



CONGRESO NACIONAL
DE **INGENIERÍA**

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA



BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023

Cambio climático, movilidad y transporte sostenible

Enrique Posada Restrepo

**Sociedad Antioqueña de
Ingenieros y Arquitectos SAI**

**HUB
FERRO
VIARIO**
movilidad sostenible



Sociedad Antioqueña de
Ingenieros y Arquitectos
La Fuerza de la Razón - 1913



CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



EL DESARROLLO SOSTENIBLE Y LA INGENIERÍA

La sostenibilidad se ha convertido en un asunto vital en nuestros días, no solamente para ingenieros y arquitectos sino para toda la sociedad. Hace parte de las conversaciones, de los proyectos, de los objetivos de los países, de los esfuerzos y de los compromisos nacionales e internacionales.

Contribuyen bastante a su importancia las preocupaciones relacionadas con el calentamiento global y el cambio climático.





CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023

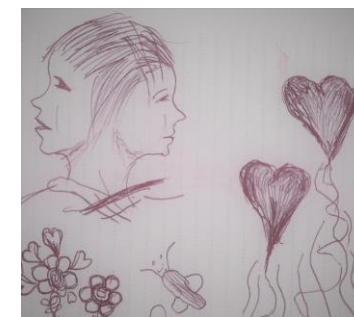


El cambio inevitable

En las noticias, en los grupos de opinión, en los gobiernos, en las organizaciones internacionales, en los grupos ambientalistas, en la política, se siente el mensaje de que la sociedad (la humanidad) tiene que cambiar radicalmente sus formas de trabajo o se verá sujeto el planeta a situaciones catastróficas e irreversibles.

Se señala que son muy cortos los plazos para cambiar, ya que de seguir las cosas como van, la catástrofe vendrá rápidamente.

Algunos hablan de 12 años, otros de 50 años,





CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA



BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023

La importancia de la energía

La energía es el motor que impulsa el modo de vida actual. Por lo tanto, lo que tiene que ver con los procesos energéticos y sus recursos asociados, su explotación, su empleo, su distribución y su eficiencia, es absolutamente fundamental en los temas de la sostenibilidad.





CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



EL DESARROLLO SOSTENIBLE Y LA INGENIERÍA

La combustión basada en combustibles fósiles genera emisiones de CO₂, que es el mayor contribuyente al efecto invernadero y al eventual calentamiento global.

La producción de cemento en la descomposición de la caliza genera también CO₂.

El metano, los óxidos de nitrógeno y ciertos gases asociados con el Fluor generan también efecto invernadero.

También contribuyen la agricultura, la ganadería y los desechos sólidos

En cambio, otra fuente importante de energía es la nuclear, que se basa en el uranio radiactivo. Si bien es una fuente no renovable, no genera gases de efecto invernadero.

La ingeniería interviene diseñando sistemas, optimizando sistemas, encontrando alternativa y desarrollando las nuevas fuentes,

GASES DE EFECTO INVERNADERO

La combustión basada en combustibles fósiles lugar a emisiones de CO₂, que es el mayor contribuyente al efecto invernadero y al eventual calentamiento global. La producción de cemento en la descomposición de la caliza genera también CO₂. En 2019 el total por estos conceptos fue de 36,5 Gigaton.

Se genera también CO₂ equivalente tipo LUC (Aporte de usos de la tierra, que se estima en 3,5 Gigaton en 2019).

Así el CO₂ total por estos conceptos anteriores es de 40,0 Gigaton.

El metano CH₄ que viene de distintas fuentes (ganadería, descomposición de desechos, industria) genera CO₂ equivalente, estimado en 9,6 Gigaton en 2109. Los óxidos de nitrógeno (N₂O) y gases fluorinados aportan también CO₂ equivalente, estimado en 2,8 Gigaton en 2019.

Se tiene así un total de CO₂ equivalente estimado en 52,4 Gigaton en 2019.



CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

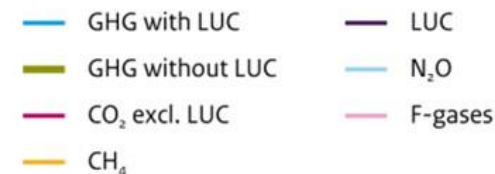
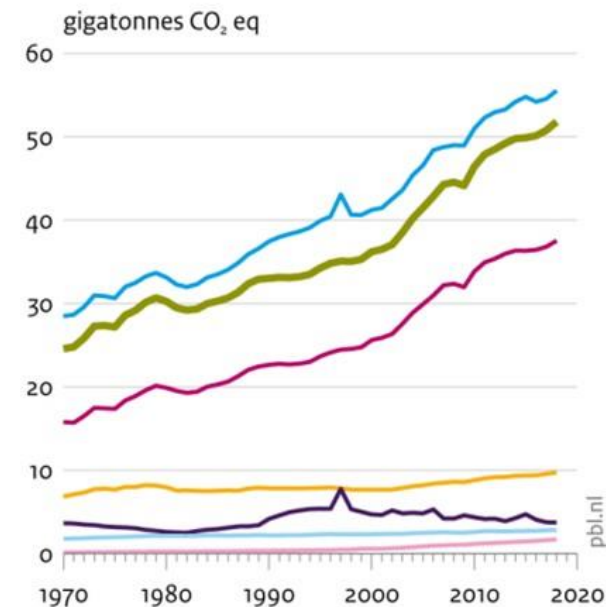
RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



Global greenhouse gas emissions

Per type of gas



LUC = Land-use change, GHG = greenhouse gas

Source: GHG excl. LUC EDGAR v5.0 FT2018

LUC: Houghton and Nassikas 2017

TRENDS IN GLOBAL CO₂
AND TOTAL
GREENHOUSE GAS
EMISSIONS 2019 Report
J,G,J, Olivier and J,A,H,W,
Peters



CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



Gases de efecto invernadero en el mundo

Emisiones en millones de toneladas equivalentes de CO₂ por año

	1970	1980	1990	2000	2010	2012	2016	2019	2019 a 2000
Mundo	24,550	30,250	33,070	36,290	46,520	48,610	50,000	52,430	1,44
China	2,020	2,850	3,910	5,270	11,340	12,550	13,040	14,010	2,66
Estados unidos	5,710	5,960	6,110	7,030	6,840	6,590	6,570	6,590	0,94
Unión Europea	5,510	6,230	5,740	5,260	4,970	4,770	4,530	4,340	0,83
Brasil	0,360	0,570	0,660	0,880	1,130	1,200	1,210	1,240	1,41
India	0,800	0,950	1,370	1,850	2,780	3,040	3,400	3,720	2,01
Corea del Sur	0,100	0,180	0,320	0,550	0,660	0,690	0,700	0,710	1,29
Colombia	0,128	0,154	0,273	0,310	0,325	0,182	0,232	0,222	0,71



