistencia técnica en el establecimiento de sistemas MRV para iniciativas NUMP, SUMP y NDC apoyadas por EC+ y TraCS



Fuente: ITESO, Universidad Jesuita de Guadalajara

Control de versiones

Fecha	Versión	Nombre de Archivo	Elaboró	Revisión
23/03/2022	V2	Protocolo Calculadora MYC -SUMP Guadalajara V3.	José Pacheco, Camilo Sarmiento, Jorge Sánchez	Florentino Márquez

Contenido

1	Introducción	5
2	Protocolo de manejo de información y uso de la calculadora MYC	6
2.1	Homologación de Categorías Vehiculares	8
2.2	Ingreso de Datos en la Calculadora MYC	9
2.2.1	Pestaña 1. Inicio	9
2.2.2	Pestaña 2. Base de Entrada y BAU	9
2.2.3	Pestaña 3. Escenarios Climáticos	13
2.2.4	Pestaña 4. Resultados	16
2.2.5	Pestaña: Validación Top-Down	17
3	Definición de responsabilidades de reporte de información.	18
3.1	Datos socio económico, características del parque automotor y demanda de energía:	20
3.2	Datos de actividad vehicular y movilidad	21
3.3	Planificación y construcción de escenarios climáticos	21
4	Identificación de herramientas complementarias a MYC	23
4.1	EcoLogistics self-monitoring tool	23
4.1.1	Perfil de Ciudad	23
4.1.2	Modos de transporte	24
4.1.3	Evaluación de impacto	25
4.1.4	Resultados	27
4.1.5	Piloto de aplicación de la herramienta en el AMG	27
4.2	Tablero parque vehicular - AMG	30
4.3	Métodos de levantamiento de información para indicadores de movilidad	31
4.3.1	Análisis de APP de Guadalajara	33
4.3.2	Modelación de la demanda	38
5	Lineamientos para la implementación de un observatorio de movilidad y cambio climático en el AMG	39
5.1	Indicadores básicos para el seguimiento de impactos climáticos	40
5.2	Indicadores para monitoreo de impactos no climáticos	44
6	Referencias	46
7	Anexos	47
7.1	Anexo 1 . MYC_Tool_final.1.3.2_20210226_AMGuadalajara_VF.xlsm	47
7.2	Anexo 2. Estado Informacion Datos MYC Guadalajara.xlsx	47
7.3	Anexo 3. Encuestas de diagnóstico de capacidades	47
7.4	Anexo 4. Base sin tratar. IMEPLAN_2018.xls.	47
7.5	Anexo 5. Flota Guadalajara.pbix	47
7.6	Anexo 6. Ecologistics - Guadalajara.xlsm	47



Listado de tablas

Tabla 1. Campos de información requeridos por la Calculadora de Emisiones de GEI MYC.....	6
Tabla 2.Principales fuentes de información utilizadas en el montaje de la Calculadora MYC para el AMG.	7
Tabla 3.Homologación de categorías vehiculares para el Área Metropolitana de Guadalajara.	8
Tabla 4.Número de vehículos ingresados en la calculadora MYC.....	10
Tabla 5. Factores de actividad vehicular ingresados en la calculadora MYC.....	11
Tabla 6. Factor de ocupación usada en la calculadora MYC.....	11
Tabla 7. Distancia de en Guadalajara viaje usada en la calculadora MYC	12
Tabla 8. Poderes caloríficos 2018 - SENER	13
Tabla 9. Rendimientos de energía por clase de vehículo	13
Tabla 10. Resultados del taller de construcción de escenarios, medidas de evitar viajes o distancia de viajes.	15
Tabla 11. Resultados del taller de construcción de escenarios, modo captado de las medidas de cambio de modo ...	15
Tabla 12. Resultados del taller: aumento de la actividad vehicular del Transporte Público al año 2050.....	15
Tabla 13. Mejora en la eficiencia de energía al año 2050.	16
Tabla 14. Resultados del inventario de emisiones, calculadora MYC	16
Tabla 15. Resultados de la línea base de emisiones 2018 – 2050 en la calculadora MYC.....	17
Tabla 16. Resultados de emisiones en el escenario climático 2018 – 2050 en la calculadora MYC	17
Tabla 17. Diferencia de las emisiones de GEI entre la línea base y el escenario climático.	17
Tabla 18. Principales fuentes de información.	18
Tabla 19. Organizaciones responsables del levantamiento de información.	18
Tabla 20. Información mínima requerida-Perfil de la ciudad.....	24
Tabla 21. Información mínima requerida-modo de transporte	24
Tabla 22. Información mínima requerida-cambio de combustible.....	26
Tabla 23. Información mínima requerida-Reducción de la distancia	26
Tabla 24. Información mínima requerida-conducción eficiente.....	27
Tabla 25. Información mínima requerida-entregas fuera de horario.....	27
Tabla 26. Información socioeconómica Área Metropolitana de Guadalajara,	28
Tabla 27. Calificación Cualitativa de los métodos	32
Tabla 28. Información necesaria para desarrollo de modelos de transporte clásicos de 4 etapas	34
Tabla 29. Mapeo de requerimientos de información y contraste con APP.....	37
Tabla 30. Definición de los términos de la Ecuación 1.	40
Tabla 31. Información de transporte para monitoreo de actividades vehiculares.	41
Tabla 32. Indicadores de desempeño energético y emisiones	43
Tabla 33. Indicadores centrales de desempeño climático	44
Tabla 34. Propuesta de indicadores no climáticos para OMBC	45



Listado de figuras

Figura 1. Esquema de organización de Calculadora MYC en Excel.	8
Figura 2. Mapa de organizaciones involucradas en la gestión de información para la calculadora MYC.....	20
Figura 3. Captura de pantalla home Ecologistics	23
Figura 4. Captura de pantalla carga urbana: carretera Ecologistics	29
Figura 5. Captura de pantalla base de datos Ecologistics.....	29
Figura 6. Tablero de visualización del parque automotor del AMG	30
Figura 7. Capturas de pantalla Power BI.....	31
Figura 8. Capturas de pantalla actualización Power BI.....	31
Figura 9. Metodología propuesta por GoAscendal para desarrollar el APP.	34
Figura 10. Registros de movilidad que serán ofrecidos por la UMA.....	36
Figura 11. Variables necesarias para el cálculo de emisiones. Fuente: Findeter (2020)	40

1 Introducción

Este documento describe el protocolo para la utilización de la Calculadora de Emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) de Mobilise Your City (en adelante *Calculadora MYC*) a partir de la información local disponible en el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), como recurso para la estimación de un inventario de emisiones de GEI, y para la evaluación y seguimiento de la Política de Movilidad Urbana Sostenible (SUMP) apoyada por Euroclima+, y con el liderazgo local del IMEPLAN.

La *Calculadora MYC* es una herramienta basada en Excel® que tiene el propósito de apoyar a gobiernos nacionales y locales en la estimación de emisiones de GEI generadas por la operación del transporte para un año de referencia (Inventario de emisiones), y para los escenarios futuros de línea base (Business-as-usual-BAU), y de reducción de emisiones (Climate-Scenario) (Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (IFEU), 2020). La Calculadora MYC, descargable en [este enlace](#), se basa en datos de demanda del transporte¹ y de consumo de energía² para estimar las emisiones de GEI; los resultados se obtienen de manera desagregada por modo de transporte, y como indicadores de desempeño construidos a través de otros datos descriptores del transporte, el desempeño ambiental de los vehículos, y distintas tasas de crecimiento.

La *Calculadora MYC* no está diseñada para evaluar el potencial de reducción de emisiones de medidas individuales, sino de los impactos agregados de un conjunto de políticas y programas deben estimarse para proyectar los escenarios de mitigación, o escenarios climáticos. Así mismo esta calculadora no debe usarse para reportar inventarios según los lineamientos del IPCC y de la Convención Marco UNFCCC.

A continuación, el documento incluye las siguientes secciones:

- **Capítulo 2:** Protocolo de manejo de información y uso de la calculadora de MYC, organizado según cada una de las pestañas del archivo de Excel® en el que se basa la calculadora. Esto, para facilitar la adaptación de las fuentes de información local a los requerimientos técnicos de los datos de entrada.
- **Capítulo 3:** Definición preliminar de roles y funciones institucionales para el uso de la calculadora, los cuales podrán ser refrendados a nivel local en el marco del proceso de formalización del PIMUS. La sección incluye reflexiones relacionadas con las fuentes de información y recomendaciones para la gestión de distintos conjuntos de datos.
- **Capítulo 4:** Presenta herramientas complementarias a la calculadora MYC que pueden ser usadas por IMEPLAN para el desarrollo e implementación de procedimientos de monitoreo, reporte y verificación de emisiones. Esto incluye la *Ecological Self-monitoring Tool*, de ICLEI; un tablero de análisis del parque automotor del AMG desarrollado por Hill; y el análisis del APP de movimientos metropolitanos desarrollado por Go Ascendal.
- **Capítulo 5:** Presenta una conceptualización de un observatorio de movilidad con indicadores útiles para alimentar los modelos de estimación de emisiones *bottom-up*, incluyendo la calculadora MYC. Esto, con el propósito de ser tenido en cuenta al momento de formalizar el esquema de seguimiento y monitoreo del PIMUS y le EMME.

¹ Kilómetros totales recorridos (VKT) por modo de transporte.

² Factor de rendimiento de energía por modo de transporte y tipo de energético (l/100km; m³/100km; km/kWh).

2 Protocolo de manejo de información y uso de la calculadora MYC

Esta sección describe el protocolo para la utilización de la *Calculadora MYC* a partir de la información local disponible en el AMG. Dicho protocolo se enfoca en exponer los criterios de conversión y homologación entre la información recolectada de distintas fuentes y las entradas de la calculadora. En este sentido, los siguientes numerales están ordenados según la estructura de las hojas de Excel® de la calculadora.

A continuación, la Tabla 1 presenta el listado de las variables y unidades requerido para estimar el inventario y línea base de emisiones de GEI usando la *Calculadora MYC*. En esta misma tabla se presenta el año más reciente de reporte de cada dato identificado en el caso del AMG. Es importante mencionar que a través de la simulación de la Calculadora MYC (disponible en el numeral 7.1 Anexo 1) se estimaron las emisiones de GEI asociadas al transporte urbano de pasajeros; el segmento de carga se estimó a través de la herramienta Eco-Logistics (ver Sección 4.1)

Tabla 1. Campos de información requeridos por la Calculadora de Emisiones de GEI MYC.

Pestaña	Campo	Variable	Unidades Reportadas	Año
1. Input	1.1	Población	Habitantes	2020
	1.1.1	Tasas de crecimiento población	Porcentaje	2020
	1.2	PIB (GDP)	Millones de dólares	2020
	1.2.1	Tasa de crecimiento PIB	Porcentaje	2010-2020
	2.1	Kilometraje total por categoría vehicular (VKT)	Millón km	2018
	2.2	Número total de vehículos por categoría vehicular (stock)	vehículos	2018
	2.2.1	Número de vehículos por categoría y tipo de combustible	vehículos	2018
	2.3	Factor de actividad promedio anual por categoría de vehículo	km / año / vehículo	2018
	2.3.2	Tasa crecimiento Kilometraje por categoría vehicular	Porcentaje	NA
	3.1	Factor de ocupación promedio pasajeros	pasajero / vehículo	2018
	3.2	Factor de ocupación promedio carga	t / vehículo	NA
	3.3	Longitud de viaje	km /viaje / modo	2018
	3.4	Distancia recorrida por categoría de vehículo y energético - Año Base	%	2018
	3.4.1	Proyección distancia recorrida por categoría de vehículo y energético	%	NA
	3.5	Consumo promedio de energía por categoría vehicular	l / 100 km	2018
	3.5.2	Tasa de reducción de consumo de energía por categoría vehicular	%	NA
	3.6	Contenido CO ₂ de electricidad Año Base	gCO ₂ e / kWh	2020
	3.6.1	Contenido CO ₂ de electricidad a 2050	gCO ₂ e / kWh	2020
2. Top-down Validation	4.1	Equilibrio Energético Terrestre / Férreo Gasolina	TJ	2018

Pestaña	Campo	Variable	Unidades Reportadas	Año
	4.2	Equilibrio Energético Terrestre / Férreo Diésel	TJ	2018
	4.3	Equilibrio Energético Terrestre / Férreo Eléctrico	TJ	2018
	4.4	Equilibrio Energético Terrestre / Férreo GLP (Gas licuado de petróleo)	TJ	2018
	4.5	Equilibrio Energético Terrestre / Férreo GN (Gas Natural vehicular)	TJ	2018
2.A. Climate Scenario	5.3	Kilómetros evitados para modos individuales, resultado de las medidas <i>Avoid</i> .	%	2020
	5.4	Kilómetros adicionales por modo, resultado de las medidas de <i>Cambio de Modo</i> .	Millón km	2025 - 2050
	5.5	Factor de ocupación promedio pasajeros (nuevo resultado de las medidas de Cambio de Modo)	pasajero / vehículo	2026 - 2050
	5.6	Modo de transporte original de los nuevos pasajeros del TPC.	%	2027 - 2050
	5.7	Cuota de VKT por tipo de combustible en Escenario Climático	%	2028 - 2050
	5.8	Consumo específico de combustible en Escenario Climático	%	2029 - 2050
3. Results	6.1	Inventario GEI – TTW (Tank to Wheel)	Miles toneladas GEI	2030 - 2050
	6.2	Inventario GEI – WTW (Well to Wheel)	Miles toneladas GEI	2031 - 2050

Fuente: Elaboración propia

Por su parte, la Tabla 2 presenta los documentos y referencias usados en la construcción de este protocolo; y la Figura 1 presenta un esquema de la organización de las hojas de cálculo de la Calculadora MYC dentro de archivo de Microsoft Excel.

