

ANÁLISIS DE INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS Y VARIABLES DE SU OPERACIÓN QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AIRE EN SANTA MARTA



Fredy Cuervo Lara - Ingeniero en Transportes y vías
Yurainis Nuñez Pinto
Jesus Cuases Arrieta
Universidad Cooperativa de Colombia

ANÁLISIS DE INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS Y VARIABLES DE SU OPERACIÓN QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AIRE EN SANTA MARTA

- Objetivo del Estudio

Analizar las intersecciones semaforizadas y sus variables de operación para determinar la incidencia en calidad del aire en Santa Marta



METODOLOGIA

FASE 1

Caracterización de intersecciones de acuerdo al Highway Capacity manual - HCM

Composición del tránsito en intersecciones

Valoración de parámetros de diseño geométrico
Características de la operación vehicular

Determinar variables de capacidad, flujo vehicular nivel de servicio y demoras.

FASE 2

Cálculo de indicadores de operación Tipo de llegadas, demoras y nivel de servicio

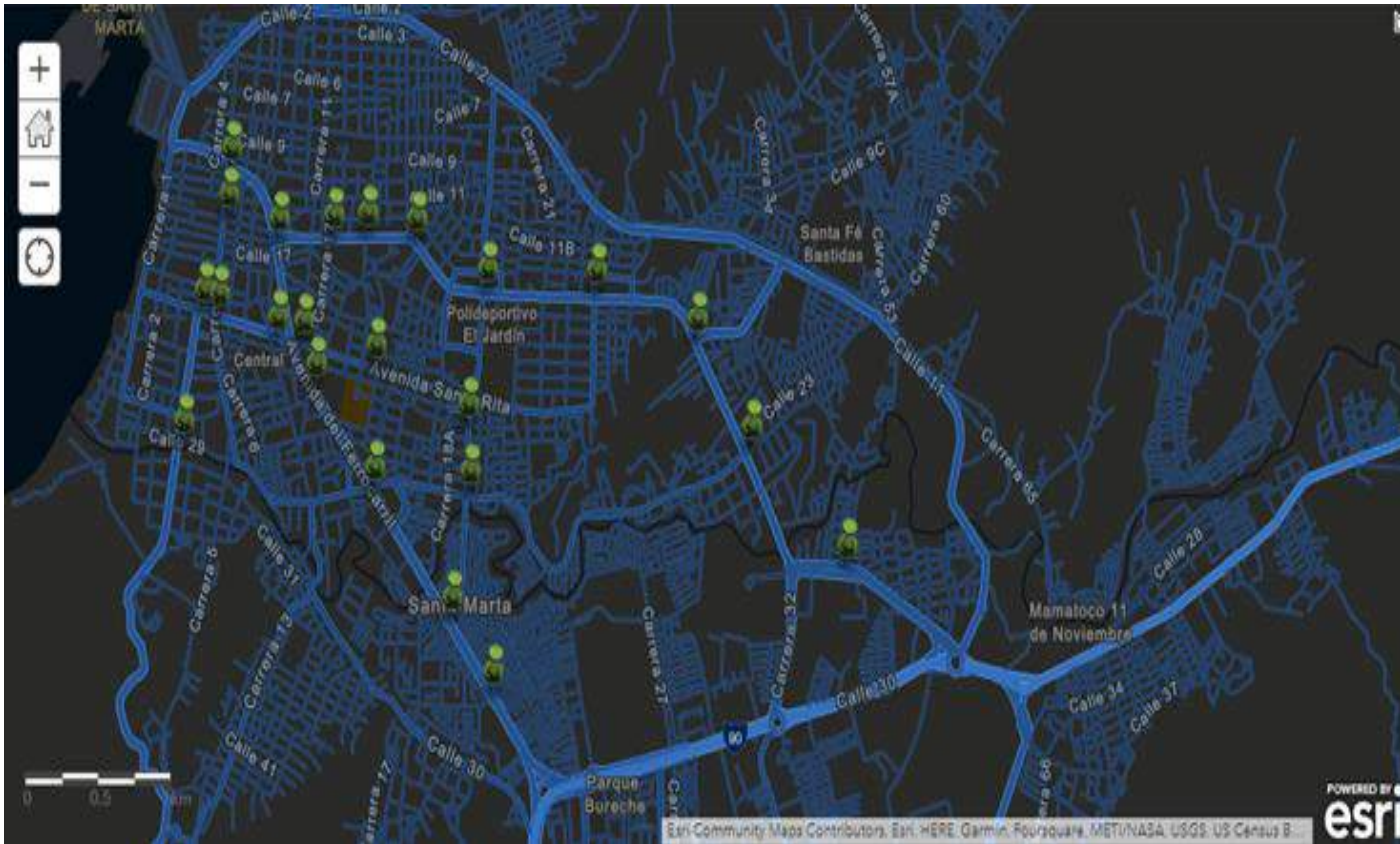
Determinación de distancias y consumos de combustible

