

Protocolo de uso de la Calculadora de Emisiones de GEI de *Mobilise Your City* para el NUMP de Chile

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



Fuente: <https://www.elmostrador.cl/generacion-m/2020/12/26/2021-el-ano-de-la-movilidad-sustentable/>

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



Financiado por
la Unión Europea



Control de versiones

Fecha	Versión	Nombre de Archivo	Elaboró	Revisión
14 febrero 2022	2	Protocolo Calculadora MYC NUMP Chile V2	José Pacheco, Camilo Sarmiento	Florentino Márquez

Contenido

1	Introducción.....	5
2	Protocolo de manejo de información y uso de la calculadora MYC	6
2.1	Homologación de las 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	14
2.2.4	Pestaña 4. Resultados.....	17
2.2.5	Pestaña: validación Top-Down.....	18
3	Definición de responsabilidades de reporte de información.....	18
3.1	Datos macro y de contexto socio económico	21
3.2	Datos de actividad vehicular y movilidad	21
3.3	Escenarios climáticos.....	22
4	Identificación de herramientas complementarias a MYC	23
4.1	Modelo de cálculo de emisiones vehiculares. Chile. SECTRA-MODEM	23
4.2	Tablero parque vehicular - Chile	25
4.3	Métodos de levantamiento de información para indicadores de movilidad	26
5	Lineamientos para la implementación de un observatorio de movilidad y cambio climático en Chile	30
5.1	Indicadores básicos para el seguimiento de impactos climáticos.....	31
5.2	Indicadores para monitoreo de impactos no climáticos	36
6	Referencias.....	38
7	Anexos.....	39
7.1	Anexo 1. MYC_Tool_final.1.3.2_20210226_Chile_VF.xlsm	39
7.2	Anexo 2. Estado Informacion Datos MYC Chile.xlsx.....	39
7.3	Anexo 3: Encuestas de diagnóstico de capacidades	39
7.4	Anexo 4. Base de datos permisos c.xlsx.	39
7.5	Anexo 5. Anexo 5. Permisos de circulacion.pbix.....	39



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 Herramienta MYC para la ciudad de Chile. ...	7
Tabla 3. Homologación de categorías vehiculares.	8
Tabla 4. Número de vehículos ingresados en la herramienta MYC.	10
Tabla 5. Factores de actividad y factores de rendimiento ponderados para las 22 áreas urbanas del modelo SECTRA-MODEM.	11
Tabla 6. Factores de actividad ponderados para cada categoría vehicular a partir de los datos de las 22 áreas urbanas del modelo SECTRA-MODEM.	12
Tabla 7. Factor de ocupación usada en la herramienta MYC.	12
Tabla 8. Distribución de los kilómetros totales recorridos (VKT) por categoría vehicular y tipo de energético.	12
Tabla 9. Resultados del taller de construcción de escenarios, medidas de evitar viajes o distancia de viajes.	15
Tabla 10. Reducción porcentual de la actividad vehicular resultado de las medidas de evitar viajes.	15
Tabla 11. Resultados del taller de construcción de escenarios, modo captado de las medidas de cambio de modo.	15
Tabla 12. Porcentaje de mejoramiento en el factor de rendimiento de energía de los distintos modos de transporte.	16
Tabla 13. Factores de rendimiento de consumo de energía ajustados al escenario climático de mejorar.	16
Tabla 14. Resultados del inventario de emisiones, herramienta MYC.	17
Tabla 15. Resultados de la línea base de emisiones 2018 - 2050. herramienta MYC.	17
Tabla 16. Escenario climático que considera únicamente las medidas de evitar y mejorar la eficiencia de los viajes. ...	18
Tabla 17. Principales proveedores de información.	18
Tabla 18. Organizaciones responsables del levantamiento de información.	19
Tabla 20. Áreas urbanas con disponibilidad de datos en el modelo SECTRA-MODEM.	23
Tabla 20. Calificación Cualitativa de los métodos.	27
Tabla 21. Definición de los términos de la Ecuación 1.	32
Tabla 22. Información de transporte para monitoreo de actividades vehiculares.	32
Tabla 23. Indicadores de desempeño energético y emisiones.	34
Tabla 24. Indicadores centrales de desempeño climático.	35
Tabla 25. Propuesta de indicadores no climáticos para OMBC.	36



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.....	21
Figura 3. Diagrama de la metodología general del modelo MODEM.	24
Figura 4. Tablero de visualización del parque automotor de Chile.....	25
Figura 5. Variables necesarias para el cálculo de emisiones. Fuente: Findeter (2020)	31



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 la Ilustre Municipalidad de Antofagasta, como recurso para la estimación de un inventario de emisiones de GEI, y para la evaluación y seguimiento de la Política Nacional de Movilidad Urbana Sostenible (NUMP) apoyada por Euroclima+.

La *Calculadora MYC* es una herramienta 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). Esta herramienta 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 contruidos a través de otros datos descriptores del transporte, el desempeño ambiental de los vehículos, y distintas tasas de crecimiento.

La Calculadora de Emisiones MYC **no está diseñada** para evaluar el potencial de reducción de emisiones de medidas individuales, sino que los impactos agregados resultado de las distintas 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 seguimiento de la Política Nacional de Movilidad Urbana Sostenible (NUMP). 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 para el desarrollo e implementación de procedimientos de monitoreo, reporte y verificación de emisiones. Esto incluye la descripción de un modelo de cálculo de emisiones vehiculares. Chile. SECTRA-MODEM, un tablero de análisis del parque automotor de Chile desarrollado por Hill y un análisis de métodos de levantamiento de información para indicadores de movilidad
- **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 definir el esquema seguimiento de la Política Nacional de Movilidad Urbana Sostenible (NUMP).

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 de Emisiones de GEI Mobilise Your City (MYC) a partir de la información local disponible en Chile, como recurso para la estimación de un inventario de emisiones, y para la evaluación y seguimiento de la Política Nacional de Movilidad Urbana (NUMP) apoyada por Euroclima+.

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, cuya implementación con la información disponible se presenta en el numeral 7.1 – Anexo 1. En la Tabla 1 también se presenta el año más reciente de reporte de cada dato identificado en el caso de Chile.

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

Pestaña	Campo	Variable	Unidades Originales	Año de referencia
	1.1.1	Tasas de crecimiento población	%	2017
	1.2	PIB (GDP)	Miles millones USD	2019
	1.2.1	Tasa de crecimiento PIB	NA	NA
	2.1	Kilometraje total por categoría vehicular (VKT)	NA	NA
	2.2	Número total de vehículos por categoría vehicular (stock)	Vehículos	2020
	2.2.1	Número de vehículos por categoría y tipo de combustible	Vehículos	2020
	2.3	Factor de actividad promedio anual por categoría de vehículo	km / vehículo / año	2018
	2.3.2	Tasa crecimiento Kilometraje por categoría vehicular	NA	NA
	3.1	Factor de ocupación promedio pasajeros	pax / vehículo	2018
	3.2	Factor de ocupación promedio carga	t / vehículo	2018
	3.3	Longitud de viaje	NA	NA
	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	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	NA
	3.6	Contenido CO ₂ de electricidad Año Base	g CO _{2e} /kWh	2018
	3.6.1	Contenido CO ₂ de electricidad a 2050	g CO _{2e} /kWh	2018
2. Top - Down Validation	4.1	Equilibrio Energético Terrestre / Férreo Gasolina	Tcal	2019
	4.2	Equilibrio Energético Terrestre / Férreo Diesel	Tcal	2020
	4.3	Equilibrio Energético Terrestre / Férreo Eléctrico	Tcal	2021