Tabla 2. Principales fuentes de información utilizadas en el montaje de la Calculadora MYC para el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG).

Referencia	Nombre	Autor	Referencia
1	Registros del padrón vehicular de la Zona Metropolitana de Guadalajara	Secretaría de Hacienda Pública del Estado de Jalisco	(Secretaría de Hacienda Pública del Estado de Jalisco, 2020)
2	Anexo. Memoria de cálculo. Proyecto: Desarrollo de un inventario integrado de Emisiones de Contaminantes Criterio y Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 2018.	WRI-IMEPLAN	(WRI.IMEPLAN., 2018)
3	Información VKT y combustibles.xls. Anexo Referencia 2	WRI-IMEPLAN	(WRI.IMEPLAN, 2020)

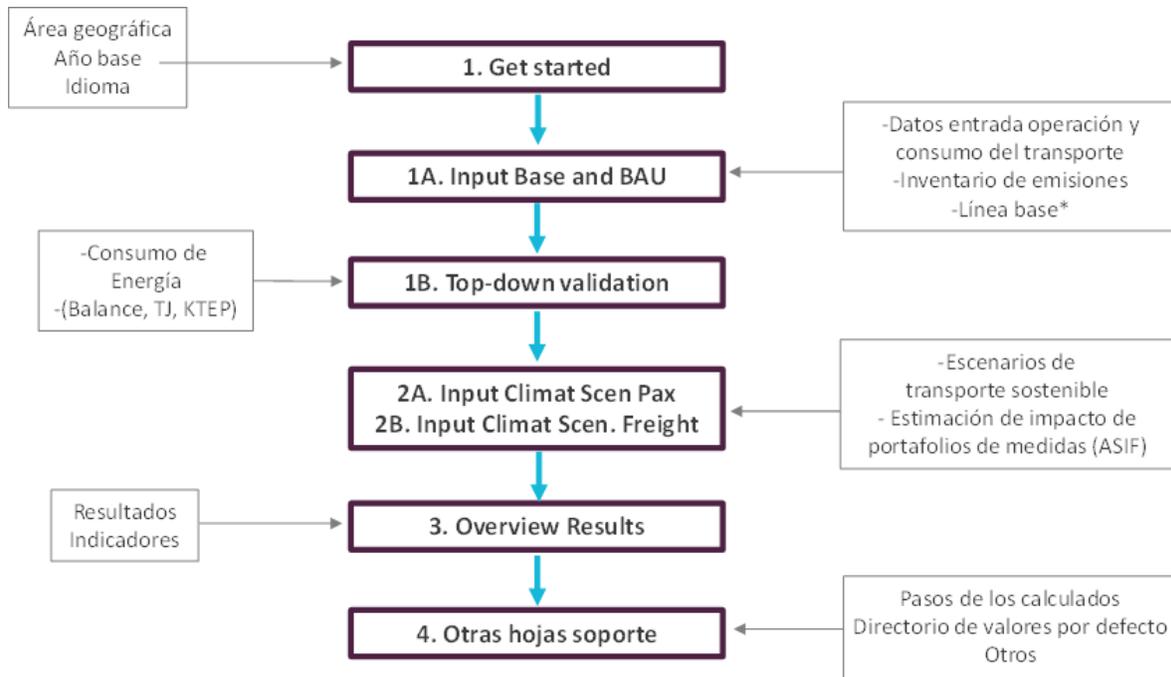


Figura 1. Esquema de organización de Calculadora MYC en Excel.

2.1 Homologación de Categorías Vehiculares

Una tarea obligatoria y preliminar al ingreso de los valores en la calculadora consiste en homologar las categorías vehiculares; entre las definidas por la calculadora MYC y aquellas que son usadas en el contexto local. La Tabla 3 presenta la homologación de categorías vehiculares propuesta para el AMG, los criterios utilizados se explican a continuación.

Tabla 3. Homologación de categorías vehiculares para el Área Metropolitana de Guadalajara.

MYC	WRI - IMEPLAN	MOVES
Motocicleta	Motocicletas	Motorcycle (11)
Taxi Individual	Taxis	Passenger Car (21)
Auto Privado	Autos Particulares	
	Camionetas SUV	Passenger Truck (31)
	Pick up	
	Combis y vagonetas	
VCL	Vehículos <3.8 t	Light Comercial Truck (32)
Minibús	Microbús	Transit Bus (42)
Bus	Autobús	
Camión	Vehículos > 3.8 t	Single Unit Short Haul Truck (52)
Camión Articulado	Tractocamiones	Combination Short Haul Truck (61)

La homologación realizada entre las categorías vehiculares por “WRI - IMEPLAN” y “MOVES” es presentada en la Tabla número 30 de la Referencia 2 (WRI.IMEPLAN., 2018). La homologación entre estas dos fuentes es importante dado que IMEPLAN, a través de los padrones vehiculares, reporta el número de vehículos, y a través de las corridas del modelo MOVES se obtiene la información relacionada con el factor de actividad y emisión de los mismos.

La homologación entre las categorías vehiculares de “WRI - IMEPLAN” y la calculadora MYC es bastante directa, salvo en la categoría de vehículos con peso inferior a 3.8 toneladas donde se presentan las siguientes consideraciones:

- En términos del factor de actividad, para los vehículos < 3.8 toneladas se reporta un valor igual a las categorías Camionetas SUV, Pick up, Combis y vagonetas.
- En términos del factor de emisión, para los vehículos < 3.8 toneladas se reporta un valor diferente a las categorías Camionetas SUV, Pick up, Combis y vagonetas.

2.2 Ingreso de Datos en la Calculadora MYC

2.2.1 Pestaña 1. Inicio

En esta parte de la calculadora se diligencian campos generales de información

- **Ciudad (Área geográfica de los cálculos):** Área Metropolitana de Guadalajara. La definición del área geográfica sobre la cual se van a incluir las fuentes de emisión es muy importante en la significancia de los resultados. El AMG es una entidad formalmente constituida por los municipios de San Pedro Tlaquepaque, Tonalá, Zapopan, Tlajomulco de Zúñiga, El Salto, Juanacatlán, Ixtlahuacán de los Membrillos, Zapotlanejo y Guadalajara.
- **Año de referencia:** 2018. La definición del año base del cálculo es una decisión muy importante. Por una parte, es consecuente usar el mismo año que las referencias oficiales del Gobierno (v.g., BUR, CN, NDC) y poder mantener un mismo marco de referencia. Así mismo, existe información y estudios actualizados en el tema, lo cual permite plantear nuevos ejercicios y escenarios. En este caso se selecciona año 2018 debido a la calidad de información reportada; población, número de vehículos, y datos de actividad y consumo se reportan para este año, principalmente por el estudio de referencia número 2 y 3 (ver la Tabla 2)
- **Idioma:** español

2.2.2 Pestaña 2. Base de Entrada y BAU

1. Información Socio-Económica

a) Población

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía indica que de acuerdo al Censo de Población y Vivienda 2010, el Área Metropolitana de Guadalajara tiene una población de 5'243,392 habitantes en el año 2020 (INEGI, 2020). La tasa de crecimiento de la población del 1.9% anual.

Ecuación 2. Determinación del factor de actividad para la categoría VCL de la calculadora MYC, Procedimiento replicado para las demás clases de vehículos.

$$[\text{Km/año/ veh}]_{\text{AP}} = \frac{\text{VKT}_{\text{CamionetasAP}} + \text{VKT}_{\text{AP}} + \text{VKT}_{\text{AP}} + \text{VKT}_{\text{AP}}}{\# \text{Auto Privado}} ;$$

$$[\text{Km/año}]_{\text{AP}} = \frac{\text{VKT}_{\text{AP}}}{\# \text{Auto Privado}}$$

La Tabla 5 presenta los valores de los factores de actividad vehicular ingresados en la calculadora MYC.

Tabla 5. Factores de actividad vehicular ingresados en la calculadora MYC.

Tipo de vehículo	[km / año / vehículo]
Auto privado	17,744
Taxi	19,917
Motocicleta	43,089
Minibús	52,148
Bus	46,570
VCL	19,799

IV. Ocupación y distancia de viaje

a) Tasa de carga u ocupación

Esta información no se tuvo de manera consolidada y oficial al momento del estudio, dada la ausencia de aforos de frecuencia y ocupación visual (FOV) para los distintos modos de transporte del AMG. En aras de correr la calculadora para estimar los resultados, se usaron los valores de ocupación reportados para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá en Colombia, aglomeración urbana que presenta similitudes al AMG en términos de población⁵, y en cuanto a dinámicas de integración regional. La Tabla 6 presenta los valores utilizados en la calculadora MYC.

Tabla 6. Factor de ocupación usada en la calculadora MYC.

Modo de transporte	(Pasajeros / vehículo)	Referencia
Auto Privado	1.62	(Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2020)
Taxi Individual	1.12	
Motocicleta	1.19	
Transporte Público Colectivo	16.36	

b) Distancia de viaje

Esta información no se tuvo de manera consolidada y reportada por una fuente oficial al momento del estudio. Sin embargo, se encontró un reporte para transporte público y caminata derivado de la analítica de datos del planeador de viajes Moovit® (2020) que fue usado como fuente de información en la calculadora. Ante la ausencia de información para los otros modos de transporte, se usaron los valores de

⁵ AMVA: 3.931.447 habitantes. DANE (2020). AMG: 5.179.874 habitantes. INEGI (2020).

distancia de viaje reportados para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá en Colombia. La Tabla 7 presenta los valores utilizados en la calculadora MYC.

Tabla 7. Distancia de en Guadalajara viaje usada en la calculadora MYC

Modo de transporte	Valor (km)	Referencia
TPC	7.8	(Moovit, 2020)
Caminata	0.64	
Auto Privado	7.6	(Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2020)
Taxi Individual	5.4	
Motocicleta	8.6	

Esta variable no es utilizada por la calculadora MYC en la estimación del inventario de emisiones, ni de los escenarios, sino para generar indicadores de emisiones específicas como por ejemplo CO₂/pasajero-kilómetro. De cualquier forma, la obtención de la distancia de viaje a partir del procesamiento de datos en modelos de transporte o encuestas de movilidad puede ser útil para calcular actividades vehiculares a partir del número de viajes estimado para cada modo.

V. Desglose de actividad por tipo de combustible

Los datos suministrados por (WRI.IMEPLAN, 2020) contienen información acerca de los VKT por clase de vehículo, diferenciados para los energéticos gasolina y diésel. Se dividieron los VKT por tipo de energético sobre los VKT totales para determinar el porcentaje. La Ecuación 3 presenta el proceso de cálculo de porcentaje de VKT por tipo de energético para la categoría vehicular VCL, para las demás categorías se siguió el mismo criterio.

Ecuación 3. Actividad vehicular por tipo de energético en la categoría vehicular VCL de la calculadora MYC.

$$\%VKT_{VCL,Gasolina} = \frac{VKT_{G,Camionetas\ SUV} + VKT_{G,Pick\ Up} + VKT_{G,Combis/vagonetas} + VKT_{G,Vehiculos<3,8\ t}}{VKT_{VCL}} ;$$

$$\%VKT_{VCL,Diesel} = \frac{VKT_{D,Camionetas\ SUV} + VKT_{D,Pick\ Up} + VKT_{D,Combis/vagonetas} + VKT_{D,Vehiculos<3,8\ t}}{VKT_{VCL}} ;$$

$$VKT_{VCL} = VKT_{VCL,Gasolina} + VKT_{VCL,Diesel}$$

VI. Consumo de energía

a) Consumo promedio de energía

Esta información no se dispone de manera consolidada o formal. A partir de los datos provistos por (WRI.IMEPLAN, 2020) se estimaron los factores de rendimiento en unidades de litros de combustible / 100 km como lo precisa la calculadora MYC. Se tomó el consumo total de energía por clase de vehículo reportado (118,968 TJ para gasolina y 12,526 TJ para diésel), sobre los VKT de los mismos para obtener un coeficiente en unidades de energía por distancia; se supone que la energía total demandada equivale al desarrollo de la actividad vehicular o VKT totales. El reporte presenta la energía en unidades de Tera Joules; se usaron los poderes caloríficos presentados en la Tabla 8 para realizar la conversión de unidades y expresar los valores de rendimiento de energía, los cuales se presentan en la Tabla 9.

Tabla 8. Poderes caloríficos 2018 - SENER

Combustible	MJ/barril	[TJ/m ³]
Gasolina	5,365	0.033744836
Pemex Diesel	6,037	0.037971589

Tabla 9. Rendimientos de energía por clase de vehículo

Clase de Vehículo	Rendimiento de Energía (l/100 km)	
	Gasolina	Diésel
Motocicletas	9.95	N/A
Autos particulares	9.36	6.81
Taxis	9.18	7.59
Camionetas SUV	11.99	13.91
Pick Up	12.40	13.94
Combis/Vagonetas	12.82	13.96
Vehículos < a 3,8 t,	11.87	13.27
Autobuses	34.52	31.46
Microbuses	34.30	31.78
Vehículos > a 3,8 t, locales	25.91	22.74
Tractocamiones	43.22	40.13

Para la categoría vehicular VLC se realizó una ponderación de valores, la cual se presenta en la Ecuación 4. Este ejercicio se realizó para los energéticos gasolina y diésel.

Ecuación 4. Ponderación de valores de rendimiento de energía para la categoría VCL.

$$[l/100km]_{VCL} = \frac{l/100km_{CamionetSUV} + l/100km_{PickUp} + l/100km_{Combis/vagon} + l/100km_{VKT_{Veh<3,8t}}}{\#VCL}$$

b) Contenido del CO₂ en la energía eléctrica

Este valor es reportado por SEMARNAT (2021) y corresponde a 494 gCO_{2e} / kWh.

