

# VIII Seminario

*La Sostenibilidad un Punto de Encuentro*

*Estrategias para una Ciudad Sostenible*

## **Movilidad Sostenible**

Una mirada desde la gestión ambiental y la infraestructura

**Alejandro Builes Jaramillo**

**Julián Gómez Bedoya**

Facultad de Arquitectura e Ingeniería

Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia

Agosto 26 de 2017



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA



Alcaldía de Medellín  
**Cuenta con vos**

## Agenda

### Movilidad sostenible

- Normatividad

### Casos de estudio

- Escenarios de emisión
- P.M. 2.5 Sistema EnCicla



Los municipios deben de tener en cuenta en sus planes de movilidad componentes de sistemas de transporte público, la estructura vial, **red de ciclorrutas**, la circulación peatonal y otros **modos alternativos de transporte**, zonas sin tráfico vehicular a las cuales únicamente podrán acceder quienes se desplacen a pie, en bicicleta, o en otros medios no contaminantes.

(Ley 1083 del 31 de julio de 2006  
Planeación urbana sostenible)



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA



Alcaldía de Medellín  
**Cuenta con vos**

- Es política pública estimular el uso de la **bicicleta** y los **tricimóviles** no motorizados a través de acciones orientadas a promover estos modos de transporte urbano en todo el territorio nacional
- El objetivo desde el PDN es “priorizar los modos no motorizados y el transporte público para que la gente tenga motivación de pasarse a otros medios que les permitan superar los **trancones** y la **congestión**, y además tener **mejor salud** y un **ambiente más sano**.”

(Plan nacional de desarrollo 2014-2018)



- “Por la cual se adoptan medidas que contribuyan al desarrollo de una **gestión integral de la calidad del aire** en la jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá”
- Los **Planes de Movilidad Sostenibles** aplican para todas las entidades, instituciones, organizaciones, empresas públicas y privadas que tengan más de doscientos (200) trabajadores (directos e indirectos)

(Resolución Metropolitana 02381 de diciembre 30 de 2015)



El PMB2030 provee una carta de navegación que facilita la gestión en el corto, mediano y largo plazo para la promoción del uso de la bicicleta, con la visión de lograr en el año 2030 el **10% de los viajes totales en el modo bicicleta.**

(Plan Maestro Metropolitano de la Bicicleta del Valle de Aburrá – Noviembre 2015)

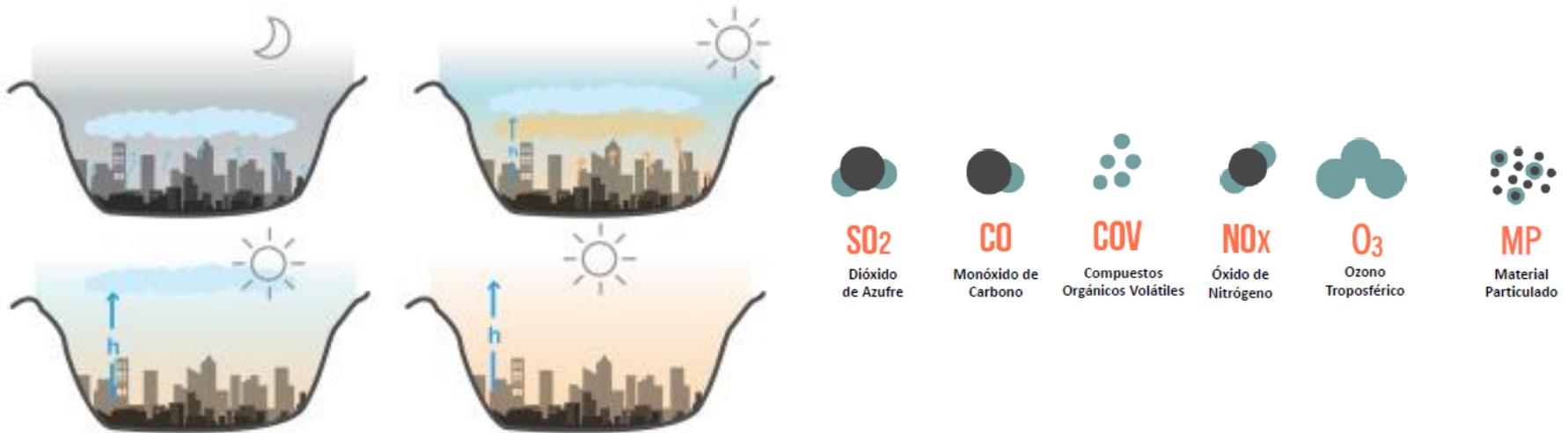


INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA



Alcaldía de Medellín  
**Cuenta con vos**

## Realidad



(AMVA, 2017)

¿Cómo cumplir con la normatividad?  
¿Cómo ser una ciudad saludable/sostenible?  
¿Cómo proveer una mejor salud y un ambiente sano?