Pestaña	Campo	Variable	Unidades Originales	Año de referencia
	4.4	Equilibrio Energético Terrestre / Férreo GLP	Tcal	2022
	4.5	Equilibrio Energético Terrestre / Férreo GN	Tcal	2023
2.A. Climate Scenario	5.3	Kilómetros evitados para modos de transporte, resultado de las medidas <i>Avoid.</i>	%	2020
	5.4	Kilómetros adicionales por modo, resultado de las medidas de Cambio de Modo.	Millón km	2020
	5.5	Factor de ocupación promedio pasajeros (nuevo resultado de las medidas de Cambio de Modo)	NA	NA
	5.6	Modo de transporte original de los nuevos pasajeros del TPC.	%	2020
	5.7	Cuota de VKT por tipo de combustible en Escenario Climático	NA	NA
	5.8	Consumo específico de combustible en Escenario Climático	%	2020
3. Results	6.1	Inventario GEI - TTW	Miles toneladas GEI	2020
	6.2	Inventario GEI - WTW	Miles toneladas GEI	2020

Por su parte, la Tabla 2 presenta los documentos y referencias usados en la construcción de este protocolo; 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 Herramienta MYC para la ciudad de Chile.

Referencia	Nombre	Autor
1	Encuesta Anual de Permisos de Circulación. Noviembre 2020.	Instituto Nacional de Estadística (INE)
2	Estrategia Nacional de Movilidad Sostenible y Programa Nacional de Movilidad Urbana para la Mitigación y Adaptación al Cambio Climático	(Euroclima+, 2021)
3	Hoja de cálculo anexa a la Referencia 2. IEFMU – AnnexI.xls	(GreenLab-Dictuc S.A. - Euroclima+, 2020)
4	Guía Metodológica de Inventario de Emisiones Atmosféricas. Metodología SINCA. 2011.	Ambiosis
5	Protocolo de uso de la Calculadora de Emisiones de GEI para la ciudad de Antofagasta, Chile.	(Hill, 2021)

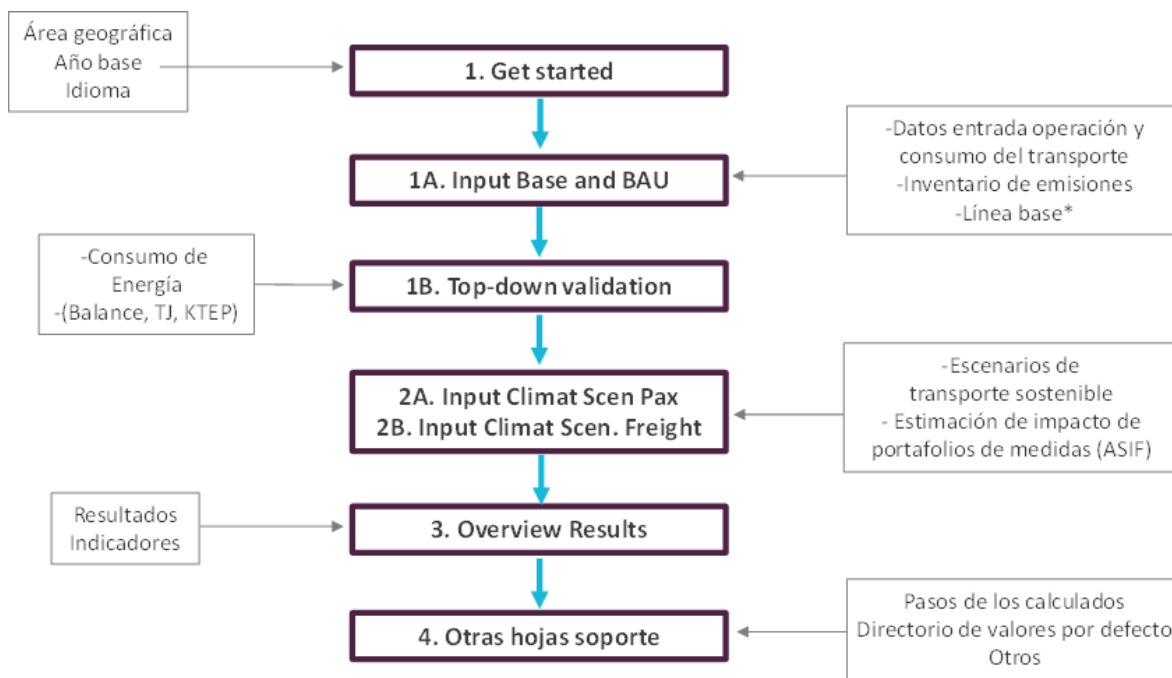


Figura 1. Esquema de organización de Calculadora MYC en Excel.

Durante el desarrollo de las actividades del proyecto, se generó un protocolo similar, para el caso específico de la ciudad de Antofagasta (Hill, 2021). En este documento se describen otros procesos surtidos sobre una escala local y con otro tipo de insumos; por lo tanto, es una referencia útil para comprender en mejor manera los ejercicios de montaje de datos en la Calculadora MYC en Chile, y para complementar el contenido y conocimiento acerca de las actividades asociadas.

2.1 Homologación de las Categorías Vehiculares.

Es necesario homologar las definiciones de categorías vehiculares entre las diferentes fuentes de información y registros existentes a nivel local y las entradas de la Calculadora MYC. A escala local se tienen dos referencias que son de interés en el marco de este protocolo:

- El Registro de Permisos de Circulación, el cual es administrado por el Instituto Nacional de Estadística (INE), presenta las cifras oficiales del parque de vehículos en circulación (Referencia 1).
- El Modelo de Emisiones Vehiculares MODEM, el cual presenta los valores de factores de emisión de contaminantes y los factores de consumo de energía (Referencia 2 y 3).

La Tabla 3 presenta la homologación de categorías vehiculares propuesta para Chile, las definiciones detalladas de las categorías vehiculares se presentan en las Referencia 4.

Tabla 3. Homologación de categorías vehiculares.

MYC	INE	SECTRA - MODEM - COPERT
Auto Privado	Automóvil, Station wagon, todo terreno	Private Vehicle
Taxi	Taxi (básico, colectivo, turismo)	Collective Taxi
Motocicleta	Motocicleta	Motorcycle
VCL	Camioneta, Furgón	Commercial Vehicle



MYC	INE	SECTRA - MODEM - COPERT
Minibus	Minibus	Bus
Bus	Bus	
Camión	Camión	Truck
Camión Articulado	Tractocamión	Truck

2.2 Ingreso de Datos en la Calculadora MYC

2.2.1 Pestaña 1. Inicio

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

- **País:** Chile. La definición del área geográfica sobre la cual se van a incluir las fuentes de emisión es muy importante en el entendimiento y horizonte de los resultados. En este caso la escala es de país y corresponde a Chile; teniendo en cuenta que la población y el número de vehículos se reportan a esta escala. Es importante reconocer que SECTRA-MODEM dispone de datos específicos para 22 centros urbanos de Chile³.
- **Año de referencia:** 2020. 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 2020 debido a que es el último dato disponible de la flota de vehículos y reconcomiendo que el factor de rendimiento de energía no es muy distante (2018).
- **Idioma:** español

2.2.2 Pestaña 2. Base de Entrada y BAU

I. Información Socio-Económica

a) Población.