2.2.3 Pestaña 3. Escenarios Climáticos

La metodología de evaluación de escenarios climáticos de la Calculadora MYC se divide en tres procesos independientes, asociados a la estimación de impactos de medidas agrupadas en las categorías de i) evitar, ii) cambiar, y iii) mejorar, la realización de viajes urbanos. Por lo tanto, es necesario contar con la evaluación de las medidas en términos de transporte en el siguiente marco de contexto:

- **Medidas de evitar:** porcentaje de kilómetros recorridos (VKT) que pueden evitarse con las medidas de mitigación previstas.
- **Medidas de cambio de modo:** posibles kilómetros adicionales de las categorías vehiculares de transporte público. Ajustes de las nuevas tasas de ocupación vehicular. Modo original de los viajes antes de la implementación de las medidas.

- **Medidas de mejora en la eficiencia:** proporción de kilómetros recorridos por clase de vehículo y tipo de energético en el periodo de análisis. Cambio en el consumo de combustible específico por clase de vehículo y tipo de energético.

A la fecha de realización de este documento, el Área Metropolitana de Guadalajara dispone del Plan de Acción Climática Metropolitana (PAC-Metro) el cual comprende la realización de medidas orientadas a mitigar las emisiones de GEI en el sector transporte. Sin embargo, no se cuenta con la evaluación de impacto de cada una de las medidas propuestas en términos de transporte o de movilidad (reducción de VKT o la identificación de los cambios modales), ni con unas metas homologables con las variables que son requeridas por la calculadora MYC para evaluar los escenarios. El proceso de actualización del PIMUS que derivó en la Estrategia Metropolitana de Movilidad Emergente (EMME) tampoco incluyó la definición de metas concretas de política tal como exigen los escenarios climáticos de la calculadora MYC.

Entendiendo esta limitante, a partir de las líneas programáticas del PAC Metro se realizaron talleres de construcción de escenarios MYC con el grupo de trabajo de IMEPLAN, en los cuales se propusieron metas concretas para medidas prioritarias bajo los enfoques de evitar, cambiar y mejorar para el transporte de pasajeros y de carga. Lo anterior, partiendo del criterio, el juicio y la experiencia de los participantes en los talleres, no de modelaciones exhaustivas de los impactos acumulados de los proyectos sobre el sistema de movilidad metropolitano.

El equipo de Hill pone a disposición la siguiente encuesta en línea para procesos de legitimación o redefinición de metas con las características que requiere la herramienta:

- Escenarios para transporte de pasajeros: <https://es.surveymonkey.com/r/9K67Z8L>
- Escenarios para transporte de carga: <https://es.surveymonkey.com/r/FYYWCG2>

Dado que para cada uno de los tres paquetes de medidas se requiere el impacto estimado en los años 2025, 2030, 2040, y 2050, las preguntas que se realizaron en los talleres de construcción de escenarios MYC se plantearon al año 2050; los años intermedios se estimaron a través de una regresión lineal.

Las siguientes secciones describen en detalle las metas ingresadas en la calculadora para estimar el escenario climático futuro y el potencial de mitigación de GEI del portafolio priorizado de medidas consideradas. En todo caso, el equipo de IMEPLAN puede ajustar las metas en la medida en que haya disponibilidad de análisis de impacto o refrendación de metas a partir de un grupo más nutrido de respondientes a las encuestas habilitadas para su definición.

I. Medidas de Evitar viajes

Dentro del PAC Metro se tienen dos medidas previstas orientadas a evitar la realización, o reducir la distancia, de viajes:

- Polígonos de bajas emisiones.
- Proyectos TOD.

Durante el taller de construcción de escenarios se formularon preguntas orientadas a determinar la información requerida por la calculadora MYC. Para la estimación del impacto de las medidas de evitar, la Tabla 10 presenta los enunciados de las preguntas y sus respectivas respuestas; para establecer el impacto en años anteriores a 2050 se realizó una regresión lineal.

Tabla 10. Resultados del taller de construcción de escenarios, medidas de evitar viajes o distancia de viajes.

Enunciado	2050
Polígonos de bajas emisiones: ¿cuál es la reducción deseable en la actividad de automóviles privados?	28.50%
Polígonos de bajas emisiones: ¿cuál es la reducción deseable en la actividad de motocicletas?	14%
Proyectos TOD: ¿cuál es la reducción deseable en la actividad de automóviles privados?	31%
Proyectos TOD: ¿cuál es la reducción deseable en la actividad de motocicletas?	12.50%
Promedio Auto Privado	30%
Promedio Motocicleta	13%

II. Medidas de Cambiar el modo de los viajes

Dentro del PAC Metro se destacan dos medidas prioritarias que están orientadas a cambiar el modo de transporte de los viajes que se realizan en el AMG:

- Mi macro periférico.
- Construcción de la línea 4 del tren ligero.

Durante el taller de construcción de escenarios se formularon preguntas orientadas a determinar la información requerida por la calculadora MYC para la estimación del impacto de las medidas de cambio de modo de transporte. La Tabla 11 presenta los enunciados de las preguntas y sus respectivas respuestas relacionadas con el modo captado de las medidas; y la Tabla 12, el crecimiento porcentual de la actividad vehicular del transporte público requerido para la implementación de las medidas de cambio de modo. En este último caso, la calculadora exige el reporte de aumento en la actividad de la oferta de transporte público en términos de VKT.

Tabla 11. Resultados del taller de construcción de escenarios, modo captado de las medidas de cambio de modo

Proyecto / Pregunta	Transporte Activo	Auto privado	Taxis individuales	Motos	Buses	Metro	Viajes inducidos
Mi macro periférico: ¿de dónde provendrían los viajes adicionales captados?	11.8%	13.9%	15.1%	8.6%	33.5%	8.2%	9.0%
Ampliación de oferta Tren Ligero (L4): ¿de dónde provendrían los viajes adicionales captados?	9.95%	19.91%	16.59%	6.64%	25.12%	5.21%	16.59%

Tabla 12. Resultados del taller relacionados con aumento de la actividad vehicular del Transporte Público al año 2050

Proyecto / Pregunta	Buses	Mi Macro - BRT	Tren ligero	Minibús	Tren larga distancia
---------------------	-------	----------------	-------------	---------	----------------------

Mi macro periférico: ¿se requeriría un aumento adicional en la actividad vehicular de transporte público?	23.0%	52.4%	16.7%	7.9%	0.0%
Ampliación de oferta Tren Ligero (L4): ¿se requeriría un aumento adicional en la actividad vehicular de transporte público?	20.8%	35.6%	34.7%	8.9%	0.0%

III. Medidas de Mejorar la eficiencia de los viajes

A pesar de que el PAC metro considera medidas relacionadas con el mejoramiento en la tecnología de los vehículos y la inclusión de nuevos energéticos, como la electricidad, no tiene metas explícitas para el mejoramiento de la eficiencia energética en los distintos modos de transporte. Por lo tanto, en el taller de construcción de escenarios se puso a consideración la mejora relativa en eficiencia energética que cada modo tendría en el año 2050, respecto al presente. Esta información se presenta en la tabla 16.

Tabla 13. Mejora en la eficiencia de energía al año 2050.

Modo de transporte	Mejora porcentual de eficiencia energética
Auto privado	21.3%
Taxis individuales	26.4%
Motocicletas	16.7%
Buses - BRT	24.7%
Metro	10.9%

2.2.4 Pestaña 4. Resultados

A continuación, se presentan algunos resultados generados por la Calculadora MYC. El inventario de emisiones de GEI asociado a la operación del transporte de pasajeros estimado por la calculadora MYC para el año 2018 es de 7,249,100 toneladas de CO_{2e}. La Tabla 14 presenta los resultados desagregados dentro del sector transporte.

Tabla 14. Resultados del inventario de emisiones, calculadora MYC

Código en el Common Reporting Format (CRF)	Categorías IPCC	1000t GEI TTW
1,A,3,b,i	Ruta-coche	4,815.7
1,A,3,b,ii	Ruta- Vehículo comercial ligero	0.0
1,A,3,b,iii	Ruta- Camión y buses	133.8
1,A,3,b,iv	Ruta- Motocicleta	2,299.6

La Tabla 15 presenta la línea base de emisiones proyectada entre 2018 y 2050. Es importante mencionar que, ante la ausencia de información sobre el crecimiento de la actividad vehicular hacia el futuro, se tomó el valor de la tasa del crecimiento de la población para esta variable (1.9% anual).

Tabla 15. Resultados de la línea base de emisiones 2018 – 2050 en la calculadora MYC.

Emisiones totales de GEI Escenario BAU TTW (1000t CO _{2e})						
Escenario BAU	2018	2020	2025	2030	2040	2050
Pasajero BAU	7,249.1	7,257.2	8,270.0	9,086.1	10,967.8	13,239.1

La Tabla 16 presenta las emisiones del transporte urbano de pasajeros bajo el escenario climático, y la

Tabla 17 la diferencia porcentual en las emisiones entre ambos escenarios, en el alcance TTW (Tank to Wheels)

Tabla 16. Resultados de emisiones en el escenario climático 2018 – 2050 en la calculadora MYC.

Emisiones totales de GEI escenario climático TTW 1000t GEI TTW						
Escenario climático	2018	2020	2025	2030	2040	2050
Pasajero Clima	7,249.1	7,800.	7,907.0	7,778.0	7,841.6	6,722.7

Tabla 17. Diferencia de las emisiones de GEI entre la línea base y el escenario climático.

Diferencia de las emisiones de GEI entre la BAU y el escenario climático TTW					
Año	2020	2025	2030	2040	2050
Escenario climático vs BAU	3.6%	-4.4%	-14.4%	-31.8%	-49.2%

2.2.5 Pestaña: Validación Top-Down

Este ejercicio es muy útil para cerrar las brechas existentes entre las metodologías de abajo hacia arriba (usada por la Calculadora MYC a partir de la actividad vehicular y rendimiento de energía), y de arriba hacia abajo (basada en el consumo o venta total de energía en el sector transporte). Esta armonización sirve para comprender de mejor manera el orden de los resultados, y mejorar la calidad de información, variables, e indicadores utilizados en los cálculos.

Como se mencionó anteriormente, no se identificó una fuente oficial acerca del balance energético, o de reporte de consumo de energía, para la ciudad de Guadalajara. Sin embargo, dentro de los insumos proporcionados por WRI-IMEPLAN se cuenta con información del consumo de gasolinas de 118,918 TJ y en diésel de 12,562 TJ. Al comparar ambas metodologías, los resultados en gasolina difieren en un 19% y en diésel en un 71%, siendo mayor el dato reportado por el balance. Es importante tener en cuenta que la operación del transporte de carga no se tuvo en cuenta en la Calculadora MYC sino solamente el transporte de pasajeros, lo cual puede explicar la brecha tan grande en diésel.

Finalmente, el numeral 7.2 – Anexo 2, presenta el estado y las fuentes exactas de la información que fue cargada en la calculadora MYC para el caso del AMG. Derivado de esta experiencia, la siguiente sección describe las necesidades de distribución de responsabilidades para facilitar la gestión de datos .

3 Definición de responsabilidades de reporte de información.

La coordinación institucional es crucial para garantizar el reporte de información requerido por la calculadora MYC y los procesos de seguimiento y monitoreo del cumplimiento de metas climáticas del PAC Metro, el PIMUS y la EMME. Por ello, a partir de la identificación de fuentes de datos (Tabla 18), de la encuesta de capacidades locales (Ver numeral 7.3 – Anexo 3) y de las reuniones con SECTRA, el GORE, , se construyó un mapa de actores con responsabilidades asociadas al levantamiento y verificación de cinco conjuntos de datos diferentes.

La Tabla 19 muestra estos conjuntos de datos, incluyendo las organizaciones (tanto estatales como federales) sobre las que recae la principal responsabilidad de reporte y aquellas que pueden revisar y avalar cifras para el contexto local del AMG. En esta tabla también se incluye el listado específico de variables asociadas a cada conjunto de datos, según los requerimientos de la calculadora.

Tabla 18. Principales fuentes de información.

Nombre	Referencia
Registros del padrón vehicular de la Zona Metropolitana de Guadalajara	(Secretaría de Hacienda Pública del Estado de Jalisco, 2020)
Anexo, Memoria de cálculo, Proyecto: Desarrollo de un inventario integrado de Emisiones de Contaminantes Criterio y Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 2018	(WRI,IMEPLAN,, 2018)
Información VKT y combustibles	(WRI,IMEPLAN, 2020)
Plan de Acción Climática del Área Metropolitana de Guadalajara	(IMEPLAN, 2020)
Plan Integral de Movilidad y Transporte Sustentable del Área Metropolitana de Guadalajara – PIMUS	(Instituto de Movilidad y Transporte del Estado de Jalisco, 2015)
Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional	(Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales - SEMARNAT, 2021)

Tabla 19. Organizaciones responsables del levantamiento de información.