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA



Alcaldía de Medellín  
**Cuenta con vos**

## Escenarios de emisiones

(Antes de los PEMS)

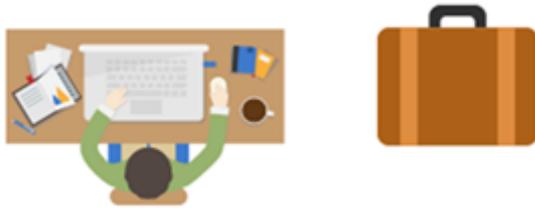


INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA



Alcaldía de Medellín  
**Cuenta con vos**

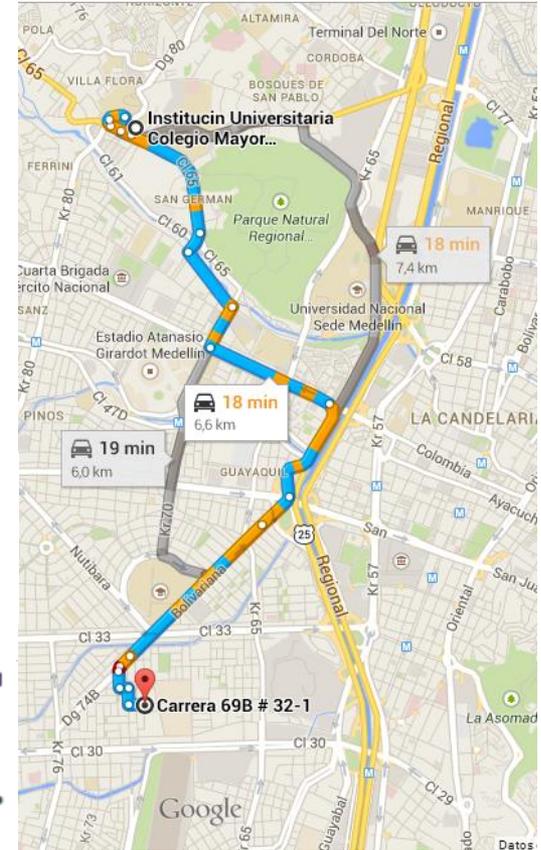
# Escenarios de emisiones



Estudio y trabajo son los principales motivos de viaje

## ¿Impacto de la Institución?

Población a la fecha del estudio (aprox. 3200)



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA

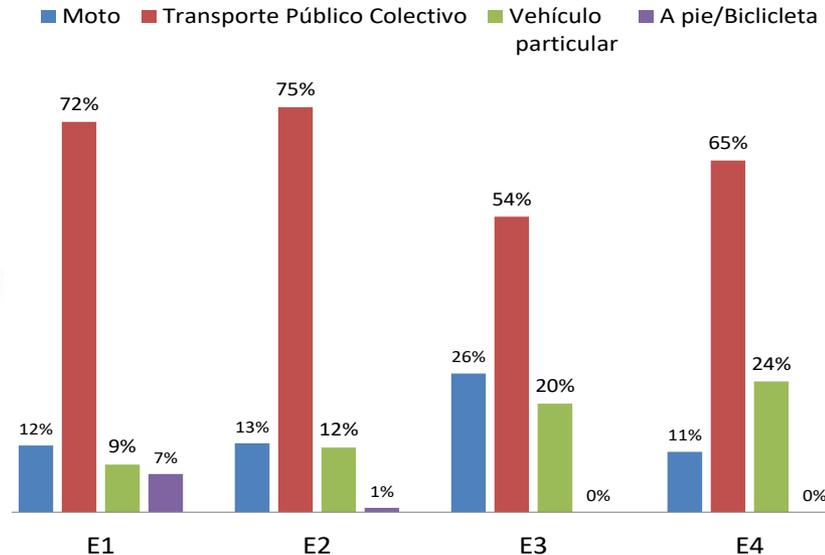
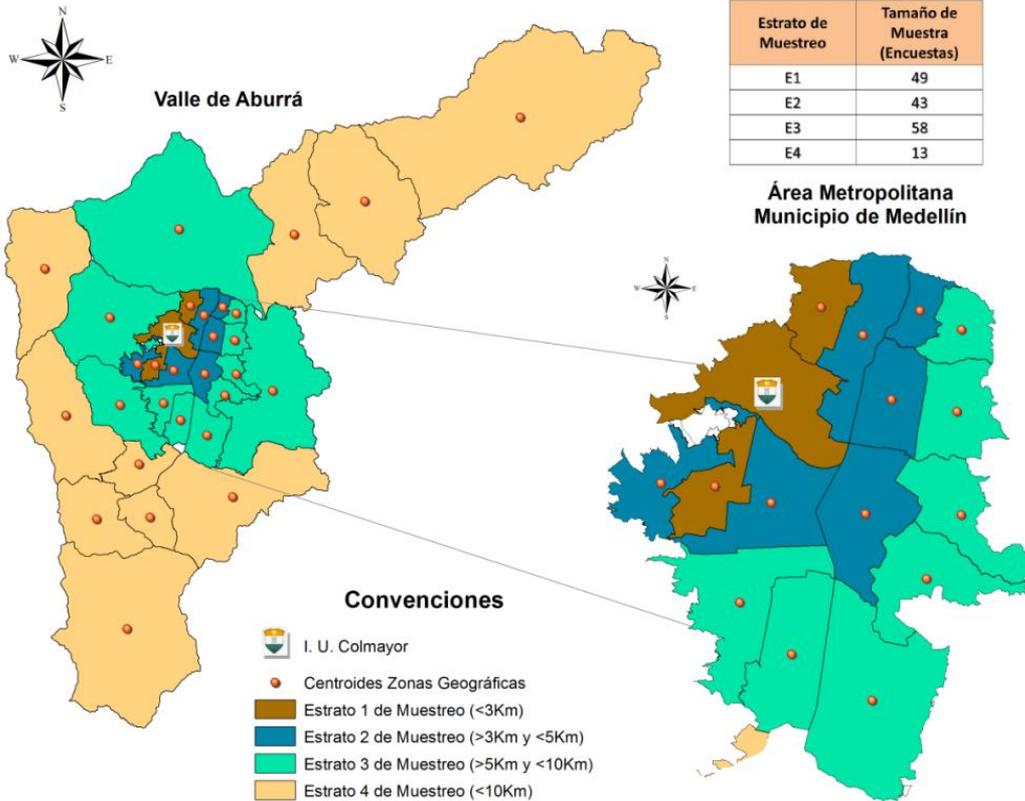