Determinación de impacto de variables en calidad de aire



RESULTADOS

- Localización de intersecciones



Contexto de Santa Marta

Población : 500.000 hab.

Vehículos que circulan : 71000

Sistema de transporte Público: Sistema Estratégico

de transporte SETP

Rutas establecidas TPCU : 22 rutas

Red de semaforización : 40 intersecciones

Parque automotor servicio De transporte público:

| | |
|--------------|-------|
| Buses | 1640 |
| Taxis | 3600 |
| Autos partic | 21000 |
| Motos | 31000 |
| Camiones | 1700 |



RESULTADOS : COMPOSICION DEL TRAFICO

- Composición Tránsito en intersecciones semaforizadas en Santa Marta

| Intersección | % vehículos carga | % vehículos Buses | % automoviles | % motos | % bicicletas |
|--|-------------------|-------------------|---------------|-------------|--------------|
| Av libertador con Av del ferrocarril | 20 | 25 | 30 | 21 | 4 |
| Av. Del libertador con Cra 19 | 4 | 48 | 30 | 17 | 1 |
| Av del libertador con Av. Del rio | 2 | 45 | 38 | 14 | 1 |
| Avenida del ferrocarril con Av del rio | 14 | 36 | 35 | 10 | 5 |
| Avenida del ferrocarril con Cra 19 | 15 | 28 | 36 | 17 | 4 |
| Avenida Santa Rita con Cra 4ª. | 1 | 42 | 38 | 17 | 2 |
| Avenida Santa rita con cra 19. | 2 | 39 | 36 | 18 | 5 |
| Promedio | 8.3 | 37.6 | 34.7 | 16.3 | 3.1 |

16% corresponde a Motocicletas
 % similar TPCU y Autos particulares
 % de bicicletas el mas bajo

En crecimiento : Motocicletas y Autos particulares

Reto de movilidad sostenible para la ciudad es grande



VARIABLES DE OPERACIÓN DE INTERSECCIONES

- Demoras promedio, tipo de llegada y Nivel de servicio

| Intersección | Demora promedio vehículo en segundos | Tipo de llegada | Nivel de servicio |
|--|--------------------------------------|-----------------|-------------------|
| Av libertador con Av del ferrocarril | 21 | 2 | C |
| Av. Del libertador con Cra 19 | 14 | 3 | B |
| Av del libertador con Av. Del rio | 16 | 2 | C |
| Avenida del ferrocarril con Av del rio | 17 | 2 | C |
| Avenida del ferrocarril con Cra 19 | 24 | 3 | C |
| Avenida Santa Rita con Cra 4ª. | 19 | 2 | C |
| Avenida Santa rita con cra 19. | 12 | 2 | B |

| Nivel de servicio | Demora por parada por vehículo en segundos |
|-------------------|--|
| A | Menos de 5 |
| B | De 5.1 a 15 |
| C | De 15,1 a 25 |
| D | De 25,1 a 40 |
| E | De 40.1 a 60 |
| F | Más de 60 |

Se presenta intersecciones con niveles cercanos a D , el cual representa congestión. Los tipos de llegada se encuentran entre el 2 y 3



