

**PROPUESTA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN CORREDOR FÉRREO
PARA EL TRANSPORTE DE CARGA Y PASAJEROS
EN EL ÁREA METROPOLITANA DE VILLAVICENCIO**



Por:

ROMERO PARDO CRISTIAN DAVID

VILLAR HERRERA CAROL NATALY

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.**

2020

**PROPUESTA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN CORREDOR FÉRREO
PARA EL TRANSPORTE DE CARGA Y PASAJEROS
EN EL ÁREA METROPOLITANA DE VILLAVICENCIO**



Por:

Cristian David Romero Pardo

Carol Nataly Villar Herrera

Proyecto de Grado presentado para optar al título profesional de Ingenieros Civiles

Aprobado por:

INGENIERO JOSUÉ HERNANDO RIVEROS ROJAS

Director

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.**

2020

Nota de aceptación

Ing. Josué Hernando Riveros Rojas

Director

Ing. Carlos Alberto González

Jurado 1

Firma del Jurado 2

Bogotá D.C., ____ de _____ de 2020

DEDICATORIA

“Del poder de tus hechos estupendos hablaran los hombres,

Y yo publicaré tu grandeza.”

Salmos 145: 6

Dios tu gracia está siempre conmigo,

A mi madre por ser la Esperanza de mi vida tu apoyo me sostiene,

A mis hermanas por motivar mi camino,

A Cristina, Fabián y Danna por alegrar el hogar cada día,

A Nicole por ser mi Luz en la noche más oscura y

Llenar con dulzura y amor mi vida.

¡Todo se lo debo a ustedes!

Cristian Romero Pardo

*A Dios, por inspirarme, sé que con él de mi lado
encontraré los caminos correctos para ejercer
mi profesión de una manera ética.*

*A mis padres, Ana Judith y José Guillermo,
por orar cada noche para que no me rindiera.*

A mi segunda madre, Elcy, por amarme siempre.

*A mis hermanos, Viviana, Diego, Stivenn y Nicolás
porque le dan sentido a las metas que me he propuesto.*

A Cristhian, por darle amor a mi vida.

Nataly Villar Herrera

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer en primer lugar a Dios, por brindarnos la oportunidad de culminar ésta etapa de nuestra vida profesional, en segundo lugar, a la Universidad Santo Tomás, por ser el claustro que nos orientó hacia el conocimiento tanto teórico como humanista, además de sus docentes que nos orientaron e incluso algunos se convirtieron en ejemplos a seguir, y en tercer lugar al Ingeniero Josué Hernando Riveros por guiarnos en éste camino de la investigación.

RESUMEN

La expansión urbana del área metropolitana de Villavicencio, la conexión comercial regional, la congestión, los tiempos de transporte y la contaminación llevaron a la elaboración de una propuesta para la construcción de un sistema férreo para el transporte de carga y pasajeros, que permita la disminución de tiempos y costos de transporte. Éste proyecto, se llevó a cabo mediante la recopilación de información de los POT de los municipios, de entidades del ámbito nacional y local sobre el tema y algunas comparaciones con casos exitosos de movilidad en otras ciudades tanto nacionales como internacionales de lo cual se pudo concluir que el tranvía es el modo más eficiente para los dos tipos de zonas, con un solo sistema; zonas de mediana y alta densidad, separadas por medianas distancias, con capacidad entre 12.000 y 28.000 pasajeros hora/sentido y velocidades entre 30-110 Km/h que podrían reducir los actuales 80 minutos de recorrido a 50 minutos una reducción que se ven reflejada en la economía de sus habitantes, la competitividad de la región, el valor logístico de las mercancías, la sostenibilidad y el bienestar.

Palabras clave: Área metropolitana, Tranvía, Pasajeros, Carga, Sostenibilidad.

ABSTRACT

The urban expansion of the metropolitan area of Villavicencio, the regional commercial connection, congestion, transport times and pollution led to the development of a proposal for the construction of a railway system for the transport of cargo and passengers, which allows the reduction of transport times and costs. This project was carried out through the collection of information from the Load Use Plans of municipalities, national and local entities on the subject and some comparisons with successful mobility cases in other national and international cities, which could conclude that the tram is the most efficient mode for the two types of zones, with a single system; medium- and high-density areas, separated by medium distances, with capacity between 12,000 and 28,000 hour/sense passengers and speeds between 30-110 km/h that could reduce the current 80 minutes of travel to 50 minutes a reduction that is reflected in the economy of its inhabitants, the competitiveness of the region, the logistical value of goods, sustainability and well-being.

Keywords: Metropolitan Area, Tram, Passengers, Cargo, Sustainability.

TABLA DE CONTENIDO

I. GENERALIDADES	21
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
2. JUSTIFICACIÓN	22
3. OBJETIVOS	23
a) Objetivo general	23
b) Objetivos específicos.....	23
4. ALCANCE.....	24
5. ESTADO DEL ARTE.....	25
a) Un caso exitoso de movilidad regional internacional.....	25
b) Un caso exitoso de movilidad regional nacional	29
c) Una mirada a los trenes de alta velocidad.	31
6. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	36
a) Villavicencio.....	36
b) Acacías.....	47
c) Restrepo	50
d) Cumaral	52
7. EVOLUCIÓN HISTÓRICA.....	54
8. METODOLOGÍA	56
II. PLANES DE ORDENAMIENTO TERRITORIALES	60

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	60
a) Marco conceptual	60
b) Marco teórico.....	61
2. ANÁLISIS FODA	69
3. CONCLUSIÓN 1 – ACERCA DE POT.....	72
III. CONCESIONES VIALES EXISTENTES.....	74
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	74
a) Coviandina.....	74
b) La Concesión Vial de los Llanos	75
c) Concesión Vial del Oriente.....	76
2. ANÁLISIS CONTRACTUAL	77
a) Concesión vial de los llanos.	77
b) Concesión vial del oriente (Covioriente).....	79
3. CONCLUSIÓN 2 – ACERCA DE CONCESIONES VIALES	82
IV. ANÁLISIS DE PARES ORÍGEN-DESTINO DEL TRANSPORTE DE CARGA Y PASAJEROS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE VILLAVICENCIO	83
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	83
a) ¿Cómo debe ser el transporte multimodal?	83
b) El transporte de carga:	85
c) El transporte de pasajeros:	97

2. CENTRALIDADES	103
3. CONCLUSIÓN 3 – ACERCA DE PARES ORIGEN/DESTINO	106
V. SISTEMAS DE TRANSPORTE FÉRREO.....	108
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	108
a) Metro	108
b) Tren de levitación magnética.....	109
c) Tranvía.....	114
d) Tren-tranvía	118
e) Tren ligero	122
f) Tren de cercanías.....	125
g) Monorriel.....	126
2. COMPARACIÓN ENTRE SISTEMAS DE TRANSPORTE FÉRREO	128
3. CONCLUSIÓN 4 – ACERCA DE SISTEMAS DE TRANSPORTE FÉRREO	131
VI. TIEMPOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL TREN-TRANVÍA	133
1. EL CASO COLOMBIANO:.....	134
a) Prefactibilidad (Ingeniería conceptual)	135
b) Factibilidad (Ingeniería básica)	136
c) Estudios y diseños (Ingeniería de detalle)	137
d) Estructura financiera.....	139
e) Licitación	140

f) Construcción – Ejecución.....	142
2. LA EXPERIENCIA INTERNACIONAL	143
a) Alemania:.....	143
b) España:.....	144
c) México:.....	145
d) Chile:	146
3. CONCLUSIÓN 5 – ACERCA DE TIEMPOS DE IMPLEMENTACIÓN.....	146
RESUMEN DE CONCLUSIONES Y ALGUNAS RECOMENDACIONES.....	151
Bibliografía	156