La población reportada en 2020 para Chile por parte del observatorio del Banco Mundial es de 19,116,209 habitantes (Banco Mundial, 2020). La tasa de crecimiento de la población es del 1% anual (Instituto de Políticas Públicas en Salud., 2017).

b) Producto Interno Bruto (PIB)

El PIB de Chile en 2019 se reportó en 279,386 miles de millones de dólares (Bin USD (Banco Mundial, 2019), con una tasa de crecimiento anual de 1.2%, obtenida en el [observatorio del Banco Mundial](#).

II. Stock de Vehículos

Los datos de la cantidad de vehículos de Chile corresponden a la Referencia 1 y se organizaron en un visualizador de datos que se puede consultar en el siguiente enlace:

³ Arica, Iquique, Antofagasta, Calama, Copiapó, Ovalle, La Serena, Gran Valparaíso, Gran Santiago, Rancagua, Curicó, Talca, Chillán, Linares, Gran Concepción, Los Ángeles, Angol, Temuco, Osorno, Valdivia, Puerto Montt, Punta Arenas.



<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiaWUwYTU0NjEtNmJkNC00NGQ5LTkzNDAtZW00ODcyYjRmMDYzIiwidCI6IjY0NTgwMmE1LWRmYWYtNDEwOS1iOWYzLTZiNjc3OTE4OTIhZSJ9>

Para determinar el número de vehículos en cada categoría MYC se deben sumar los valores de las categorías correspondientes, como se presenta en la Tabla 4. La Ecuación 1 muestra un ejemplo para la categoría vehicular MYC VCL.

Ecuación 1. Número de vehículos para la categoría vehicular MYC VCL según los criterios de homologación.

$$\#VCL = \#Camioneta + \#Furgón$$

El número de vehículos por categoría que se ingresó a la herramienta MYC se presenta en la Tabla 4. Es importante mencionar que este número corresponde al total de vehículos registrados en el país; las secciones siguientes presentan el proceso de obtención de otros indicadores (v.g. factor de rendimiento de combustible, factor de actividad) a partir de la floya reportada por la herramienta MODEM, la cual considera 22 áreas urbanas del país mas no el total de vehículos que reporta el INE.

Tabla 4. Número de vehículos ingresados en la herramienta MYC.

Tipo de vehículo	Auto Privado	Taxi Individual	Motocicleta	Minibús	Bus	VCL	Camión	Camión articulado
Número de vehículos	3,720,395	104,003	195,046	78,558	58,151	1,205,082	156,018	50,233

III. Promedio Anual de Kilometraje por Vehículo.

Los datos de actividad vehicular se reportan para cada una de las categorías vehiculares en el documento “Estrategia Nacional de Movilidad Sostenible y Programa Nacional de Movilidad Urbana para la Mitigación y Adaptación al Cambio Climático. Inventario de Emisiones. 2020” (GreenLab-Dictuc S.A. - Euroclima+, 2020).

Debido a que la Calculadora MYC requiere de un único valor de factor de actividad representativo a nivel nacional, se usaron los datos disponibles para cana uno de los 22 centros urbanos del modelo SECTRA-MODEM (por categoría vehicular y tipo de energéticos), para ponderarlos y obtener los valores en la resolución nacional correspondiente. La Ecuación 2 y Ecuación 3 presentan, a modo de ejemplo, los pasos de ponderación de los valores de factor de actividad, usando la categoría “bus. La Tabla 5 presenta una primera ponderación de los valores de factores de rendimiento a partir de los datos originales del modelo SECTRA MODEM, y la Tabla 6 presenta una segunda ponderación de valores según las categorías vehiculares de la Calculadora MYC.

Ecuación 2. Ponderación del factor de actividad para buses a gasolina. Modo de ejemplo. C: corresponde ciudad.

$$FA_{\text{BusGasol}} = \frac{(\#BusesGasol_{C1} \times FA_{\text{BusGasol}C1}) + \dots + (\#BusesGasol_{C22} \times FA_{\text{BusGasol}C22})}{\#Total\ Buses_{\text{Gasol}}}$$

Ecuación 3. Ponderación del factor de actividad para buses. Modo de ejemplo.

$$FA_{\text{Buses}} = \frac{(FA_{\text{BusesGasol}} \times \#Buses_{\text{Gasol}}) + (FA_{\text{BusesDiesel}} \times \#Buses_{\text{Diesel}})}{\#Buses_{\text{Gasol}} + \#Buses_{\text{Diesel}}}$$



Tabla 5. Factores de actividad y factores de rendimiento ponderados para las 22 áreas urbanas del modelo SECTRA-MODEM.

Tipo de Vehículo	Energético	Número de Vehículos	Rendimiento ponderado (l/100km, kWh/100km, m ³ /100km)	FA Ponderado (km/vehículo/año)
Bus	Diesel	34,686	28.65	52,646
Bus	Electric	129	149	36,582
Bus	Natural gas	76	5	9,771
<i>Subtotal</i>		34.891		
Collective Taxis	Diesel	13,789	5.64	41,180
Collective Taxis	Electric	35	18.40	33.483
Collective Taxis	Gasoline	61.242	6.92	42.280
Collective Taxis	Natural gas	7.202	6.26	28.387
<i>Subtotal</i>		82.268		
Commercial vehicle	Diesel	120.193	7.44	52.019
Commercial vehicle	Electric	27	18.40	163.471
Commercial vehicle	Gasoline	57.369	8.60	116.875
Commercial vehicle	Natural gas	12	6.26	148.385
<i>Subtotal</i>		177.601		
Motorcycles	Electric	486	0.71	10.242
Motorcycles	Gasoline	147.080	2.55	8.750
<i>Subtotal</i>		147.566		
Non-motorized vehicle	No data	19.240	0.00	0
<i>Subtotal</i>		19.240		
Other motorized vehicle (i.e. truck tractor)	Diesel	13.362	9.52	0
Other motorized vehicle (i.e. truck tractor)	Electric	92	38	0
Other motorized vehicle (i.e. truck tractor)	Gasoline	708	13.70	0
Other motorized vehicle (i.e. truck tractor)	Natural gas	486	5	0
<i>Subtotal</i>		14.648		
Private vehicle	Diesel	576.892	5.63	7.321
Private vehicle	Electric	381	3.62	4.947
Private vehicle	Gasoline	2.653.453	7.41	9.395
Private vehicle	Natural gas	1.056	5	1.862
<i>Subtotal</i>		3,231,782		
Trailers and Semi-trailers	No data	33,258	0	0
<i>Subtotal</i>		33,258		
Truck	Diesel	117,233	14.79	11,888
Truck	Electric	4	38.00	0
<i>Total</i>		117.237		



Tabla 6. Factores de actividad ponderados para cada categoría vehicular a partir de los datos de las 22 áreas urbanas del modelo SECTRA-MODEM

Modo de transporte	Factor de actividad (km /año)
Auto Privado	9,021
Taxi Individual	40,875
Motocicleta	8,755
Bus	52,493
VCL	72,992

IV. Ocupación y distancia de viaje.

a) Tasa de carga u ocupación.