TIEMPOS MUERTOS NO PROGRAMADOS EN INTERSECCIONES

- Tiempos muertos en intersecciones semaforizadas

| Ruta | Número de intersecciones semaforizadas | Tiempo promedio de viaje minutos | Tiempo muerto en intersecciones | % tiempo muerto en intersecciones |
|--|--|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| Rodadero-k4-c22- av libertador-bastidas | 10 | 65 | 21 | 32.31 |
| Don jaca- rodadero-k5 – libertador. Mercado -c11- Bastidas | 7 | 95 | 16 | 16.84 |
| Rodadero-k4-c22- av libertador-Bonda | 13 | 108 | 25 | 23.15 |
| Bonda – av libertador-c22-centro-mercado-Taganga | 13 | 115 | 21 | 18.26 |

La ruta que hace uso de menos intersecciones semaforizadas con 7. Se presentan rutas con mas de 30% de tiempos muertos no programados.



RENDIMIENTO OPERACIÓN DE TRANSPORTE PUBLICO COLECTIVO URBANO

Distancia recorrida por ruta promedio, tiempos, km diarios y anuales vehículo

| RUTA | LONGITUD DE RUTA ROUND TRIP EN KM | TIEMPO PROMEDIO DE RUTA - MIN | NUMERO DE CICLOS DE RUTA POR DIA | KM POR DIA | KM AÑO |
|------|-----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|------------|--------|
| 1 | 34 | 90 | 9 | 306 | 111690 |
| 2 | 30 | 81 | 10 | 300 | 109500 |
| 3 | 21 | 69 | 12 | 252 | 91980 |
| 4 | 17 | 64 | 13 | 221 | 80665 |
| 5 | 14 | 60 | 14 | 196 | 71540 |

Las rutad de TPCU son excesivamente perimetrales y diametrales.

Distancias Round trip 14 a 34 km.

Distancias diarias promedio 250 km.

Los 400.000 km los alcanza un vehículo TPCU en 4.3 años.



CAPACIDAD EFECTIVA DE LA INTERSECCION SEMAFORIZADA

- Capacidad de intersecciones

| Item | Intersección 1 | Intersección 2 | Intersección 3 | Intersección 4 | Intersección 5 |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Tiempo en verde seg | 47 | 59 | 32 | 50 | 60 |
| Tiempo en amarillo seg | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Tiempo en rojo seg | 60 | 99 | 59 | 70 | 99 |
| Total ciclo seg | 109 | 160 | 93 | 122 | 161 |
| Número de ciclos por hora | 33.03 | 22.50 | 38.71 | 29.51 | 22.36 |
| Total tiempo en verde por hora seg | 1552 | 1328 | 1239 | 1475 | 1342 |
| Total tiempo rojo por hora seg | 1982 | 2228 | 2284 | 2066 | 2214 |
| Total Vehículos evacuados en tiempo verde por hora | 694 | 540 | 813 | 738 | 470 |
| Total vehículos arribados a intersección en rojo | 1189 | 878 | 1200 | 885 | 760 |
| % de vehículos evacuados fuera del ciclo | 41.67 | 38.46 | 32.26 | 16.67 | 38.24 |

Intersecciones con 20% de vehículos evacuados fuera de ciclo, son generadores de demoras

Semáforos sensores de volumen de tráfico limitan la capacidad de la intersección.

Los tiempos de espera excesivos se traducen en mayor consumo de combustible



CONSUMO DE COMBUSTIBLE

- Consumo de combustible en transporte público Colectivo Urbano

| RUTA | CONSUMO COMBUSTIBLE POR DIA- GLS | CONSUMO COMBUSTIBLE AÑO | CONSUMO COMBUSTIBLE ROUND TRIP DE RUTA | TIEMPO DE DEMORA EN RUTA | COMBUSTIBLE CONSUMIDO EN DEMORAS GLS | CO2 PRODUCIDO EN RUTA POR DIA - KG (2.64 KG/LT CONSUMIDO) | CO2 PRODUCIDO EN TIEMPO MUERTO EN INTERSECCIONES |
|------|----------------------------------|-------------------------|--|--------------------------|--------------------------------------|---|--|
| 1 | 25.5 | 9307.5 | 2.83 | 20 | 0.630 | 254.80 | 56.62 |
| 2 | 25.0 | 9125 | 2.50 | 21 | 0.648 | 249.81 | 64.76 |
| 3 | 21.0 | 7665 | 1.75 | 18 | 0.457 | 209.84 | 54.74 |
| 4 | 18.4 | 6722.0 | 1.42 | 19 | 0.421 | 184.02 | 54.63 |
| 5 | 16.3 | 5961.6 | 1.17 | 17 | 0.331 | 163.20 | 46.24 |

En las rutas analizadas un bus consume 25.5 gls de diesel por día.