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización de la región de Dresden en Alemania. (Geograv, 2015)	25
Ilustración 2. Mapa de las líneas del SBahn en la región de Dresden, Alemania. (Broadway, 2010)	26
Ilustración 3. Un tren del S-Bahn de Dresde desde Schöna a Meissen viaja a través de la Suiza sajona en Bastei, cerca de la ciudad balneario de Rathen. (Deutsche Bahn AG - Kai Michael Neuhold, 2019)	26
Ilustración 4. Mapa S-Bahn Dresden (Plocek, 2008/2009, pág. 5).....	28
Ilustración 5. Tren de la línea S2 llegando a la estación de Dobritz. (Mühlpfordt, 2006).....	28
Ilustración 6. Tres áreas metropolitanas en expansión en la región PRD (2008 y 2016)	33
Ilustración 7. Servicios ferroviarios interurbanos en la región PRD.	34
Ilustración 8. El HSR interurbano Shenzhen-Huizhou-Shanwei.	35
Ilustración 9 Localización del municipio de Villavicencio. Edición propia, mapas tomados del IGAC.....	36
Ilustración 10 Distribución de población por sexo; Villavicencio. (DANE, 2018).....	42
Ilustración 11 Comparación entre la estructura poblacional de Villavicencio y el Departamento del Meta entre los censos 2005 y 2018. (DANE, 2018)	43
Ilustración 12 Estratificación socioeconómica del municipio de Villavicencio.	45
Ilustración 13 Localización del Municipio de Acacias. Edición propia, mapas tomados del IGAC.	47
Ilustración 14 Población total del municipio de Acacias en el 2018. (DANE, 2018)	48
Ilustración 15 Población de Acacias por grupos de edad. (DANE, 2018).....	48

Ilustración 16 Distribución poblacional entre suelo urbano y rural del municipio de Acacias. (DANE, 2018).....	49
Ilustración 17 Porcentaje de cobertura de servicios en el municipio de Acacias. (DANE, 2018)	49
Ilustración 18 Localización del Municipio de Restrepo. Edición propia, mapas tomas del IGAC.	50
Ilustración 19 Población por género en el municipio de Restrepo. (DANE, 2018).....	50
Ilustración 20 Población por grandes grupos de edad del municipio de Restrepo. (DANE, 2018)	51
Ilustración 21 Población Urbana y Rural del municipio de Restrepo. (DANE, 2018).....	51
Ilustración 22 Porcentajes de coberturas de servicios públicos en el municipio de Restrepo. (DANE, 2018).....	52
Ilustración 23 Localización del municipio de Cumaral. Edición propia, mapas tomas del IGAC.	52
Ilustración 24 Distribución de población por género del municipio de Cumaral. (DANE, 2018)	53
Ilustración 25 Distribución de población por grandes grupos de edad para el municipio de Cumaral. (DANE, 2018).....	53
Ilustración 26 Distribución urbano-rural de la población del municipio de Cumaral. (DANE, 2018).....	53
Ilustración 27 Porcentajes de cobertura de servicios públicos en el municipio de Cumaral. (DANE, 2018).....	54
Ilustración 28 Línea del tiempo de Villavicencio entre 1840 – 1909. Elaboración propia.	54
Ilustración 29 Línea del tiempo de Villavicencio entre 1924 – 1950. Elaboración propia.	55
Ilustración 30 Línea del tiempo de Villavicencio entre 1959 – 1981. Elaboración propia.	55

Ilustración 31 Línea del tiempo de Villavicencio entre 1985 – 2015. Elaboración propia.	56
Ilustración 32 Metodología general y específica del Proyecto. Fuente: Elaboración propia.....	59
Ilustración 33 Usos del suelo en el municipio de Villavicencio; Paramo, Áreas, Hídrico, Preservación, Conservación, Restauración, Acuífero. (Findeter & BID, 2016).....	63
Ilustración 34 Zona rural, Veredas y zonas especiales del municipio de Acacias.....	66
Ilustración 35 Uso actual del suelo por pieza urbana. (Concejo Municipal de Restrepo & Equipo formulador, 2018)	68
Ilustración 36 PIB por grandes ramas de actividad del departamento de Meta, 1990-2016. (Martínez & Delgado, 2018).....	89
Ilustración 37 Componentes del índice de Competitividad Logística. (Martínez & Delgado, 2018, pág. 108)	90
Ilustración 38 Resultados Par O-D para el municipio de Acacias. Fuente: Elaboración propia. .	91
Ilustración 39 Resultados Par O-D para el municipio de Cumaral. Fuente: Elaboración propia.	92
Ilustración 40 Resultados Par O-D para el municipio de Restrepo. Fuente: Elaboración propia.	93
Ilustración 41 Resultados Par O-D para el municipio de Acacias. Fuente: Elaboración propia. .	94
Ilustración 42 Análisis de las entradas y salidas del municipio de Villavicencio. Fuente: (Universidad Nacional de Colombia, 2013)	96
Ilustración 43 Pronostico de carga para el Aeropuerto Vanguardia de Villavicencio. Fuente: (Steer Davies Gleaves, 2016).....	97
Ilustración 44 Distribución horaria por tipo de vehículo en la entrada a Villavicencio por la vía Acacias. Fuente: (Universidad Nacional de Colombia, 2013).....	100
Ilustración 45 Distribución horaria por tipo de vehículo en la salida de Villavicencio por la vía Acacias. Fuente: (Universidad Nacional de Colombia, 2013).....	101

Ilustración 46 Distribución horaria por tipo de vehículo en la entrada de Villavicencio por la vía Restrepo. Fuente: (Universidad Nacional de Colombia, 2013)	102
Ilustración 47 Distribución horaria por tipo de vehículo en la salida de Villavicencio por la vía Restrepo. Fuente: (Universidad Nacional de Colombia, 2013)	102
Ilustración 48 Mapa ilustrativo de centralidades del área metropolitana de Villavicencio. Fuente: Edición propia según Google earth.....	103
Ilustración 49 Participación de los viajes según propósito - Villavicencio. Fuente: (Universidad Nacional de Colombia, 2013)	104
Ilustración 50 Principales corredores de carga y corredores del Sistema Especial de Transporte Público de Villavicencio. Fuente: (Universidad Nacional de Colombia, 2013).....	106
Ilustración 51 Funcionamiento de un tren de levitación magnética. Fuente: (Adad & Camissa, 2019)	110
Ilustración 52 Electroimán, la corriente eléctrica que fluye a través de un núcleo de alambre, genera un campo magnético a su alrededor. Fuente: (Adad & Camissa, 2019)	111
Ilustración 53 Diferentes proyectos de monorriel en el mundo. Fuente: (De Caro, 2011).....	127
Ilustración 54 Capacidad de los sistemas en comparación con el monorriel. Fuente: (De Caro, 2011)	128

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Población Colombia, Departamento del Meta y Municipio de Villavicencio, 1938-2013. DANE, proyecciones POT Norte 2012-2013.	40
Tabla 2 Proyecciones DANE 2020 según datos del CNPV 2018. (DANE, 2018).....	44
Tabla 3 Proyecciones de población 2012, 2027 y 2040. (Administración Municipal Villavicencio 2012-2015, 2015).....	44
Tabla 4 Población por estrato para la ciudad de Villavicencio 1996 – 2012. (Administración Municipal Villavicencio 2012-2015, 2015).....	45
Tabla 5 Proyección de población para el año 2027 y 2040 por distribución socioeconómica. Fuente: (DANE, 2018).....	46
Tabla 6 Metodología del proyecto. Fuente: Elaboración propia.....	56
Tabla 7 Análisis FODA para el POT de Villavicencio. Fuente: Elaboración propia.	69
Tabla 8 Análisis FODA para el POT de Acacias. Elaboración propia.	70
Tabla 9 Análisis FODA para el POT de Restrepo. Fuente: Elaboración propia.....	71
Tabla 10 Tramos viales contratados entre la ANI y la Concesión Vial de los Llanos. Fuente: Contrato 004 del 5 de mayo de 2015.	78
Tabla 11 Tramos viales contratados entre la ANI y Covioriente. Fuente: Contrato 0010 del 23 de julio de 2015.	80
Tabla 12 Cifras de la producción agrícola (Ton) en el departamento del Meta, por producto, periodo 2012-2016. Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - Agencia de Desarrollo Rural., 2019, pág. 12).....	87

