

Inventarios de Emisiones Atmosféricas

Facultad de Ingeniería y Administración
Calidad del Aire

Objetivos

- explicar el concepto de inventario de emisiones y su importancia en la gestión de la calidad del aire en ambientes urbanos.
- calcular inventario de emisiones de diferentes fuentes.
- analizar datos de inventarios de emisiones.
- planear y realizar inventarios de emisiones en un ambiente urbano



Contenido

- introducción
- qué es el ie?
- propósitos del ie
- planeación del ie
- elementos del ie
- métodos/técnicas del ie
 - factores de emisión
 - balance de masa
 - mediciones en la fuente
 - modelos emisiones

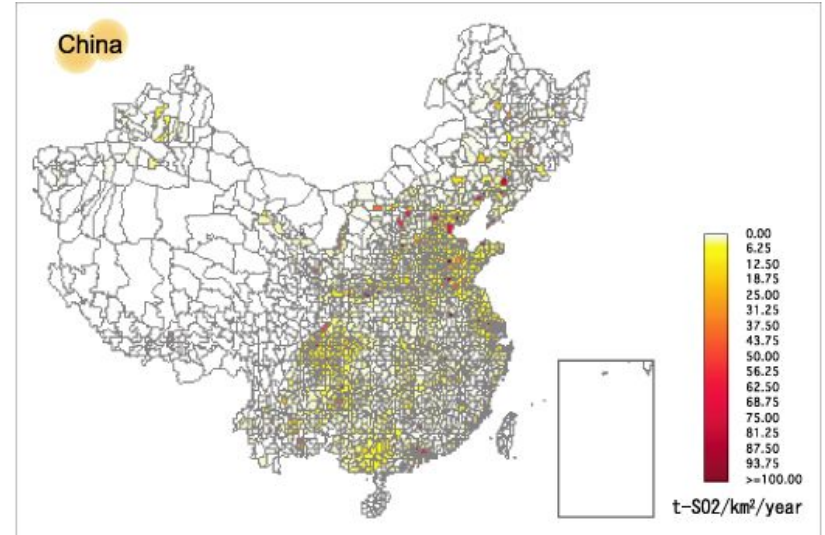


Gestión de la calidad del aire



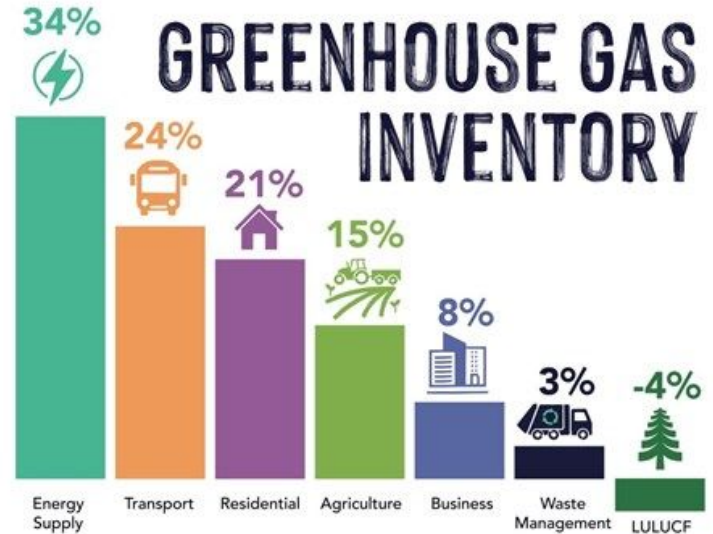
Qué es un inventario de emisiones

Estimación de todas las categorías de fuentes; **cuantificación** de las emisiones gaseosas y de partículas de una zona o región → Generar información relevante para un programa de Gestión de Calidad del Aire



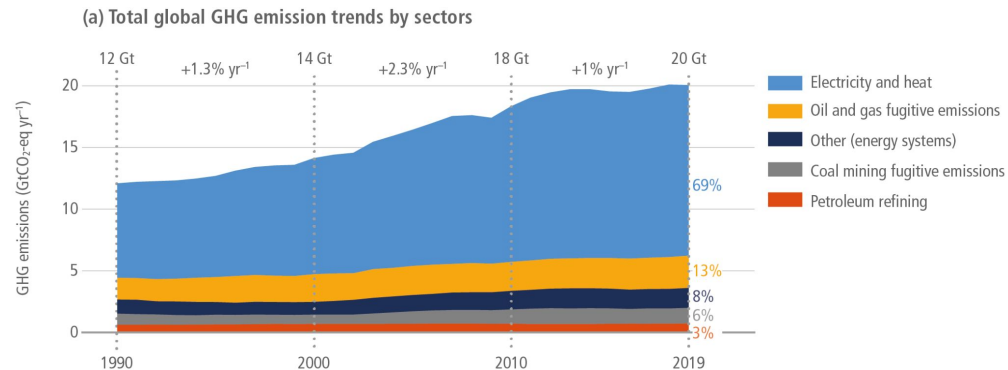
Usos de los inventarios

- Fuente y magnitud de emisiones
- Impactos de salud
- Reglamentaciones y licencias
- Equipo de control
- Modelos de emisiones



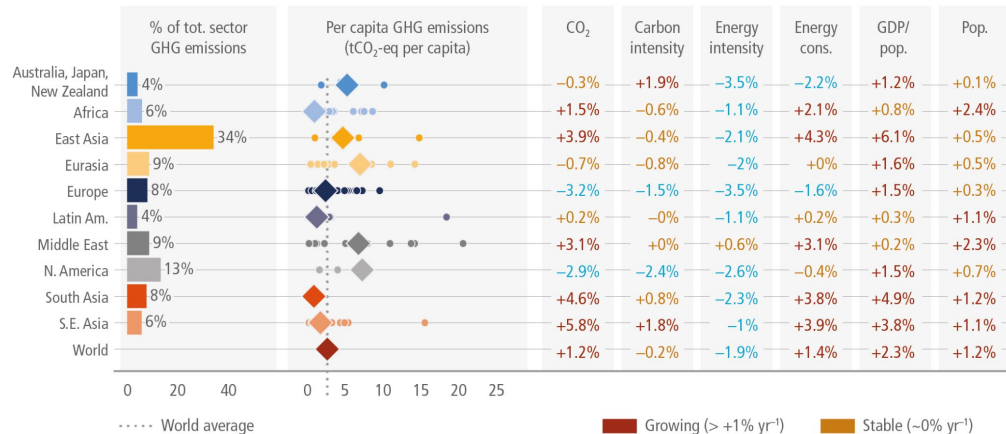
Usos de los inventarios

- Cuotas de emisión y multas
- Créditos de emisiones
- Áreas de incertidumbre
- Análisis de escenarios