Alcaldía de Medellín  
Cuenta con vos

# Escenarios de emisiones

Muestreo estratificado según la distancia de partida del viaje

## Encuestas



(Valencia, et. al, 2015)



Desarrollo de un modelo del tipo Bottom-up basado en encuestas para la estimación de emisiones

$$E_c = \sum_{i=1}^N V_i \times D_i \times FE_{ic}$$

$i$ : número de la encuesta

$N$ : total de encuestas

$E_c$ : emisión del contaminante  $c$  (g/semana)

$V_i$ : viajes realizados por la encuesta  $i$  en una semana (viajes/ semana)

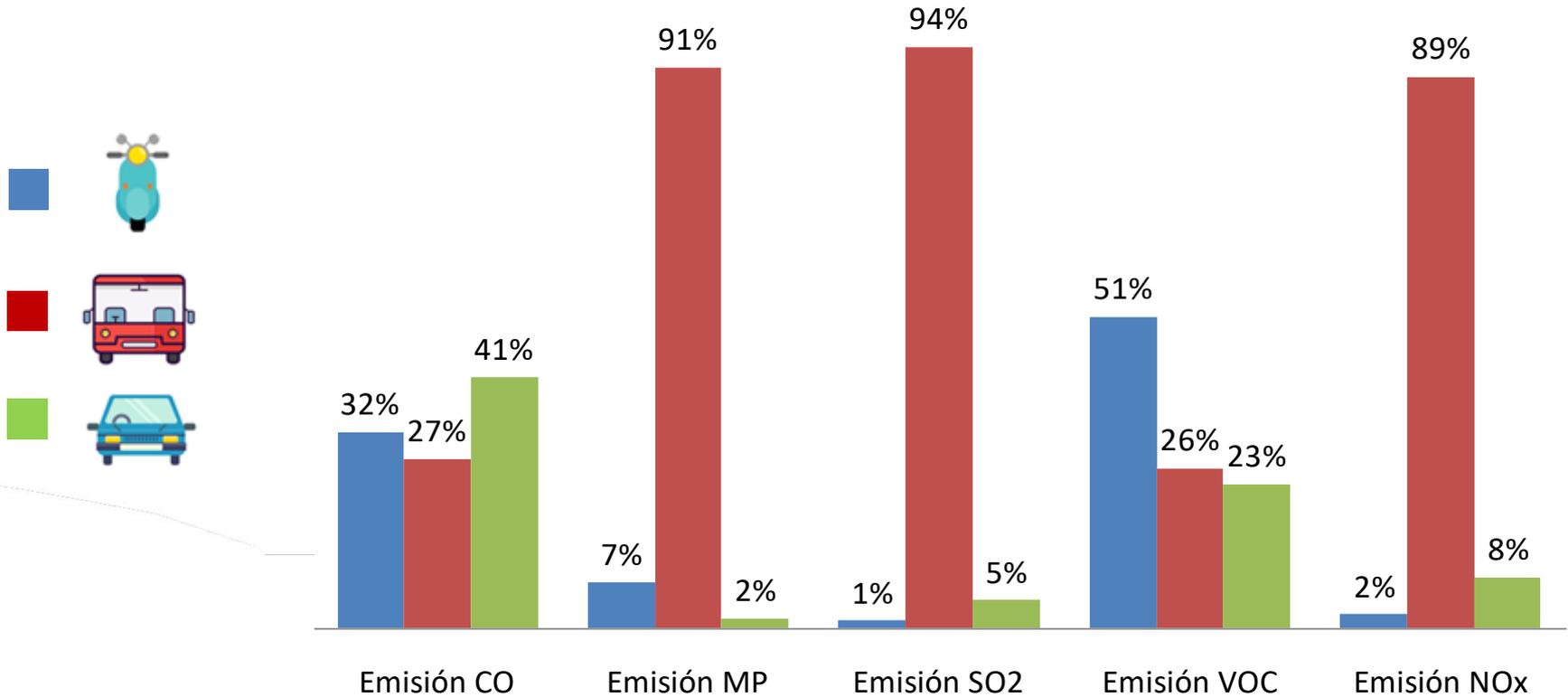
$D_i$ : distancia recorrida por el vehículo de la encuesta  $i$  en un viaje (km / viaje)