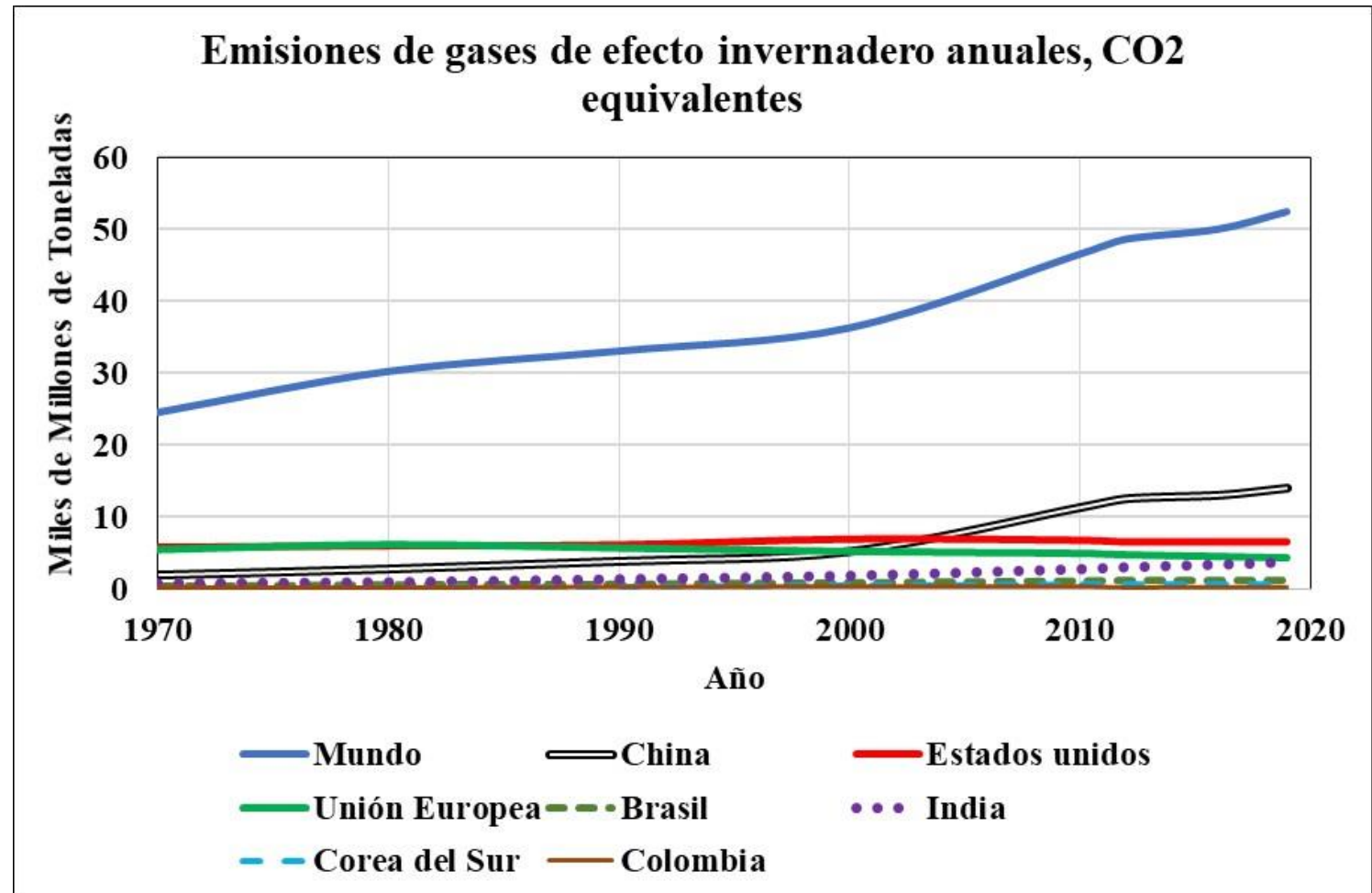
CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



Gases de efecto
invernadero en varios
países en el mundo
Emisiones en millones de
toneladas equivalentes de
CO2 por año





CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA



BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023

	Población millones	CO2 equivalente miles de millones de toneladas año	CO2 equivalente kg/habitante/ día
Mundo	7.000	52,43	20,5
Estados Unidos	330	6,59	54,7
China	1.380	14,01	27,8
India	1.300	3,72	7,8
Unión Europea	508	4,34	23,4
Cora del sur	52	0,71	37,4
Brasil	207	1,24	16,4
Colombia	50	0,222	12,2



CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



Fuentes renovables de energía - Hidroelectricidad

Hay una fuente de energía renovable muy importante en Colombia, que es la de las corrientes de agua que fluyen desde las montañas hasta los mares, posibilitando el empleo de centrales hidroeléctricas para producir la electricidad que el país requiere.



CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



EL POTENCIAL DE LA HIDROELECTRICIDAD

Indudablemente la hidroelectricidad es un enorme potencial del país

Hay que aprovechar las riquezas

Cunde una tendencia en la actualidad que señala que la hidroelectricidad no es renovable, que es dañina, que no es sostenible, que ya no es posible realizar proyectos grandes, que nos debemos resignar solamente a la construcción de Pequeñas Centrales,

Estas tendencias vienen impulsadas desde países europeos que ya desarrollaron todo su potencial hidroeléctrico

Las desafortunadas contingencias de Hidroituango han contribuido a fortalecer a los enemigos de la hidroelectricidad,

Propongo que seamos creativos, emprendedores y que no desaprovechemos estos potenciales tan generosos.

El transporte y su contribución a las emisiones de CO₂



CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



Hemos estimado para el Valle de Aburrá que las emisiones de CO₂ provenientes del transporte equivalen a algo más de 2,0 kg/habitante día.

Al comparar con las emisiones del país que hemos estimado en 12,2 kg/habitante día, podemos apreciar que el transporte en nuestra región contribuye aproximadamente con un 16 % de las emisiones totales de CO₂.

Se puede apreciar que es una fuente significativa. De ahí la importancia de trabajar la sostenibilidad en el transporte.