Tabla 13 Cifras de producción pecuaria en el departamento del Meta, por producto, periodo 2012-2016. Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - Agencia de Desarrollo Rural., 2019, pág. 13)	88
Tabla 14 Resumen de viajes y toneladas transportadas en pares O-D del área metropolitana de Villavicencio. Fuente: Análisis propio según datos del Min Transporte 2019.....	95
Tabla 15 Demanda total por clase de vehículo diario DTCV. Fuente: (Steer Davies Gleaves, 2016)	98
Tabla 16 Viajes diarios par O-D en los principales municipios del Meta y su relación con la Región Central. Fuente: (Steer Davies Gleaves, 2016)	99
Tabla 17 Volumen mixto vehicular en las entradas y salidas del municipio de Villavicencio. Fuente: (Universidad Nacional de Colombia, 2013)	100
Tabla 18 Velocidades promedio y nivel de servicio para diferentes horarios del tramo Fundadores - La Grama. Fuente: (Universidad Nacional de Colombia, 2013)	104
Tabla 19 Proporción de viajes por modo de viaje en el municipio de Villavicencio. Fuente: (Universidad Nacional de Colombia, 2013)	105
Tabla 20 Análisis comparativo por definición entre los diferentes sistemas de transporte férreo. Fuente: Elaboración propia.	128
Tabla 21 Análisis comparativo por ventajas de los diferentes sistemas de transporte férreo. Fuente: Elaboración propia.	129
Tabla 22 Principales proyectos férreos urbanos desarrollados en Colombia. Fuente: Elaboración propia.	134
Tabla 23 Análisis del proceso de Prefactibilidad de los proyectos férreos nacionales. Fuente: Elaboración propia.	135

Tabla 24 Análisis del proceso de factibilidad de los proyectos férreos nacionales. Fuente: Elaboración propia.	136
Tabla 25 Análisis del proceso de estudios y diseños de los proyectos férreos nacionales. Fuente: Elaboración propia.	137
Tabla 26 Análisis del proceso de estructuración financiera de los proyectos férreos nacionales. Fuente: Elaboración propia.	139
Tabla 27 Análisis del proceso de licitación de los proyectos férreos nacionales. Fuente: Elaboración propia.	140
Tabla 28 Análisis del proceso de construcción de los proyectos férreos nacionales. Fuente: Elaboración propia.	142
Tabla 29 Análisis de la duración por etapas de los principales proyectos férreos nacionales. Fuente: Elaboración propia.	147
Tabla 30 Análisis de la duración por etapas del proyecto tren ligero para el área metropolitana de Guadalajara, México. Fuente: Elaboración propia.	148
Tabla 31 Análisis de la duración por etapas de diferentes proyectos férreos internacionales. Fuente: Elaboración propia.	149
Tabla 32 Análisis comparativo por etapas entre el promedio nacional e internacional de los proyectos férreos. Fuente: Elaboración propia.	150

INTRODUCCIÓN

Villavicencio, al ser la puerta del llano debido a su ubicación, además de su expansión y su cercanía con el centro y el oriente del país, se ha visto involucrada en diferentes retos en materia de innovación, crecimiento e infraestructura, además de su condición como futura área metropolitana, la obliga a buscar nuevas salidas para manejar una movilidad urbana sostenible, por ello frente a dichos retos, se ha planteado una propuesta para la creación de un corredor férreo en el área metropolitana de Villavicencio.

En este documento se analizarán los POT de los municipios involucrados, las concesiones viales existentes para el desarrollo de un corredor férreo paralelo a ellos, también se evaluarán los orígenes y destinos de la carga además de las rutas de pasajeros dentro del área metropolitana, se continúa con una breve descripción de los sistemas férreos existentes para así poder encontrar el que mejor se adapte a las necesidades del área metropolitana y así, por último evaluar los tiempos necesarios para los estudios, diseños, licitación y construcción del sistema férreo elegido.

I. GENERALIDADES

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Históricamente Villavicencio se ha caracterizado por su condición de “cruce de caminos” entre el oriente y el centro del país, con unos ejes viarios rectos originados en el centro urbano y direccionados hacia los municipios vecinos. “De momento la consolidación de Villavicencio como Área Metropolitana está descartada, de ser posible la integraría los municipios de Acacías, Cumaral y Restrepo” (Alcaldía de Villavicencio, 2020) por lo cual para efectos del presente estudio se analizará a Villavicencio como un área metropolitana conformada por los municipios planteados por la Alcaldía.

La movilidad en el área metropolitana de Villavicencio cada día se hace más difícil y los usuarios ven comprometido su tiempo y recursos económicos en acceder a un sistema que garantice un viaje tranquilo, rápido y seguro hacia su destino. Existen factores que dificultan el adecuado funcionamiento del servicio de transporte, en primer lugar, el aumento de la tasa de motocicletas (superior a la de automóviles) que genera mayores cifras de accidentalidad vial y afectan los niveles de contaminación y ruido, en segundo lugar, la deficiente planeación de tráfico y una demora en la rehabilitación del acceso suroccidental en el sector Porfía - Catumare. Se suma a esta circunstancia la falta de una vía circunvalar que obliga a los vehículos de carga provenientes de la Orinoquia a ingresar a la ciudad para poder seguir su trayecto por el resto del país.

Además, en el corredor vial norte que comunica a Villavicencio con Restrepo y Cumaral, si bien los vehículos (tipo campero) que prestan el servicio de transporte están legalizados no son los más adecuados para garantizar al usuario seguridad, economía y rapidez.

El área metropolitana de Villavicencio, deberá entonces avanzar hacia la implementación de un corredor férreo que mejore los tiempos de viaje de los usuarios sin incrementar los costos y que

además brinde flexibilidad al poder transportar no solo pasajeros, sino que además complemente el transporte de carga.

2. JUSTIFICACIÓN

La importancia de este proyecto radica en la expansión urbana del área metropolitana de Villavicencio en los últimos años, en la conexión comercial regional, en la necesidad de disminuir el uso del automóvil en las ciudades de más de 200.000 habitantes, en especial, el de motocicletas en esta zona del país, también apoyar en la disminución de la accidentalidad vial, la congestión, los tiempos de transporte y la contaminación, por último, contribuir a los objetivos de la capital del Meta como ciudad sostenible y competitiva.

Este crecimiento poblacional ha generado un aumento en la demanda de transporte, sin embargo, la escasa oferta de transporte público, la disminución del costo de las motocicletas y la facilidad de acceso a crédito para su adquisición, han causado que las personas prefieran el uso de las mismas. Según cifras de la Secretaria de Movilidad de Villavicencio y sumadas a datos de los demás municipios miembros del área metropolitana, la región en el 2016 alcanzó alrededor de 310.000 vehículos matriculados, de los cuales el 64.56% son motos, seguido del 35.44% correspondiente a automóviles. Es decir, que entre el 2011 y el 2018 el parque automotor de la región aumento 245%. Además, según datos de agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV) las motocicletas son responsables del 65% de las muertes en las vías del área metropolitana. (Alcaldia de Villavicencio, 2016)

Adicionalmente, las congestiones vehiculares en diferentes puntos de la ciudad, especialmente en las zonas comerciales, de servicios y en los accesos a Villavicencio que cada día recibe cerca de 35.572 vehículos ha aumentado los tiempos de viaje de las personas y de los vehículos de carga que se ven obligados a sufrir y aumentar la problemática.

Debido a esto, se propone la construcción de un corredor férreo que integre el área metropolitana de Villavicencio desde Acacias hasta Cumaral que si bien no suplirá el 100% de las necesidades de carga y pasajeros complementa la red vial existente. La red férrea se presenta como una alternativa sostenible ambiental y económicamente por su baja emisión de contaminantes, bajos costos de operación, flexibilidad de transportar diferentes mercancías al tiempo que puede transportar pasajeros en largos recorridos. Es un sistema privilegiado para adaptarse a las necesidades de ordenamiento territorial, la red férrea reduce los tiempos de espera y de viaje, pues está perfectamente planificado electrónicamente, y reduce la accidentalidad.

3. OBJETIVOS

a) Objetivo general

Elaborar una propuesta para la construcción de un sistema férreo para el transporte de carga y pasajeros en el área metropolitana de Villavicencio, que permita la disminución de tiempos y costos de transporte.

b) Objetivos específicos

- Analizar la afectación de los planes de ordenamiento territorial (POT) de los municipios pertenecientes al área metropolitana de Villavicencio en el desarrollo de un corredor férreo.
- Analizar la afectación de las concesiones viales involucradas en el área metropolitana de Villavicencio para el desarrollo de un corredor férreo paralelo a ellas.
- Evaluar orígenes y destinos de las cargas, así como de las rutas y pasajeros dentro del área metropolitana de Villavicencio.
- Recomendar un sistema de transporte férreo para el área metropolitana de Villavicencio, identificando los costos y tiempos que pueden ahorrarse por concepto de movimiento de carga

y pasajeros, determinando los tiempos necesarios para los estudios, diseños, licitación y construcción.