(b) Emissions by region in 2019

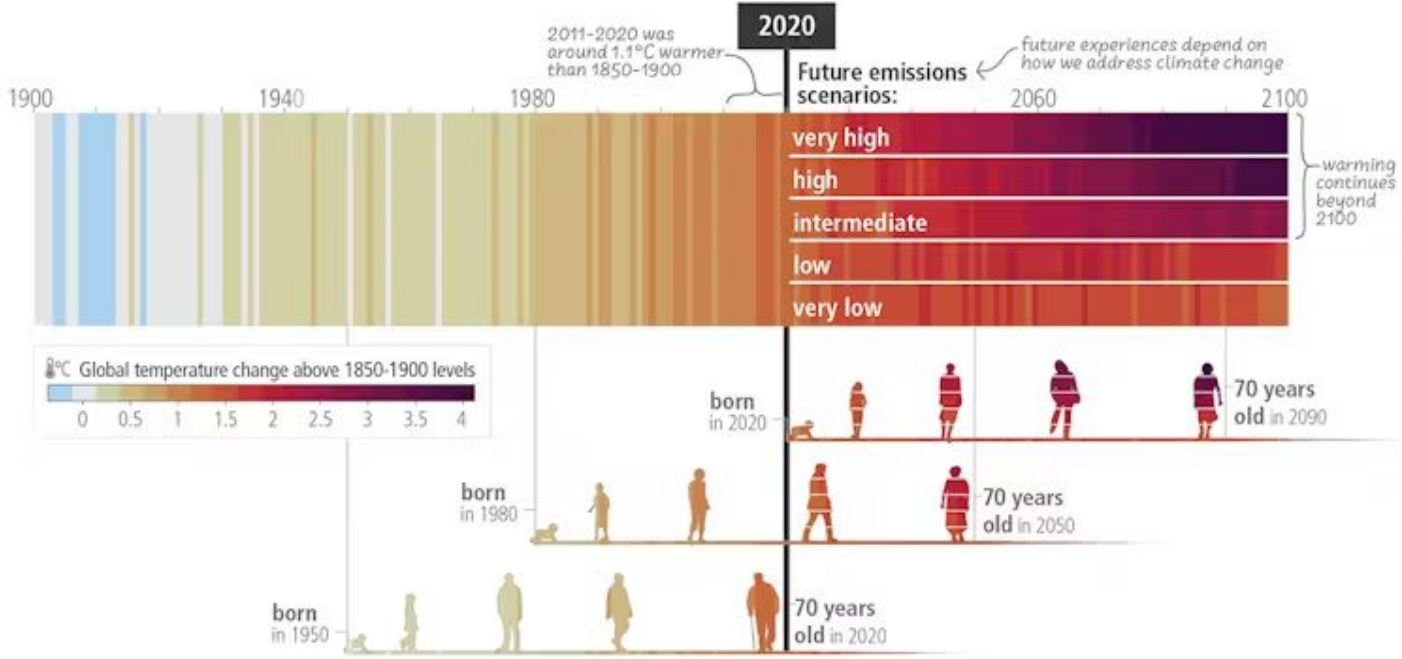
(all GHGs, incl. LULUCF CO₂, excl. indirect CO₂)



■ Growing (> +1% yr⁻¹)
 ■ Stable (~0% yr⁻¹)
 ■ Declining (< -1% yr⁻¹)

Usos de los inventarios

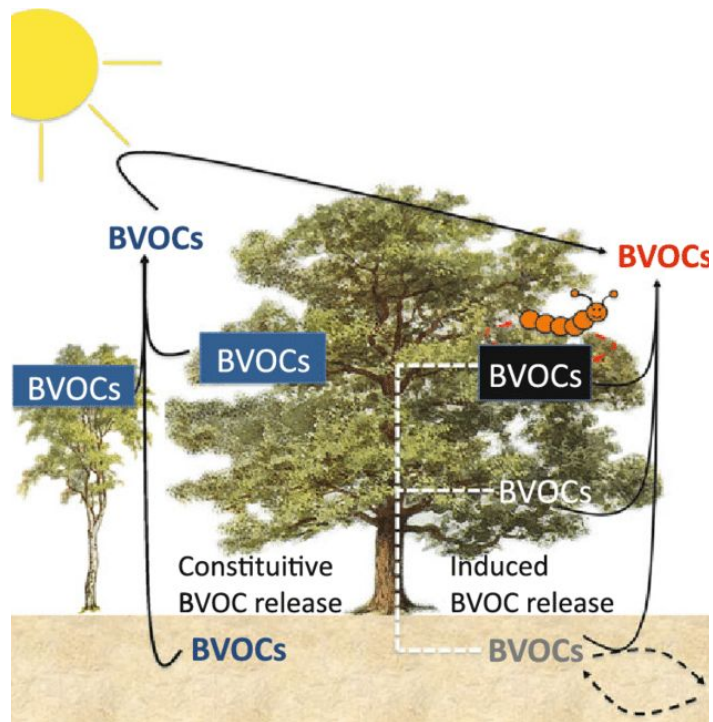
Just how bad climate change is for current and future generations depends on choices we make now – or very soon



Elementos del inventario de emisiones

Objetivo/Alcance	<ul style="list-style-type: none">• Zona geográfica• Recursos• Fuentes/contaminantes interés
Identificar Fuentes	<ul style="list-style-type: none">• Clasificación: Actividades, tipos vehículos.• Tipos de vías, velocidades tráfico• Ubicación: SIG• Información autoridades
Cálculo de emisiones	<ul style="list-style-type: none">• Encuestas• Procedimientos/Método/cálculo• Base datos cálculos
Validación IE	<ul style="list-style-type: none">• Análisis incertidumbre información• Discusión sobre las asunciones