Consumos de combustibles en vehículos

Consumos diarios en el Valle de Aburrá

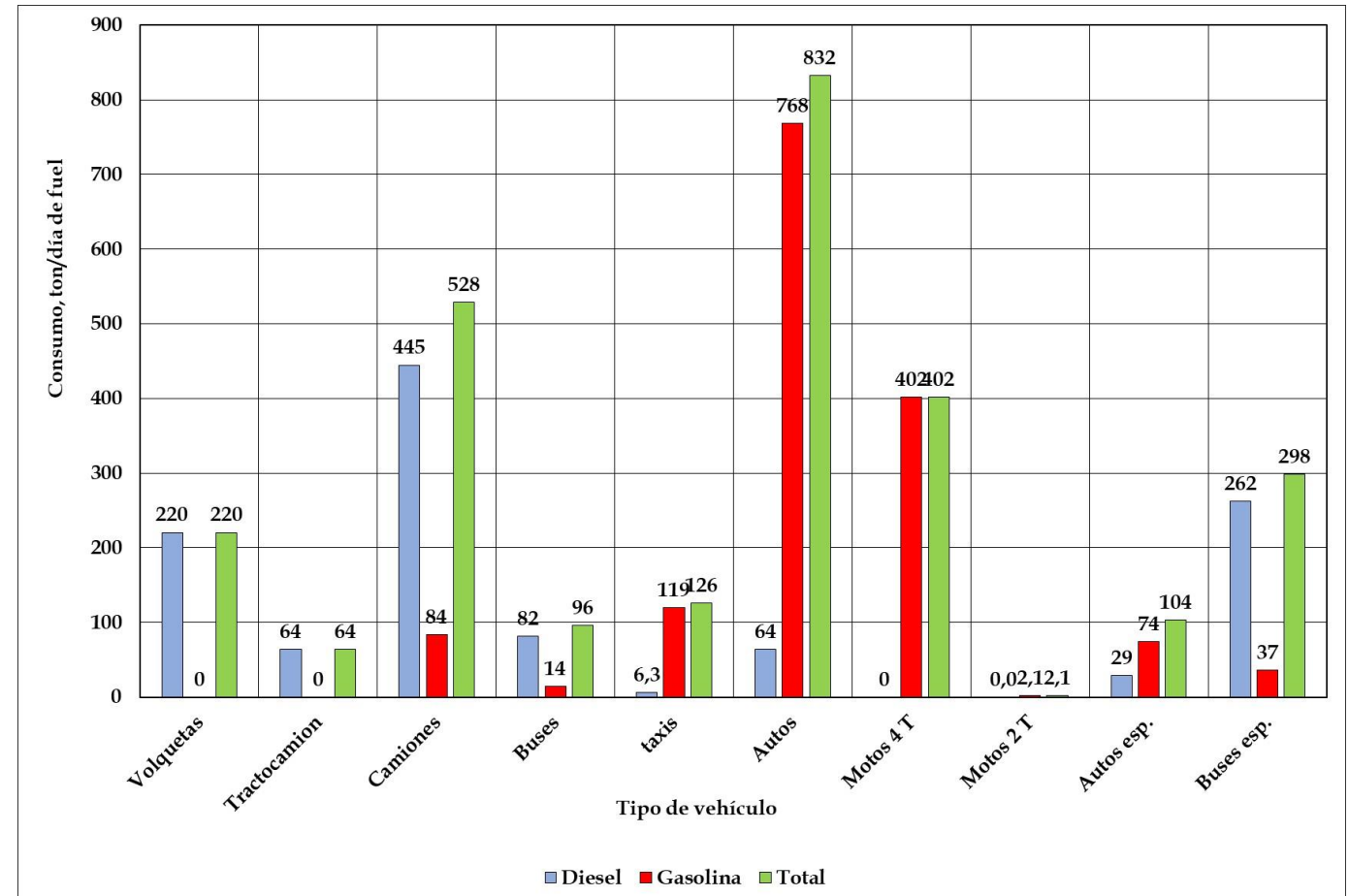
Se observan los consumos diésel y gasolina estimados para los distintos tipos de vehículos (2016). Los grandes consumidores diésel son los camiones, las volquetas y los buses. Los grandes consumidores gasolina son los autos y las motos de 4 tiempos.



CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



Emisiones de material particulado PM 2.5

Factores de emisión de PM2.5

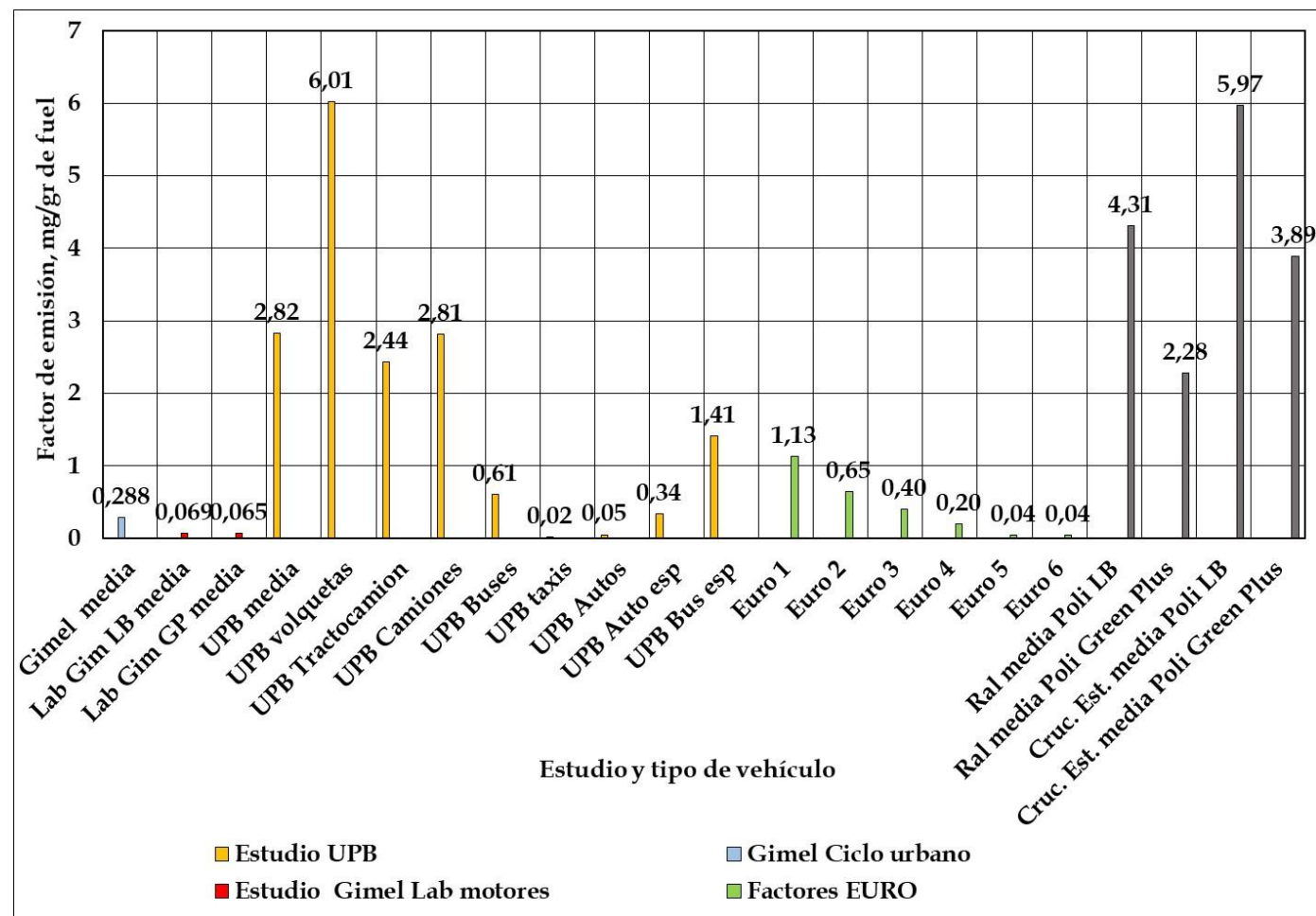
Los grandes factores de emisión diésel son los de los camiones y las volquetas. Los factores de emisión en condiciones de paro (ralentí y crucero estático) son muy altos, bastante más que los de marcha normal. Los factores de emisión de los vehículos modernos (euro 5 y 6) son bastante menores que las emisiones de los vehículos existentes de tamaño grande. Los factores de emisión de los autos son bajas, comparables a euro 5 y 6



CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



Emisiones de material particulado PM 2.5



CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023

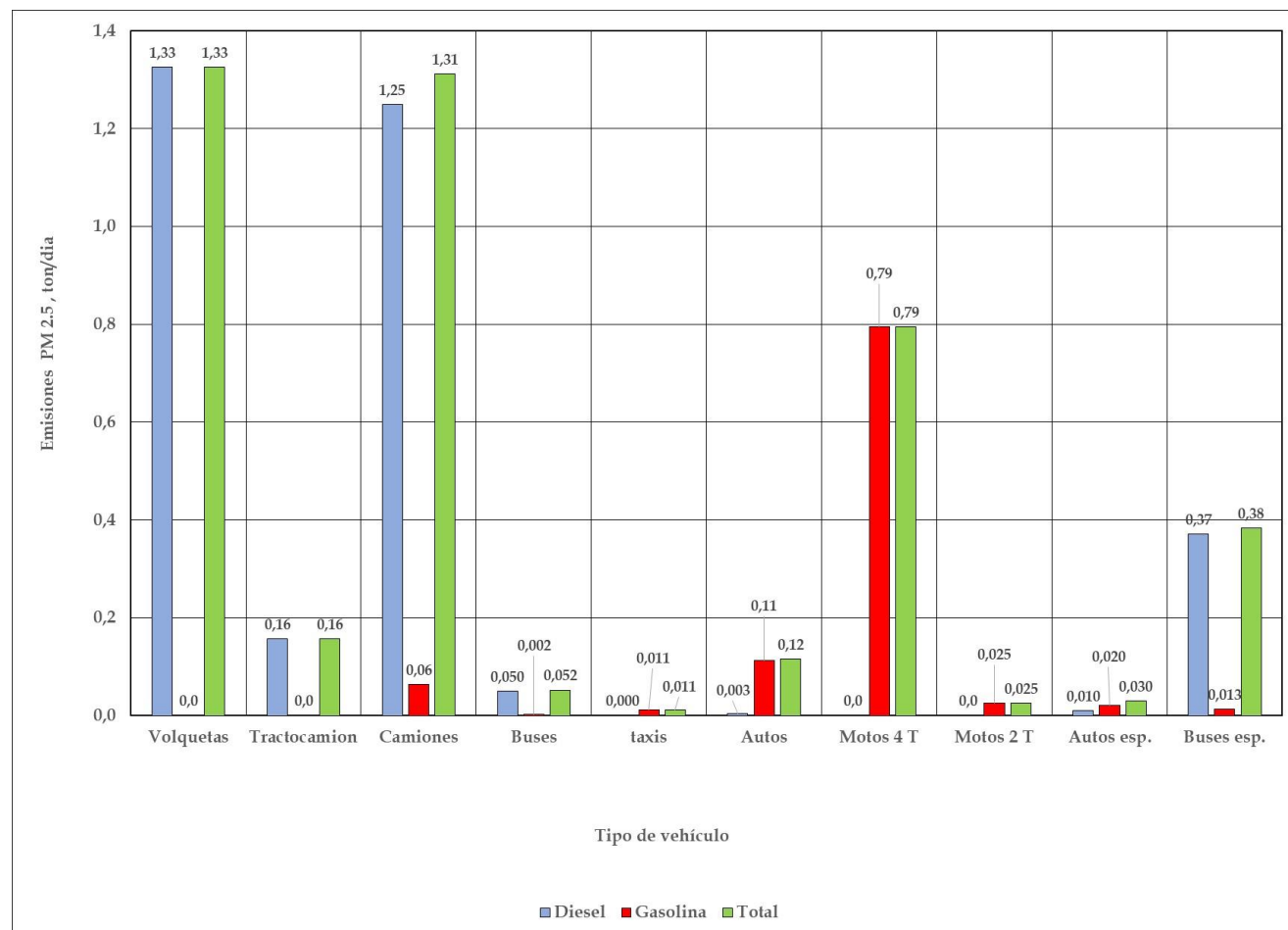


Emisiones diarias estimadas en el Valle de Aburrá

Los grandes emisores diésel de PM2.5 son los camiones, las volquetas y en menor grado los buses.

Los grandes emisores gasolina son las motos de 4 T

Las emisiones de los autos son bajas



Emisiones de CO2 en vehículos



CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

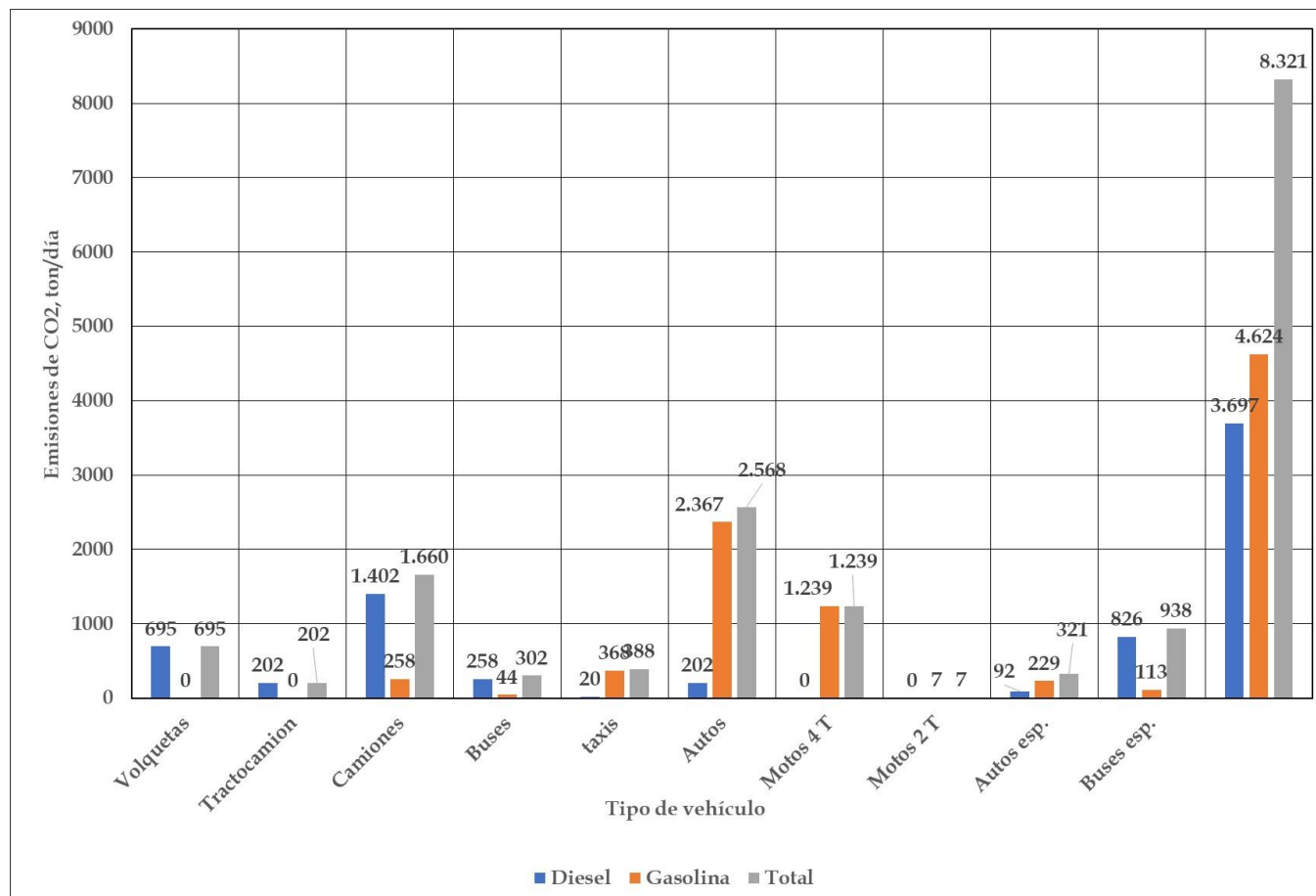


BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023

Emisiones diarias estimadas en el Valle de Aburrá

Estas emisiones son proporcionales a los consumos de combustibles ya que el Carbono del combustible se convierte en CO2 cuando la combustión es completa.

En total se emiten aproximadamente 2.0 kg de CO2 por habitante día



El Metro de Medellín como un ejemplo



Este sistema es sostenible desde los tres aspectos de la sostenibilidad

Social. Calidad de vida. Aporte significativo a la cultura ciudadana. Un completo sistema en crecimiento y rico en alternativas de transporte sostenible. Hace más de un millón de viajes diarios.