4. ALCANCE

El proyecto tiene como objetivo principal elaborar una propuesta para la construcción de un sistema férreo para el transporte de carga y pasajeros en el área metropolitana de Villavicencio que permita la disminución de tiempos y costos de transporte, se busca analizar la afectación de los POT de los municipios pertenecientes al área metropolitana, así como de las concesiones viales y su incidencia en el desarrollo de un corredor férreo. Para lo cual, se deben evaluar los orígenes y destinos de las cargas, así como de las rutas y pasajeros; además de ello, comparar los distintos tipos de transporte férreo para finalmente recomendar el más adecuado para el área metropolitana de Villavicencio, identificando los costos y tiempos que pueden ahorrarse por concepto de movimiento de carga y pasajeros, determinando los tiempos necesarios para los estudios, diseños, licitación y construcción. Para ello, se cuenta con bibliografía sobre estudios anteriores en dicha zona, también con documentos públicos de las entidades territoriales pertinentes y de los contratos, necesarios para llegar al cumplimiento del objetivo.

Sin embargo, el lector no debe esperar encontrar el desarrollo de la pre-factibilidad o factibilidad técnica del sistema de transporte recomendado; o sus estudios y diseños detallados pues lo que se pretende es dar claridad acerca de las múltiples soluciones y oportunidades que el sistema férreo desde el punto de vista de la ingeniería de transporte puede tener para la problemática estudiada y dar un primer paso en las necesidades de la región para desarrollarse sosteniblemente.

5. ESTADO DEL ARTE

a) Un caso exitoso de movilidad regional internacional

S-Bahn en la región de Dresde, Alemania.



Ilustración 1. Localización de la región de Dresden en Alemania. (Geograp, 2015)

Dresde, la capital de la Tierra de Sajonia en Alemania, se encuentra entre las importantes y ampliamente visitadas ciudades europeas gracias a su conveniente ubicación (170km de Berlín, a 150Km de Praga, a 230 Km de la Breslavia polaca). A veces Dresde es apodada “Florenxia en el Elba”. La ciudad actualmente tiene una población de alrededor de 510.000 habitantes. (Plocek, 2008/2009, pág. 3)

Dresde es el centro de una importante zona densamente poblada llamada el valle del alto Elba. El área tiene una población de aproximadamente 1,2 millones de habitantes. Entre las ciudades más grandes incluyen (excluyendo Dresde) Pirna (40.000 habitantes), Freital (39.000 habitantes), Rodebeul (33.000 habitantes), Meissen (28.000 habitantes) y Croswig (22.000 habitantes). Esta área representa alrededor de un tercio del PIB de Sajonia. Hay muchas empresas importantes, como la Comisión Europea, PlanetWerk en Redebeul o Volkswagen en Dresde. El transporte es operado principalmente por el S-Bahn de Dresde, con la línea S1 conectando esencialmente toda el área de sudeste a noroeste. (Plocek, 2008/2009, pág. 3)

Dresde se encuentra en el cruce de las principales rutas ferroviarias Praga - Berlín y Gêrlitz - Chemnitz. La ruta Dresde - Leipzig con una continuación a Erfurt y Frankfurt, que tiene un parámetro ferroviario de alta velocidad, también es importante. Las estaciones de tren más importantes son Dresden Hauptbahnhof (Estación Central, Hbf) y Dresden Neustadt (Ciudad

Nueva). El edificio principal de la estación de tren, protegido por el monumento desde 1978, se encuentra muy cerca del centro de la ciudad. (Plocek, 2008/2009, pág. 3)



Ilustración 2. Mapa de las líneas del S-Bahn en la región de Dresde, Alemania. (Broadway, 2010)

La línea S1 es la ruta más antigua e importante de Dresde y sus alrededores. Conecta todos los lugares importantes de la región de Oberelbe con la capital de Dresde. Su importancia radica tanto en el transporte diario hacia el trabajo como en la recreación y el turismo; algunas áreas del popular sitio de cruceros saxon switzerland son más rápidos y mejor accesibles por ferrocarril que por carretera. La longitud total de la línea es de 77 km. La S1 comienza en Schána, 2 km más allá de la frontera checa. Continúa hacia el lado izquierdo del valle del Elba a través de Bad Schandau, Königstein hasta Pirna. Después de eso, ya no se extiende muy cerca del Labe y a



Ilustración 3. Un tren del S-Bahn de Dresde desde Schöna a Meissen viaja a través de la Suiza sajona en Bastei, cerca de la ciudad balneario de Rathen. (Deutsche Bahn AG - Kai Michael Neuhold, 2019)

través de Heidenau y los suburbios del sureste de Dresde llega a la estación de Dresde Hbf (Estación Central). También cruza el Labe y conecta con la pista Dresde - Leipzig detrás de la estación de Dresde Neustadt. A lo largo de esta línea continua a través de Radebeul y Coswig, donde gira hacia Meissen, donde se termina en la estación de Meissen Triebischtal. El transporte se lleva a cabo por unidades de dos plantas que consisten en 4 vagones, en algunas partes del año (principalmente en verano) incluso 5 vagones. La línea funciona con frecuencia de media hora. (Plocek, 2008/2009, pág. 6)

La línea S2 en su forma actual se introdujo el 30 de mayo de 1999. Conecta Pirna, Heidenau y Dresde con el aeropuerto de Dresde y con una zona industrial en la parte norte de la ciudad. Mide 32,1 km. Entre Dresde-Neustadt y Pirnou/Heidenau tiene la misma ruta con la línea S1. El transporte se lleva a cabo por unidades de dos plantas con 3 vagones. Dresde-Klotzsche para a lo largo de la línea de ferrocarril Dresde-Görlitz. Para la conexión del aeropuerto a la red de transporte público, la línea Dresde-Klotzsche - Dresde Flughafen (aeropuerto) fue restaurada y ampliada. Esta línea funciona con una frecuencia de 15 minutos. (Plocek, 2008/2009, pág. 6)

La línea S3 se dirige desde la estación principal a lo largo de la línea Dresde -Werdau hacia Chemnitz. Atraviesa el valle Freital del río Wilde Weisseritz hasta Tharandt. La longitud total es de 13,7 km. Un total de 22 pares de trenes se preparan diariamente, pero se complementan con trenes de pasajeros, por lo que la frecuencia de media hora se mantiene durante todo el día. (Plocek, 2008/2009, pág. 7)

La S30 es una línea adicional al S3 y existe desde el 9 de diciembre de 2007. Hasta Tharandt, fortalece la línea S3 y luego es conducido a Freiberg. El S30 funciona sólo en las horas pico de la vida cotidiana. La longitud de la línea es de 40,1 km. (Plocek, 2008/2009, pág. 7)