Tipos de fuentes de emisiones



Naturales



Estacionarias



Móviles

Fuentes estacionarias

Fuentes Puntuales

Emisiones de chimenea

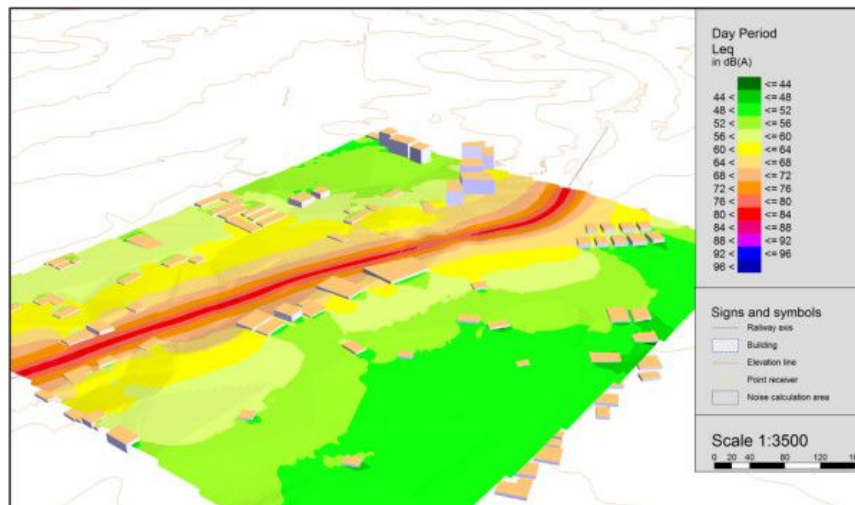
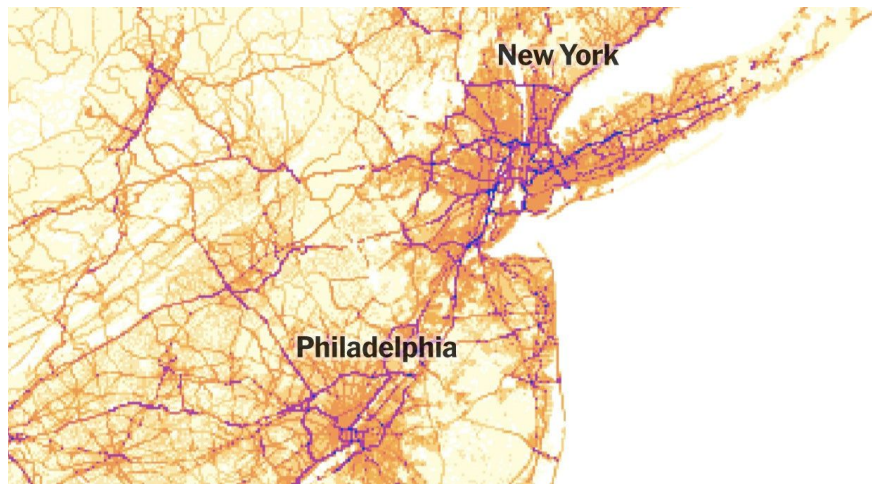
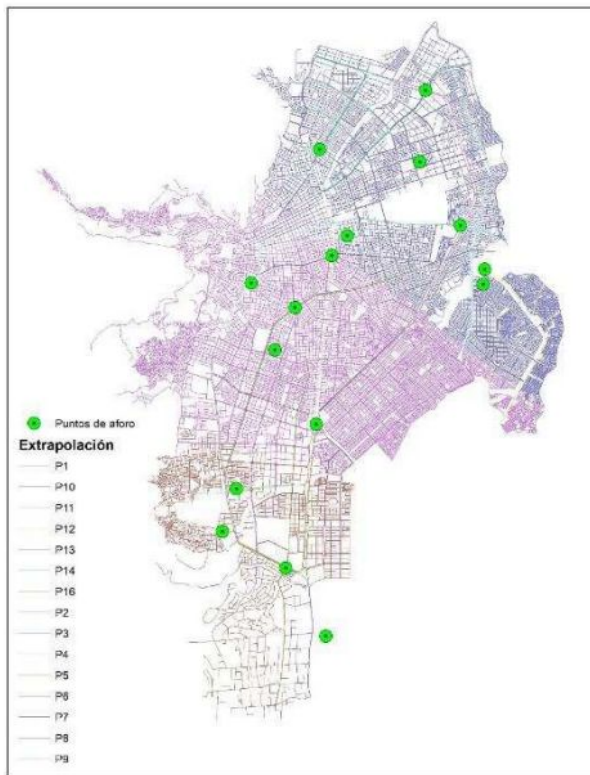


Emisiones fugitivas



Fuentes estacionarias

Fuentes lineales

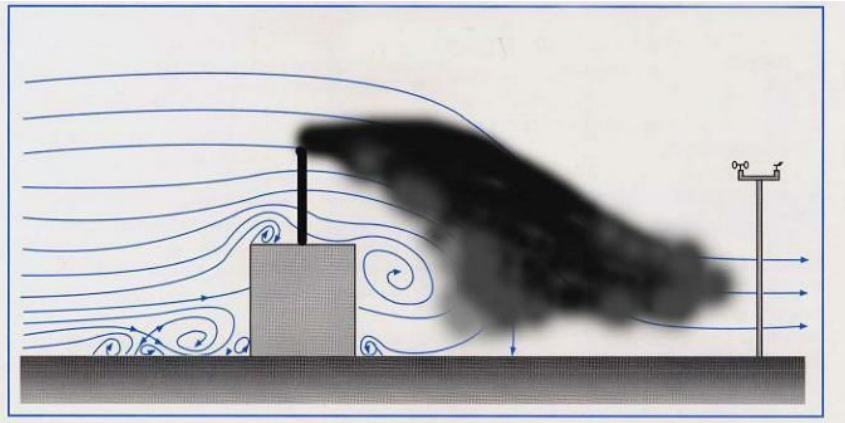
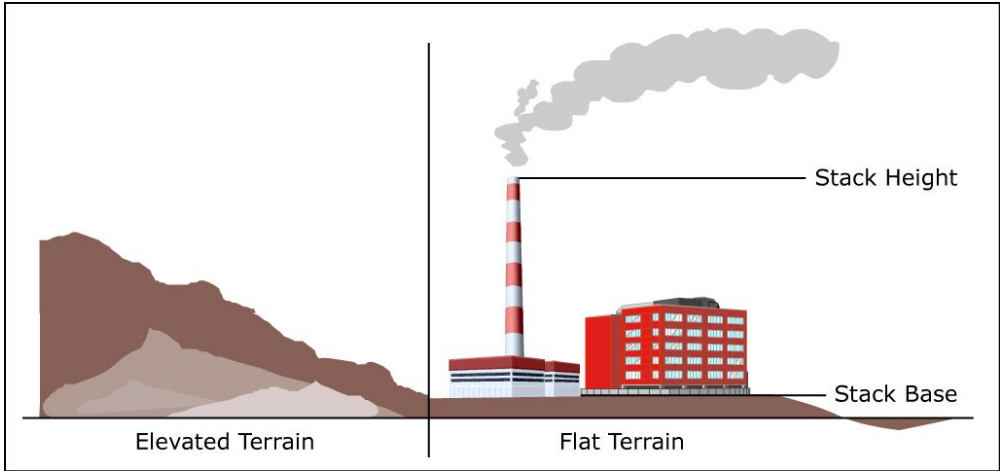
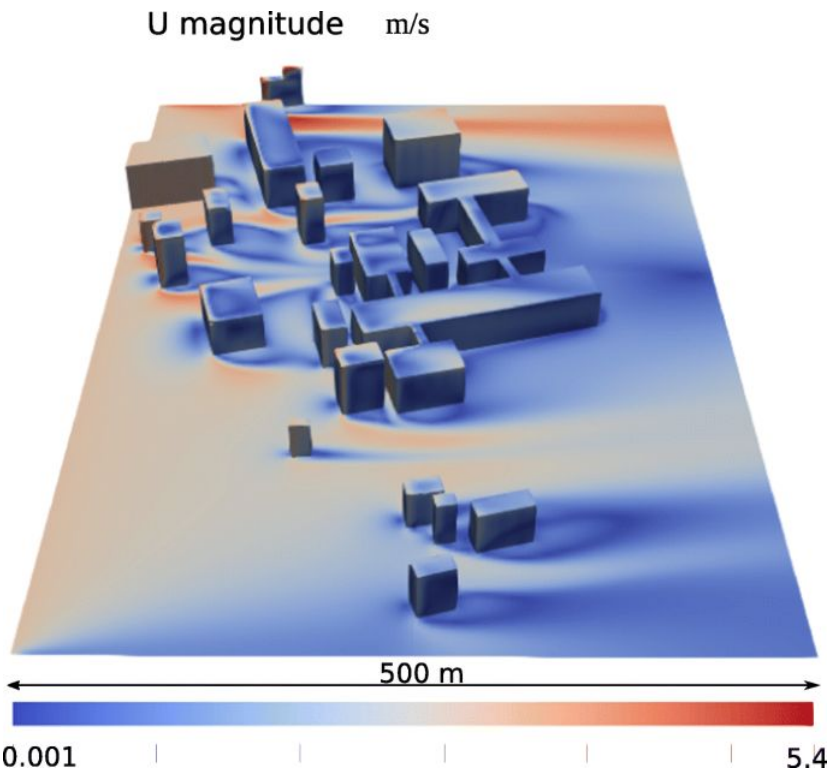