La información de ocupación vehicular, tanto en pasajeros como en toneladas, es reportada por la hoja de cálculo Anexo a la referencia (GreenLab-Dictuc S.A. - Euroclima+, 2020) y se presenta en la Tabla 7. Estos valores son usados de manera transversal por el modelo SECTRA-MODEM para las 22 áreas urbanas contempladas.

Tabla 7. Factor de ocupación usada en la herramienta MYC

Modo de transporte	(Pasajeros / vehículo)
Auto Privado	1.6
Taxi Individual	2.1
Motocicleta	1
Transporte Público Colectivo	16.6
Transporte de carga	40 (t/vehículo)

b) Distancia promedio de viaje

No se cuenta con esta información.

V. Desglose de actividad por tipo de combustible.

A partir de los datos de flota y factor de actividad reportados por (GreenLab-Dictuc S.A. - Euroclima+, 2020) y usados por el modelo SECTRA-MODEM, se estimaron los kilómetros totales recorridos (VKT) por categoría y tipo de energético, con lo cual se pueden expresar las cantidades en porcentaje. Estos valores se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Distribución de los kilómetros totales recorridos (VKT) por categoría vehicular y tipo de energético.

Categoría Vehicular	Energético	Número Vehículos	Rendimiento ponderado (/100km, kw/100km, m ³ /100km)	FA Ponderado (km/vehículo/año)	VKT (km)	VKT % Categoría
Bus	Diesel	34,686	28.65	52,646	1,826,115,355	99.70%
	Electric	129	149	36,582	4,719,109	0.26%



Categoría Vehicular	Energético	Número Vehículos	Rendimiento ponderado (/100km, kw/100km, m ³ /100km)	FA Ponderado (km/vehículo/año)	VKT (km)	VKT % Categoría
	Natural gas	76	5	9,771	742,585	0.04%
Subtotal		34,891			1,831,577,050	100,00%
Taxi	Diesel	13,789	5.64	41,180	567,832,300	16.9%
	Electric	35	18.40	33,483	1,171,922	0.0%
	Gasoline	61,242	6.92	42,280	2,589,284,654	77.0%
	Natural gas	7,202	6.26	28,387	204,444,276	6.1%
Subtotal		82,268			3,362,733,151	100,00%
VCL	Diesel	120,193	7.44	52,019	6,252,319,591	48.2%
	Electric	27	18.40	163,471	4,413,729	0.0%
	Gasoline	57,369	8.60	116,875	6,705,024,631	51.7%
	Natural gas	12	6.26	148,385	1,780,617	0.0%
Subtotal		177,601			12,963,538,568	100,00%
Motocicletas	Electric	486	0.71	10,242	4,977,784	0.4%
	Gasoline	147,080	2.55	8,750	1,286,992,656	99.6%
Subtotal		147,566			1,291,970,439	100,0%
Auto Privado	Diesel	576,892	5.63	7,321	4,223,200,349	14.5%
	Electric	381	3.62	4,947	1,884,901	0.0%
	Gasoline	2,653,453	7.41	9,395	24,929,462,230	85.5%
	Natural gas	1,056	5	1,862	1,966,512	0.0%
Subtotal		3,231,782			29,156,513,992	100,0%
Camión	Diesel	117,233	14.79	11,888	1,393,707,137	100.00%
	Electric	4	38.00	0	0	0.00%
Total		117,237			1,393,707,137	100.00%

Es importante tener en cuenta que la categoría MYC “VCL” agrupa dos categorías vehiculares del contexto local⁴, por lo cual los porcentajes de kilómetros recorridos por tipo de energético fueron estimados a partir de la sumatoria de los VKT de las dos categorías mencionadas, tal como se presenta en la Ecuación 4.

Ecuación 4. Actividad vehicular por tipo de energético en la categoría vehicular VCL de la herramienta MYC.

$$VKT_{VCL, Gasolina} = \frac{VKT_{G, Camioneta} + VKT_{G, Furgón}}{VKT_{VCL}} ;$$

⁴ Camioneta y furgón.

$$\%VKT_{VCL,Diesel} = \frac{VKT_{D,Camioneta} + VKT_{D,Furgón}}{VKT_{VCL}} ;$$

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

VI. Consumo de energía.

a) Consumo promedio de energía.

El factor de consumo de energía es fundamental en la estructura del modelo MODEM y por lo tanto se dispone de estos datos para distintas categorías vehiculares, tipos de energético, y estándar de tecnología del motor. Esta información se presenta previamente en la Tabla 5.

b) Contenido del CO_{2e} en la energía eléctrica.

El contenido de CO_{2e} en la energía eléctrica a través del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) es de 418.7g CO_{2e}/kWh para el año 2018 (Ministerio de Energía de Chile, 2018).

2.2.3 Pestaña 3. Escenarios Climáticos

La metodología de evaluación de escenarios climáticos de la Herramienta MYC se divide en tres procesos independientes; 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 partir de las líneas programáticas de la NDC de Chile se realizaron “talleres de construcción de escenarios MYC” con el grupo de trabajo local, en los cuales se propusieron metas de cumplimiento de las medidas así como el impacto que otras medidas podrían tener en aspectos de transporte y movilidad. Lo anterior de acuerdo a la experiencia laboral del grupo de trabajo local, a su conocimiento del sector, y a su condición de ciudadanos de la República de Chile.

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/9835C8X>
- Escenarios para transporte de carga: <https://es.surveymonkey.com/r/9862LDD>



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.

I. Medidas de Evitar viajes.

Durante el taller de construcción de escenarios se realizaron preguntas orientadas a determinar la información requerida por la herramienta MYC para la estimación del impacto de las medidas de evitar viajes se formuló el siguiente enunciado: ¿Cuál es la reducción deseable en la actividad vehicular derivada de la NUMP en 2030 y 2050? La Tabla 9 presenta los resultados de dicha consulta.

Tabla 9. Resultados del taller de construcción de escenarios, medidas de evitar viajes o distancia de viajes.

Modo de transporte	2030	2050
Automóvil privado	47%	60%
Taxi Individual	13.70%	38%
Motocicleta	28.75%	38%
Mototaxi	3%	34%
Minibús	4%	10%
Bus	13%	1%
Tren de larga distancia	10%	10%

II. Medidas de Cambiar el modo de los viajes.

Durante el taller de construcción de escenarios se realizaron preguntas orientadas a determinar la información requerida por la herramienta MYC, la Tabla 10 presenta los enunciados relacionados con el aumento de actividad en los modos de transporte público y activo, y el cambio en el factor de ocupación, la Tabla 11 presenta los modos captados por el transporte público.

Tabla 10. Reducción porcentual de la actividad vehicular resultado de las medidas de evitar viajes.