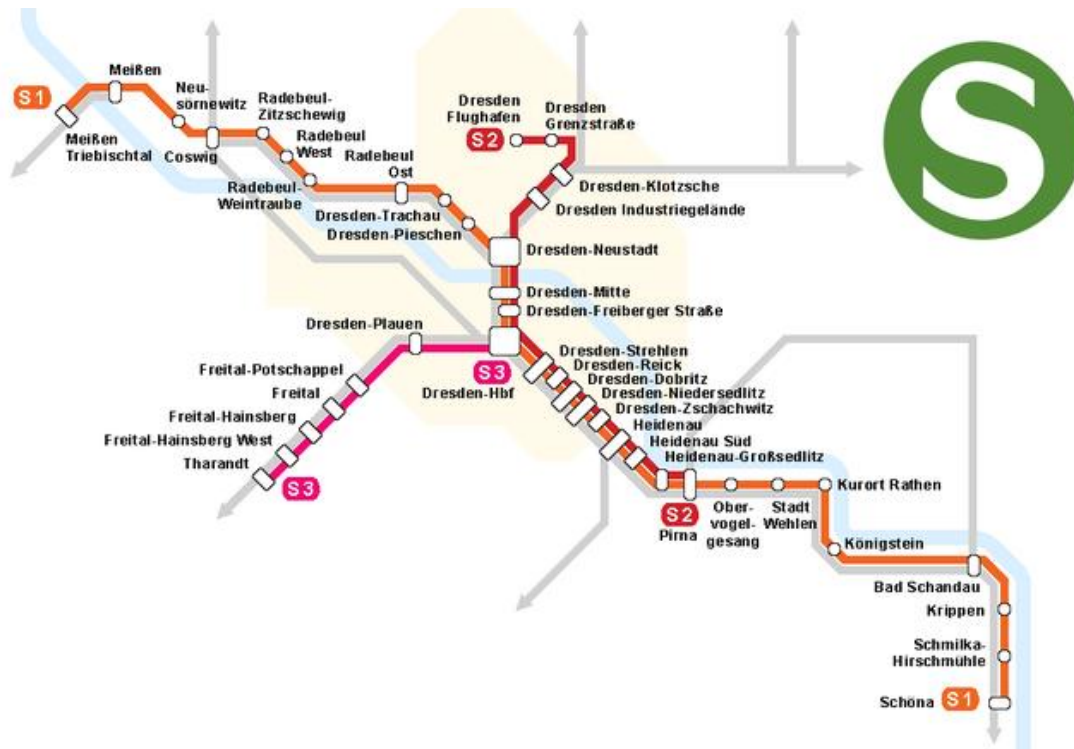


Ilustración 4. Mapa S-Bahn Dresden (Plocek, 2008/2009, pág. 5)



Ilustración 5. Tren de la línea S2 llegando a la estación de Dobritz. (Mühlpfordt, 2006)

El S-Bahn de Dresde está incluido en la tarifa del sistema de transporte integrado Verkehrsverbund Oberelbe (VVO). Por ejemplo, un viaje de Schána a Dresde cuesta 5,30 euros, 3,50 euros desde La ciudad hasta Meissen (es decir, la línea S1) y 3,50 euros de Dresde a Tharandt (línea S3). Los niños menores de 15 años y los pensionados tienen

derecho a un descuento en la tarifa. También hay una serie de billetes de prepago, para todas las zonas tarifarias por 1.271 euros al año. (Plocek, 2008/2009, pág. 10)

b) Un caso exitoso de movilidad regional nacional

RegioTram de occidente en la región metropolitana Bogotá - Cundinamarca.

Al realizar un análisis de sistemas férreos como sistemas de transporte regional, se hace necesario indagar sobre los antecedentes, ya que en Colombia no es la primera vez que se busca solucionar problemas de movilidad regional hacia grandes ciudades. Se tomará como antecedente el “Análisis del proyecto de tren de cercanías Facatativá – Bogotá -Soacha “, proyecto de grado en la modalidad de monografía de la Universidad Santo Tomás, en el año 2015.

Dicho documento inicia dando una descripción breve de la existencia del problema, en dónde se muestra el por qué es una necesidad importante para la región la creación y construcción del tren de cercanías, pues la movilidad de Bogotá región es cada día más difícil, dado que hay factores determinantes que dificultan la movilidad de los usuarios, como el estado de la malla vial, la mala planeación de tráfico y demoras en la rehabilitación de las vías, sumado al crecimiento de tráfico de tracto-mulas, camiones, buses, motocicletas y una mala semaforización, por ello se muestra como una alternativa óptima el tren-tranvía dado que es un sistema ferroviario que emplea vehículos eléctricos ligeros con doble funcionalidad, menos contaminantes más rápidos, más cómodos y seguros.

El documento continúa con el planteamiento de los objetivos del proyecto, dónde se evidencia que el objetivo general del trabajo es hacer una recopilación de documentos que aporten información sobre el tren de cercanías dónde se identifiquen los problemas existentes de movilización y se determine el impacto económico y social que genera dicha concesión.

Continúa con la justificación, en donde se hace inicialmente un breve recuento de la necesidad y la existencia del problema, en donde se especifica las necesidades reales de los usuarios para así

finalizar con una breve descripción del sistema de trenes y por qué es la opción más óptima para solucionar el problema.

Se continúa con el marco teórico y conceptual, metodología, flujograma y cronograma general; sigue con un análisis general del SITP (Sistema Integrado de Transporte Público) y del Transmilenio, esto para poder analizar los beneficios que aporta el sistema actual de transporte, por ello se continúa con un matriz origen destino, con tasas de viajes por persona, en tipo de vehículo y tiempo promedio de viajes.

El proyecto de grado sigue con un análisis del POT de la ciudad, luego con un mapa de zonificación geotécnica de Bogotá, el plan maestro de movilidad (PMM), la malla vial actual y su estado, sigue un análisis del metro de Bogotá, pues se sabe que deberá ir de la mano con Transmilenio y así mismo se debe evaluar la ubicación de las estaciones para así poder buscar la articulación de los diferentes sistemas de transporte que brinda y brindará la ciudad. Por ello se puede continuar con el análisis del tren de cercanías, iniciando por una información general y así continuar con el análisis de las 2 líneas férreas, Bogotá – Facatativá y Bogotá – Soacha.

Además, se sigue con los problemas del transporte público colectivo, las estadísticas de accidentalidad y por ello el planteamiento de la seguridad vial, para así continuar con las características generales del tren de cercanías, dónde se habla de la vía férrea, sus ventajas económicas, para los usuarios y ambientales, así como las funciones del tren tranvía. Se ve al tren de cercanías como una infraestructura para la ordenación planificada del territorio, por ello se evalúan las ventajas que éste brinda. Lo que sigue es una descripción de todo el proyecto, sus etapas, la localización de las líneas, características técnicas, estaciones, entre otros ítems.

Dado que es un proyecto de movilidad regional, se hace un análisis de crecimiento poblacional, con proyecciones de población por áreas para dicha región, así como un análisis económico, de

empleo, calidad de vida y oportunidades económicas que dicho proyecto puede generar en la región. Así mismo, como se hizo un análisis basado en diferentes fuentes, se muestran los cambios realizados en el diseño inicial, las características de los corredores, el aprovechamiento de la infraestructura y superestructura de la vía existente, así como un análisis sobre la energía eléctrica, pues éste es un sistema eléctrico. Se finaliza con un análisis sobre la integración del tren de cercanías con el transporte público existente y con la propuesta en ese momento del metro ligero de la av. 68 (actualmente ya está contratado una línea de Transmilenio para dicha avenida).

En conclusión, el RegioTram de Occidente en Bogotá, es un claro ejemplo de cómo los sistemas férreos, por sus grandes ventajas y beneficios son una alternativa óptima para solucionar problemas de movilidad en regiones metropolitanas, pues se caracterizan por tener diferentes municipios a sus alrededores y la ciudad como un centro económico, y además de ello, en el caso del presente proyecto se busca además implementar un transporte de carga, debido a la región en dónde está ubicado el estudio.

c) Una mirada a los trenes de alta velocidad.

En la actualidad, China se ha venido destacando mundialmente en la implementación de vías férreas de distintos tipos, pero en especial de trenes de alta velocidad (Lan, 2019-2020); teniendo en cuenta que son las empresas precisamente de dicho país las encargadas de la construcción tanto del RegioTram como del Metro de Bogotá que cobra gran importancia analizar la experiencia del gigante asiático.

El ferrocarril de alta velocidad como solución para la movilidad metropolitana de pasajeros:

El caso del área metropolitana de Shenzhen-Dongguan-Huizhou

El ferrocarril de alta velocidad (HSR siglas en inglés) ha desempeñado un papel importante en los viajes de larga distancia de China. Sin embargo, el potencial de este transporte, la tecnología para satisfacer la demanda de movilidad de pasajeros a escala metropolitana aún no está clara. Esta investigación examina este potencial mediante el estudio de la inversión en transporte para la movilidad interurbana de pasajeros en el Área Metropolitana de Shenzhen Dongguan-Huizhou (SGHMA siglas en inglés), donde se han propuesto múltiples sistemas de tránsito para transportar pasajeros entre el centro de Shenzhen y las partes de esta región metropolitana (Xiongbin Lin, 2018, pág. 1257).