Fuentes estacionarias

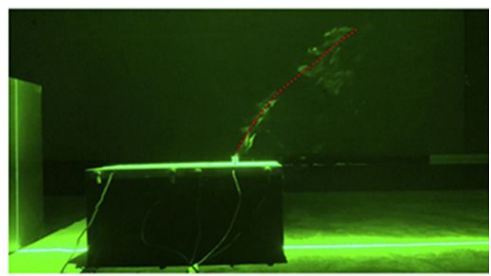
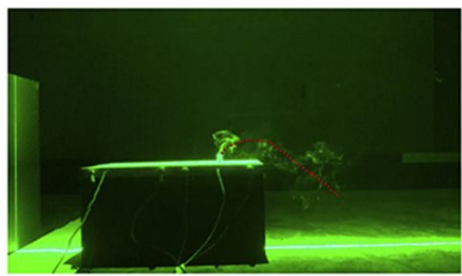
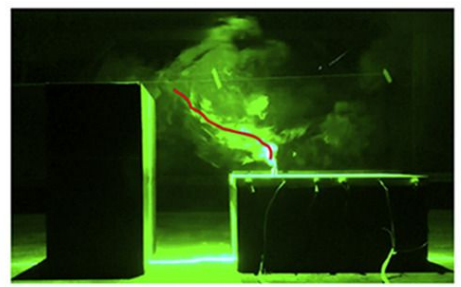
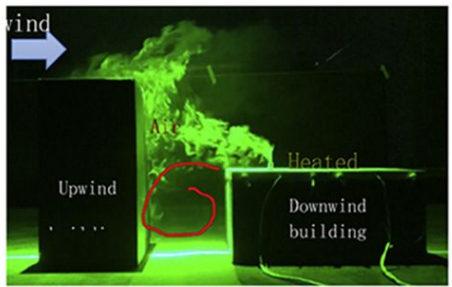
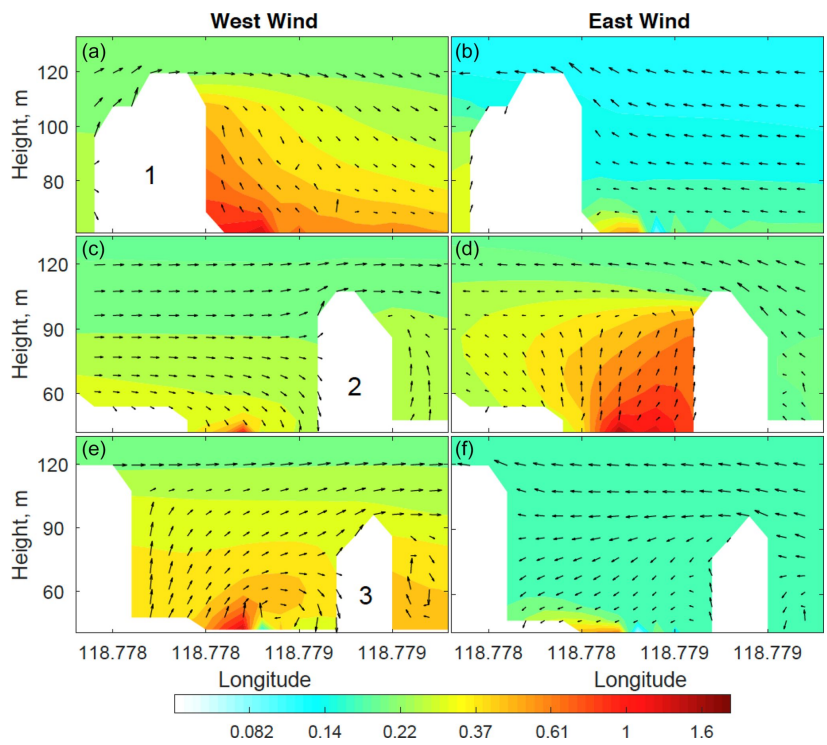
Fuentes de Área



Localización de las fuentes estacionarias



Localización de las fuentes estacionarias



Cálculo de emisiones: fuentes estacionarias

Métodos para fuentes puntuales

Factores de emisión

Balance de materiales

Muestreo isocinético (In situ)