$FE_{ic}$ : factor de emisión IVE para el contaminante  $c$  del vehículo de la encuesta  $i$  (g/km)

(Valencia, et. al, 2015)



# Escenarios de emisiones



(Valencia, et. al, 2015)



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA

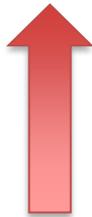


Alcaldía de Medellín  
**Cuenta con vos**

# Escenarios de emisiones

El factor de ocupación se definió como la cantidad de asientos ocupados en el vehículo durante el viaje

Factor de ocupación	25%	50%	75%	100%
Promedio en la Institución	76%	9%	5%	10%



El **76%** de los viajes en vehículo particular se hacen con tres asientos vacíos, por lo que se tiene sólo un factor de ocupación del 25% (sólo viaja el conductor)

98% de los vehículos privados en la institución son para 4 personas



(Muñoz-Duque, et. al, 2015)



# Escenarios de emisiones

Escenario 1



Escenario 2



Escenario 3



$$E_c = \sum_{i=1}^N V_i \times D_i \times FE_{ic}$$

(Muñoz-Duque, et. al, 2015)

Numero de viajes realizados por el vehículo de la encuesta  $i$  en una semana (viajes/semana)

$V_i$



# Escenarios de emisiones

Escenario	Viajes	Porcentaje de Reducción de viajes
E1	293	36%
E2	197	57%
E3	126	72%

Reducciones alcanzadas en cada uno de los escenarios en **número de viajes** y en **kg/año** de contaminantes criterio

	CO	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	VOC	NOx
<b>Actual</b>	10,055	541	312	2,057	6,038
<b>E1</b>	1,525 (15%)	3	5	181 (9%)	178
<b>E2</b>	2,366 (23%)	5	8	280 (13%)	282
<b>E3</b>	2,972 (30%)	6	10	350 (17%)	362

(Muñoz-Duque, et. al, 2015)



## P.M. 2.5 Sistema EnCicla

(Si vamos a montar en bicicleta -10% de los viajes a 2030-, ojalá respiremos un buen aire)



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA



Alcaldía de Medellín  
**Cuenta con vos**

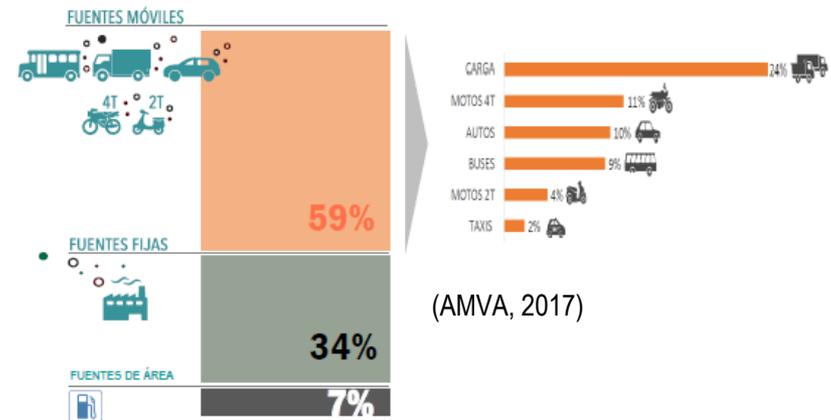


¿Cuáles son los niveles de concentración de P.M. 2.5 en el sistema *EnCicla*?

- PM10**
- Agravan el asma.
  - Reducen la función pulmonar.
  - Favorecen las enfermedades respiratorias.
- PM2.5**
- Ocasionan disminución en el tamaño del feto.

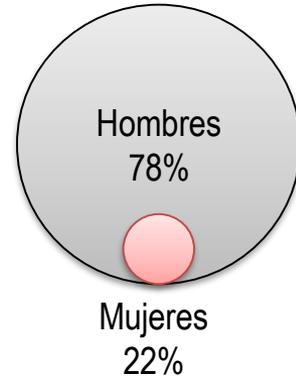
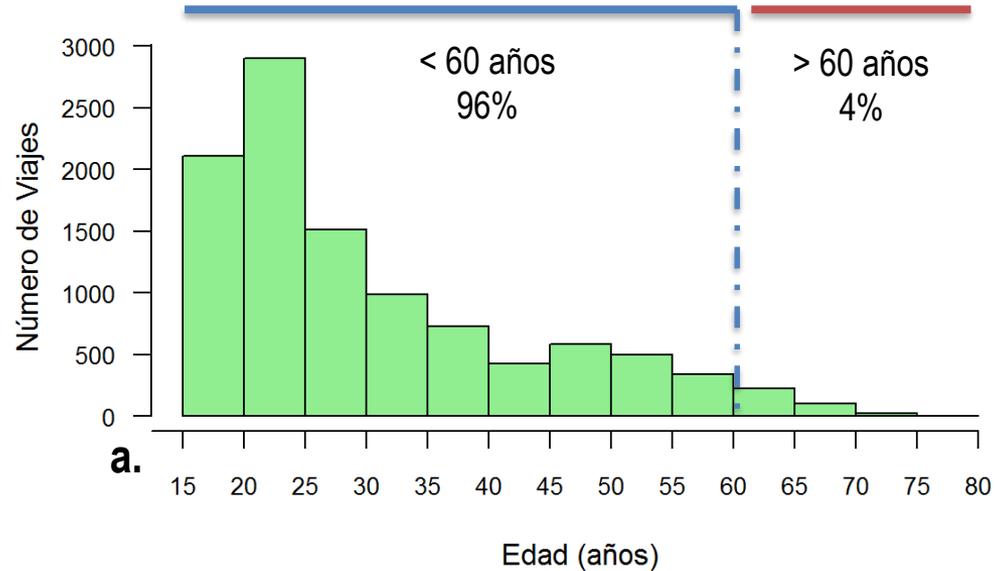
- PM2.5**
- Favorece las enfermedades cardiovasculares.
  - Está asociada con el desarrollo de la diabetes.