Este artículo, está subdividido en capítulos para exponer mejor el proyecto, inicialmente en la introducción se habla sobre que se han recomendado servicios fijos de tránsito por vías para mejorar la movilidad de los pasajeros en áreas metropolitanas principalmente, debido a su alta velocidad, fiabilidad del tiempo de viaje y potencial para sustituto de los viajes en automóvil (Xiongbin Lin, 2018, pág. 1257).

Este progreso se basa en el continuo énfasis de China en los sistemas de transporte de guías fijas para la movilidad regional integrada. Por ejemplo, en diciembre de 2015, la Comisión de Reforma (NDRC) y el Ministerio de Transporte (MOT) publicaron conjuntamente el Plan de La Red de Transporte para las Regiones Urbanizadas, que abogó por vincular estrechamente a las mega-regiones con servicios de transporte interurbano multimodal (Xiongbin Lin, 2018, pág. 1258)

Contexto de transporte regional

El SGHMA se encuentra en la provincia china de Guangdong. La mayoría de SGHMA está dentro del delta del río Pearl (PRD siglas en inglés), una de las regiones más urbanizadas de China. La región de PRD tiene un área de unos 40.000 kilómetros cuadrados e incluye nueve ciudades: Guangzhou, Shenzhen, Dongguan, Foshan, Huizhou, Zhongshan, Zhuhai y Zhaoqing. A finales de 2015, el PRD tenía una población total de 56,16 millones y un PIB total de 6,23 billones de euros (unos 918.000 millones de dólares EE.UU.) (Xiongbín Lin, 2018, pág. 1258)

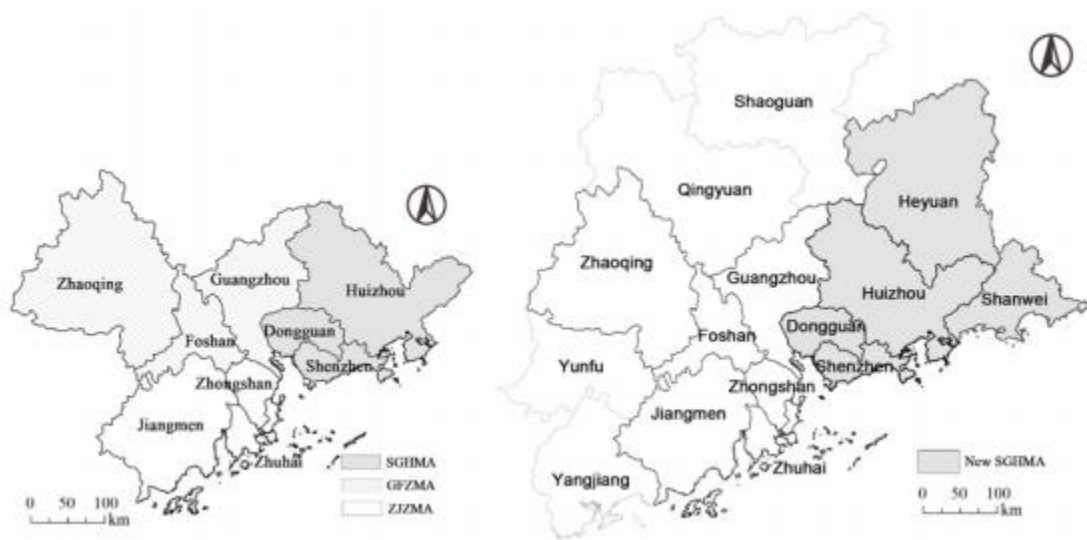


Ilustración 6. Tres áreas metropolitanas en expansión en la región PRD (2008 y 2016)

De acuerdo con el Plan de Urbanización De Nuevo Tipo de Guangdong lanzado en 2016, la ciudad de Shanwei y la ciudad de Heyuan se añadieron para ampliar el margen oriental de SGHMA (Ilustración 6). A pesar de ser separadas administrativamente, estas ciudades están muy dispuestas a colaborar en temas regionales como el transporte y el desarrollo económico. La necesidad de cooperar en el suministro de pasajeros de alta velocidad los servicios de transporte en esta región están impulsados principalmente por dos fuerzas: la espiral de los precios de la vivienda y la descentralización industrial (Xiongbín Lin, 2018, pág. 1258).

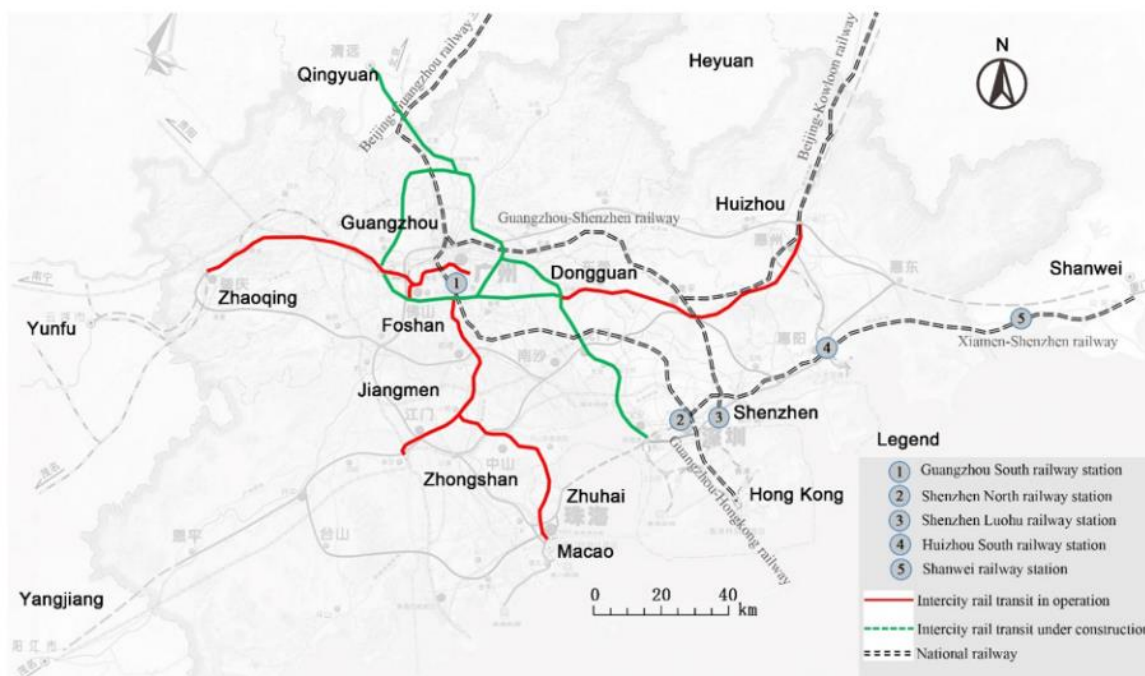


Ilustración 7. Servicios ferroviarios interurbanos en la región PRD.

La opción HSR para la movilidad interurbana de pasajeros

Como respuesta a estas cuestiones, el gobierno provincial de Guangdong comenzó a trabajar con el Ministerio de Ferrocarriles para un sistema regional en 2005: el sistema ferroviario interurbano del PRD (Gobierno de Guangdong, 2005). Se planeó que el sistema tuviera una longitud de vía de más de 2.000 km y para 2018 un número de las rutas ferroviarias interurbanas ya estaban en funcionamiento (Ilustración 7). La primera línea une Guangzhou y Zhuhai. Su operación comenzó en 2011. Por ahora, las líneas ferroviarias interurbanas Guangzhou-Foshan y Dongguan-Huizhou también están en funcionamiento (líneas rojas en la Ilustración 7). Además, la línea ferroviaria interurbana de Guangzhou-Qingyuan, la línea de Guangzhou-Dongguan-Shenzhen, y la línea Loop de Guangzhou-Foshan están en construcción (líneas verdes en la Ilustración 7). Este sistema ferroviario interurbano está financiado conjuntamente por el gobierno provincial de Guangdong y los gobiernos urbanos pertinentes (Xiongbin Lin, 2018, pág. 1260).