Monitoreo continuo de emisiones

Modelos de emisiones

Métodos para fuentes de área

Balance de materiales

Factores de emisiones por niveles de actividad

Modelos de emisiones

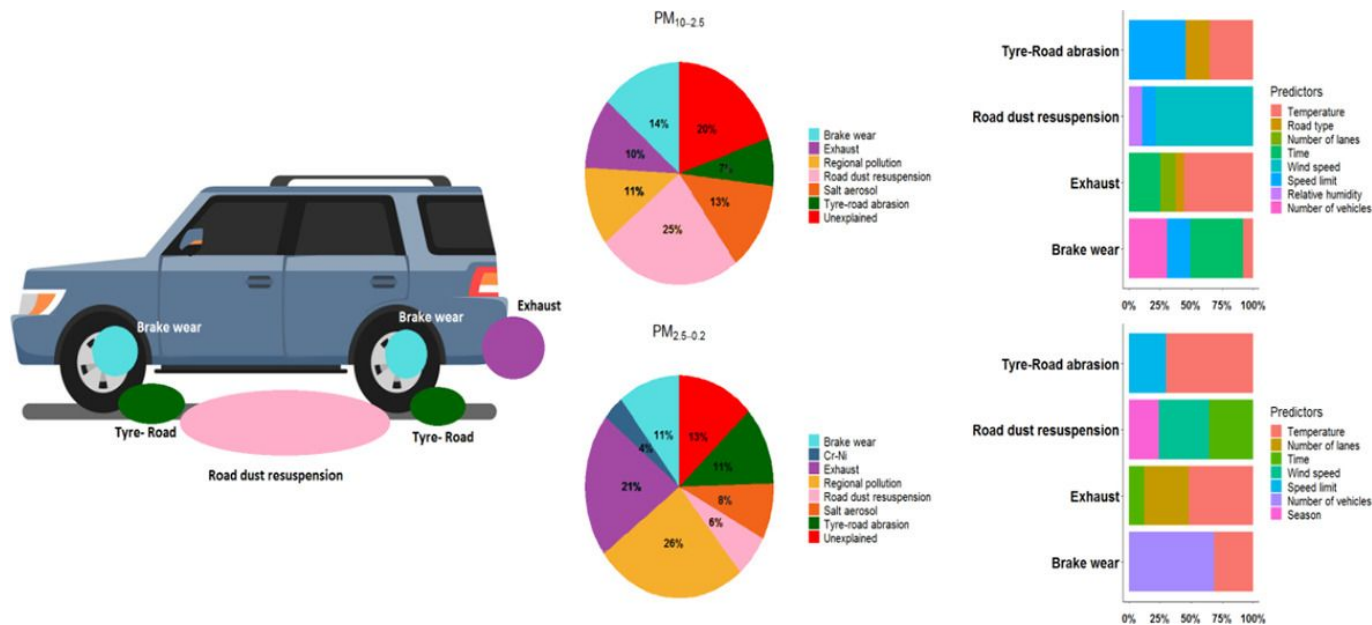
Cálculo de emisiones: fuentes móviles

Métodos para fuentes móviles

Factores de emisión

Modelo de circulación en carretera – MOBILE 6, IVE, MOVES

Modelo fuera de carretera – NONROAD



Método I: Factores de emisión

Factor de emisión

Es un valor representativo que intenta relacionar una cantidad específica de contaminante emitido a la atmósfera con la actividad que lo genera

$$\text{Emisión} = \text{Factor de emisión} \times \text{Actividad}$$

$\frac{\text{kg PM}_{2.5}}{\text{kg metal producido}}$	$\frac{\text{kg CO}}{\text{kg combustible}}$	$\frac{\text{kg CH}_4}{\text{kg DBO elim}}$
--------------------------------------------------------	----------------------------------------------	---------------------------------------------

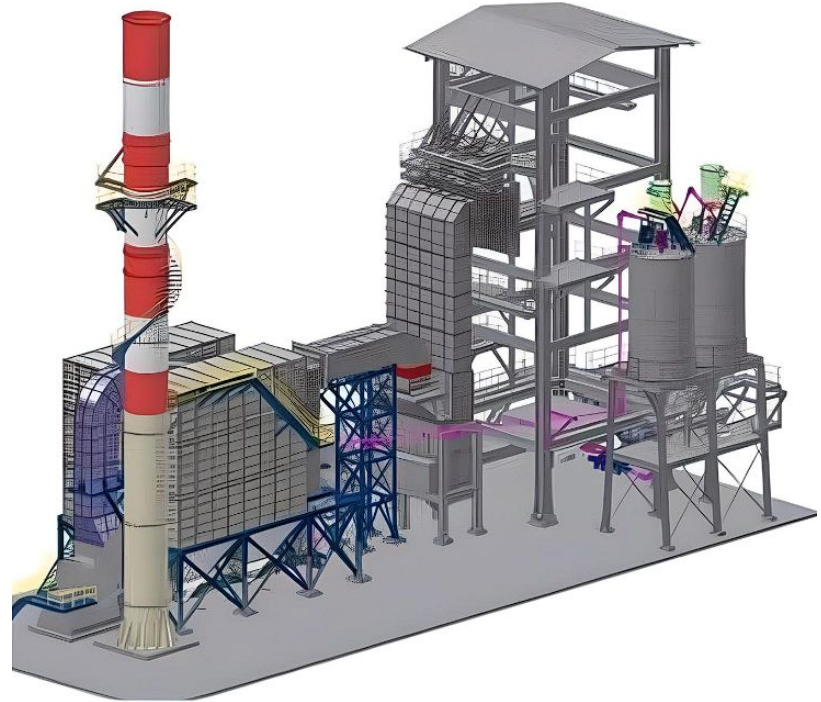


Ejemplo

Considere una caldera industrial con una capacidad < 100 Mega Btu/hora que quema 90000 litros de aceite destilado.

Para esta caldera, calcular las emisiones de CO.

$$\text{FE: } \frac{5 \text{ lb CO}}{1000 \text{ gal aceite}}$$



Ventajas y desventajas

Ventajas

- Fácil uso
- Exige poco tiempo y recursos

Desventajas

- Falta de factores de emisión específicos
- Evaluación poco detallada

Información necesaria fuentes estacionarias

- Tipo de fuente
- Unidad de la actividad (Toneladas, km, etc.)
- Magnitud de la fuente
- Particularidades del proceso y tipo de tecnología
- Antigüedad de la fuente
- Mantenimiento y operación
- Calidad de la materia prima utilizada
- Tipo y antigüedad de los sistemas de control

Información sobre factores de emisión

- Factores de emisión de EPA - USA:



<https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-compilation-air-emissions-factors-stationary-sources>

- Factores de emisión Unión Europea:



<https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2023>

Información necesaria para fuentes móviles

Fuentes móviles

- Distancias recorridas o combustible consumido
- Número de vehículos
- Tamaño del motor y tipo de tecnología
- Antigüedad de los vehículos
- Velocidad promedio de los vehículos
- Contenido de azufre y plomo en los combustibles
- Tipos de equipos de control de emisiones
- Condiciones meteorológicas

Tabla con factores de emisión de tubos de escape

Emisiones Escape Año del modelo 1971 Zona Urbana	Unit (U)	TSP kg/U	SO ₂ kg/U	NO _x kg/U	CO kg/U	VOC kg/U	Plomo kg/U
Motor < 1400 cc	1000 km	0.07	1.9S	1.64	45.6	3.86	0.13P
	tn of Fuel	0.74	20S	17.29	480.6	40.69	1.35P
Motor 1400-2000 cc	1000 km	0.07	2.22S	1.87	45.6	3.86	0.15P
	tn of Fuel	0.63	20S	16.87	411.6	34.85	1.35P
Motor > 2000 cc	1000 km	0.07	2.74S	2.25	45.6	3.86	0.19P
	tn of Fuel	0.51	20S	16.42	332.8	28.17	1.35P