Proyecto / Pregunta	Minibús	Bus	BRT	Tren regional	Tren Urbano	Metro	Transporte Activo
¿De cuánto sería el aumento en la actividad de transporte público y activo para 2050?	4%	43%	40%	51%	48%	58%	77%

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

Modo de transporte	2030
Automóvil privado	19%
Taxi Individual	9%
Motocicleta	9%
Mototaxi	8%
Minibús	17%
Bus	17%



BRT	7%
Tren regional larga distancia	4%
Tren	2%
Metro	3%
Viaje inducido	5%

III. Medidas de Mejorar la eficiencia de los viajes.

Durante el taller de construcción de escenarios se realizaron preguntas orientadas a determinar la información requerida por la herramienta MYC, para la estimación del impacto de las medidas de mejorar la eficiencia del uso de la energía de los vehículos, se formuló el siguiente enunciado: ¿Habría algún mejoramiento en el rendimiento de los siguientes modos para 2050? La Tabla 12 presenta los resultados.

Tabla 12. Porcentaje de mejoramiento en el factor de rendimiento de energía de los distintos modos de transporte.

Modo de transporte	Auto privado	Taxis individuales	Motocicletas	Bus - BRT	Metro
Porcentaje	43%	36%	28%	42%	12%

La Tabla 13 presenta los rendimientos ajustados según los datos base presentados en la Tabla 5 y los factores de la Tabla 12, y que fueron ingresados a la Calculadora MYC en el escenario climático de las medidas de mejorar la eficiencia de los viajes.

Tabla 13. Factores de rendimiento de consumo de energía ajustados al escenario climático de mejorar.

Categoría Vehicular	Energético	Rendimiento 2020 (l/100km. kw/100km. m ³ /100km)	2025	2030	2035	2040	2050
Bus	Diesel	28.65	26.70	24.88	23.19	21.61	18.77
	Electric	149.00	138.86	129.41	120.60	112.39	97.61
	Natural gas	5.00	4.66	4.34	4.05	3.77	3.28
Taxi	Diesel	5.64	5.31	5.00	4.71	4.43	3.93
	Electric	18.40	17.32	16.31	15.35	14.45	12.81
	Gasoline	6.92	6.51	6.13	5.77	5.44	4.82
	Natural gas	6.26	5.89	5.55	5.22	4.92	4.36
VCL	Diesel	7.44	6.92	6.44	5.99	5.57	4.82
	Electric	18.40	17.12	15.93	14.82	13.79	11.93
	Gasoline	8.60	8.00	7.44	6.93	6.44	5.58
	Natural gas	6.26	5.82	5.42	5.04	4.69	4.06
Motocicletas	Electric	0.71	0.68	0.65	0.62	0.59	0.54
	Gasoline	2.55	2.43	2.32	2.22	2.11	1.92
Auto Privado	Diesel	5.63	5.24	4.87	4.53	4.22	3.65



Categoría Vehicular	Energético	Rendimiento 2020 (l/100km. kw/100km. m ³ /100km)	2025	2030	2035	2040	2050
	Electric	3.62	3.37	3.13	2.92	2.71	2.35
	Gasoline	7.41	6.89	6.41	5.97	5.55	4.81
	Natural gas	5.00	4.65	4.33	4.03	3.75	3.24
Camión	Diesel	14.79	13.78	12.85	11.97	11.16	9.69
	Electric	38.00	35.41	33.00	30.76	28.66	24.89

2.2.4 Pestaña 4. Resultados

A continuación, se presentan algunos resultados generados por la herramienta MYC. El inventario de emisiones generadas por el transporte urbano de pasajeros y de carga se estima en 20,001,900 toneladas de CO_{2e} en el año 2020. El Inventario desarrollado por (Euroclima+, 2021) reporta 12,606,332 toneladas de CO_{2e} para el “transporte en ruta” en 2018. Es importante tener en cuenta que este último valor reporta los vehículos de 22 áreas urbanas mas no el total de vehículos registrados en todo el país.

La Tabla 14 presenta los resultados desagregados dentro del sector transporte. La Tabla 15 presenta la línea base de emisiones proyectada entre 2020 y 2050. Es importante mencionar que, debido a la ausencia de información relacionada con el crecimiento de la actividad vehicular, se tomó como tasa de crecimiento para el transporte de pasajeros el mismo valor de la tasa de crecimiento de la población, y para la el transporte de carga se usó la tasa de crecimiento del PIB.

Tabla 14. Resultados del inventario de emisiones, herramienta MYC.

Código en el <i>Common Reporting Format</i> (CRF)	IPCC categories	1000t GEI TTW
1.A.3.b.i	Ruta-coche	8,553.3
1.A.3.b.ii	Ruta- Vehículo comercial ligero	6,885.5
1.A.3.b.iii	Ruta- Camión y buses	4,528.7
1.A.3.b.iv	Ruta- Motocicleta	34.5
1.A.3.c	Ferrocarril	0.0
Suma		20,001.9

Tabla 15. Resultados de la línea base de emisiones 2018 - 2050. herramienta MYC.

Emisiones totales de GEI Escenario BAU 1000t GEI TTW						
Escenario BAU	2020	2020	2025	2030	2040	2050
Pasajero BAU	12,994.6	12,994.6	13,657.4	14,354.1	15,855.9	17,514.7
Carga BAU	7,007.3	7,007.3	7,438.0	7,895.1	8,895.3	10,022.3
Suma	20,001.9	20,001.9	21,095.9	22,249.2	24,751.2	27,537.1



La Tabla 16 presenta los resultados del escenario climático considerando las medidas de evitar la realización de viajes y las medidas de mejorar la eficiencia de los viajes, de manera conjunta. Las medidas relacionadas con el cambio de modo para la realización de viajes no se pudieron estimar correctamente dado que los resultados obtenidos en el taller sugieren un error de cálculo matemático contundente; en el cual las metas planteadas implican la generación de kilómetros negativos debido a su alto valor.

Tabla 16. Escenario climático que considera únicamente las medidas de evitar y mejorar la eficiencia de los viajes.

Emisiones totales de GEI escenario climático 1000t GEI TTW						
Escenario climático	2020	2020	2025	2030	2040	2050
Pasajero Clima	12,994.6	12,994.6	13,657.4	NC	NC	NC
Carga Clima	7,007.3	121.8	129.8	137.3	154.7	174.3
Suma	20,001.9	13,116.4	13,786.8	NC	NC	NC

*No computa escenario climático por inconsistencia en los datos de entrada

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.

La fuente oficial del consumo de energía es el Balance Nacional de Energía, administrado por la División de Políticas y Estudios Energéticos y Ambientales del Ministerio de Energía. Este reporte sugiere que en el año 2019 el consumo del sector transporte de gasolinas fue de 3,790,000 TOE, y en diésel de 5,104,000 TOE. Al comparar ambas metodologías, los resultados en gasolina difieren en un 4% y en diésel en un 44%, siendo mayor el dato reportado por el balance.

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 NUMP de Chile. 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 de la NUMP de Chile. Por ello, a partir de la identificación de fuentes de datos (Tabla 17), de la encuesta de capacidades locales (Ver numeral 7.3 – Anexo 3) y de las reuniones con SECTRA, se construyó un mapa de actores con responsabilidades asociadas al levantamiento y verificación de cinco conjuntos de datos diferentes.