Económico . Los análisis de costo beneficio muestran claramente que los beneficios de las externalidades y de los ahorros para los habitantes compensan sin duda ninguna las inversiones realizadas. El sistema ha desarrollado estrategias reales de modernización de su flota con grandes economías, generación de empleo y de tecnología en el país.

Ambiental. Se evitan emisiones al evitar las combustiones. En 2019 se evitaron emisiones de 753.143 toneladas de CO₂, un beneficio económico que se puede estimar en 0,5 kg/habitante día de CO₂, y que se ha valorado en \$123.553 millones de 2019.

Es un sistema limpio, ordenado, de bajo ruido, con sentido estético.

MAPA METRO

METRO map

Todas las estaciones cuentan con al menos un ingreso accesible
/ All stations have at least one accessible entrance



Escanea y conoce nuestros mapas

Convenciones / Conventions

- Estación / Station
- ▬ Parada / Stop
- ▬ Paradero / Bus Stop
- ↔ Transferencia directa / Direct transfer
- ↔ Transferencia peatonal / Pedestrian transfer
- ▬ Ruta integrada / Integrated route
- 🚲 Parqueaderos para bicicletas / Bicycle parking
- 📖 Bibliometro / Library
- 💻 Sala de Alfabetización Digital / Digital Literacy Room
- 👤 Punto de Atención al Cliente (PAC) / Customer Service Point (CSP)
- 🚧 En construcción / Under construction
- 📶 Zona WiFi (en la estación y en sus alrededores) / WiFi zone (inside and near the station)
- 🌊 Río Medellín
- 🚲 Estación EnCicla

Líneas / Lines

- Metro / Metro**
 - A** Niquia - La Estrella
 - B** San Antonio - San Javier
- Cable / Aerial Cable Car**
 - H** Oriente - Villa Sierra
 - J** San Javier - La Aurora
 - K** Acevedo - Santo Domingo
 - L** Santo Domingo - Arví
 - M** Miraflores - Trece de Noviembre
 - P** Acevedo - El Progreso
- Tranvía y bus eléctrico / Tramway and electric bus**
 - T** San Antonio - Oriente
 - O** Caribe - La Palma
- Bus / BRT (Bus Rapid Transit)**
 - 1** U. de M. - Parque Aranjuez (via Av. del Ferrocarril)
 - 2** U. de M. - Parque Aranjuez (via Av. Oriental)
 - 3** Corredor Sur (under construction)



CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA



RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023

El Metro de Medellín como un ejemplo



CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



El desarrollo del transporte público masivo basado en la energía eléctrica es una estrategia de gran importancia. Proponemos desde la SAI que se base en la hidroelectricidad

Empleo de agentes catalíticos para mejorar la combustión

La combustión imperfecta crea contaminación

Los diversos sistemas de combustión interna son muy usados en el transporte. Tienen puntos de funcionamiento ineficiente.

Las emisiones contaminantes son indicativas de estos problemas que atentan contra la sostenibilidad



CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



**ANÁLISIS DE EMISIONES DE PM 2.5
Y DE CO2 EN EL VALLE DE
ABURRÁ Y POSIBLES
ESTRATEGIAS DE TRABAJO**

**IMPORTANCIA DE LOS
VEHÍCULOS**

**AGENTES CATALÍTICOS Y SU
IMPACTOS**

Emisiones de CO2 en vehículos

Rebaja de emisiones de CO2

Con el uso de combustión catalizada se esperan reducciones de emisiones de CO2 del 7 al 10 %, proporcionadas a las mejoras en el rendimiento de la combustión.

En total se podrían dejar de emitir por este concepto del orden de 0.2 kg de CO2 por habitante día en el Valle de Aburrá



CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

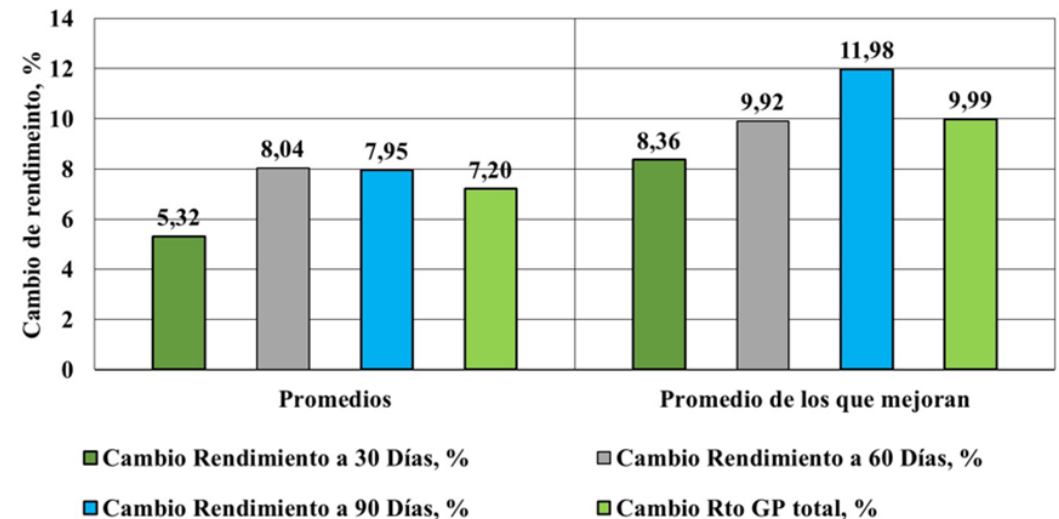
BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



La combustión catalizada y la mitigación del CO2

Desde 2016 he venido estudiando un aditivo catalizador que mejora la combustión. Mejora el rendimiento energético y disminuye emisiones de CO, HC, NOx, PM2,5 y CO2 (este es un GEI)

Cambios de rendimiento en estudios de vehículos a diesel con catalizador (Medellín 2016)