Fuente: [www.aire.df.gob.mx](http://www.aire.df.gob.mx)



(AMVA, 2017)





Estaciones

51

Bicicletas

1300

10479

Viajes

Demografía del sistema de bicicletas públicas del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, a) distribución de edades de los usuarios, b) distribución del género de los usuarios

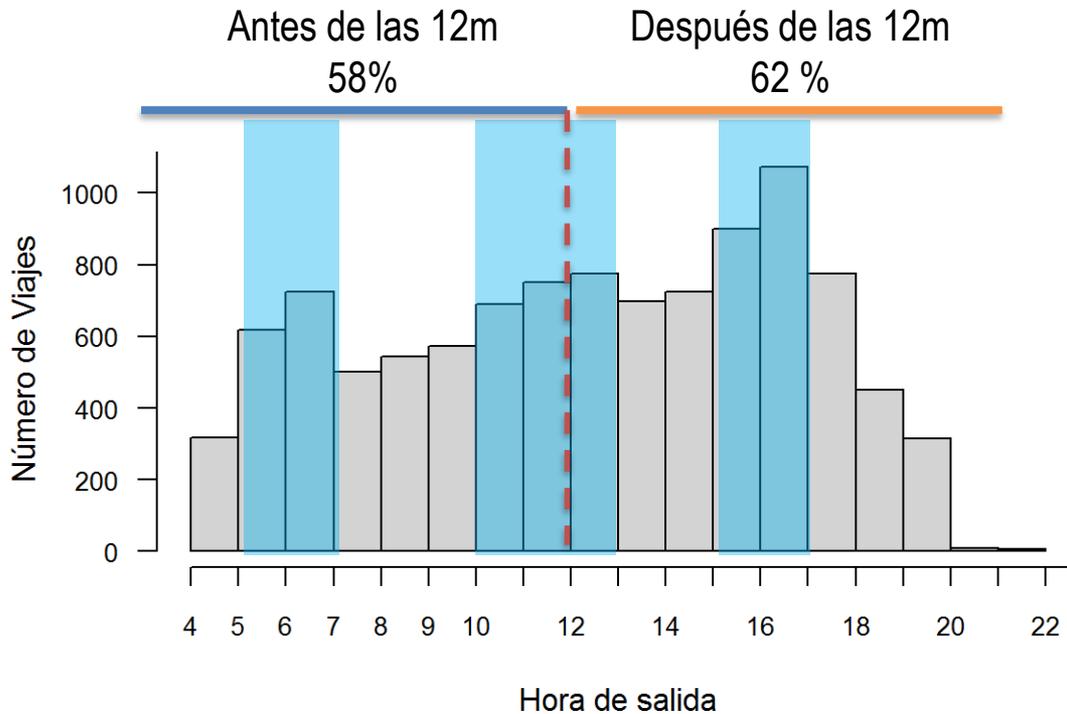
(Elaboración propia a partir de la información del sistema EnCicla)



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA



Alcaldía de Medellín  
**Cuenta con vos**



Distribución de los viajes durante el día.

Hay tres picos de préstamo

- i) 5-7 a.m.,
- ii) 10 a.m. – 1p.m.
- iii) 3– 5 p.m.

(Elaboración propia a partir de la información del sistema EnCicla)



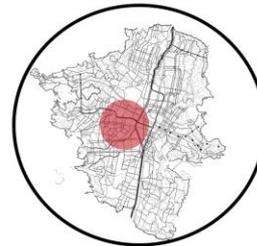
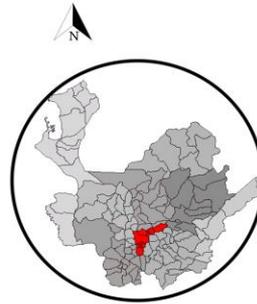
Rutas seleccionadas para el muestreo por ser las que tienen la mayor demanda de viajes de todo el sistema:

**Unal – Suramericana (3.9%)**

**UPB – Estadio (2.1%)**

**Estadio – Orquídeas (0.9%)**

**Unal – Robledo (0.8%)**



(Fuente: Proyecto P.M. 2.5)