Al año equivale a un carrotanque de 10000 gls de diesel.

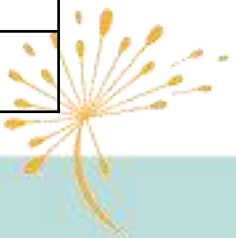
Las demoras en intersecciones semaforizadas generan consumo adicional de combustible del 22%, el cual será quemado y se reflejara en la producción de CO2 en aumento del 22%



MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE

- Monitoreo de calidad de aire PM10 2n la ciudad (Sistema SISAIRE IDEAM) microgramos /m3

| Estación | PM 10 2022 | PM10 2023 | Características |
|--------------------|------------|-----------|---|
| AEROPUERTO | 39.63 | 49.72 | alta actividad de transporte aéreo, marítimo, terrestre, ferroviario |
| ALCATRACES | 29.35 | 46.7 | alta actividad de transporte marítimo, ferroviario |
| CARBOGRANELES | 28.95 | 37.0 | alta actividad transporte marítimo |
| CIENAGA KOICA | 36.46 | 39.2 | alta actividad transporte marítimo |
| COSTA VERDE | 34.22 | 51.6 | alta actividad transporte marítimo |
| DON JACA | 27.69 | 35.11 | alta actividad transporte marítimo, terrestre |
| JOLONURA | 33.18 | 29.87 | alta actividad transporte marítimo, terrestre |
| MARINA SANTA MARTA | 33.77 | 39.89 | alta actividad de transporte marítimo de pasajeros, transporte de pasajeros |
| PESCAÍTO | 29.83 | 29.18 | alta actividad de transporte marítimo de carga |
| PLAYITAS | 31.47 | 36.23 | alta actividad de transporte marítimo de carga |
| TAYRONA KOICA | 20.56 | 16.39 | alta actividad de transporte marítimo de pasajeros, transporte de pasajeros |
| Club Santa Marta | 45.05 | 39.87 | alta actividad de transporte marítimo de pasajeros, transporte de pasajeros |
| CORDOBITA | 76.64 | 66.06 | alta actividad de transporte de carga terrestre |



CONCLUSIONES

El impacto de la movilidad tiene que analizarse considerando variables de caracterización de la población que inciden en el uso de medios de transporte para moverse.

En la ciudad de Santa Marta el transporte público colectivo representa el mayor volumen de viajes realizados por pasajero y el transporte en automóviles privados viene creciendo. Es así como la informalidad está incrementándose día a día en motocicletas, generando además inseguridad y alto nivel de infracciones por incumplimiento de normas de tránsito.

Las intersecciones están presentando niveles de servicio cercanos a la congestión, esta situación debe tratarse técnicamente para aprovechar la capacidad de cada intersección.

Tiempos muertos no programados superiores al 30% en una intersección requieren acciones de revisión de ciclo de semaforización.

Que el 20% de vehículos arribados a una intersección no se evacuen en el ciclo programado, es una alerta de programación del ciclo que evidencia fallas operativas.

La confluencia de variables operativas con tiempos excesivos, fallas de evacuación de tráfico, se traducen en mayores consumos de combustible que terminarían incrementando emisiones y afectando la calidad del aire.



IMPLICACIONES DE POLITICA PUBLICA

Las implicaciones de los resultados de este estudio muestran que es necesario que los efectos de la movilidad urbana se consideren en la dimensión ambiental, dado que muchas veces los estudios de tránsito se concentran en el mejoramiento de fluidez del tráfico o en medidas operativas orientadas a mejorar la movilidad.