Tabla 17. Principales proveedores de información

Nombre	Autor	Referencia
--------	-------	------------



Encuesta Anual de Permisos de Circulación. Noviembre 2020.	INE – Instituto Nacional de Estadísticas	(Instituto Nacional de Estadísticas. 2020)
Inventario de Emisiones de Fuentes Móviles de Ámbito Urbano (IEFMU). 2020.	GreenLab – Dictuc S.A - Euroclima +	(GreenLab-Dictuc S.A. - Euroclima+. 2020)
Hoja de cálculo anexa al IEFMU – Annex I.xls	GreenLab – Dictuc S.A - Euroclima +	(GreenLab-Dictuc S.A. - Euroclima+. 2020)
Factor de emisión de la energía eléctrica	Comisión Nacional de Energía.	(Comisión Nacional de Energía. 2018)

La Tabla 18 muestra estos conjuntos de datos, incluyendo las organizaciones (tanto estatales como federales) sobre las que recae la principal responsabilidad de reporte. 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. 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 – INE <i>Revisión y aprobación de cifras:</i> Instituto Nacional de Salud Pública	<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> Instituto Nacional de Estadística - INE <i>Revisión y aprobación de cifras:</i> Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) de Transporte en cada región	<ul style="list-style-type: none"> • Número total de vehículos por categoría vehicular (stock) • Número de vehículos por categoría y tipo de combustible
Demanda de energía.	<i>Responsable principal:</i> Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) y Ministerio de Energía. <i>Revisión y aprobación de cifras:</i> SEREMI de Energía y Medio Ambiente en cada región.	<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)



Conjunto de datos	Entidades responsables	VARIABLES PARA REPORTAR
Operaciones de transporte	<i>Responsable principal:</i> SECTRA y SEREMI de transporte <i>Revisión y aprobación de cifras:</i> Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) de Medio Ambiente	<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	<i>Responsable principal:</i> SECTRA <i>Revisión y aprobación de cifras:</i> Centros de investigación – Universidades.	<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 técnica y el área de desarrollo metodológico de SECTRA como líder en la tarea de actualizar, recopilar y reportar información proveniente de distintas entidades a nivel nacional y local. Este mapa deberá ser refrendado, sobre todo a la luz del proceso de descentralización provincial que está viviendo Chile, y del rol que puedan llegar a tener las autoridades municipales, provinciales y los SEREMI.

El rol de liderazgo de SECTRA 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 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 SECTRA envíe comunicaciones oficiales a los niveles directivos de las organizaciones mapeadas, solicitando la actualización de las variables asociadas a cada conjunto de datos.



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

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 macro y de contexto socio económico

Los datos de población y PIB que se utilizan son reportados por el Banco Mundial; aunque es ideal que este dato provenga de una fuente oficial se reconoce que el observatorio de datos del banco Mundial es transparente y confiable. Las tasas de crecimiento de población provienen del Instituto Nacional de Estadística y son refrendadas y publicadas también por el Instituto Nacional de Salud.

3.2 Datos de actividad vehicular y movilidad

La gestión de contabilidad de emisiones de fuentes móviles que realiza SECTRA, a través de los modelos MODEM, MODEC y de su integración con los modelos de transporte en 22 ciudades de Chile, es algo ejemplar y avanzado. El modelo MODEM provee información de actividad vehicular, rendimiento, y factores de emisión, incluso segregado por estándares de tecnología para el año base 2018.

Sobre las variables de movilidad, ocupación vehicular y distancia de viaje no se cuenta con un reporte o sistema que unifique los datos. Sin embargo, se reconoce que más de veinte ciudades tienen planes de movilidad y matrices orígenes y destino con lo cual se puede construir un observatorio a partir de los casos



que, si cuentan con información, y se deja como un lineamiento para futuros ejercicios de modelación. MODEM dispone de datos de factor de ocupación, pero no muestran cambios significativos entre ciudades.

3.3 Escenarios climáticos

Dependen de los procesos de toma de decisión y los instrumentos analíticos y de modelación con que cuenten los equipos de gobierno encargados de ello.

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 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 caso de este ejercicio estimado para Chile. se usaron los datos y números derivados de las actividades descritas en la Pestaña 3 “Escenarios Climáticos”.



4 Identificación de herramientas complementarias a MYC

4.1 Modelo de cálculo de emisiones vehiculares. Chile. SECTRA-MODEM

El Programa de Vialidad y Transporte Urbano SECTRA, de la Subsecretaría de Transportes del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT), es un organismo técnico especializado de planificación de transporte. Sus principales funciones son proponer planes de desarrollo de los sistemas de transporte urbano, evaluar socialmente iniciativas de inversión en infraestructura y gestión de los sistemas de transporte y desarrollar las metodologías y modelos necesarios para el análisis en transporte (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile, 2021).

Resultado de la gestión de SECTRA en Chile se cuenta con una línea de trabajo consolidada en cuanto la caracterización de la movilidad, la modelación de escenarios de transporte, y la estimación de impactos ambientales y económicos asociados (Modelo MODEC) en 22 centros urbanos del país (ver Tabla 19).

Tabla 19. Áreas urbanas con disponibilidad de datos en el modelo SECTRA-MODEM

Área Urbana
Angol
Antofagasta
Arica
Calama
Chillan
Copiapó
Curicó
Gran Concepción
Gran Santiago
Gran Valparaíso
Iquique
La Serena - Coquimbo
Linares
Los Ángeles
Osorno
Ovalle
Puerto Montt
Punta Arenas
Rancagua
Talca
Temuco - Padre Las Casas
Valdivia

De esta manera se cuenta con información de base para incluir en la herramienta MYC. En el año 2001 se desarrolló la metodología para realizar las estimaciones de niveles de emisiones atmosféricas generados por los vehículos. Esta metodología fue concebida basándose en el enfoque *bottom-up* y sus aplicaciones dentro

de un nivel estratégico en el ámbito urbano, consistente con la metodología empleada por la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) para elaborar los Inventarios de Emisión para las principales ciudades del país en fuentes móviles (vehículos motorizados) (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile, 2021).

La metodología considera las emisiones de contaminantes criterio y de GEI producidas por las fuentes móviles, conocidas como emisiones por tubo de escape, emisiones en frío, y las emisiones evaporativas. Además, estima las emisiones de polvo resuspendidas y las emisiones por desgaste de frenos y neumáticos. El modelo evalúa el impacto en los contaminantes PM, PTS, CO, NO_x, HCT, SO_x, CO₂, N₂O, NH₃ y CH₄, basados en factores aplicados en el continente europeo, así como los factores de consumo de combustibles (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile, 2021).

Los factores de niveles de actividad de las fuentes móviles provienen de modelos de transporte estratégico, en especial los modelos ESTR AUS o VIVALDI, los cuales son corridos por SECTRA, o bajo su supervisión, para 22 aglomeraciones urbanas de Chile. La metodología requiere es complementada con información de las características del parque vehicular y perfiles o histogramas de flujos para el área de estudio con el propósito de lograr un mayor nivel de desagregación de las fuentes móviles (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile, 2021).

La información complementaria de transporte señalada se refiere a los parámetros característicos locales de cada ciudad, relacionados con las composiciones tecnológías de los vehículos, de acuerdo a las normas de emisión que cumplen y, por otra parte, de los flujos vehiculares diarios presentes en la ciudad contenidos en los perfiles normalizados de flujos por tipo de vehículo. Esta información suele estar desagregada por sectores para lograr captar diferencias de comportamientos entre los distintos sectores de la ciudad estudiada (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile, 2021). La Figura 3 presenta un esquema del diseño y la operación del modelo MODEM.