S = % de azufre en el combustible; Temperatura promedio = 20 °C; Circulación urbana: Velocidad promedio = 25 km/h;

Distancia promedio de viaje en un día = 8km; encendidos con motor frío/encendidos con motor caliente: 75/25

$$\text{NO}_x = \text{FE (kg/km)} \times \text{dist (km/auto-año)} \times \# \text{ autos}$$

$$\text{SO}_2 = \text{FE (kg/km)} \times \% \text{ S (S)} \times \text{dist (km/auto-año)} \times \# \text{ autos}$$

Balance de masa

- Estimación de emisiones mediante la aplicación del principio de conservación de la masa.
- Se usa en el caso en que no existan datos disponibles de muestreo en la fuente, factores de emisión u otros métodos desarrollados.
- Ejemplo de aplicación: Emisiones fugitivas

Fundamentos del método

- Implica el análisis de un proceso: composición, flujo de materiales, relaciones estequiométricas y análisis de combustibles.
- Los datos deben ser confiables de lo contrario es inexacto.

ECUACIÓN BÁSICA BALANCE DE MASA

$$\text{Acumulación} = \text{Entrada} - \text{Salida} + \text{Generación} - \text{Consumo}$$

Ejemplo

Una caldera de fondo seco con una potencia instalada de 1000 MW y con un factor de carga del 60% funciona con carbón bituminoso con un contenido de azufre del 2.65% y de cenizas del 10% y una eficiencia energética del 33.3%.

Determine la masa de carbón necesaria

Las emisiones de SO₂ (balance de masa y factor de emisión)

Las emisiones de material particulado

Método II: Modelo de emisiones

Modelo IVE

El Modelo Internacional de Emisiones de Vehículos (IVE) fue creado con el propósito principal de estimar las emisiones de vehículos en diferentes áreas geográficas, especialmente en países del tercer mundo, proporcionando una metodología efectiva, económica y confiable en el procesamiento de esos datos.

Escala: Nacional; Nivel de Experiencia: Generalista

Entradas Necesarias: Flota vehicular, Datos de actividad vehicular, Tasas de emisión.

Salidas Proporcionadas: Gases criterio, tóxicos y de calentamiento global de fuentes móviles en carretera por hora o por día

Modelo IVE



Contents lists available at ScienceDirect

Chemosphere

journal homepage: www.elsevier.com/locate/chemosphere



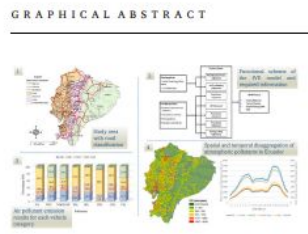
Chemosphere

A high resolution vehicular emissions inventory for Ecuador using the IVE modelling system

Rafaela Viteri^{a,b,c}, Rafael Borge^a, Marcel Paredes^{a,c}, Miguel Angel Pérez^b

^a Universidad Politécnica de Madrid, Ramiro de Maestre Street, 7, 28040 Madrid, Spain
^b Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericano Sur Km 1, Riobamba, Ecuador
^c Universidad Nacional de Chimborazo, Av. Antonio José de Sucre, Riobamba, Ecuador

- HIGHLIGHTS**
- An mobile inventory of source emissions was generated.
 - IVE model and its application in third world countries
 - Heavy trucks (HT) generated 60% of the CO produced in Ecuador by mobile sources.
 - The pollutants were generated mainly at ports, highways, and population centers.



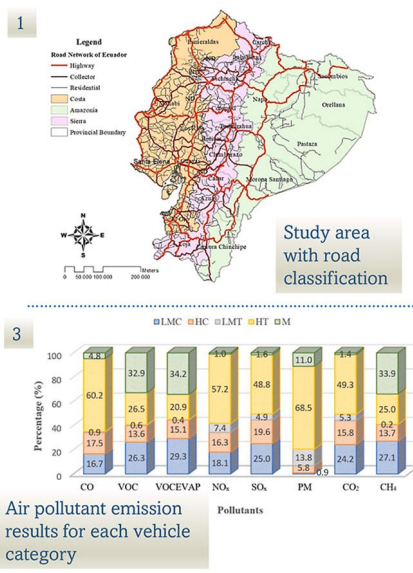
ARTICLE INFO

Handling Editor: Volker Matthias

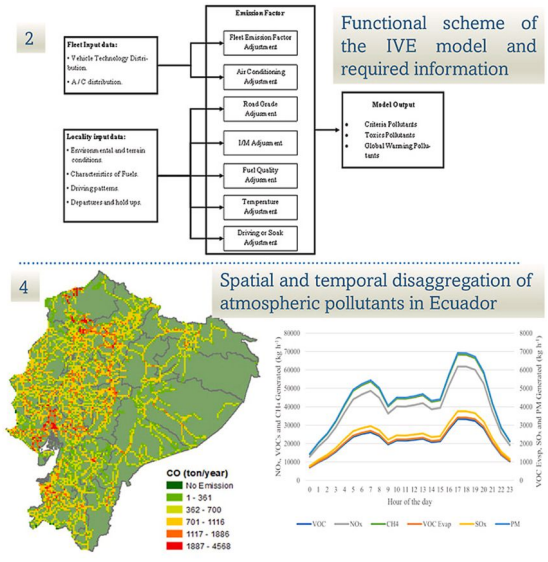
Keywords:
Air quality model
Emissions model
Urban air pollution
Vehicular emissions
Chemical pollutants

ABSTRACT

Air pollutants caused by traffic has become a topic of global interest due to its impact on human health and the environment, making high-resolution emission inventories effective mechanisms for air quality management. This study proposes the development of a high-resolution inventory of vehicle emissions in Ecuador using the IVE modelling system, which was developed for its use in third world countries. The required data was collected in several provinces of the country, determining vehicle intensity, driving patterns, departure patterns, environmental variables, and vehicle technologies. To have a greater data representation, vehicles were classified into five categories according to their size, in addition three types of roads were also considered (Highways, Roads and Residential). The database was used to determine the specific power of the engine and "tines", variables that together with the emission factors are part of the calculation of IVE model. Atmospheric pollutants such as CO, VOC's and VOC Evap, NOx, SOx, PM, CO₂ and CH₄ were also considered, it has been identified that in Ecuador 3.66 million tons of CO were produced in 2015, with trucks representing road transportation being the largest pollutants with approximately 57.2% of the whole total. Through the spatial disaggregation it was possible to identify that the most critical areas, in terms of generation of atmospheric pollutants, are in the most densely populated cities of the country such as Quito and Guayaquil, as well as in areas near seaports and state roads, from 6:00 h, 12:00 h and 18:00 h the hours of the day in which the largest number of emissions are produced. At the end of the study, it was discovered that trucks were the ones that generated the highest emissions of atmospheric pollutants in Ecuador.