Conjunto de datos	Entidades responsables	VARIABLES para reportar
Datos económicos y sociodemográficos.	<i>Responsable principal:</i> Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) <i>Manejo de cifras:</i> IMEPLAN y Secretaría de Desarrollo Económico de Jalisco.	<ul style="list-style-type: none"> • Población • Tasas de crecimiento población • PIB (GDP) • Tasa de crecimiento PIB
Características del parque automotor.	<i>Responsable principal:</i> secretaria de Hacienda Pública de Jalisco <i>Revisión y aprobación de cifras:</i> Secretaría de Transporte del Estado de Jalisco (SETRANS)	<ul style="list-style-type: none"> • Número total de vehículos por categoría vehicular (stock) • Número de vehículos por categoría y tipo de combustible

Conjunto de datos	Entidades responsables	VARIABLES PARA REPORTAR
Demanda de energía.	<p><i>Responsable principal:</i> Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y Comisión Reguladora de Energía (nivel federal).</p> <p><i>Revisión y aprobación de cifras:</i> Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial del Estado de Jalisco (SEMADET)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Contenido CO₂ de electricidad Año Base • Contenido CO₂ de electricidad a 2050 • Consumo promedio de energía por categoría vehicular • Tasa de reducción de consumo de energía por categoría vehicular • Consumo específico de combustible en Escenario Climático <p><i>Balance energético para validación Top-down</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Equilibrio Energético Terrestre / Férreo Gasolina • Equilibrio Energético Terrestre / Férreo Diésel • Equilibrio Energético Terrestre / Férreo Eléctrico • Equilibrio Energético Terrestre / Férreo GLP (gas licuado de petróleo) • Equilibrio Energético Terrestre / Férreo GN (gas natural vehicular)
Operaciones de transporte	<p><i>Responsable principal:</i> Secretaría de Transporte del Estado de Jalisco (SETRANS)</p> <p><i>Revisión y aprobación de cifras:</i> IMEPLAN</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Factor de actividad promedio anual por categoría de vehículo • Tasa crecimiento Kilometraje por categoría vehicular • Factor de ocupación promedio pasajeros • Factor de ocupación promedio carga Longitud de viaje • Distancia recorrida por categoría de vehículo y energético - Año Base
Planificación y construcción de escenarios	<p><i>Responsable principal:</i> IMEPLAN</p> <p><i>Revisión y aprobación de cifras:</i> Centros de investigación – Universidades.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Proyección distancia recorrida por categoría de vehículo y energético • Kilómetros evitados para modos individuales, resultado de las medidas Avoid. • Kilómetros adicionales por modo, resultado de las medidas de Cambio de Modo. • Factor de ocupación promedio pasajeros (nuevo resultado de las medidas de Cambio de Modo) • Modo de transporte original de los nuevos pasajeros del TPC. • Cuota de VKT por tipo de combustible en Escenario Climático • Kilometraje total por categoría vehicular (VKT)

La Figura 2. Mapa de organizaciones involucradas en la gestión de información para la calculadora MYC. En ella, se destaca el rol que puede cumplir la Coordinación de sistemas y planeación de la movilidad al interior del IMEPLAN como líder en la tarea de actualizar, recopilar y reportar información proveniente de distintas entidades federales y estatales.



Figura 2. Mapa de organizaciones involucradas en la gestión de información para la calculadora MYC

El rol de liderazgo del IMEPLAN puede facilitar el monitoreo de datos, siempre y cuando se definan formalmente los canales para el reporte de datos. Para ello, se sugiere el establecimiento de dos instancias:

- **Comité de seguimiento y monitoreo de movilidad:** Se sugiere la creación de esta instancia con participación de las entidades destacadas en la Figura 2, y con la aprobación de la Junta de Coordinación Metropolitana. En este comité pueden exponerse el conjunto de datos que permiten el monitoreo y la evaluación de impactos sociales, ambientales y económicos de proyectos de movilidad, así como las estrategias para mejorar paulatinamente las metodologías para el levantamiento y procesamiento de información.
- **Solicitud anual de actualización de información:** Como parte del proceso de seguimiento a la implementación de los proyectos y programas de movilidad sostenible y baja en carbono, se sugiere que IMEPLAN envíe comunicaciones oficiales a los niveles directivos de las organizaciones mapeadas, solicitando la actualización de las variables asociadas a cada conjunto de datos.

Finalmente, de acuerdo con la experiencia acumulada en esta asistencia técnica, se comparte a continuación algunas reflexiones, sugerencias y buenas prácticas para mejorar la gestión de los datos y el reporte de estos en la calculadora.

3.1 Datos socio económico, características del parque automotor y demanda de energía:

Los datos de población y PIB provienen de fuentes oficiales y de libre acceso corresponden a datos medidos o proyectados por el gobierno nacional o local, su periodicidad es anual.

El registro de vehículos es administrado por la Secretaría de la Hacienda Pública del Estado de Jalisco, y aunque los datos no son de libre acceso, se reportan en diferentes estudios y fueron obtenidos en el marco de este estudio. La información recolectada en los catastros vehiculares permite hacer una buena caracterización de la flota para asignar categorías, rendimientos de energía y factores de actividad según los lineamientos de la Calculadora MYC.

Dentro de los archivos de soporte a distintas referencias citadas en este documento se tienen los reportes de energía vendida en el AMG en unidades de TJ/año. No se distingue la fuente ni el método de reporte. Es muy importante identificar y custodiar la información del balance energético entiendo su escala geográfica.

3.2 Datos de actividad vehicular y movilidad

Proviene de los estudios realizados en el marco “Desarrollo de un inventario integrado de Emisiones de Contaminantes Criterio y Gases y Compuestos de Efecto Invernadero” desarrollado por IMEPLAN para el año base 2018. En este inventario se corrió el modelo de emisiones vehiculares MOVES (US-EPA) con lo cual se derivaron factores de rendimiento de energía y de actividad vehicular. Esto se reconoce como una buena práctica, mas este ejercicio debe hacerse de manera más rigurosa (v.g. considerando el impacto de la edad y el estándar de emisiones), y replicarse continuamente en el tiempo para poder observar el impacto de la renovación de la flota y la intrusión de nuevas tecnologías.

Durante el desarrollo de las actividades no se encontró para el AMG información referente a patrones de movilidad urbana; como el factor de ocupación de los vehículos y la distancia promedio de viaje por modo. Se encontraron datos aislados de fuentes no oficiales. El uso de modelos de transporte de cuatro etapas, y el análisis de datos de libre acceso, son acciones que varias autoridades de transporte vienen usando en su gestión y que permiten precisar los cálculos de emisiones y hacer seguimiento a proyectos de movilidad sostenible.

3.3 Planificación y construcción de escenarios climáticos

Esta información, consistente en la definición y ajuste de metas para los paquetes de medidas de *evitar, cambiar y mejorar*, depende de los procesos de toma de decisión y los instrumentos analíticos y de modelación con que cuenten los equipos de gobierno encargados de ello. Se sugiere acompañar este proceso con las Universidades y Centros de Investigación que estén activos en temas de movilidad y sostenibilidad ambiental en el AMG⁶

Para la evaluación de escenarios climáticos es necesario contar con políticas o acciones concretas en movilidad sostenible; con metas y objetivos precisos de los cuales se puedan derivar simulaciones o modelos prospectivos. Es necesario evaluar el impacto individual y agregado de estas acciones en términos de movilidad y transporte (v.g. cambios en la distribución modal y ocupación, actividad vehicular adicional), y en términos tecnológicos respecto a la flota de vehículos (v.g. nuevos energéticos, cambios en los rendimientos de energía). Estas decisiones corresponden a las entidades del Gobierno encargadas de establecer las políticas sectoriales frente a los compromisos del país ante la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) y otras agendas de sostenibilidad.

En el AMG el Plan de Acción Climático Metropolitano (PAC-Metro) orienta algunas acciones de sostenibilidad en el transporte, sin embargo, las metas de implementación no están claramente fijadas y los

⁶ Se sugiere incluir como mínimo a la Universidad de Guadalajara y a ITESO, pero bien pueden involucrarse todos aquellos centros de pensamiento que demuestren interés y equipos de trabajo en la materia.

impactos no están dimensionados. El ejercicio descrito en el numeral 2.2.3 de este informe debe ser legitimado e, idealmente, replicado en el marco del seguimiento y actualización de la EMME y de los Planes de Movilidad que se desarrollen en las ciudades del AMG. Las metas metropolitanas, en cierta medida, deben reflejar un agregado de metas construidas localmente y que obedezcan a análisis de impacto ex ante medida a medida.

De acuerdo con la EMME, que constituye una guía para la planificación de la movilidad urbana sostenible, la fase de diagnóstico de los planes de movilidad implica la definición de escenarios o modelos de ciudad deseables. Con este escenario de referencia se deben contrastar los indicadores de seguimiento y las evaluaciones de impacto. Sin embargo, la guía hace énfasis en la accesibilidad y poco en los impactos climáticos:

Los escenarios son una herramienta que permiten comprender y evaluar mejor los efectos que tendrán los posibles paquetes de medidas a proponer, y especialmente permiten evaluar las brechas en materia de accesibilidad que podrían ocurrir a partir de estas medidas (Hansz, Hernández & Rubinstein, 2018). La incorporación del análisis de la accesibilidad a las oportunidades es clave en la formulación del plan, como forma de profundizar en la comprensión de la problemática y evaluar no solamente la movilidad actual sino también la potencial.

Por lo anterior, es importante dar la discusión local acerca de las metas climáticas, para legitimarlas de cara a los proyectos concretos impulsados desde la Junta de Gobierno Metropolitana o desde cada uno de los gobiernos municipales que la componen. Para esto, pueden ser muy útiles estudios analíticos prospectivos amparados en la macro-modelación de la movilidad en el AMG, o la definición de metas a partir de encuestas con grupos ampliados de personas que trabajen en el sector (tal como se sugiere en la sección 2.2.3 de este documento).

4 Identificación de herramientas complementarias a MYC

4.1 EcoLogistics self-monitoring tool

Continuando con el objetivo de realizar análisis de emisiones en los escenarios de línea base y de mitigación de GEI se encuentra la calculadora “EcoLogistics self-monitoring tool” basada también en Excel®, desarrollada para que las ciudades estimen sus emisiones de gases de efecto invernadero del transporte urbano de mercancías.

EcoLogistics, permite la evaluación de escenarios de línea de base y objetivo en los que se implementan hipotéticamente tecnologías o estrategias específicas. La calculadora también actúa como una herramienta de monitoreo para que las ciudades hagan comparaciones significativas a lo largo del tiempo y con otras ciudades en términos de emisiones de carga urbana. El término *ciudad* puede entenderse como entidades subnacionales distinguibles geográficamente, como áreas metropolitanas, ciudades, pueblos, comunidades y vecindarios,

La calculadora se encuentra disponible para su descarga en el siguiente [link](#) en versión en español e inglés, adicionalmente se dispone de un manual del usuario que detalla su funcionamiento.



Figura 3. Captura de pantalla home Ecologistics

En detalle, la calculadora está compuesta por un menú principal que da acceso a diferentes hojas de cálculo, donde se permite ingresar los datos de caracterización de la ciudad, la información de las medidas a aplicar y conocer los resultados. A continuación, se describen las pestañas e información necesaria en cada una de ellas para realizar un cálculo de reducción de emisiones,

4.1.1 Perfil de Ciudad

Esta hoja está diseñada para especificar las características del transporte de carga y las características geográficas y demográficas de la ciudad. Adicionalmente permite registrar el índice de calidad del aire y contaminantes clave. La información mínima requerida se lista a continuación.

Tabla 20. Información mínima requerida-Perfil de la ciudad

Item	Información
Características de la ciudad	<ul style="list-style-type: none"> • Ciudad • País • Región • Área (km²) • Límites • Clima (clasificación Köppen) Parámetros de la ciudad <ul style="list-style-type: none"> • Población • PIB • Crecimiento de la población, Transporte <ul style="list-style-type: none"> Vehículos pesados (PBV>3,5t) y Vehículos livianos (PBV<=3,5t) • N° registrado de vehículos • Tasa de crecimiento anual de vehículos registrados Objetivo de reducción de emisiones totales <ul style="list-style-type: none"> • Objetivo de reducción de emisiones transporte carretero
Parámetros de la ciudad	<ul style="list-style-type: none"> • Población • PIB • Crecimiento de la población,
Transporte	Vehículos pesados (PBV>3,5t) y Vehículos livianos (PBV<=3,5t) <ul style="list-style-type: none"> • N° registrado de vehículos • Tasa de crecimiento anual de vehículos registrados Objetivo de reducción de emisiones totales <ul style="list-style-type: none"> • Objetivo de reducción de emisiones transporte carretero

4.1.2 Modos de transporte

La calculadora dispone de cálculo de emisiones para los modos fluvial, férreo y terrestre. Es importante mencionar que la evaluación de impactos en relación a las acciones predeterminadas solo se aplica al modo terrestre.

Tabla 21. Información mínima requerida-modo de transporte

Item	Información
Transporte Férreo:	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de tren • Distancia total (km) • Tipo de tracción (unidad): (Energético) • Consumo(l/100km)
Transporte fluvial	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de buque (peso bruto) • Distancia total (km) • Tipo de combustible • Consumo (l/100km)



Transporte Carretero	<ul style="list-style-type: none"> • Categorías vehiculares <ul style="list-style-type: none"> o Bicicleta de carga o Moto-taxi (v,g, rickshaw, tuk tuk) o Motocicleta o Vehículo ligero (PBV <3,5 t) o Camión rígido (3,5t < PBV < 7,5t) o Camión rígido (7,5t < PBV < 12t) o Camión rígido (12t < PBV < 20t) o Camión rígido (PBV > 20t) o Camión articulado (PBV > 20t) • Distancia total recorrida por cada categoría vehicular en millones de kilómetros. • Tipo de combustible: <ul style="list-style-type: none"> o Diésel o Gasolina o CNG o GLP o GNL o Electricidad o Bio-metano o Bio-GNC • Consumo de combustible (l/100 km), Opcional, la calculadora dispone de valores por defecto. • Factor de ocupación de carga (%), Opcional, la calculadora dispone de valores por defecto.
-----------------------------	--

Al diligenciar cada uno de los modos la calculadora permite calcular las emisiones de CO₂ y CO₂e en millones de toneladas e insertar la combinación de tipo de vehículo, Distancia total, tipo de combustible y consumo en la base de datos. Estas entradas serán utilizadas para la evaluación de impacto de acciones y el cálculo de emisiones.