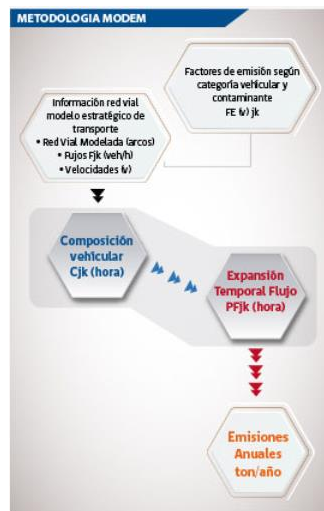


Figura 3. Diagrama de la metodología general del modelo MODEM.

Es importante resaltar que la cadena de custodia de información y de calidad de los resultados de los inventarios de emisiones generadas por fuentes móviles en Chile es un caso de éxito y de referencia en gestión de la contaminación urbana y climática del transporte. SECTRA como organismo del estado asume la responsabilidad de levantar dichos estudios, bajo su desarrollo técnico o supervisión con consultores terceros.

4.2 Tablero parque vehicular – Chile

Como parte de este ejercicio y con la información disponible de la base de datos de permisos de circulación 2019, 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 se entrega como resultado adicional del proyecto y puede ser consultado en este [enlace](#).

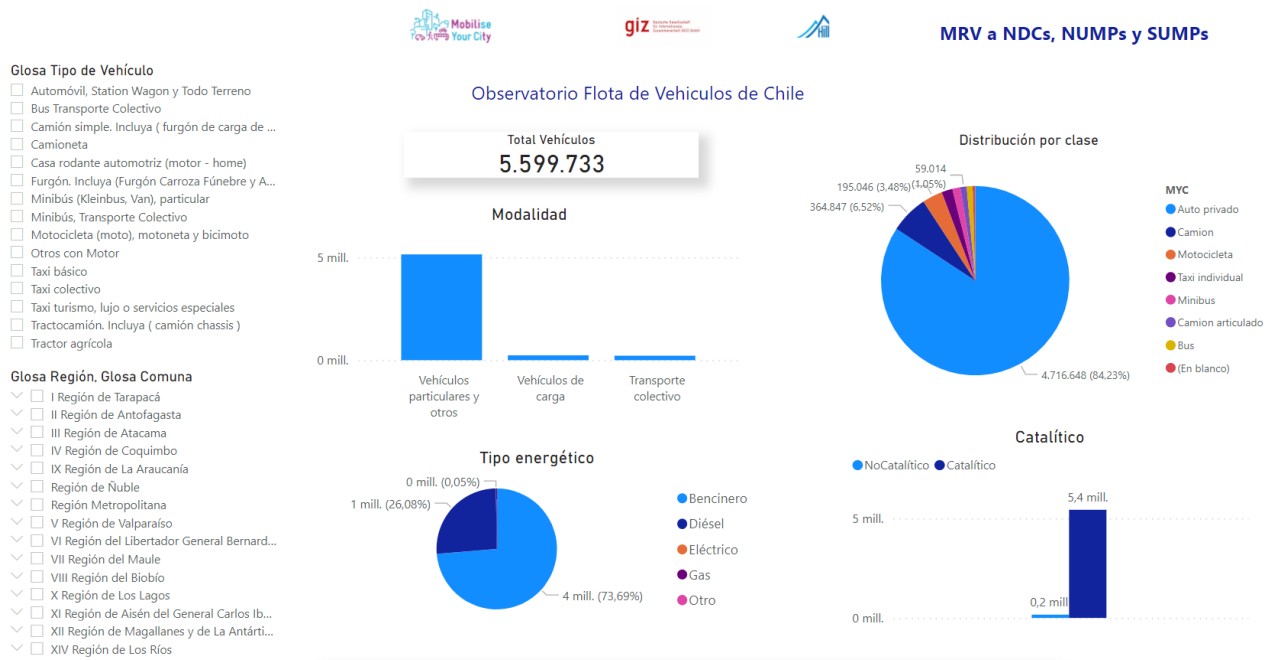


Figura 4. Tablero de visualización del parque automotor de Chile

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

1. Tener base de datos de permisos de circulación actualizada conservando la misma estructura de campos (Ver numeral 7.4 – Anexo 4).
2. Abrir el archivo Permisos de circulacion.pbix (Ver numeral 7.5 – Anexo 5) con instalación previa de [power bi desktop](#) (gratis)
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 4).
4. Actualizar el tablero utilizando la opción actualizar del menú inicio (Ver Figura 5)

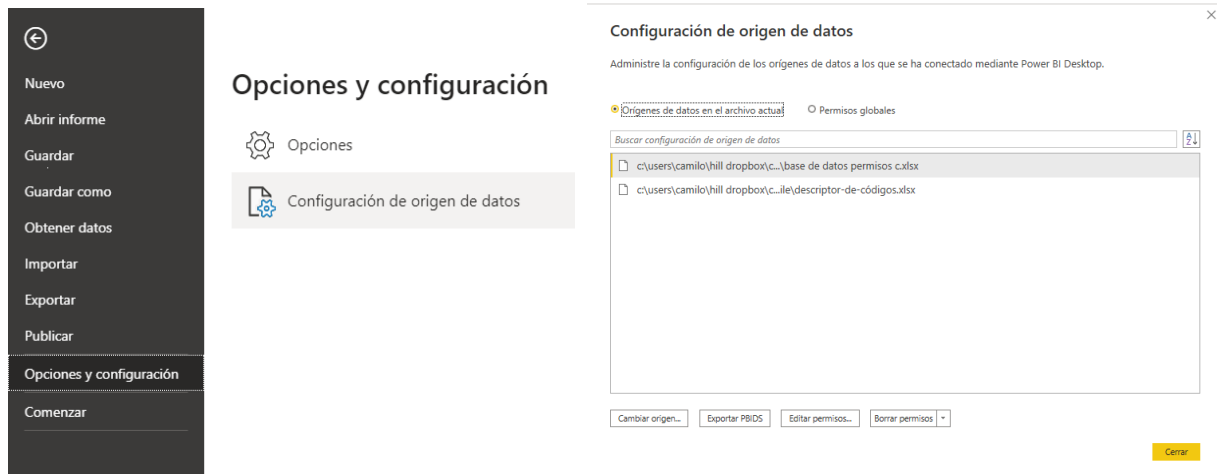


Figura. 1 Capturas de pantalla Power BI

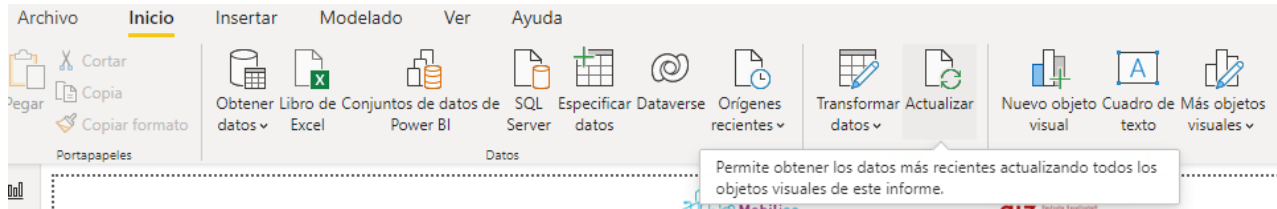


Figura. 2 Capturas de pantalla actualización Power BI

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 siguiente paso a paso [link](#) . este procedimiento solo puede realizarse si se cuenta con una licencia de Power BI pro.