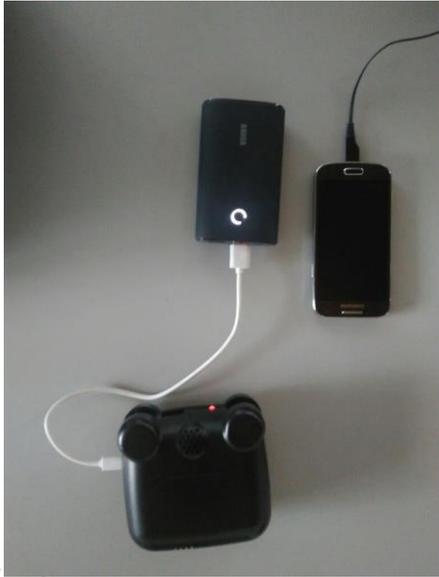


INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA



Alcaldía de Medellín  
**Cuenta con vos**

# P.M. 2.5 Sistema EnCicla



AirBeam: Envío de información mediante protocolo bluetooth (<http://www.aircasting.org/>)



(Fuente: Proyecto P.M. 2.5)

Validación con estación fija. Mediciones durante 8 horas con el sensor comparadas con low-vol



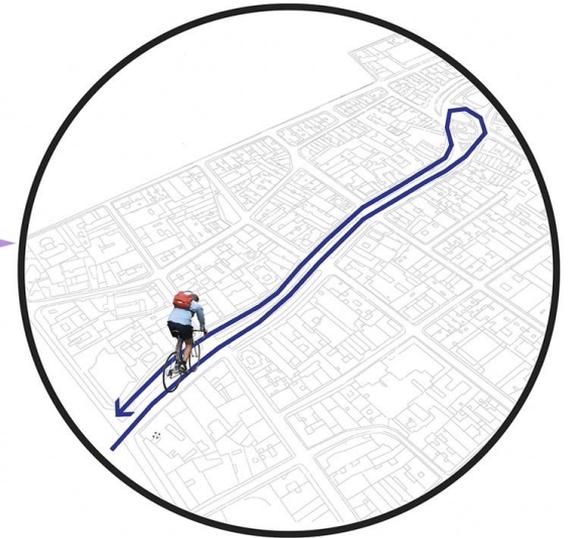
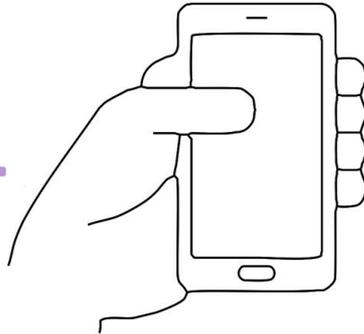
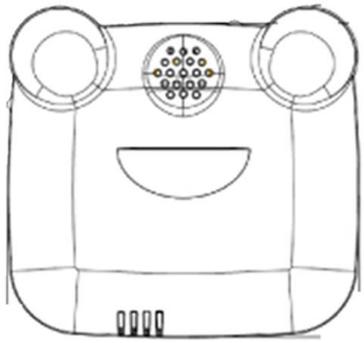
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA



Alcaldía de Medellín  
**Cuenta con vos**

# P.M. 2.5 Sistema EnCicla

(Fuente: Proyecto P.M. 2.5)



AirBeam

Teléfono móvil

Científico

Recorrido de ida y regreso



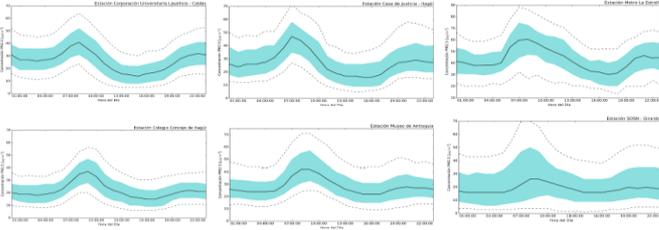
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA



Alcaldía de Medellín  
**Cuenta con vos**

# P.M. 2.5 Sistema EnCicla

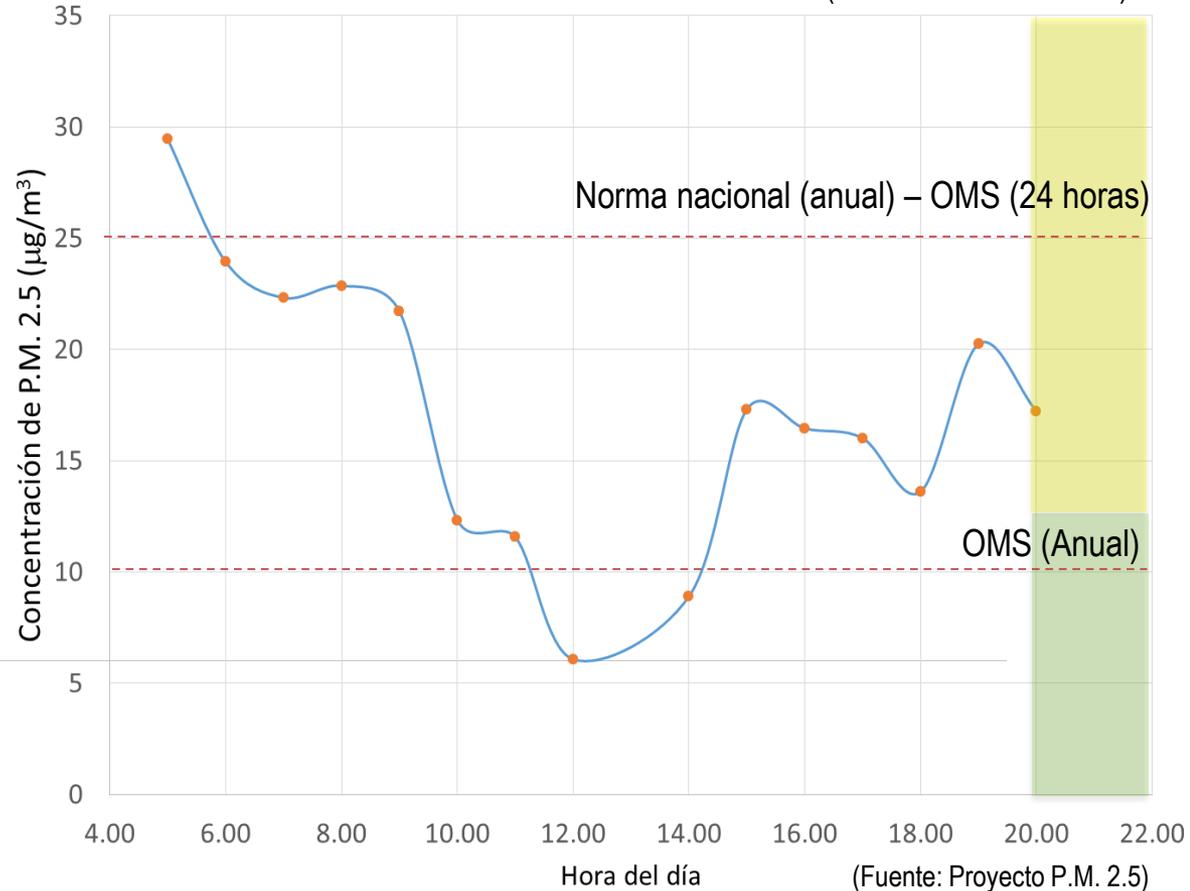
(Resolución 610 de 2010)



Comportamiento diario de las concentraciones de P.M 2.5 en algunas estaciones de Redaire

(AMVA, 2017)

Promedio de la concentración de P.M 2.5 en recorridos por la ciudad de Medellín en el segundo semestre de 2016.



(Fuente: Proyecto P.M. 2.5)