Servicio regional de HSR en Shenzhen-Pingshan-Huizhou-Shanwei

El corredor El Shenshan Express se origina en la estación de Futian en el centro de Shenzhen y termina en la estación de Shanwei en Ciudad de Shanwei en el margen oriental del área metropolitana, una distancia de 150 kilómetros. El Shenshan Express envía 14 pares de trenes cada día, con un avance de menos de una hora. Los primeros el tren sale de Shenzhen hacia Shanwei a las 6:55 a.m. y el viaje completo dura unos 70 minutos. Si bien un extremo de este corredor es el próspero distrito comercial y financiero del centro de Shenzhen, el otro extremo está anclado por la Zona de Cooperación Shenzhen-Shanwei (SSCZ), que es el principal ejemplo de descentralización industrial y reubicación en esta región (Ilustración 8) (Xiongbín Lin, 2018, pág. 1261).



Ilustración 8. El HSR interurbano Shenzhen-Huizhou-Shanwei.

Competitividad de HSR expresa para servir viajes regionales

Otras opciones para mejorar el servicio ferroviario intra-metropolitano se han considerado durante mucho tiempo en SGHMA antes del Pingshan Express se convirtió en una opción. En particular, se intentó conectar el Shenzhen y los sistemas de metro de Huizhou. A principios de 2006, cuando el gobierno de la ciudad de Huizhou comenzó el metro, se acercó al gobierno de la

ciudad de Shenzhen para discutir la viabilidad de conectar sus dos metros en la frontera. En 2008, una conexión entre Huizhou y Shenzhen metros fue propuesto en el Plan de la Red de Tránsito Ferroviario de Huizhou. En mayo de 2012, Shenzhen, Huizhou y Dongguan para firmar el Plan de Integración del Sistema de Transporte del área metropolitana Shenzhen-Dongguan-Huizhou (Xiongbín Lin, 2018, pág. 1265)

6. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

a) Villavicencio

Ubicación y organización político-administrativa

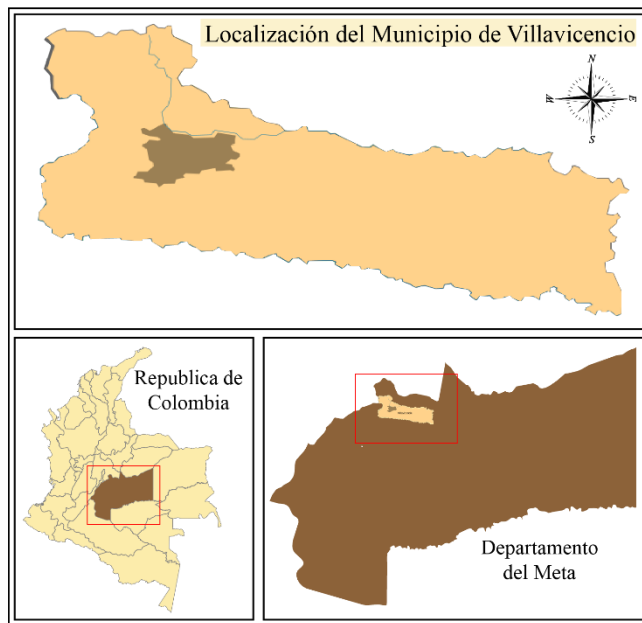


Ilustración 9 Localización del municipio de Villavicencio. Edición propia, mapas tomados del IGAC.

El municipio de Villavicencio está ubicado en el piedemonte de la Cordillera Oriental de Colombia, a 86,6 kilómetros al suroriente de Bogotá D.C. (Universidad Nacional de Colombia, 2013, pág. 14). Se ubica en la región de la Orinoquía colombiana, la cual debe su nombre a estar ubicada sobre la gran cuenca hidrográfica binacional del río Orinoco. Es conocida como la “Puerta de entrada a los Llanos

Orientales” debido a que permite el paso de todos los municipios de la Orinoquía hacia la región centro (Findeter & BID, 2016, pág. 20)

Se encuentra a una altura que oscila entre los 250 y 467 metros sobre el nivel del mar, al noroccidente del departamento del Meta del cual es la capital administrativa. Villavicencio tiene un área total de 131.126 ha de los cuales el 3% (3.923 ha) corresponden al área urbana y el 97%

(127.203 ha) al área rural (POT, 2015). El gentilicio de las personas oriundas de Villavicencio es Villavicense.

Sus límites político-administrativos son al Norte los municipios de El Calvario y Restrepo, al Sur con los municipios de San Carlos de Guaroa y Acacías, al Oriente con Puerto López y al Occidente con Acacías y con el Departamento de Cundinamarca (Alcaldía de Villavicencio, 2012), y tiene una temperatura promedio anual de 27°C (Secretaría de Planeación y Desarrollo Territorial del Meta, 2009). Su territorio está compuesto por dos regiones: una montañosa, ubicada al Occidente y Nororiente del municipio, conformada por el costado de la cordillera oriental y la otra, una planicie ligeramente inclinada hacia el Oriente y Nororiente que corresponde al pie de monte y que está bordeada al Norte por el río Guatiquía y al Sur por el río Guayuriba. Por la parte central de esta planicie cruzan los ríos Ocoa y Negro, numerosos caños y corrientes menores (Alcaldía de Villavicencio, 2012).

Con relación a las coordenadas geográficas (Latitud y Longitud), Villavicencio se encuentra a 4 grados, 8 minutos al norte de la línea del Ecuador (Latitud) y a 73 grados, 39 minutos al Occidente del Meridiano Cero o de Greenwich (Longitud), correspondiendo su ubicación a latitudes bajas o ecuatoriales (Villavicencio, 1997). Villavicencio es un municipio de Primera Categoría, que se otorga a aquellos “con población comprendida entre cien mil uno (100.001) y quinientos mil (500.000) habitantes y cuyos ingresos corrientes de libre destinación anuales son superiores a cien mil (100.000) y hasta de cuatrocientos mil (400.000) salarios mínimos legales mensuales” (Congreso de Colombia, 2000)

Está dividida en 8 comunas, 235 barrios (de los cuales 32 son legalizados), 101 asentamientos, 2 zonas de invasión, 7 corregimientos y 61 veredas en total. Cada una de estas subdivisiones se encuentra debidamente descrita en la carpeta municipal, describiendo principalmente, en zona

urbana los barrios y asentamientos que componen cada una de las comunas, además de su ubicación dentro de la ciudad. (Administración Municipal Villavicencio 2012-2015, 2015, pág. 19)

Las comunas, que son agrupaciones de barrios distribuidas en sectores territoriales a nivel de área urbana (Villavicencio, 1997, pág. 143), tienen la siguiente distribución (Alcaldía de Villavicencio, 2012.).

Comuna N° 1. Comprende barrios Nueva Granada, Rondinela, Galán, Chapinerito Alto y Bajo, Los Cerezos, La Campiña, Catalana, El Poblado, Doce de Octubre, Santa Josefa, El Recuerdo, Manaure, Panorama, El Triunfo, Caudal, El Prado, Virrey, La Grama, El Rosal, Emporio y la Victoria.

Comuna N° 2. Comprende los barrios Nueva Andalucía, Centro, la Salle, las Colinas, Azotea, San Fernando, Barzal Alto y Bajo, Maizaro, Villa flores, Siete de Agosto, Buque, Trapiche, Villa María, Villa centro, Camoa, Balatá, Los Pinos, Bonanza, Villa Codem, San José, Balcones de Toledo, Sansoucí.

Comuna N° 3. Comprende los barrios Brisas del Guatiquía, Las Delicias, Villa Julia, San Isidro, Santa Inés, El Porvenir, San Gregorio, Gaitán, Veinte de Julio, Las Ferias, Antonio Ricaurte, Industrial, La Vainilla, Santander, La Lambada.

Comuna N° 4. Comprende los barrios Villa Suárez, El Paraíso, Florencia, la Ceiba, Jordán, Santa Helena, El Bambú, Madrigal, La Bastilla, Seis de Abril, Santa Martha, Antonio Villavicencio, Morichal, San Luis, El Recreo, La Desmotadora, Prados De Siberia, Cedritos, Covisán, Calamar, El Cedral y Villa Fabiola.