Las decisiones asociadas con la regulación del tráfico en las intersecciones de la ciudad deben considerar las variables que pueden impactar la calidad del aire, entre ellas el nivel de servicio de la intersección, las demoras, la capacidad y su relación con el volumen vehicular atendido.

Los estudios de demanda de transporte además de identificar potencialidad de demanda, proporciones de viajes transportados en cada modalidad de transporte, debe considerar todas las variables de impacto ambiental como la obsolescencia vehicular, el tipo de combustible empleado, las condiciones de operación y mantenimiento de vehículos. En el caso de Santa Marta es necesario que se realicen estudios profundos de edad de parque automotor, así como el análisis periódico de las intersecciones semaforizadas.

Las variables de diseño geométrico y estado de las intersecciones están generando demoras e interferencia con la óptima operación de las intersecciones, este aspecto se debe corregir a través de un plan de rectificación y modernización de cada intersección semaforizada.

Es necesario modernizar la red tecnológica de semáforos para implementar regulación en función del volumen de tráfico y lograr reducir las pérdidas de tiempo en las intersecciones. Todas estas acciones contribuirán a mejorar la calidad del aire de la ciudad de Santa Marta.



REFERENCIAS

Decreto 034 de Alcaldía de Santa Marta 034. Restricciones a la circulación vehicular. (22 de febrero de 2022).

- Texto

Manjarres, G., Linero, J. (2005). Composición y concentración de material particulado en el área de un sector de la ciudad de Santa Marta. Rev. Intropica. V2.23-33. Santa Marta

Carello, G. (2009). *Calidad de vida en la Ciudad de Buenos Aires: una propuesta de configuración de espacios homogéneos.*. Red Población de Buenos Aires. <https://elibro-net.bbibliograficas.ucc.edu.co/es/lc/ucc/titulos/24334>

EFE. (23 de febrero de 2018). Medellín eleva restricciones al tráfico por la contaminación ambiental: COLOMBIA CONTAMINACIÓN.. *EFE News Service* . <https://bbibliograficas.ucc.edu.co/login?url=https://www.proquest.com/wire-feeds/medellin-eleva-restricciones-al-trafico-por-la/docview/2007206842/se-2>

Gaitán, M. (2009). Análisis del estado de la calidad del aire en Bogotá.. B - Universidad de los Andes Colombia. <https://elibro-net.bbibliograficas.ucc.edu.co/es/lc/ucc/titulos/5704>

Instituto de hidrología, metrología y estudios ambientales.(2 de enero de 2023). Subsistema de calidad del aire <http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/calidad-del-aire?inheritRedirect=true>

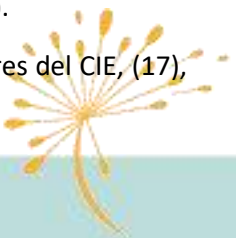
Instituto de hidrología, metrología y estudios ambientales. (3 de febrero de 2023). Contaminación y calidad ambiental. <http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/>

Organización de las naciones Unidas. (2 febrero de 2022). Contaminación, automóviles y calidad del aire. <https://onuhabitat.org.mx/index.php/contaminacion-automoviles-y-calidad-del-aire#:~:text=Los%20autom%C3%B3viles%20particulares%20generan%20el,las%20medidas%20de%20prevenci%C3%B3n%20adecuadas.>

Querol, X. (2012). *Bases científico-técnicas para un plan nacional de mejora de la calidad del aire.*. Editorial CSIC Consejo Superior de Investigaciones Científicas. <https://elibro-net.bbibliograficas.ucc.edu.co/es/lc/ucc/titulos/41672>

Resolución 2254 de Ministerio de Medio Ambiente de Colombia. Por la cual se adoptan la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones.(1 de noviembre de 2017).

Tobón Orozco, D. F., Sánchez Gandur, A. F. & Cárdenas Londoño, M. V. (2006). Regulación ambiental sobre la contaminación vehicular en Colombia : ¿hacia donde vamos?. Borradores del CIE, (17), 1-21.





Fredy Armando Cuervo Lara
Decano Facultad de Ingeniería
Universidad Cooperativa de Colombia
Campus Santa Marta
Email : Fredy.cuervo @ucc,edu.co





Más información



<https://casap.science/>



casap@casap.science