4.1.3 Evaluación de impacto

La calculadora permite evaluar el impacto de 4 acciones específicas en el transporte carretero, las variables de cada acción están previamente establecidas y no es posible aplicar nuevas acciones. Se debe definir cuál será el incremento porcentual del transporte anualmente, el cual se aplica para todas las acciones, A continuación, se detallan estas acciones:

- **Cambio de combustible:** tipo mejorar, esta acción aplica el cambio de combustible en toda la flota del energético que se seleccione para ser reemplazado, Incluye tecnologías para promover la alta eficiencia y los combustibles alternativos como los biocombustibles, bio GNC, así como GNL, etc.

Tabla 22. Información mínima requerida-cambio de combustible

Item	Información
Tipo de vehículo:	<ul style="list-style-type: none"> ○ Bicicleta de carga ○ Moto-taxi (v,g, rickshaw, tuk tuk) ○ Motocicleta ○ Vehículo ligero (PBV <3,5 t) ○ Camión rígido (3,5t < PBV < 7,5t) ○ Camión rígido (7,5t < PBV < 12t) ○ Camión rígido (12t < PBV < 20t) ○ Camión rígido (PBV > 20t) ○ Camión articulado (PBV > 20t)
Vehículo refrigerado	(si/no)
Combustible de referencia o combustible que se va a reemplazar	Combustible de referencia
Combustible a usar	Combustible a usar

- **Reducción de la distancia:** tipo evitar, implica la reducción de kilómetros recorridos del vehículo de un tipo específico de vehículo.

Tabla 23. Información mínima requerida-Reducción de la distancia

Item	Información
Tipo de vehículo:	<ul style="list-style-type: none"> ○ Bicicleta de carga ○ Moto-taxi (v,g, rickshaw, tuk tuk) ○ Motocicleta ○ Vehículo ligero (PBV <3,5 t) ○ Camión rígido (3,5t < PBV < 7,5t) ○ Camión rígido (7,5t < PBV < 12t) ○ Camión rígido (12t < PBV < 20t) ○ Camión rígido (PBV > 20t) ○ Camión articulado (PBV > 20t)
Vehículo refrigerado	(si/no)
Combustible de referencia o combustible que se va a reemplazar	Combustible de referencia

- **Conducción eficiente:** tipo mejorar, implica capacitar a los conductores para conducir de manera ecológica a fin de ahorrar combustible y reducir las emisiones.

Tabla 24. Información mínima requerida-conducción eficiente

Item	Información
Tipo de vehículo:	<ul style="list-style-type: none"> ○ Bicicleta de carga ○ Moto-taxi (v,g, rickshaw, tuk tuk) ○ Motocicleta ○ Vehículo ligero (PBV <3,5 t) ○ Camión rígido (3,5t < PBV < 7,5t) ○ Camión rígido (7,5t < PBV < 12t) ○ Camión rígido (12t < PBV < 20t) ○ Camión rígido (PBV > 20t) ○ Camión articulado (PBV > 20t)
Vehículo refrigerado	(si/no)
Tasa de ahorro de combustible	Tasa

- Entregas fuera de horario: tipo mejorar, esta acción se enfoca en cambiar las entregas de carga del horario convencional y en hora pico a periodos fuera de horario.

Tabla 25. Información mínima requerida-entregas fuera de horario

Item	Información
Tipo de vehículo:	<ul style="list-style-type: none"> ○ Bicicleta de carga ○ Moto-taxi (v,g, rickshaw, tuk tuk) ○ Motocicleta ○ Vehículo ligero (PBV <3,5 t) ○ Camión rígido (3,5t < PBV < 7,5t) ○ Camión rígido (7,5t < PBV < 12t) ○ Camión rígido (12t < PBV < 20t) ○ Camión rígido (PBV > 20t) ○ Camión articulado (PBV > 20t)
Vehículo refrigerado	(si/no)
Periodo fuera de horario	<ul style="list-style-type: none"> ○ 7pm-6am ○ 6pm-10pm ○ 6am-7pm

4.1.4 Resultados

Esta hoja presenta el resumen de resultados de CO₂e en millones de toneladas para cada uno de los modos de transporte, tipos de viaje, emisiones por tipo de vehículo en el año referencia para cada uno de los modos y emisiones por tipo de combustible en el año de referencia para cada uno de los modos.

4.1.5 Piloto de aplicación de la herramienta en el AMG

Como parte del presente ejercicio, se realizó la aplicación de la calculadora Ecologistics a Guadalajara, introduciendo la información disponible y mínima requerida por la calculadora para obtener la estimación de emisiones (Ver Anexo 2). A continuación, se presentan los campos diligenciados, fuentes de información y el procedimiento para actualizarlos:

Perfil de la ciudad: en la hoja inicial se introdujeron los siguientes datos



Tabla 26. Información socioeconómica Área Metropolitana de Guadalajara,

Variable / Parámetro	Valor	Año	Fuente
Área (km ²)	3,265	2012	Ciudad IMEPLAN
Clima	Csa	2021	Clima Guadalajara: Temperatura, Climograma y Tabla climática para Guadalajara - Climate-Data.org
Población	5,179,874	2020	Área Metropolitana de Guadalajara Gobierno del Estado de Jalisco
Tasa crecimiento poblacional	1.2	2020	ResultCenso2020_Nal.pdf (inegi.org.mx)
PIB – Millones USD	80,656	2014	Global Metro Monitor
N° registrado de vehículos (k) PBV>3.5 ton	20,857	2018	IMEPLAN 2018
N° registrado de vehículos (k) PBV<3.5 ton	39,956	2018	IMEPLAN 2018
Objetivo de reducción de emisiones totales transporte carretero	4%	2019	Juicio de expertos

Csa: Clima mediterráneo seco, según la escala de Köppen.

Carga urbana-carretera:

En la hoja carga urbana-carretera se introdujeron los datos suministrados por (WRI.IMEPLAN, 2020) en referencia a distancia total en millones de kilómetros y consumo por tipo de combustible para vehículo ligero y camión rígido, Es importante mencionar que en esta sección de la calculadora se deben insertar los datos ingresados en la base de datos para que cada combinación de información sea sumada al número total de emisiones por modo y tipo de combustible. Así mismo los consumos especificados serán tenidos en cuenta al momento aplicar la acción de cambio de combustible.

Datos de entrada del transporte por carretera

Año: 2019

Peso bruto del vehículo (t): Vehículo ligero (<3.5 t)

Factor de carga (%): 24

Distancia total (millones km): 682,25

Milliones ton.km: 212,862

Tipo de combustible: Gasolina pura

Consumo (l/100 km)*: 11,87 NA

Tipo de viaje: No aplica

Tipo de mercancía: Not applicable

Seleccionar si es refrigerado

Nº vehículos (k): 34800

Años vehículos: Not applicable

Unidad combustible: litro

Electricidad FE^{2*,3*}: No aplica

Emissiones (Millones de toneladas)

CO₂: 0,228372272

CO_{2e}: 0,221473201

* Consumo de combustible (litros / 100 km), (galones / 100 km), (kg / 100 km) o (kWh / 100 km), según el tipo de combustible y su unidad respectiva.
 2 * Factores de emisión de electricidad (g CO_{2e} por kWh), cuando los usuarios eligen la electricidad como tipo de energía.
 3 * La Agencia Internacional de Energía (AIE) compila y publica listas actualizadas anualmente de factores nacionales de emisión de electricidad, y recomendamos que las ciudades lo utilicen como fuente de información. Se pueden encontrar otras fuentes disponibles en https://www.carbonfootprint.com/docs/2019_06_emissions_factors_sources_for_2019_electricity.pdf.

Figura 4. Captura de pantalla carga urbana: carretera Ecologistics

Luego de ingresar los datos mínimos requeridos (celdas de color amarillo) se debe utilizar el botón calcular para obtener el cálculo de emisiones en CO₂ y CO_{2e}. A continuación, es necesario utilizar el botón insertar para guardar la información en la base de datos, se observará una ventana de confirmación y la calculadora mostrará la base de datos actual, Adicionalmente es posible ingresar la base de datos utilizando el botón mostrar

Road transport records

Columna A	Columna B	Columna C	Columna D	Columna E	Columna F	Columna G	Columna H	Columna I
Año	Peso bruto del veh	Factor de carga	Distancia total (mil)	Milliones ton.km	Tipo de combustib	Unidad de combus	Consumo (l/100km)	CO ₂
2019	Vehículo ligero (< 3.5 t)	24	682,25	212,862	Gasolina pura	litro	11,87	0,228372272
2019	Camión rígido (3.5 t)	60	338,73	467,4474	Diésel puro	litro	22,74	0,221473201
2019	Vehículo ligero (< 3.5 t)	36	103,59	48,48012	Diésel puro	litro	13,27	0,221473201
2019	Camión rígido (3.5 t)	60	314,14	433,5132	Gasolina pura	litro	25,91	0,221473201
2019	Camión rígido (12t)	60	338,73	1707,1992	Diésel puro	litro	22,74	0,221473201
2019	Camión rígido (12t)	60	314,14	1583,2656	Gasolina pura	litro	25,91	0,221473201

Figura 5. Captura de pantalla base de datos Ecologistics

Finalmente, para editar la información ya guardada en la base de datos, es necesario ingresar a la ventana anterior y seleccionar la combinación que se quiere editar, y utilizar el botón seleccionar fila, la calculadora cargará la información nuevamente en la ventana de la Figura 5, luego de editar la información se debe utilizar el botón insertar, aceptando la ventana de confirmación que especifica que

se actualizará la información. De esta forma es posible actualizar la información de la calculadora Ecologistics para continuar con su aplicación.

4.2 Tablero parque vehicular - AMG

Tal como se anunció en la sección 2.2.2, como parte de la asistencia técnica y con la información disponible de IMEPLAN 2018, fue desarrollado un tablero de visualización de la información en la herramienta Power BI, la cual permite consolidar la información y ordenarla facilitando su análisis. Este tablero, disponible [aquí](#), se entrega como resultado adicional del proyecto.



Figura 6. Tablero de visualización del parque automotor del AMG

En caso que se quiera actualizar el tablero construido, se deben realizar los siguientes pasos:

1. Tener base de datos del IMEPLAN actualizada conservando la misma estructura de campos (Anexo 3),
2. Abrir el archivo flota Guadalajara.pbix (Anexo 4) con instalación previa de [power bi desktop](#) (gratuito)
3. Dirigirse al menú Archivo-opciones de configuración-configuración de origen de datos y modificar el origen de la base de datos de acuerdo a la ubicación local del archivo (Ver Figura 7)
4. Actualizar el tablero utilizando la opción actualizar del menú inicio (Figura 8)

De esta forma se actualizará el tablero con la información registrada en la base de datos y será posible su publicación en la web siguiendo el paso a paso disponible en este [link](#). El procedimiento solo puede realizarse si se cuenta con una licencia de Power BI pro.

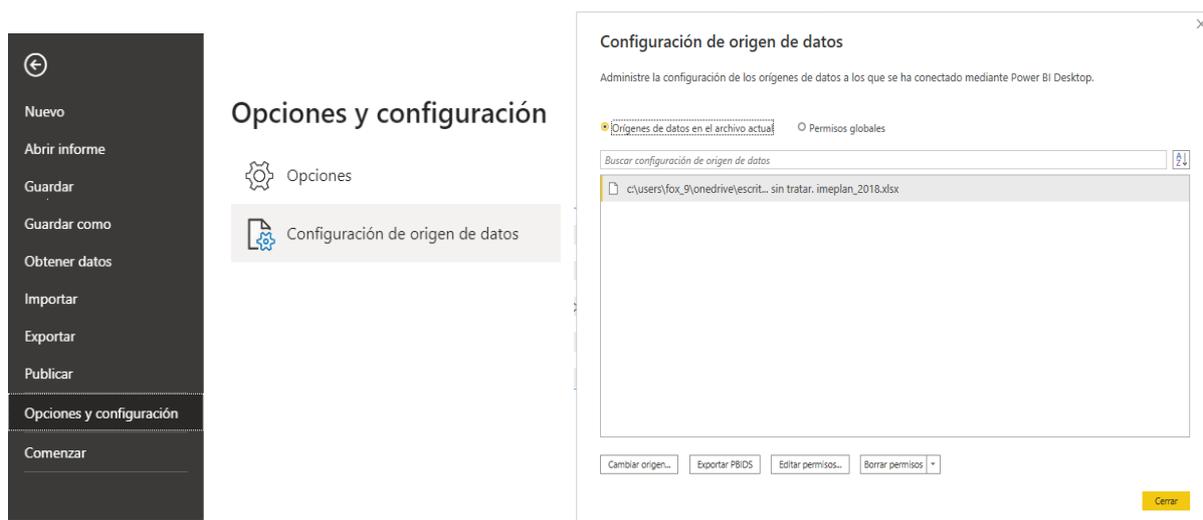


Figura 7. Capturas de pantalla Power BI

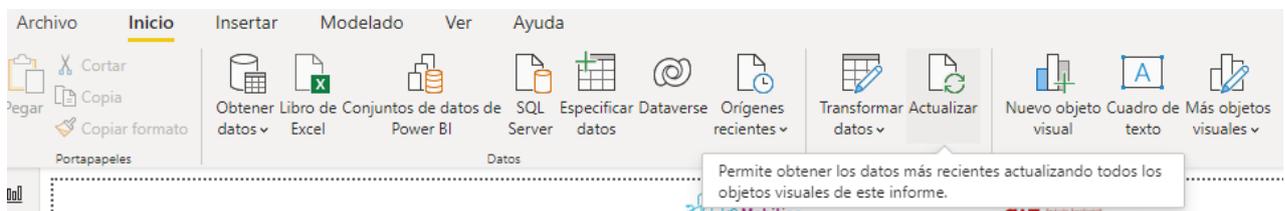


Figura 8. Capturas de pantalla actualización Power BI

4.3 Métodos de levantamiento de información para indicadores de movilidad

A la fecha la principal fuente de información de los patrones de viaje de una ciudad son las encuestas origen – destino normalmente hechas en hogares, que suelen tener una periodicidad entre 5 y 10 años; esta información ha demostrado ser válida para planear, diseñar e implementar las necesidades de movilidad de una ciudad sin embargo el costo y por ende la frecuencia con que se renueva resulta ser un inconveniente porque no permite evidenciar actuaciones o intervenciones urbanas intermedias y suele ser común que en ciudades pequeñas e intermedias el intervalo entre encuestas supere los 10 años.