Air pollutant emission results for each vehicle category



Estimation of on-road mobile emissions based on the vehicle technology in a high-traffic avenue in Panama City, Panama.

Ana Valdes-Montenegro¹, Franchesca Gonzalez-Olivardia^{1,2,*}, Sarawut Thepanondh³
Cesar Pinzon-Acosta^{1,2}

¹ Universidad Tecnologica de Panama, Panama City, Panama, Panamanian.
² Centro de Estudios Multidisciplinarios en Ciencias, Ingenieria y Tecnologia AIP, Panama City, Panama.
³ Faculty of Public Health, Mahidol University, Thailand.

Abstract. This study addresses the emissions from mobile sources in a busy avenue. Latest mobile emission inventories estimated pollutants based on fuel sales activities in the country. While this is an approved methodology, it does not consider the characteristics of vehicles and their emissions control systems. Applying the International Vehicle Emissions (IVE) model involves low costs, the vehicle fleet's technology features, and the study region's environmental parameters. The IVE model allows a better understanding of how vehicle technology impacts air quality. This study aims to generate information about vehicle emissions in Panama using a model that considers factors like vehicle technology, driving patterns, and local conditions, all of which influence air pollution in the region. The focuses are on passenger vehicles, the most common in the country, particularly in one of the densest districts. Carbon monoxide (CO), sulfates (SOx), nitrogen oxide (NO), and particulate matter (PMx) emissions were estimated with the IVE model, the first one stood out, represented 98% (6479.82 g/km) of the air pollutants emitted into the atmosphere by these four gases. Finally, it is established that the combination of emission control technologies and vehicle features is what will determine its emission reduction efficiency. Only in diesel vehicles, an increase in PMx emissions was identified.

Characterization of Air Pollution in Pre-COVID 19 Time Using the IVE Model Applied to Mobile Sources in Urban Areas

Carmen Cuba¹, Roberto Cuba², Victor Arroyo² and Jose Morales¹

¹ Dr(c)¹, Universidad Tecnológica del Perú, Ica, Perú ¹
² Dr. ^{2,3,4} Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Perú ^{2,3,4}
E-mail: c20369@utp.edu.pe

Abstract. In this article we present the design of effective control strategies (IVE Model), to predict atmospheric pollutants, greenhouse gases and toxins, from mobile sources, made up of 800 motorized vehicles, obtained from the records of the transport office of the Provincial Municipality of Ica, through an inventory of emissions from mobile sources, emission factors, activity and distribution of the vehicle fleet. The results obtained are Carbon Monoxide (CO, 23235.23 t/year), Volatile Organic Compounds (VOC, 12123.55 t/year), Nitrogen Oxides (NOx, 361.76 t/year), Evaporative Volatile Organic Compounds (COVexp, 455.2 t/year), Particulate Material (PM, 361.76 t/year) and Sulfur Oxides (SOx, 50.75 t/year). Where the highest CO emissions are cars and motorcycles, representing 45.72% and 36% of the total CO emissions released in the study area. It is concluded that prevention measures and actions such as transport management, control of vehicular emissions, promotion of the use of clean fuels, as a way of mitigating the atmospheric pollutants that could be generated, be established. Keywords: Air Pollutants, International Model of Vehicle Emissions, motorized vehicles

1. Introduction

Emissions of atmospheric pollutants, cause damage to the ecosystem in general, therefore, knowing in detail the quantities that are being released into the atmosphere, is information of great importance for the implementation of actions that help reduce vehicle emissions and improve the air quality in cities [1]. The objective of this research was to estimate the amount of atmospheric pollutants emitted by mobile sources in the city [2], using the International Model of Vehicle Emissions (IVE Model for its acronym in English); the vehicular population of vehicles in the city was made up of the units that circulate in the province of Ica; The collection of information was developed following the instructions in the Model User Manual. The information process was carried out in the preparation of the fleet, location and calculation files to carry out the evaluation of atmospheric pollutants. This research study allowed quantifying the amount of atmospheric pollutants emitted by the automotive fleet [3], and the realization of recommendations for a proposal to reduce atmospheric pollutants emitted by mobile sources in the province. In addition, this information will serve as a baseline for the development of future research studies on the emission of atmospheric pollutants [4], emitted by vehicle units in the city. The largest source of mobile pollution in recent years is the vehicle fleet, where a direct relationship has been proven between the increase in the number of vehicles and air pollution [5], this rapid increase, made up of new and used vehicles, creates a increased emissions of some atmospheric pollutants. Such as the poor quality of liquid fuels, due to their high content of pollutants in gasoline [6]. In large cities, the greatest source of pollution is mobile sources, but, due to the high number of vehicles that transit, it is difficult to measure the particular emissions of each car, so other methods are needed. One of these methods is the use of models that use emission factors, based on the processing of data obtained from certain vehicles, that is, they are required depending on the conditions of each city and the variabilities that it entails [6]. Currently thousands of people have a transport unit between formal and informal,



Article
Unregulated Emissions from Natural Gas Taxi Based on IVE Model

Hong Zhao ^{*}, Liang Mu, Yan Li, Junzheng Qiu, Chuanlong Sun and Xiaotong Liu

College of Mechanical and Electrical Engineering, Qingdao University, Qingdao 266071, China; 201902056@qdu.edu.cn (L.M.); 201902284@qdu.edu.cn (Y.L.); 201902056@qdu.edu.cn (J.Q.); 2020020440@qdu.edu.cn (C.S.); 202002056@qdu.edu.cn (X.L.)

^{*} Correspondence: zhaohong@qdu.edu.cn

Abstract: Emissions from motor vehicles have gained the attention of government agencies. To alleviate air pollution and reduce the petroleum demand from vehicles in China, the policy of "oil to gas" was vigorously carried out. Qingdao began to promote the use of natural gas vehicles (NGVs) in 2003. By the end of 2016, there were 9460 natural gas (NG) taxis in Qingdao, which accounted for 80% of the total taxis. An understanding of policy implementation for emission reductions is required. Experiments to obtain the taxi driving conditions and local parameters were investigated and an international vehicle emissions (IVE) localization model was established. Combined with vehicle mass analysis system (VMAS) experiments, the IVE localization model was amended and included the taxi pollutant emission factors. The result indicates that annual total carbon monoxide (CO) emissions from actual taxis are 6411.87 t, carbureted hydrogen (HC) emissions are 124.85 t, nitrogen oxide (NOx) emissions are 1397.44 t and particulate matter (PM) emissions are 8.9 t. When the taxis are running on pure natural gas, the annual emissions of CO, HC, NOx and PM are 4942.3 t, 48.15 t, 1496.01 t and 5.13 t, respectively. Unregulated emissions of annual total formaldehydes, benzene, acetaldehyde, 1,3-butadiene emissions from an actual taxi are 65.99 t, 4.68 t, 1.04 t and 8.83 t. When the taxi is running on pure natural gas, the above unregulated emissions are 12.11 t, 1.27 t, 1.5 t and 0.02 t, respectively.