Al utilizar un aditivo catalizador en el combustible

Disminuciones esperadas del 30,6 % en PM2.5

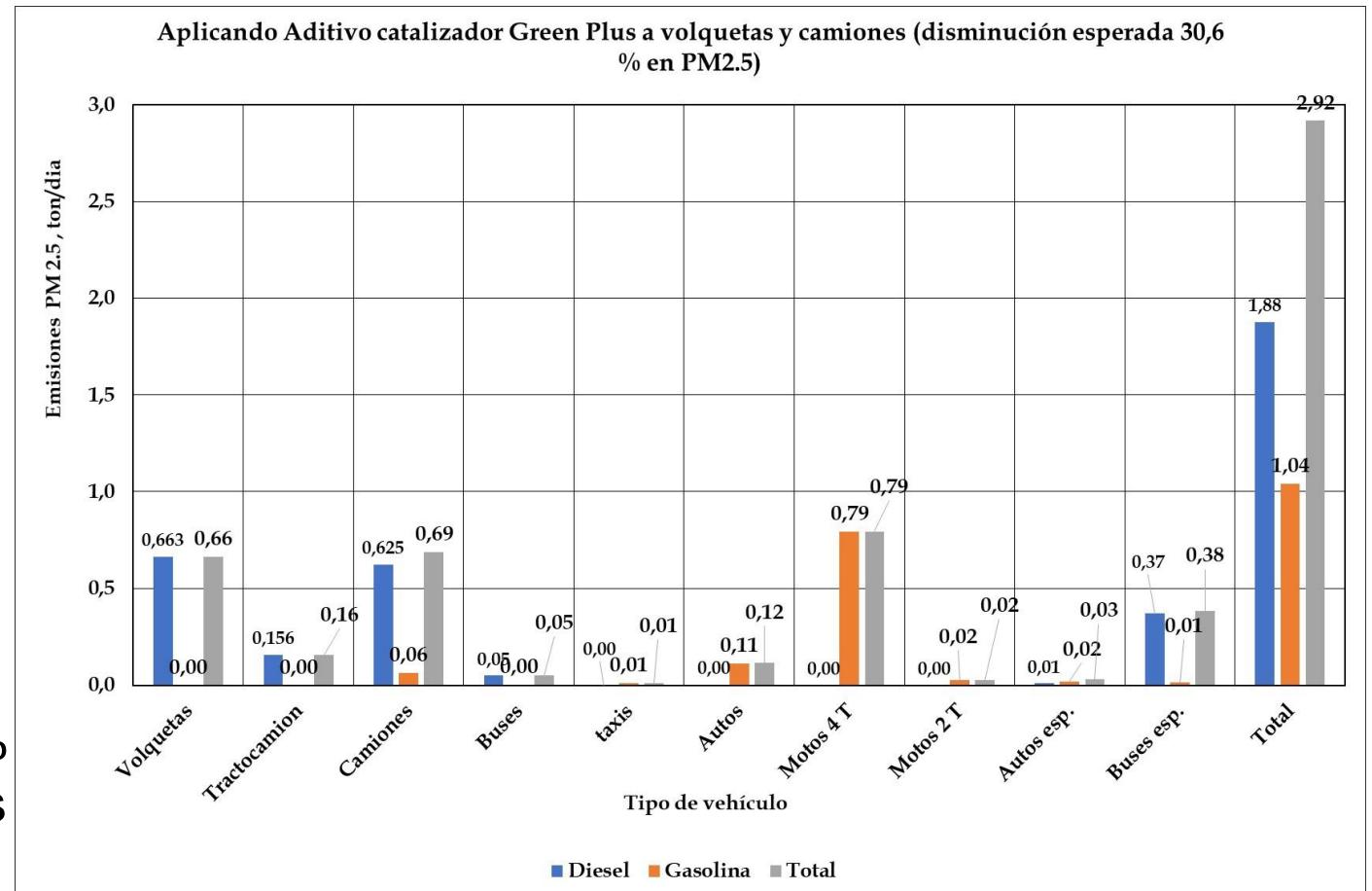
Según estudio hecho por el Politécnico Colombiano JIC, este aditivo permite reducciones en las emisiones de PM estimadas del 50 %. Se puede estimar que si se aplicara a camiones y volquetas, es de esperar una reducción total del 30 % aproximadamente en las emisiones totales de PM2.5



CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



Conversión de vehículos de combustión interna a vehículos eléctricos

Idea básica de mitigación del cambio climático

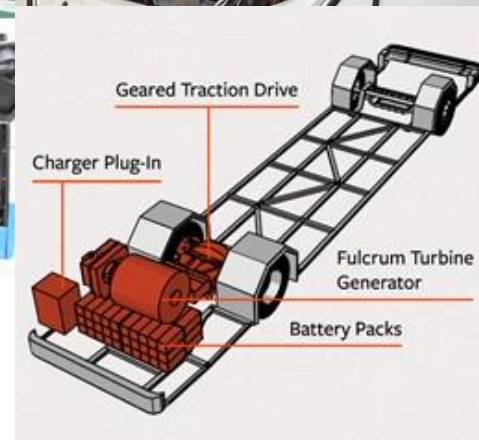
En el mundo se vienen adelantando diversos programas de conversión de buses usados diésel y de vehículos de gasolina usados a sistemas eléctricos de variados tipos. Con esto se logran mitigaciones importantes de las emisiones de CO2



CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



EVC
Electric Vehicles Conversion

El aspecto social



CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

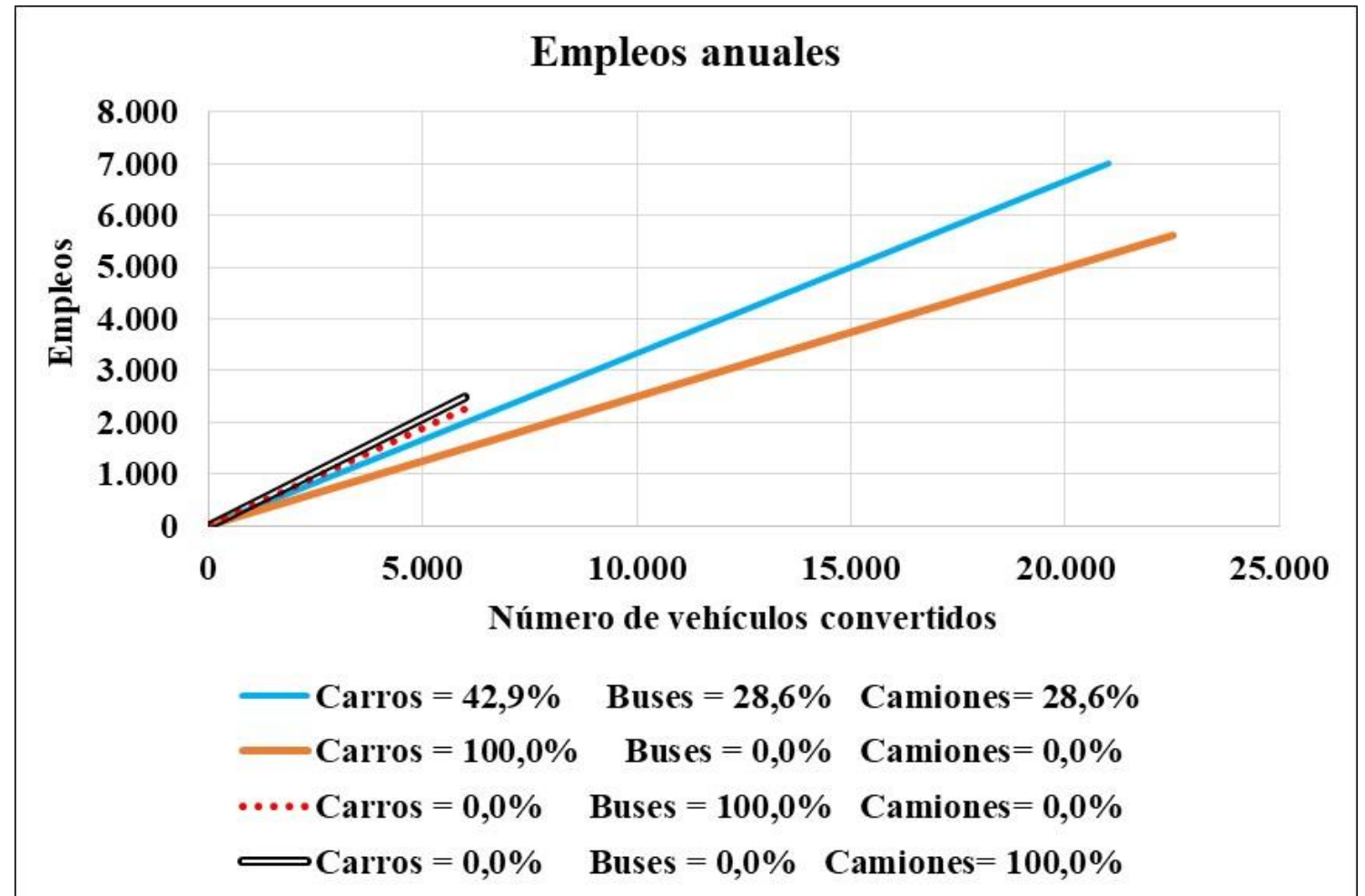
RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