Adicionalmente, en la medida que más se conecta el mundo el interés por recopilar información de las personas para perfilar sus hábitos de consumo, comportamiento, corriente ideológica, condiciones socioeconómicas etc., han llevado a un incremento en la aplicación de encuestas y la captura de información por diferentes medios, lo que hace más difícil la tarea de encuestas en hogares porque existe ahora una menor disposición a atenderlas.

Ahora bien, se vienen implementando otras formas de levantar esta información que puede disminuir la periodicidad y quizás los costos como los son el uso de aplicaciones móviles, las encuestas en línea y el uso de datos móviles agregados (Big Data). A continuación se explica brevemente las implicaciones de cada uno de estos métodos y, en la Tabla 27 una calificación cualitativa de los mismos que puede apoyar la toma de decisión acerca de cuál emplear en el marco de un sistema de monitoreo para el PAC Metro, el PIMUS y la EMME.



- Aplicaciones Móviles:** La mayoría de las aplicaciones móviles, tienen acceso a la ubicación de los usuarios (por supuesto autorizado por el usuario), información relevante para determinar orígenes y destinos de los viajes, a su vez se han venido desarrollando aplicaciones dedicadas al transporte o a resolver necesidades de transporte, sin embargo, son pocas las que atienden o recogen todos los modos de una ciudad: casos como Google Maps, en donde para la sugerencia de ruta se escoge el modo muestra un gran fuente de información continua de los viajes de una persona. El uso de aplicaciones como fuente de información para caracterizar los viajes de una ciudad requiere de una revisión cuidadosa para garantizar la validez estadística de los datos debido a que la muestra, es decir la población que la usa, puede estar inclinada hacia un grupo bien sea por edad, localización nivel de ingresos o grado de educación entre otros. El ordenamiento de los registros por modo depende de la información entregada por el usuario y la capacidad de aprendizaje del software que procesa los datos (inteligencia artificial): requiere información sociodemográfica, usos de suelo, redes de transporte y de servicios entre otros.
- Encuestas en línea:** Al igual que las aplicaciones móviles el reto de esta forma es conseguir la validez estadística, sin embargo, empresas dedicadas a este tipo de encuestas vienen mejorando el grupo muestral: suelen tener validez en cuanto a la cobertura geográfica, pero debilidad en cuanto al cumplimiento por edad o grupo socioeconómico. El grupo muestral suele ser fidelizado mediante incentivos por la atención de encuestas. Al ser una encuesta se puede capturar información de modo y motivo.
- Datos Móviles (BIG DATA):** Este método recoge toda la actividad de la red móvil y dado que la gran mayoría de la población cuenta con un celular la muestra en cobertura geográfica regularmente es válida. Al igual que las aplicaciones móviles necesita de inteligencia artificial para lograr identificar modo de viaje y motivo. Debido al registro permanente de información se puede hacer seguimiento continuo de los patrones de viaje. La gran ventaja de los datos móviles radica en que la recolección de información es pasiva y no se debe recurrir a la memoria de los usuarios ni a su percepción del tiempo. La principal dificultad de esta metodología radica en la identificación de características particulares del viaje como el modo de transporte y el motivo, sin embargo, esta información puede ser obtenida mediante encuestas cortas (por mensaje)

Tabla 27. Calificación Cualitativa de los métodos

Método	Validez Estadística	Costo ⁷	Frecuencia ⁸ de información	Resultados en el Tiempo
Encuestas O-D, hogares	Alta	Alto: por trabajo de campo	Baja	Al terminar procesamiento
Aplicaciones Móviles	Depende de la penetración de la aplicación	Medio: alta necesidad de programación	Alta	Posterior a etapa de aprendizaje y penetración de la aplicación

⁷ Aunque los costos son difíciles de determinar, se ha establecido una escala relativa bajo los siguientes criterios: una encuesta de hogares requiere de uso intensivo de personal en un corto periodo de tiempo y para cada nueva toma el gasto es similar, en el caso de encuestas en líneas se puede partir de una base muestral y de programación para replicar la encuesta con intervalos inferiores a dos años. En el caso de las aplicaciones y los datos móviles, necesitan de una intensiva etapa de programación y luego un constante procesamiento de los datos, aunque se tiene gran cantidad de información, en el caso de los datos móviles, las empresas operadoras suelen cobrar por los registros suministrados.

⁸ Una frecuencia baja es tener un paquete de registros cada 5 años o más, media registros cada uno o dos años y alta registros menores a un año que incluyen variaciones mensuales (estacionales).



Método	Validez Estadística	Costo ⁷	Frecuencia ⁸ de información	Resultados en el Tiempo
Encuestas en línea	Media	Medio: Para preparación de la encuesta	Media	Al terminar procesamiento
Datos Móviles	Media – Alta: mejora con el tiempo	Medio – Alto: Por ahora hay una alta necesidad de programación y procesamiento de las bases de datos, pero en la medida que se aprenda el costo será menor	Alta	Posterior a etapa de aprendizaje.

Con la información obtenida de los viajes, se tiene una parte del comportamiento de los flujos de una ciudad, es posible definir origen y destino, horario y con mayor esfuerzo motivo y modo de transporte, por su puesto esta información también está acompañada de magnitud (Cantidad de viajes por par O-D y sus características), sin embargo es necesario validar este valor con datos observados y para ello se suele utilizar la recolección de información en campo como aforos vehiculares y mediciones de ocupación, validaciones de sistemas de recaudo bien sea de pasajeros o de peajes para vehículos.

Normalmente esta información es muy precisa en cuanto a magnitud y llevada a un modelo de red puede ser utilizada para calibrar las matrices de viajes obtenidas de encuestas u otros métodos.

Una circunstancia distinta surge cuando se quiere evaluar una actuación específica, por ejemplo, un Desarrollo orientado al Transporte (DOT), en cuyo caso en la etapa de Factibilidad se puede recurrir a un modelo de 4 etapas, dado que su implementación causará cambios en las necesidades de viaje, la relación entre zonas y la elección de modo. Este mismo modelo, puede ser alimentado en las etapas de medición y seguimiento, acompañado de recolecciones de información focalizadas en el área de estudio.

En general un modelo de transporte no puede suplir la recolección de información y para efectos de seguimiento, en el ámbito urbano especialmente, la etapa de asignación es la más relevante, gracias a que con ella se puede conciliar la información de viajes y las mediciones en campo.

4.3.1 Análisis de Aplicación Móvil para Planeación de Viajes en el AMG (Periplo)

El análisis del potencial de integración del APP que se está desarrollando para el IMEPLAN en el marco del programa Euroclima+, parte del reconocimiento de la necesidad expresada por la entidad al comienzo de la cooperación. La conceptualización original de la herramienta hacía énfasis en atributos de una aplicación móvil que permitiera analizar desplazamientos metropolitanos y evitar así la dependencia de las encuestas de hogares para la actualización de las Matrices OD.

En términos generales, el uso de este tipo de herramientas permite la recolección constante de información de los viajes habituales de las personas incluidos los intercambios modales. Con un periodo de tiempo suficiente y el uso de los registros anonimizados de los viajes más un trabajo estadístico adecuado de los datos es posible caracterizar el comportamiento de la población en materia de movilidad. Si esta información que puede expresarse como un conjunto de **matrices de viajes** es asociada a información precisa de campo como conteos vehiculares, registros de acceso a los modos de uso público e inventarios de rutas se contara con insumos suficientes para **construir y alimentar un modelo de transporte público** con el cual se pueda calcular la actividad vehicular presente y futura.

En este contexto, esta sección presenta un análisis del potencial de integración entre la calculadora de emisiones de MYC y el APP Aplicación Móvil para Planeación de Viajes en el AMG (Periplo), a partir de la revisión de los términos de referencia de la consultoría encargada del desarrollo del APP y la revisión del alcance de los productos previsto por la empresa GoAscendal, adjudicataria de este. Lo anterior, teniendo en cuenta las principales características, fortalezas y debilidades de la conceptualización del APP así como su complementariedad con la herramienta MYC.

La Figura 9 muestra las fases del estudio y la metodología que está siguiendo la consultora seleccionada para desarrollar el APP. Se destaca el mapeo inicial de modos informales y la necesidad de incorporar un módulo de *User Movement Analytics* para permitir la trazabilidad de los viajes.



Figura 9. Metodología propuesta por GoAscendal para desarrollar el APP.
 Fuente: Presentación de GoAscendal

A grandes rasgos, el modelo construido con los registros de las aplicaciones *multi modales Journey Planner*, debiera tener la estructura habitual de un modelo de 4 etapas (generación-atracción, distribución, partición modal y asignación) y para ello, es necesario contar con la siguiente información:

Tabla 28. Información necesaria para desarrollo de modelos de transporte clásicos de 4 etapas

Etapa	Dato de la APP	Información Adicional
Generación – Atracción	Origen y Destino de los viajes	Población por zonas Usos de Suelo con área Caracterizaciones socioeconómicas
Distribución	Cantidades de viajes entre pares O-D (normalizados estadísticamente)	Impedancia regular entre Origen y destino (habitualmente distancia)
Partición Modal	Viajes O-D por modo principal	Preferencias declaradas
Asignación	Viajes O-D por modo principal	Aforos vehiculares Accesos a Modos Públicos Inventario de Rutas Redes viales



Con el modelo plenamente estructurado, en la etapa de asignación por modo se obtendrán los valores de actividad vehicular (VKTs) por modo, el cual es el parámetro clave para alimentar la calculadora de emisiones de MYC. Esto depende de dos cosas: que se cargue la información de inventarios de rutas formales e informales (idealmente en forma de archivos GTFS) y las redes viales, y que la muestra de usuarios sea suficientemente representativa para que los datos puedan ser expandidos al sistema de transporte público de toda la ciudad.

En este sentido, las siguientes reflexiones son importantes para inferir la utilidad del APP en relación con la información requerida para el cálculo de emisiones:

- *¿Los archivos GTFS permiten calcular la actividad vehicular del transporte público colectivo? ¿Se requiere algún procesamiento automatizado en el APP para calcular VKTs locales?*

En materia de transporte público, la información GTFS, tiene dos alcances según la cantidad de atributos que contenga: Si el registro de información se limita al trazado de las rutas será una fuente relevante como inventario de oferta de servicios para un modelo de transporte; si contiene información operativa como la frecuencia servirá además como estimación de los VKTs del transporte público que podrá ser elemento de control de los resultados del modelo.

- *¿Cómo incorporar la informalidad al modelo de emisiones? ¿Debe caracterizarse la oferta de transporte informal según tipologías vehiculares (automóvil, motocicleta, buses)?*

Los viajes en modos informales suelen ser de difícil caracterización con las herramientas como la app, porque se pueden asociar a modos privados como el automóvil o la motocicleta, luego para ello es indispensable acudir a estudios específicos que caractericen su actividad. Podría surgir información de utilidad para la calculadora de emisiones, siempre y cuando los modos informales integrados en el APP ofrezcan información de rutas y frecuencias, lo cual es altamente improbable

- *¿Cuál es el potencial de encuestas de usuarios de transporte público? ¿Sirve para estimar información útil de factores de actividad, partición modal?*

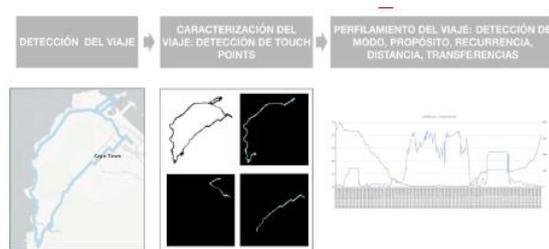
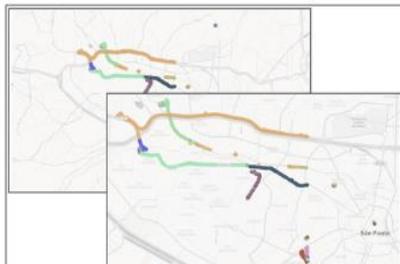
Contando con información de aplicaciones para caracterizar los viajes, las encuestas a los usuarios pueden enfocarse a la caracterización de las preferencias de los usuarios, útil para la etapa de modelación partición modal, ya sea para una situación actual o para condiciones futuras que incluyan nuevos modos. También es conveniente el uso de encuestas para completar la representatividad de todos los grupos o segmentos poblacionales.

Se espera que la app pueda generar como mínimo la siguiente información de salida que, parcialmente, podría ser integrada a dicha herramienta. Esta información fue compartida con el equipo consultor, a través de la coordinación de GIZ en Guadalajara y el IMEPLAN.

- Número de consultas de rutas en el APP y verificación de viajes efectivamente realizados gracias a la orientación al usuario brindada por la misma.
- Caracterización de usuarios del APP (Edad, Género, Motivo de Viaje, Nivel de ingresos, tenencia de vehículos)
- Distribución modal (para los distintos servicios de transporte público) de los viajes facilitados por el APP
- Distancia promedio de viajes facilitados por el APP, discriminada por modos de transporte público usados.