Keywords: unregulated emissions; natural gas taxi; emission factor correction; operating condition; IVE model



Citation: Zhao, H.; Mu, L.; Li, Y.; Qiu, J.; Sun, C.; Liu, X. Unregulated Emissions from Natural Gas Taxi Based on IVE Model. *Atmosphere* **2021**, *12*, 478. <https://doi.org/10.3390/atmos12040478>

Academic Editors: Yuhang Huang and Georgios Karavalakis

Received: 11 March 2021

Accepted: 6 April 2021

Published: 9 April 2021

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

1. Introduction

Since China entered the 21st century, the national economy has developed rapidly and the pace of urban construction is increasing. With the gradual improvement of the urban road traffic network in recent years, the number of civilian cars in China has grown rapidly. The increase in the number of motor vehicles brings people convenient and fast travel, but it also causes an increasingly serious environmental pollution problem. Vehicle emissions draw more and more attention to the environment and society. The emissions from automobile exhausts are related to people's health [1–3]. The automobile power source is the key point of the continuous development of the automobile industry [4]. Good alternative fuels, such as bioethanol, alcohols and compressed natural gas (CNG), have

Ejemplo

El municipio de Cartago se encuentra ubicado al norte del departamento del Valle del Cauca, a una altitud de 917 metros, una humedad del 69%, una temperatura promedio de 29,2°C y una pendiente de terreno de 0.

Cartago cuenta con registro año a año de los vehículos matriculados en la localidad. Para el año 2018 se registraron 78355 vehículos entre públicos y particulares, de los cuales se categorizan en 3 grupos:

1. Automóviles y camionetas (56.815 vehículos)
2. Buses, busetas, camiones y volquetas (2.826 vehículos)
3. Motos (18.714 unidades)

El 80% de la categoría 1 utilizan motores menores a 1500 cc, la categoría 2 usan motores mayores a 3000 cc, mientras que todas las motos usan motores menores a 1500 cc. Además, se sabe que por ley la totalidad de las motos son de cuatro tiempos



Ejemplo

Tipo de vehículo	velocidad promedio (km/h)	Recorrido diario promedio (km)
Automóviles y camionetas	50	40
Buses, busetas, camiones y volquetas	40	85
Motos	50	45

Tipo de Vehículo	Combustible		
	Gasolina	Diesel	GNV
Automóviles y camionetas	60%	20%	20%
Buses, busetas, camiones, volquetas	-	100%	-
Motos	100%	-	-

1. Determinar las emisiones de contaminantes criterio, tóxicos y gases de efecto invernadero de cada flota
2. Determinar el tipo de combustible que emite mayores contaminantes en la categoría 1
3. Asumir que la categoría categoría 2, el 20% usa como combustible gas natural y la categoría de categoría 3, el 60% tiene motor a dos tiempos. Analice las emisiones de gases contaminantes con el punto 1.

Flota

Descripción Abreviada	Descripción	Significado
Pt	Gasolina	Vehículo a gasolina
Ds	Diesel	Vehículo a diesel
Ng	Gas natural	Vehículo a gas natural (En gran parte metano)
Ngrt	Gas natural retrofit	Vehículo originalmente construido para funcionar a gasolina modificado para funcionar a gas natural.
Pr	Propano	Vehículo a propano
Prrt	Propane retrofit	Vehículo originalmente construido para funcionar a gasolina modificado para funcionar a propano.
Et	Etanol	Vehículo a etanol
Etrt	Etanol retrofit	Vehículo originalmente construido para funcionar a gasolina modificado para funcionar a etanol.
CNG/LPG	Gas natural comprimido o gas licuado propano	Motocicletas o vehículos de tres ruedas a gas natural o propano.
Carb	Carburado	Vehículo equipado con carburador
SgPt FI	Inyección Monopunto	Vehículo equipado con un sistema de inyección electrónico único al múltiple de admisión.
MPFI	Inyección Multipunto	Vehículo equipado con un sistema de inyección electrónico múltiple
Pre-Inj	Pre-Inyección	Vehículo diesel equipado con un sistema de inyección diesel tradicional.
Dir-Inj	Inyección Directa	Vehículo diesel equipado con un sistema de inyección electrónica y entrega de combustible directamente en cada inyector.
2cyc	2 tiempos	Motores de 2 tiempos de baja cilindrada que operan a gasolina (motocicletas o vehículos de 3 ruedas).

4cyc	4 tiempos	Motores de 4 tiempos de baja cilindrada que operan a gasolina (motocicletas o vehículos de 3 ruedas).
Hybrid	Vehículo Híbrido	Vehículo que opera parcialmente con un motor eléctrico y baterías.
Auto/Sm Truck	Auto/Camioneta	Vehículos de pasajeros (automóviles, camionetas, van o SUV) de peso bruto vehicular menor a 9000 lb.
Truck/Bus	Camión/Bus	Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 9000 lb.
SmlEng	Motor pequeño	Se refiere a motocicletas o vehículos de 3 ruedas.
Lt	Liviano	Vehículos con tamaños de motor menor a 1.5 litros (vehículos de peso bruto vehicular menor a 5000 lb)
Md	Mediano	Vehículos con motores de tamaño entre 1.5 litros y 3 litros (vehículo de peso bruto vehicular entre 5000 y 6600 lb.)
Hv	Pesado	Vehículos con motores de tamaño mayor a 3 litros y peso bruto vehicular menor a 9000 lb.
None	Ninguno	Sin sistema de control de emisiones
PCV	Ventilación positiva del cárter	Control que desvía los gases desde el cárter a la cámara de combustión eliminando las emisiones evaporativas.
2wy	Catalizador de 2 vías	Catalizador que reduce las emisiones de HC y CO del motor.
3wy	Catalizador de 3 vías	Catalizador que reduce las emisiones de HC, CO y NOx del motor.
EGR	Recirculación de gases de escape	Válvula de control que recircula una porción del escape a la cámara de combustión para bajar la temperatura de combustión y así reducir la formación de NOx.
Particulate	Filtro de Partículas	Filtro en el escape que remueve el material particulado con una eficiencia aproximada de 90%.
K km	Miles de kilómetros	Define la edad del vehículo en términos del odómetro en miles de kilómetros recorridos.
User	Usuario	Un vehículo definido por el usuario que no tiene un factor de emisión predeterminado.