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA

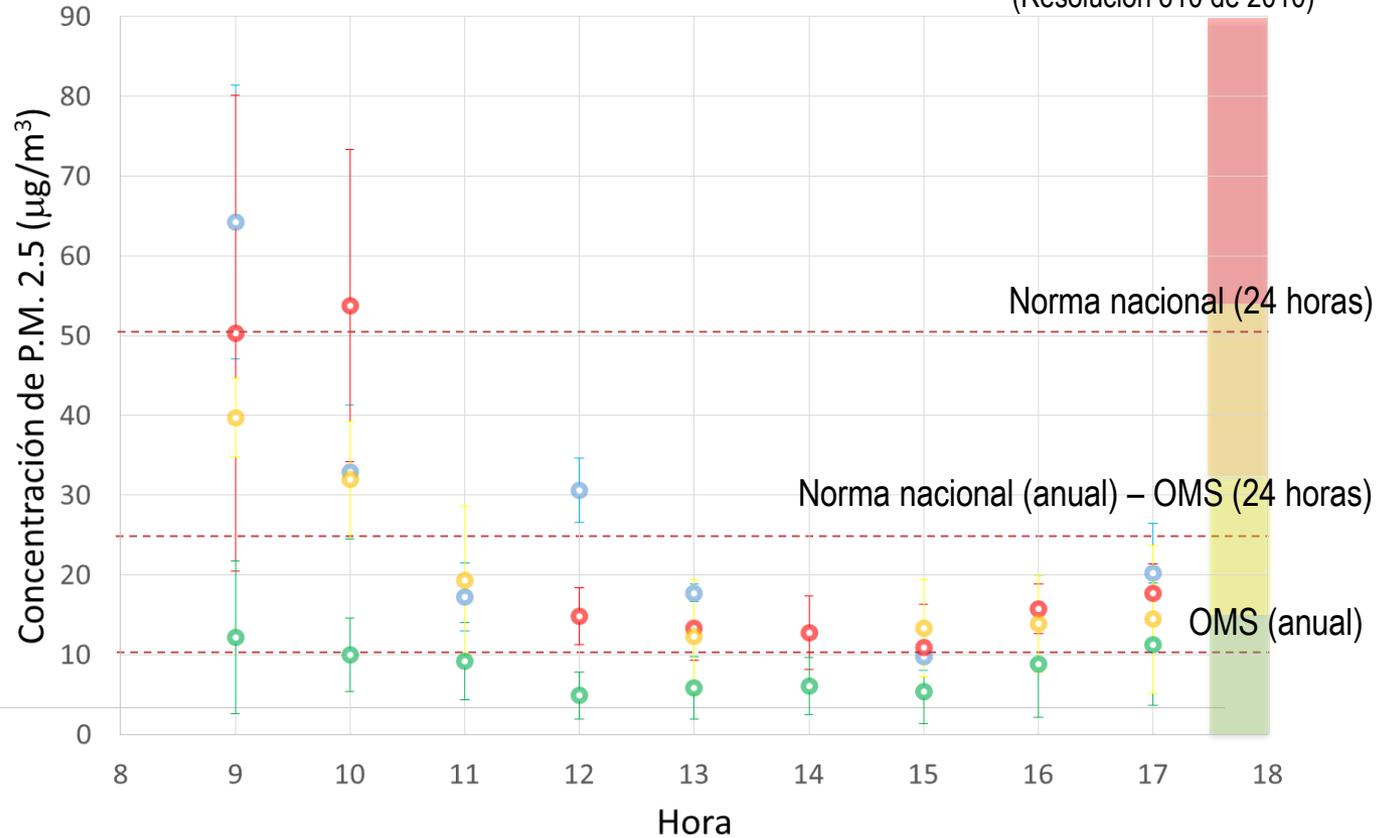


Alcaldía de Medellín  
**Cuenta con vos**

# P.M. 2.5 Sistema EnCicla

(Resolución 610 de 2010)

Concentraciones de P.M 2.5 en las rutas seleccionadas de EnCicla.



● Upb-Est ● Unal-Suram ● Est-Orq ● Unal-Robl

(Fuente: Proyecto P.M. 2.5)



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA



Alcaldía de Medellín  
**Cuenta con vos**

- La gestión ambiental empresarial es una herramienta para proponer medidas de reducción de las emisiones de contaminantes atmosféricos (**compartir vehículo particular**)
- En Instituciones como el Colegio Mayor de Antioquia, dónde la mayoría de los miembros de la comunidad se desplaza en transporte público, podría pensarse en la implementación de **rutas colectivas** para llegar a la institución
- Para contaminantes como el MP la mejor alternativa es la **regulación y mejora** del transporte público colectivo



- Las mayores demandas en el sistema EnCicla se encuentran en rutas que conectan al sistema de transporte masivo **Metro con Instituciones Universitarias** o que conectan las Instituciones.
- En tres de las rutas estudiadas se **supera la norma de la OMS** para toda la franja horaria de medición. Siendo los periodos más críticos aquellos entre las 9 y 11 am y a las 5 pm.
- Es necesario evaluar los tiempos de exposición promedio de los usuarios para inferir posibles **afectaciones a la salud**.





Gestión de la calidad del Aire  
Retos y Alternativas para la Salud Urbana

septiembre 6 2017  
septiembre 8  
Santiago de Cali  
Colombia



Familia Cardona-Menéndez

Stephania Lopera, Valeria Thomas  
Valeria Fajardo, Laura Fernández,  
Gerard Quintero, Laura Castaño,  
Alejandro Acosta

Daniela Valencia, Michelle Andrea Muñoz,  
Alejandra Ramírez, Carlos Hoyos



Jorge Ballesteros



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA



Alcaldía de Medellín  
**Cuenta con vos**

1. [D. Valencia-Arroyave, M. A. Muñoz-Duque, A. R. Muñoz, L. A. Builes-Jaramillo, and C. A. Hoyos-Restrepo, "Modelo para la estimación de emisiones vehiculares como herramienta para la gestión ambiental institucional," \*Prod. + limpia\*, vol. 10, no. 1, pp. 22–39, 2015.](#)
2. [Muñoz, M., Builes-Jaramillo, L. A., Ramírez, A., Valencia, D. \(2015\). Evaluación de Escenarios de Reducción de Emisiones atmosféricas contaminantes en una comunidad universitaria, \*Revista Cintex\*, Vol. 20, Núm. 2.](#)
3. Zaltz Austwick, M., O'Brien, O., Strano, E., & Viana, M. (2013). The Structure of Spatial Networks and Communities in Bicycle Sharing Systems. *PLoS ONE*, 8(9). doi:10.1371/journal.pone.0074685
4. Área Metropolitana del Valle de Aburrá, A. (2009). *Plan Maestro de Movilidad para la Región Metropolitana del Valle de Aburrá*. Medellín.
5. OMS. (2014). WHO Global Urban Ambient Air Pollution Database. *Public health, environmental and social determinants of health (PHE)*. Retrieved from [http://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair/databases/cities/en/](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/)
6. Habitatmap. (2015). The air casting platform. Retrieved from <http://aircasting.org/>



Alejandro Builes Jaramillo

[luis.builes@colmayor.edu.co](mailto:luis.builes@colmayor.edu.co)

Julián Alonso Gómez Bedoya

[julian.gomez@colmayor.edu.co](mailto:julian.gomez@colmayor.edu.co)

Facultad de Arquitectura e Ingeniería  
Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia

**Muchas Gracias**



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
COLEGIO MAYOR  
DE ANTIOQUIA



Alcaldía de Medellín  
**Cuenta con vos**