Esta información podría ser obtenida, de acuerdo con el planteamiento de los registros que podrán ser capturados a partir del módulo UMA de la APP que se muestran en la Figura 10.

- Registro de ubicación de forma pasiva y anónima sujeto al otorgamiento de permisos
- Origen/Destino, Tiempos de viaje, Distancias recorridas, Lat/Lon, Viajes, Etapas de viajes. Captura cada 5 seg y 5 m los registros generados por cada dispositivo.
- Se complementa con otras fuentes, que permiten enriquecer los resultados y asociar información cualitativa con los datos recolectados para su expansión.



- Generación de diarios de viaje
- Caracterización de viajes
- Privacidad de datos:
 - ✓ Datos anonimizados
 - ✓ Id random por usuario
 - ✓ Los datos se comparten agregados
- Seguridad de la información:
 - ✓ GDPR
 - ✓ Amazon Web Services (AWS)
 - ✓ Amazon Elastic Container Service (ECS)

Figura 10. Registros de movilidad que serán ofrecidos por la UMA

La representatividad de la información que se recolecte dependerá del desarrollo de las siguientes actividades, necesarias para el éxito del proyecto de acuerdo con la opinión del equipo consultor de GoAscendal, y las cuales deben ser desarrolladas por el IMEPLAN:

- Promocionar la App para asegurar un amplio espectro de usuarios y una adecuada representatividad de la muestra. Idealmente, se debería contar con decenas de miles de usuarios activos para garantizar los datos.
- Proporcionar acceso a datos relevantes de servicios e infraestructura de movilidad para fortalecer las definiciones de la App, entre ellas las tarifas, los archivos GTFS, y la geolocalización de paradas rutas y servicios por modo, en caso de que no estén disponibles los GTFS.
- Validar el cuestionario de la encuesta web y avalar el plan de aplicación

Al respecto, las siguientes preguntas ilustran los retos futuros del APP:

- *¿Cómo puede expandirse esta información para calcular la actividad total del parque automotor asociada al transporte público y al transporte activo?*

Las apps, frente a una encuesta o el uso de datos móviles masivos, tienen una debilidad y es la expansión de los datos para que sean representativos de toda la población: la razón de esta dificultad radica en conseguir una muestra valida estadísticamente a nivel de segmentos de poblaciones, estratos o modos: este tipo de aplicaciones suele ser usado por grupos poblaciones que no representan todo el universo, por ejemplo, personas dentro de un rango de edad o un nivel socioeconómico etc. Para garantizar la correcta expansión de la información se debe dar atención al proceso de estratificación del universo y si es necesario acudir a otra fuente de información que ayude a completar los registros para los estratos (perfiles socioeconómicos) no representados.



- El consultor propuso sacar provecho del módulo de User Movement Analytics (UMA) ¿esto puede ayudar a cuantificar VKTs?

Si el uso del módulo incluyen el modo de transporte, o se pueden vincular a un modo, tiene dos usos: la construcción de los registros OD necesarios para caracterizar todos los viajes y si se habla de modos privados, se puede cuantificar directamente VKTs, aunque será una muestra que debe ser expandida estadísticamente. Es muy importante que los usuarios puedan registrar el modo directamente para reducir la incertidumbre asociada al uso compartido de las vías por parte de distintos tipos de servicios (transporte informal, buses, taxis, etc.)

Un reto importante es la continuidad del registro de información por parte de los usuarios. Habitualmente los *Journey Planners* son usados durante las primeras experiencias de viaje, pero una vez la persona a aprendido cuál es el servicio o la combinación de servicios que es útil para ella, es probable que deje de usar el APP y apele a su aprendizaje previo. Por eso, deben desarrollarse incentivos que permitan mantener una muestra (similar a un estudio longitudinal) que ofrezca información en periodos largos de tiempo.

Finalmente, la siguiente tabla resume el análisis de utilidad del APP para el cargue de información en la calculadora de MYC, partiendo de las necesidades de esta última y del potencial de captura de información de la primera.

Tabla 29. Mapeo de requerimientos de información y contraste con APP

Categoría de información	Necesidades de información MYC	¿Es útil el APP?
Datos socioeconómicos y de población	<ul style="list-style-type: none"> • Población (Número de habitantes) • PIB histórico • Tasa de crecimiento del PIB 	No
Flota, actividad vehicular y participación por modos	<ul style="list-style-type: none"> • VKT (kilómetros recorridos al año por la flota de cada categoría) o tamaño de la flota (# de vehículos) y actividad por vehículo (km/veh-año) • Inventario del parque automotor vehicular por año: identificando si es posible tipología, energético usado, año modelo, tipo de servicio (público, privado). • Consumo específico de combustible por tipo de vehículo (km/gal o l/100 km) • Si cuentan con datos históricos para transporte de pasajeros de participación modal de los modos privados, públicos, caminata y bicicleta. • Si cuentan con proyecciones del crecimiento de demanda de transporte por modos, y con metas en cobertura de sistemas de transporte o con otro tipo de metas ambientales o energéticas para el transporte. • Ocupación media vehicular por tipo de vehículo (pax/vehículo o IPK para transporte público - Índice de Pasajeros por Kilómetro) 	Parcialmente, dependiendo de la información que se entregue en los archivos GTFS puede aportar los VKT para el segmento de transporte público de pasajeros



Categoría de información	Necesidades de información MYC	¿Es útil el APP?
Información energética y de emisiones:	<ul style="list-style-type: none"> Factor de emisión de la electricidad (gramos CO₂e/KWh) Factores de emisión de CO₂ específicos para los combustibles de Ecuador (ejemplo: kg CO₂/TJ diésel) Normas locales de emisiones para contaminantes locales (opcional) 	No
Balance de energía para validación top-down	<ul style="list-style-type: none"> Consumos energéticos totales anuales por tipo de energético. Proyecciones de demanda de los distintos energéticos (opcional). 	No, a no ser que los GTFS incluyan energéticos usados por los vehículos asociados a rutas específicas.
Escenarios climáticos	<ul style="list-style-type: none"> Modo de transporte usado previamente por usuarios nuevos de transporte público o de transporte activos (bicicletas privadas y bicicletas públicas) 	Si, en caso de que las encuestas de la APP contengan preguntas de preferencia revelada.

4.3.2 Modelación de la demanda

Los modelos de transporte tienen como principal finalidad explicar los viajes de las personas y ayudar en la planeación de una ciudad, región o país, sin embargo, para efectos de seguimiento de medidas no necesariamente se debe enmarcar en un modelo específico, sino que dependiendo las circunstancias y la información disponible puede variar el grado de complejidad del modelo.

Para el ámbito urbano, se suele pensar en la elaboración de un modelo clásico de 4 etapas⁹, pero quizás no sea necesaria la existencia de este para poder determinar las variables de seguimiento de una media mitigación de GEI. Por ejemplo, si con una encuesta se puede establecer origen y destino, magnitud y características del viaje (modo principalmente) y a estos datos se les puede verificar con mediciones en campo, es posible que solo se necesite de la etapa 4 del modelo clásico, es decir *la asignación* con la cual se haría la validación de las mediciones a través de procesos de calibración y se obtienen las variables relevantes para el seguimiento como lo es la actividad por modo (regularmente kilómetros totales - VKT).

⁹ Modelo que busca explicar el comportamiento de los viajes desde la linealización de los eventos que ocurren Necesidad del viaje (Generación – Atracción), Conformación de la relaciones entre punto de viajes (Distribución), elección del Modo (Partición Modal) y escogencia de ruta (Asignación)

5 Lineamientos para la implementación de un observatorio de movilidad y cambio climático en el AMG

La experiencia internacional muestra que a pesar de los múltiples esfuerzos e inversiones por reducir las emisiones GEI del sector transporte, estas continúan con una tendencia creciente, y gran parte se debe al crecimiento de los países en vía de desarrollo (Santos, 2017). Factores como el aumento de la tasa de motorización, la pérdida de participación del transporte público en la distribución modal de viajes urbanos y el uso de flota vehicular con bajos estándares ambientales son parte de los retos a los cuales enfrentan las ciudades latinoamericanas. Además del aporte del transporte en las emisiones GEI, este sector también se ha identificado como una de las principales fuentes de contaminantes locales y ruido.

Por lo anterior, las métricas desde las cuáles se han medido tradicionalmente los sistemas de movilidad deben empezar a cambiar. En la actualidad, hace más sentido monitorear los impactos sociales y ambientales del tránsito de vehículos que medir su desempeño en términos de velocidad, de carreteras disponibles y tiempos de desplazamiento. La mayoría de gobiernos en la región planifican en función de la capacidad vial, la cantidad de vehículos motorizados y sus velocidades de operación en horas punta, en un afán por atajar una congestión que nunca alcanzan. Por eso, monitorear parámetros clave para calcular emisiones contaminantes no ha sido una prioridad, porque no hacen parte de los ciclos de planificación de proyectos de tránsito y transporte urbano.

Al incorporar requerimientos ambientales y climáticos en los ciclos de planificación, surge la necesidad de medir y hacer seguimiento al cumplimiento de dichos requerimientos. Esto es lo que sucede cuando se intenta integrar la agenda climática con las agendas de movilidad de cada ciudad, cada una con sus propias particularidades geográficas, económicas, sociales y políticas. Un ejemplo claro de ellos son las NUMP, los SUMP y los compromisos sectoriales del transporte a las NDC. Estos instrumentos de política necesitan esquemas de Monitoreo y Evaluación (M&E) de impactos sociales, ambientales y económicos, y esquemas de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) específicos para emisiones de GEI.

Para atender esa necesidad, a continuación, se hace una propuesta básica para la implementación de **Observatorios de movilidad baja en carbono** (en adelante OMBC¹⁰). Esta propuesta inicial, consiste en unos principios para la gestión de información, y una serie de indicadores que son clave al momento de estimar las emisiones de un sistema de movilidad urbana y monitorear el impacto climático de políticas, planes, programas y proyectos constitutivos del PIMUS, la EMME y el PAC Metro. Se incluyen también algunos indicadores de impactos no climáticos, que dan cuenta de la sostenibilidad social, económica y ambiental del sistema.

Los indicadores de progreso en la implementación de estos también son importantes, pero no se incluyen acá toda vez que deben ser ajustados a cada una de las medidas formalmente adoptadas en el marco de estos instrumentos. Consecuentemente, el resultado de las evaluaciones periódicas que se realicen de estos indicadores debe ser entendido como una herramienta que oriente la planeación de la movilidad urbana sostenible en el mediano y largo plazo.

¹⁰ Es ideal que cada ciudad o región metropolitana idee un acrónimo de buena recordación y posicionamiento. Un Observatorio es útil en la medida en que el grupo de Observadores es amplio y diverso, para promover el debate y las mejoras al sistema.

5.1 Indicadores básicos para el seguimiento de impactos climáticos

De acuerdo con la aproximación metodológica usada para los cálculos de emisiones tipo *bottom-up* en el sector transporte, adoptada por la *calculadora de emisiones de MYC* y la *Self-Monitoring Tool de Ecologistics*, la siguiente figura muestra una versión simplificada de las variables requeridas. En azul se destacan aquellas que describen los patrones de movilidad en una ciudad, y en verde las que corresponden a las características técnico-mecánicas de los vehículos y de los energéticos usados.

Convierte
 consumos
 energéticos en
 emisiones

Kilometros vehiculares totales
 por modo de transporte (vkt)

Figura 11. Variables necesarias para el cálculo de emisiones. Fuente: Findeter (2020)

La Ecuación 5, por su parte, traduce esta imagen a notación matemática para garantizar el entendimiento de cada una de las variables y las unidades que deben ser usadas en el sistema internacional (SI), que se explican también en la Tabla 30

$$ECO_{2e,i} = \sum_m a_{m,i} \sum_f \sum_c k_i \cdot \frac{1}{r_{f,k,i}} \cdot f e_c$$

Ecuación 5

Tabla 30. Definición de los términos de la Ecuación 1.

Término	Significado	Unidades en SI
ECO_{2e,i}	Emisiones de CO _{2e} en el año i.	$\frac{tCO_{2e}}{\text{año}}$
a_{m,i}	Actividad por modo m, en el año i.	$\frac{VKTs}{\text{año}}$
k_i	Proporción de vehículos por tipo de flota f y tipo de energético c en el año i.	Adimensional (proporción)

Término	Significado	Unidades en SI
$R_{f,i}$	Rendimiento del energético por tipo de flota f y energético c, en el año i.	$\frac{\text{km}}{\text{gal diésel o gasolina}}; \frac{\text{km}}{\text{m}^3 \text{GNV}}; \frac{\text{km}}{\text{KWh}}$
f_{e_c}	Factor de emisión de CO ₂ por tipo de energético c.	$\frac{\text{kg CO}_2}{\text{gal, m}^3, \text{KWh}}$

Fuente: Elaboración propia.

Tal como indica la ecuación previa, la **actividad vehicular** debe ser reportada para todos los modos de transporte asociados a la planeación de movilidad local (de acuerdo con la homologación de estas categorías incluidas en el capítulo 2 de este documento). La siguiente tabla muestra una descripción y un listado de fuentes de información potenciales para cada una de las variables que permiten calcular dicha actividad, que es la variable fundamental para hacerle seguimiento al desempeño energético de un sistema de movilidad.

Tabla 31. Información de transporte para monitoreo de actividades vehiculares.