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 costos 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, la 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 20 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 de la Política Nacional de Movilidad Urbana Sostenible (NUMP).



- **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 20. Calificación Cualitativa de los métodos

Método	Validez Estadística	Costo ⁵	Frecuencia ⁶ 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

⁵ 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.

⁶ 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 ⁵	Frecuencia ⁶ 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 costos 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.

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 etapas⁷, 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

⁷ 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)



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).



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

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.

En esta tarea, el gobierno chileno tiene un recorrido científico, técnico y político importante en términos de la incorporación de metodologías para identificar impactos ambientales en los ciclos de planificación de proyectos de movilidad. Entre ellas se pueden contar las siguientes (algunas mencionadas a lo largo de este documento):

- **MODEM:** Metodología para el cálculo de emisiones vehiculares
- **MODEC:** Metodología para la evaluación económica de los cambios en emisiones vehiculares,.
- **STEP:** Metodología para cuantificar consumos energéticos y emisiones de contaminantes de los sectores marítimo, ferroviario, aéreo y caminero

Sin embargo, a la fecha no existe una plataforma que reúna información consolidada de los impactos climáticos de la movilidad en las ciudades, aún cuando SECTRA tiene el compendio de los indicadores de movilidad asociados a los planes STU, y cuando existen iniciativas académicas como [SUMO](#) (Observatorio de la Movilidad Urbana Sustentable de Santiago) de la Universidad Diego Portales o el [Observatorio de Movilidad](#) de la Universidad de los Andes.

Para atender esa necesidad, a continuación, se hace una propuesta básica para la implementación de **Observatorios de movilidad baja en carbono** (en adelante OMBC⁸). 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 la NUMP de Chile. 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.

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 Ecologicalistics* que fue piloteada en Antofagasta, 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.

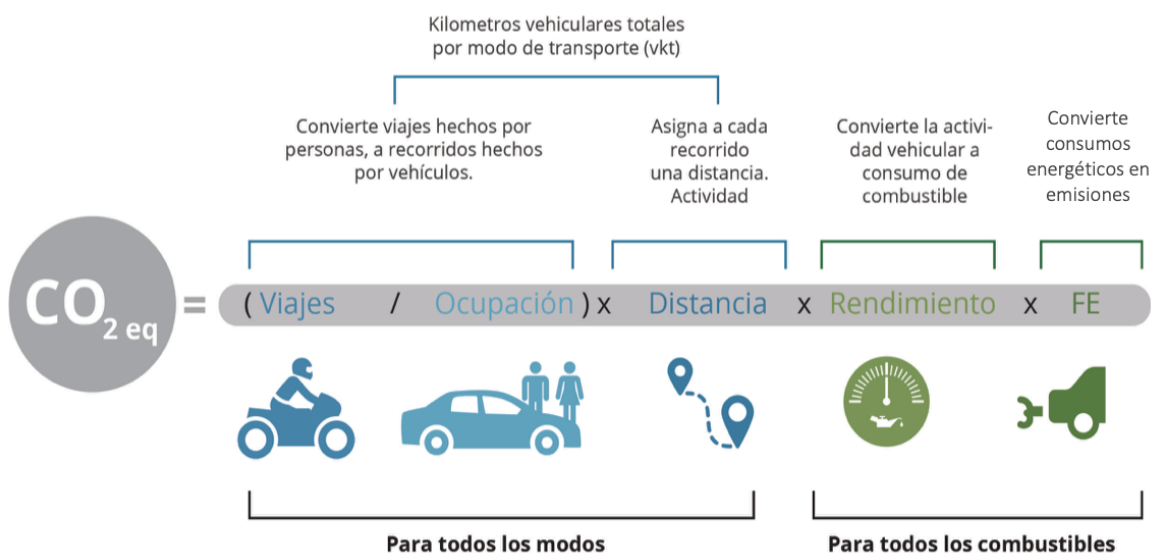


Figura 5. Variables necesarias para el cálculo de emisiones. Fuente: Findeter (2020)

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 21

⁸ 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.



Ecuación 5

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

Tabla 21. 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)
r_{f,i}	Rendimiento del energético por tipo de flota f y energético c, en el año i.	$\frac{km}{gal \text{ diésel o gasolina}}; \frac{km}{m^3 \text{ GNV}}; \frac{km}{KWh}$
f e_c	Factor de emisión de CO ₂ por tipo de energético c.	$\frac{kg \text{ CO}_2}{gal, m^3, KWh}$

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 22. 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.



Indicador	Unidades	Descripción	Fuentes de información
			<ul style="list-style-type: none"> 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 con dificultades para segmentarlos en modos de transporte.
Ocupación vehicular	Pax/vehículo IPK ⁹	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

⁹ Índice de Pasajeros por Kilómetro, como indicador alternativo exclusivo para Transporte Público de pasajeros



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

La Tabla 23 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 23. 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.



Indicador	Unidades	Descripción	Fuentes de información
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 bienalmente.

Tabla 24. 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 25. 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



Indicadores	Unidades	Frecuencia de monitoreo	Fuentes de información
Recursos privados comprometidos para financiar iniciativas asociadas a los SUMP o NUMP	USD	Anual	Autoridades de planeación, finanzas y hacienda



6 Referencias

Banco Mundial. (2019). Data bank Chile. Retrieved from <https://datos.bancomundial.org/pais/chile>

Banco Mundial. (2020). Población total Chile. Retrieved from <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL?locations=CL>

Euroclima+. (2021). Estrategia Nacional de Movilidad Sostenible y Programa Nacional de Movilidad Urbana para la Mitigación y Adaptación al Cambio Climático.

GreenLab-Dictuc S.A. - Euroclima+. (2020). Inventario de emisiones de fuentes móviles de ámbito urbano (IEFMU) 2012 - 2018.

Hill. (2021). Protocolo de uso de la Calculadora de Emisiones GEI MYC para la ciudad de Antofagasta. Chile.

Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu). (2020). User Manual for the MobiliseYourCity Emissions Calculator. Retrieved from www.MobiliseYourCity.net

Instituto de Políticas Públicas en Salud. (2017). Tasa de crecimiento de la población Chilena. Retrieved from <http://www.ipsuss.cl/ipsuss/estadisticas-e-indicadores/tasa-de-crecimiento-de-la-poblacion-chilena/2018-05-09/174629.html>

Ministerio de Energía de Chile. (2018). Indicadores Ambientales - Factor de emisiones GEI del Sistema Eléctrico Nacional. Retrieved from <https://energia.gob.cl/indicadores-ambientales-factor-de-emisiones-gei-del-sistema-electrico-nacional>

Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile. (2021). SECTRA-MODEM. Retrieved from http://www.sectra.gob.cl/quienes_somos/mision.htm



7 Anexos

7.1 Anexo 1. MYC_Tool_final.1.3.2_20210226_Chile_VF.xlsm

(Disponible como archivo de excel adjunto)

7.2 Anexo 2. Estado Informacion Datos MYC Chile.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 de datos permisos c.xlsx.

(Disponible como archivo de excel adjunto)

7.5 Anexo 5. Anexo 5. Permisos de circulacion.pbix

(Disponible como archivo de PowerBI adjunto)