Empleo generado

En la gráfica se muestra una aproximación al empleo generado con la conversión según el tipo y la cantidad de vehículos y un valor conjunto para un cierto plan de conversiones





CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

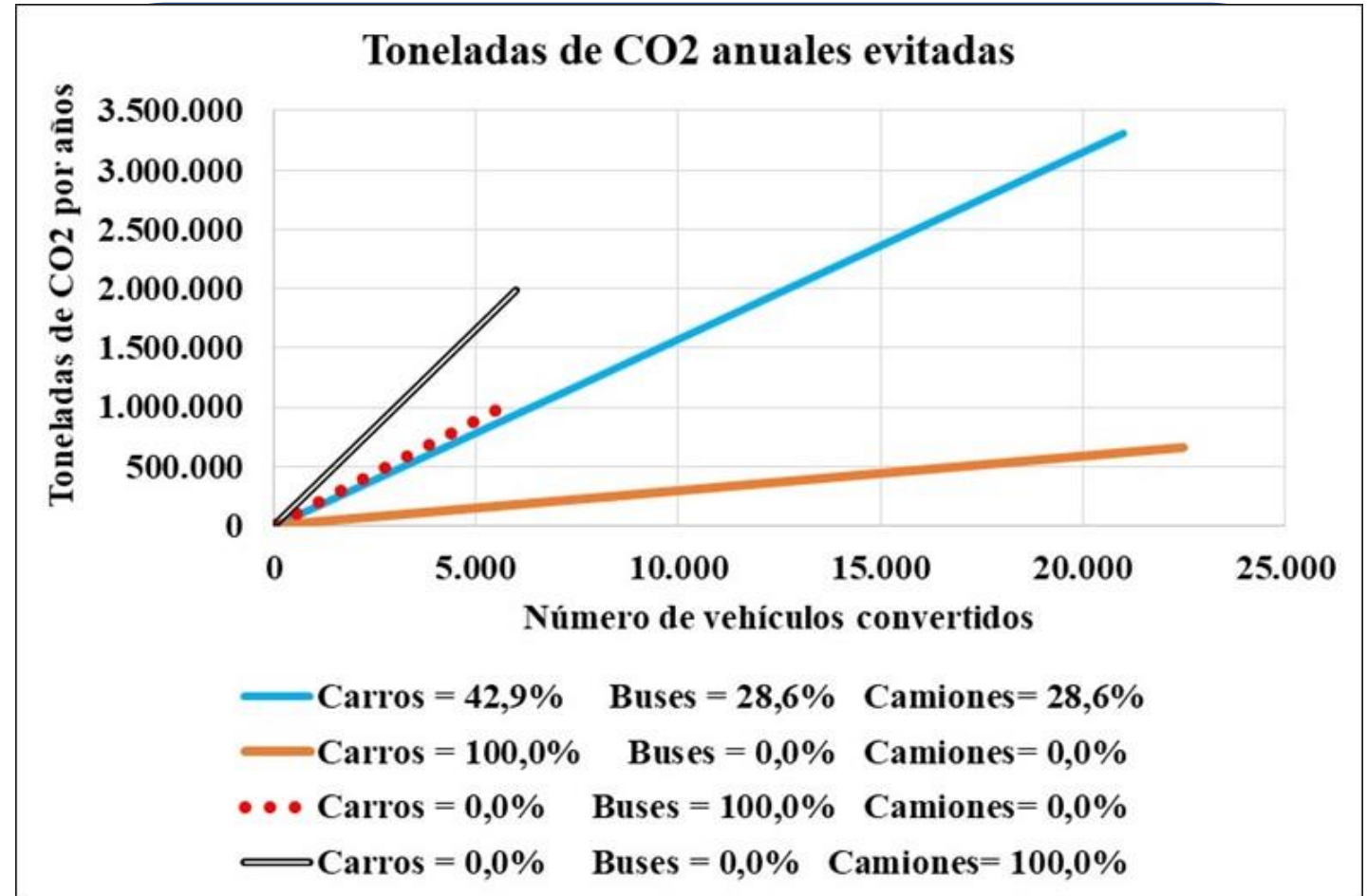


El aspecto ambiental

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023

Contaminación de GEI evitada

En la gráfica se muestra una aproximación al impacto de mitigación de GEI según el tipo y la cantidad de vehículos y un valor conjunto para un cierto plan de conversiones



El aspecto económico



CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

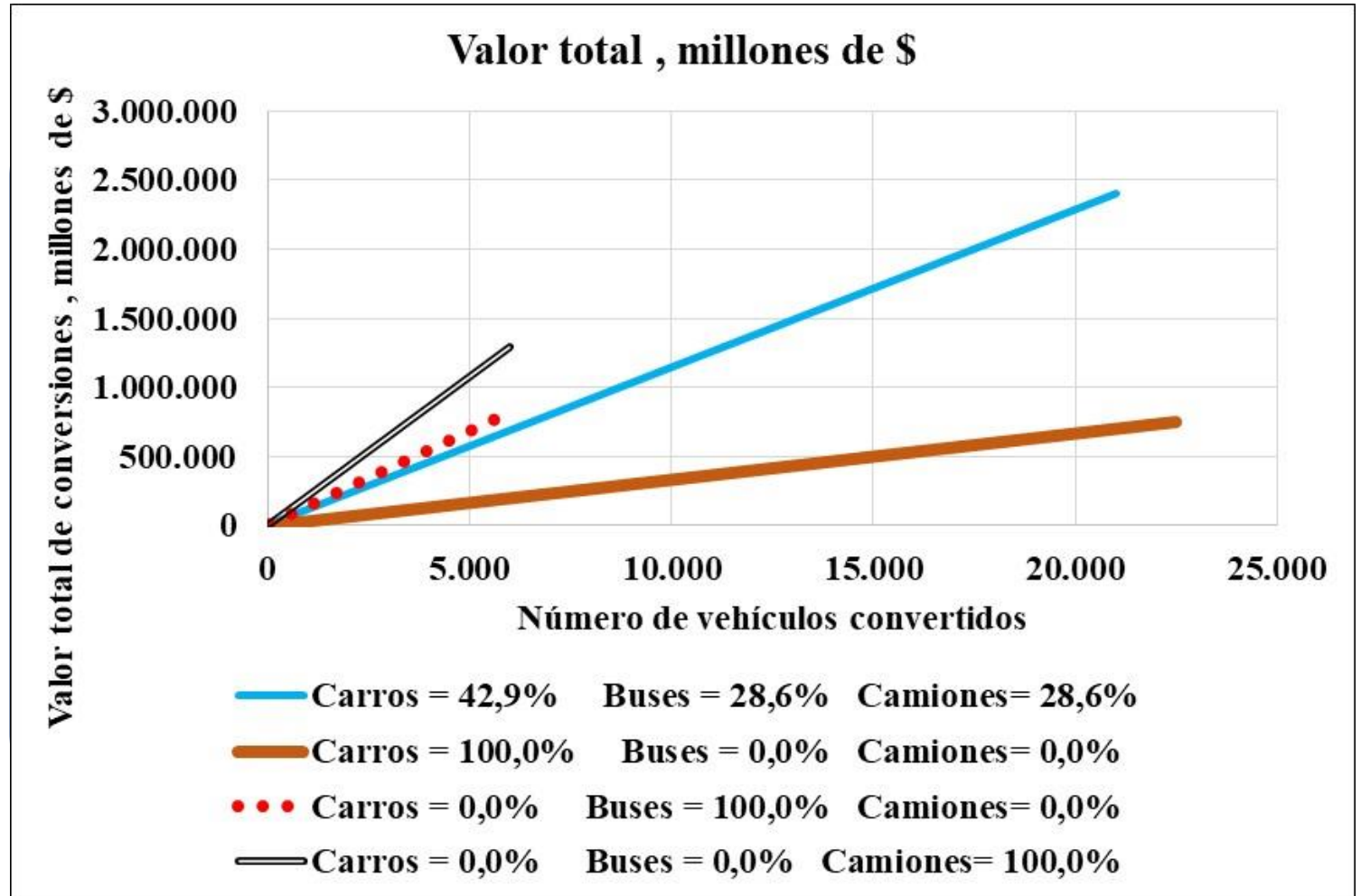
RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA



BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023

Inversiones necesarias

En la gráfica se muestra una aproximación a las inversiones necesarias para la conversión según el tipo y la cantidad de vehículos y un valor conjunto para un cierto plan de conversiones



Las buenas prácticas en la conducción



CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



Las inestabilidades, los atasques, la irregularidad

Las malas prácticas de conducción pueden dar origen aumentos del 50 % en las emisiones contaminantes (PM, CO, HC)

Factor de impacto	alto	medio	bajo
Influencia, % de emisiones detenidas y malas prácticas	60	30	0
Relación de factores de emisión detenido a marcha	1,5	1,2	1,0
Factor de emisión medio diésel, mg/g fuel	4,21	3,52	2,82
Factor de emisión medio gasolina, mg/g fuel	0,95	0,79	0,64
Emisiones esperadas diésel, ton/día	2,80	2,34	1,88
Emisiones esperadas gasolina, ton/día	1,55	1,30	1,04
Emisiones esperadas totales, ton/día	4,36	3,64	2,92
Aumento de emisiones por prácticas pobres	49,3	24,6	0,0

Los impactos de las velocidades efectivas de marcha

Las irregularidades en la velocidad generan emisiones excesivas

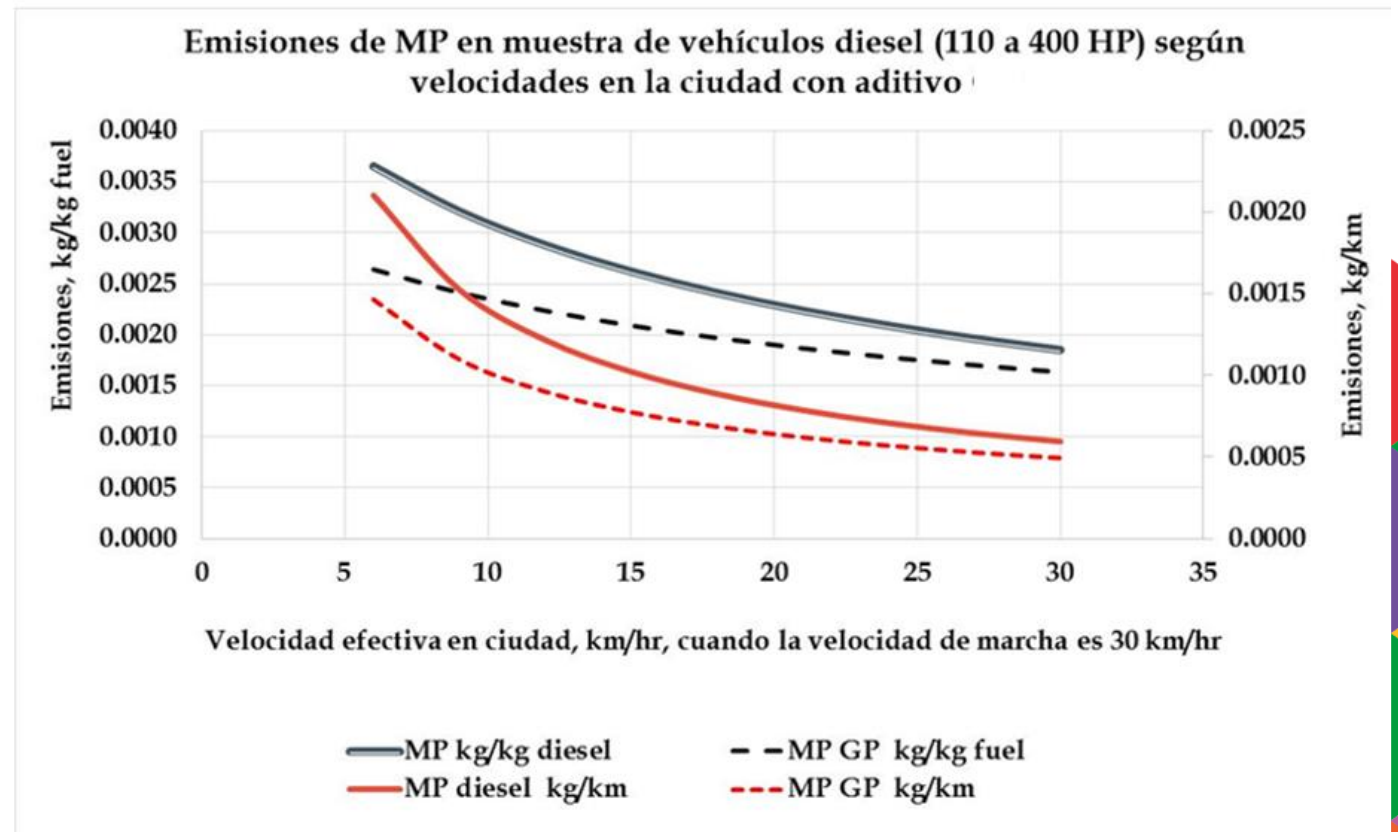
El uso de un aditivo catalizador es muy positivo ante el impacto de las bajas velocidades de marcha en las ciudades por irregularidades y malas prácticas



CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



Estrategias de sostenibilidad en el transporte urbano



CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



Es importante mejorar la situación de los grandes emisores en las ciudades, especialmente camiones y volquetas

- Modernización
- Nuevos vehículos en lo posible eléctricos
- Conversión a electricidad en talleres locales
- Conversión a gas natural
- Uso de aditivos catalizadores para mejorar la combustión

Estrategias de sostenibilidad en el transporte urbano



CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



Es aplicar las mejores tecnologías disponibles

Los programas de modernización en buses y autos y las mejoras en las calidades de los combustibles han dado buenos resultados

Es importante entender bien las emisiones de las motos, prestar mayor atención y estudiar sus emisiones.

Hay que crear cada vez más la cultura de las buenas prácticas, especialmente para las motos.

Es importante seguir avanzando en el transporte público eléctrico, para mejor calidad de vida, ayudar a controlar el crecimiento desbordado de las motos y racionalizar el transporte en automóvil



CONGRESO NACIONAL
DE INGENIERÍA

RETOS Y PARADIGMAS EN LA INGENIERÍA

BARRANQUILLA | 1 AL 3 DE MARZO DE 2023



Frase de cierre

La ingeniería y sus buenas prácticas, basadas en los proyectos, la investigación, la innovación y las tecnologías resultantes tiene las claves para la sostenibilidad en algo tan importante como es el transporte en las ciudades