Indicador	Unidades	Descripción	Fuentes de información
Viajes totales por modo	Viajes / día Viajes / año	Representa la cantidad de viajes que se realizan en cada modo de transporte (caminata, bicicleta, transporte público, automóvil, motocicleta, etc.), durante el periodo de análisis.	<ul style="list-style-type: none"> Encuestas de origen - destino hecha en hogares, o encuestas de interceptación en calle. Estudios de tasas de viaje según perfiles socioeconómicos de la población en las ciudades. Tiquetes vendidos o validaciones en medios de pago electrónicos para viajes hechos en transporte público
Partición modal de viajes	%	Porcentaje que representan los viajes de cada modo de transporte, respecto a los viajes urbanos totales de pasajeros.	<ul style="list-style-type: none"> Encuestas de origen - destino hecha en hogares, o encuestas de interceptación en calle. Encuestas telefónicas o con formularios virtuales de percepción ciudadana. Aforos de tránsito con personas o estaciones aforadoras automáticas. Este tipo de información, a diferencia de las encuestas, da cuenta de la partición modal en vías específicas y sirve para calibrar modelos de partición modal expandidos a nivel de ciudad.
Distancia promedio de viaje por modo	km	Factor de actividad (distancia) de los viajes realizados en cada modo de transporte.	<ul style="list-style-type: none"> Encuestas de origen - destino hecha en hogares, o encuestas de interceptación en calle. Herramientas tecnológicas para analítica de big-data, como APPs con User Movement Analytics (basados en datos de GPS) o análisis de información de señales celulares. Este tipo de fuentes pueden ofrecer grandes muestras de usuarios, pero



Indicador	Unidades	Descripción	Fuentes de información
			con dificultades para segmentarlos en modos de transporte.
Ocupación vehicular	Pax/vehículo IPK ¹¹	Promedio de pasajeros que se transporta en un vehículo en un mismo viaje.	<ul style="list-style-type: none"> Estudios de frecuencia y ocupación visual (FOV), en donde se mide la cantidad de personas que van a bordo en vehículos. Reportes de IPK por parte de operadores de transporte público, calculados con base en los kilómetros operativos de la flota y el total de pasajeros transportados.
Km-vehículo recorridos por modo (VKT)	Km/día Km/año	Factor de actividad de cada modo, representando por el total de kilómetros recorridos por cada vehículo circulante.	<ul style="list-style-type: none"> Cálculo directo a partir de los indicadores anteriores. Reportes de corridas de modelos de cuatro etapas, específicamente del modelo de asignación de viajes a una red vial determinada para la ciudad.

Fuente: Elaboración propia.

Tal como se señala en el numeral 4.3, que las encuestas de movilidad basadas en hogares son una de las principales herramientas de seguimiento, dado que permiten ver cómo van cambiando los patrones de viajes en las ciudades. Su importancia radica en que la información que se obtiene permite la construcción y calibración del modelo clásico de transporte o modelo de cuatro etapas (generación, distribución, partición y asignación de viajes), instrumento principal para la planeación y evaluación de estrategias de movilidad. Lamentablemente, son pocas las ciudades que tienen modelos propios de movilidad gestionados y calibrados periódicamente.

Sin embargo, para el contexto latinoamericano (en especial de ciudades con más de 1 millón de habitantes y en expansión), el diseño y ejecución de las encuestas en hogares resultan costosas, dado que las muestras representativas pueden implicar decenas de miles de hogares. Por eso es recomendable ejecutarlas en periodos de 4 a 5 años, pero apoyarse en otros instrumentos de captura de información en campo (encuestas de percepción ciudadana, aforos vehiculares, registro de flujos y velocidades, y big data de celulares) para calibrar los modelos o hacer seguimiento a indicadores intermedios.

Por otro lado, estos indicadores de movilidad permiten identificar variaciones agregadas de la ciudad, pero no atribuir efectos de causalidad directamente a una u otra medida que se haya implementado en el marco del PIMUS o la EMME, pues los cambios suelen ser el efecto integral de distintas intervenciones, además de elementos adicionales como el crecimiento poblacional, el comportamiento de la economía, los procesos de ocupación del territorio, entre otros. **Esto es un atributo deseable de un observatorio, cuyo objetivo hacer seguimiento al desempeño global del sistema, pero no demostrar el impacto de medidas puntuales con una causalidad científicamente demostrada.**

Por su parte, las variables relacionadas con las condiciones técnico-mecánicas de los vehículos (rendimientos y factores de emisión de los energéticos) demandan una caracterización de la flota automotor de cada ciudad. Generalmente, las ciudades tienen un registro automotor asociados a los

¹¹ Índice de Pasajeros por Kilómetro, como indicador alternativo exclusivo para Transporte Público de pasajeros

procesos de patente o matrícula de estos, para permitir su circulación bajo las normativas de tránsito correspondientes a cada territorio.

La Tabla 32 incluye una descripción de estos indicadores y las fuentes potenciales de información. De cualquier forma, debe tenerse en cuenta que la caracterización del parque automotor

Tabla 32. Indicadores de desempeño energético y emisiones

Indicador	Unidades	Descripción	Fuentes de información
Número de vehículos	#	Cantidad de vehículos registrados en la jurisdicción de cada ciudad, discriminados por modo de transporte (clase de vehículo y tipo de servicio, es decir, público o privado) y por energético usado.	<ul style="list-style-type: none"> Registros oficiales de vehículos matriculados o patentados en la ciudad o área metropolitana en donde se implemente el observatorio. Encuestas de hogares en donde se pregunte por la tenencia y uso de vehículos.
Rendimientos energéticos	Km/energético (m ³ , litros, galones, kWh)	Describe la eficiencia energética de las distintas categorías vehiculares en función del kilometraje que son capaces de recorrer con una unidad de energético. Para los combustibles fósiles se usan unidades volumétricas (m ³ para gases, y litros o galones para líquidos) y en el caso de la electricidad, se usa kWh.	<ul style="list-style-type: none"> Registros oficiales de vehículos matriculados o patentados en la ciudad o área metropolitana en donde se implemente el observatorio, siempre y cuando incluyan información de rendimientos declarados por fabricantes. Estudio de mercado de tipologías vehiculares en donde se identifiquen los rendimientos de fábrica o los rendimientos declarados por vendedores de vehículos usados. Estudios de campo para cálculo de rendimientos específicos según las condiciones geográficas y los patrones de conducción. Este es el caso ideal ya que reconoce las variaciones del indicador según las condiciones reales de operación en calle.
Factores de emisión de los energéticos	CO _{2eq} /energético (m ³ , litros, galones, kWh)	Indica las emisiones de CO _{2eq} por unidad de energético consumido.	<ul style="list-style-type: none"> Estudios de calidad de combustibles distribuidos en la ciudad o zona metropolitana, con balances estequiométricos para identificar contenidos de carbono y emisiones de GEI por combustión.

Finalmente, los cinco indicadores de movilidad básicos presentados en esta sección, permitirían calcular los siguientes indicadores centrales de desempeño climático. La frecuencia de reporte depende de la disponibilidad de datos para actualizar los cálculos de emisiones. Idealmente, esto puede ocurrir bianualmente.

Tabla 33. Indicadores centrales de desempeño climático

Indicador	Unidades	Descripción	Fuentes de información
Consumo energético total	TJ/año	Consumos energéticos totales distribuidos por todos y cada uno de los combustibles fósiles usados en el sistema de movilidad, así como la energía eléctrica consumida.	<ul style="list-style-type: none"> • Cálculo indirecto a partir de indicadores de actividad y características del parque automotor. • Idealmente, debe contrastarse el cálculo con los reportes de ventas y distribución de empresas comercializadoras de combustibles fósiles y energía eléctrica.
Emisiones totales de CO _{2eq}	Ton CO _{2eq} /año	Inventario total de emisiones GEI del sistema de movilidad, bajo un enfoque Tank-to-Wheels, ya que incluye exclusivamente las emisiones asociadas a la operación de los vehículos.	<ul style="list-style-type: none"> • Cálculo indirecto a partir de indicadores de actividad y características del parque automotor con metodología <i>bottom-up</i> • Modelos de emisión locales desarrollados por la autoridad ambiental. • Comprobación con cálculo tipo <i>top-down</i> a partir de registro de venta de combustibles.
Emisiones por pasajero/kilómetro	CO _{2eq} /pax-km	Indicador de emisiones específicas por personas y por kilómetro. Permite comparar de forma fácil el desempeño del sistema usando a las personas como unidades de análisis, similar a una huella de carbono per-capita.	<ul style="list-style-type: none"> • Cálculo directo a partir del inventario total anual de emisiones, el total de viajes realizados al año y los kilómetros recorridos totales del sistema.

5.2 Indicadores para monitoreo de impactos no climáticos

Los indicadores de un OMBC deben permitir la detección de impactos de las NUMP y SUMP no solo sobre las emisiones de GEI, sino también sobre otros criterios de sostenibilidad como la accesibilidad, la asequibilidad, la equidad y la seguridad vial. De esto deben dar cuenta los instrumentos específicos de Monitoreo y Evaluación que se desarrollen específicamente para estos instrumentos de política, los cuales deben medir el progreso en el cumplimiento de las metas y objetivos definidos autónomamente en cada territorio. Estos sistemas M&E no necesariamente deben coincidir con los indicadores de un observatorio, pues los objetivos de política son distintos.

En cualquier caso, la siguiente tabla expone algunos indicadores de impacto no climáticos que podrían complementar la mirada de un OMBC.

Tabla 34. Propuesta de indicadores no climáticos para OMBC

Indicadores	Unidades	Frecuencia de monitoreo	Fuentes de información
Área Neta Urbanizada de la ciudad	hectáreas	Cuatrienal	Base predial catastral
Porcentaje de suelo urbanizado	%	Cuatrienal	Catastro y perímetro urbano oficial
Infraestructura para peatones	m ²	Bienal	Inventario de redes viales y espacio público.
Infraestructura para ciclistas	km	Bienal	Inventario de redes viales y espacio público.
Infraestructura vial para tráfico mixto	km	Bienal	Inventario de redes viales y espacio público
Infraestructura vial exclusiva para transporte público carretero (v. gr. Troncales BRT)	km	Bienal	Inventario de redes viales y espacio público
Infraestructura vial exclusiva para transporte público sobre rieles	km	Cuatrienal	Inventario de redes viales y espacio público
Espacio público efectivo percapita	m ² /hab	Bienal	Inventario autoridad de planeación
Tasas de motorización para automóviles y motocicletas privadas	Veh/1000 hab	Anual	Registros de automotores
Población	# personas	Anual	Autoridad de planeación - Censos
Participación del gasto de transporte en el ingreso del hogar	%	Anual	Encuesta de movilidad
Densidad poblacional	hab/ha	Bienal	Autoridad de planeación - Censos
Percepción de seguridad ciudadana en el espacio público	Escala 1 a 5	Anual	Encuesta de percepción ciudadana
Percepción de calidad del transporte público	Escala 1 a 5	Anual	Encuesta de percepción ciudadana
Emisiones de PM _{2.5}	ton/año	Anual	Modelo de emisiones
Percepción de contaminación por ruido	Núm 1- 5	Anual	Encuesta de percepción ciudadana
Espacio verde percapita	m ² /hab	Bienal	Inventario local de espacios verdes
Número de víctimas graves y mortales en siniestros viales	#	Anual	Autoridad de tránsito y transporte, Policía de tránsito e institutos forenses.
Recursos públicos comprometidos para financiar iniciativas asociadas a los SUMP o NUMP	USD	Anual	Autoridades de planeación, finanzas y hacienda
Recursos privados comprometidos para financiar iniciativas asociadas a los SUMP o NUMP	USD	Anual	Autoridades de planeación, finanzas y hacienda

6 Referencias

- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2020). *Plan Maestro de Movilidad para el Valle de Aburrá*.
- IMEPLAN. (2020). *Plan de Acción Climática del Área Metropolitana de Guadalajara*.
- INEGI. (2020). *Desglose de datos de el Área Metropolitana de Guadalajara*.
- Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu). (2020). *User Manual for the MobiliseYourCity Emissions Calculator*.
- Instituto de Movilidad y Transporte del Estado de Jalisco. (2015). *Plan Integral de Movilidad y Transporte Sustentable del Área Metropolitana de Guadalajara*.
- Moovit. (2020). *Distancia de viaje en Guadalajara*.
- Santos, G. (2017). Road transport and CO2 emissions: What are the challenges? *Transport Policy*, 59(June), 71–74. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.06.007>
- Secretaría de Hacienda Pública del Estado de Jalisco. (2020). *Registros del padrón vehicular de la Zona Metropolitana de Guadalajara*.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.(SEMARNAT). (2021). *Factor de emisión del sistema eléctrico nacional 2020*. (223), 54900900.
- WRI.IMEPLAN. (2018). *Anexo 1. Memoria de cálculo. nventario Integrado de Contaminantes Criterio y Compuestos de Efecto Invernadero del Área Metropolitana de Guadalajara, 2018*.
- WRI.IMEPLAN. (2020). *Información Combustibles y VKT. Hoja de Cálculo*.



7 Anexos

7.1 Anexo 1 . MYC_Tool_final.1.3.2_20210226_AMGuadalajara_VF.xlsm

(Disponible como archivo de excel adjunto)

7.2 Anexo 2. Estado Informacion Datos MYC Guadalajara.xlsx

(Disponible como archivo de excel adjunto)

7.3 Anexo 3. Encuestas de diagnóstico de capacidades

(Disponible como archivo de word adjunto)

7.4 Anexo 4. Base sin tratar. IMEPLAN_2018.xls.

(Disponible como archivo de excel adjunto)

7.5 Anexo 5. Flota Guadalajara.pbix

(Disponible como archivo de PowerBI adjunto)

7.6 Anexo 6. Ecologistics - Guadalajara.xlsm

(Disponible como archivo de excel adjunto)