Comuna N° 5. Comprende los barrios Popular, Dos Mil, Olímpico, Villa Ortiz, Camelias, Cataluña, Bello Horizonte, Nueva Floresta, Estero, Bochica, Macunaima, Ariguani, Vizcaya,

Hacaritama, Villa Mérida, Ciudadela San Antonio, Aguas Claras, Danubio, Doña Luz, Remanso, Menegua y Buenos Aires.

Comuna N° 6. Comprende los barrios Pastrana, Caney, Simón Bolívar, Macarena, Retiro, Amaral, Canaima, Nuevo Maizaro, Catatumbo, Nogal, San Benito, Guatiquía, Florida, Canta Rana, Nuevo Ricaurte, San Francisco, Brisas del Caney y Sausalito.

Comuna N° 7. Comprende los barrios Esperanza, Paraíso, cooperativo, Jardín, Cámbulos, La Serranía, La Vega, Comuneros, La Alborada, Villa Bolívar, Rosa Blanca, Vila Humberto, Palmar, Los Centauros, La Rosita, Villa Claudia y Sesquicentenario.

Comuna N° 8. Comprende los barrios Ariguanery, Porfía, Las Américas, Playa Rica, Catumare, Guatapé, Álamos Santa Rosa, Montecarlo, La Rochela, Villa Carola, Villa Lorena, El Refugio, Guaicáramo, San Jorge y Ciudadela San Antonio.

Se observa que las comunas no son homogéneas en cuanto a superficie y población ya que varían entre 192 ha y 1.412 ha aproximadamente, y la población se concentra principalmente, en un 53%, entre las comunas 4, 5 y 7 según el censo del 2005, con la tendencia desde ese entonces, de ubicarse en la periferia del casco urbano consolidado, en pequeña ciudades dormitorio o nodos, ocupados principalmente por barrios de estratos 1 y 2. Por el contrario, el POT 2015 estima que en los últimos 10 años se han venido despoblando los barrios ubicados en el centro del casco urbano como el Barzal, Maizaro, Porvenir o el mismo Centro Histórico (Comuna 2), en donde el comercio, en algunos casos de alto impacto, ha desplazado a la vivienda. (Findeter & BID, 2016, pág. 57)

Villavicencio cuenta con 330 Juntas de Acción Comunal pertenecientes a las 8 comunas y a los 7 corregimientos, de acuerdo con datos suministrados por la Secretaría de Gobierno municipal.

El gobierno municipal de Villavicencio está en cabeza del Alcalde municipal. Villavicencio cuenta con nueve Secretarías de Despacho: Control Físico, Educación, Gobierno, Hacienda, Infraestructura, Medio Ambiente, Local de Salud, Desarrollo Institucional y Movilidad. Cuenta además con un Departamento Administrativo de Planeación Municipal y cinco Oficinas Asesoras: Contratación, Comunicaciones, Control Interno, Control Disciplinario y Jurídica. El órgano legislativo municipal es el Concejo municipal, conformado por 20 concejales y los órganos de control municipales están en cabeza de la Contraloría municipal y de la Personería municipal. (Universidad Nacional de Colombia, 2013, pág. 24)

Población

Evolución de la población

Los analistas que elaboraron el POT 2013, con base en información de la serie histórica de Censos en Colombia a su vez elaborados por el Departamento Nacional de Estadística DANE; tuvieron en cuenta, en primer término, la evolución de la población del municipio y posteriormente se comparó con la de la población nacional y del Departamento del Meta, para generar un marco de referencia que permitiera establecer el ritmo de crecimiento poblacional del municipio y su comparación con el contexto nacional y departamental tal como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1 Población Colombia, Departamento del Meta y Municipio de Villavicencio, 1938-2013. DANE, proyecciones POT Norte 2012-2013.

AÑO	COLOMBIA	TASA DE CRECIMIENTO	META	TASA DE CRECIMIENTO	VILLAVICENCIO	TASA DE CRECIMIENTO
1938	8.701.816		51.674			
1951	11.548.172	2,24	67.492	2,1		
1964	17.484.508	3,18	165.530	7,01	58.400	
1973	22.915.229	2,95	261.863	5,06	92.814	5,28

1985	30.062.198	2,31	474.046	5,11	211.866	7,1
1993	37.664.711	2,12	618.427	3,34	268.296	2,3
2005	42.888.592	1,09	783.285	1,99	380.328	2,95
2012	46.581.823	1,19	906.805	2,11	480.138	3,39
2013	47.121.087	1,16	924.871	1,99	496.499	3,41

La población total del Departamento del Meta para el año 1964 correspondía a 165.530 habitantes, la ciudad de Villavicencio contaba con 58.400 habitantes con características y modos de vida rurales. Luego inicio un vertiginoso aumento en las siguientes décadas alcanzando en el año 2013 un total de 496.499 habitantes, lo cual equivale a ocho veces la cifra de referencia de 1964 (Administración Municipal Villavicencio 2012-2015, 2015, pág. 20).

Villavicencio, ha tenido etapas de crecimiento importantes como las registradas entre los años 1973 y 1985, en donde, se presentaron aumentos del 95% de la población frente a un 70% del departamento del Meta y un 35% a nivel nacional, otro suceso importante fue registrado entre los años 1993 y 2005, en donde, aumento la población en un 51%.

La tasa de crecimiento para diferentes ciudades desde 1993 hasta 2005 presenta un crecimiento del 42% de Villavicencio frente a crecimientos del 26, 11, 15, 22, 24 de Bogotá, Pereira, Manizales, Pasto y Montería y del 21% de Colombia; así mismo, la tasa de crecimiento poblacional de Villavicencio entre el año 2005 y 2013 descendió al 26%, frente al 11, 4, 3, 11 y 11 por ciento de Bogotá, Pereira, Manizales, Pasto y Montería, con un porcentaje de crecimiento estimado de Colombia del 12 por ciento.

Se estima que para el año 2027 el índice de crecimiento con respecto al año 2012 será de un 67%, frente al 17, 4, 6, 21 y 22 por ciento de Bogotá, Pereira, Manizales, Pasto y Montería y para Colombia de un 15% (Administración Municipal Villavicencio 2012-2015, 2015, pág. 25).

Población actual

La población de Villavicencio según el último censo nacional de población y vivienda (CNPV) del 2018 fue de 531.275 habitantes de los cuales 261.919 (49,3%) son hombres y 269.356 (50,7%) son mujeres. En 2020 según proyecciones del DANE, Villavicencio alcanzará los 545.302 habitantes.

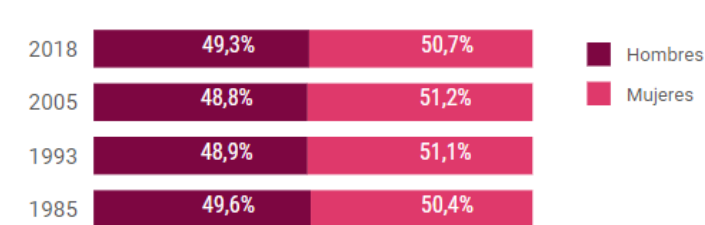


Ilustración 10 Distribución de población por sexo; Villavicencio. (DANE, 2018)

El DANE, en su presentación de datos del CNPV informo que el mayor crecimiento porcentual de la población a nivel nacional se registró en Villavicencio. En los 13 años

transcurridos entre los dos censos (2005 y 2018), en la capital del Meta hubo un aumento del 39,7 por ciento de la población. De 380.328 personas que vivían allí en el 2005 se pasó a 531.275 en el 2018.

Vale la pena anotar que en ese periodo entre censos se vivió un auge de precios del petróleo del que Colombia se vio favorecida, y una porción importante de la actividad petrolera se lleva a cabo en el Meta, donde queda Rubiales, que llegó a ser en ese periodo el principal yacimiento del país.

Ese aumento en su número de habitantes permitió que Villavicencio pasara de ser la ciudad número 12 más poblada del país en el año 2005 a ser el número 8 en la actualidad. En dicho salto, Villavicencio sobrepasó a Ibagué, Pereira, Santa Marta y Pasto (Redacción Economía y Negocios, 2019).

Del total del 2018, 31,5% (167.352) son niños, niñas y adolescentes menores de 18 años de edad. Por su parte, la población de ancianos mayores de 60 años es de 60.831 personas, de las cuales

45,15% (27.465) son hombres y 54,85% (33.366) son mujeres. Al sumar los niños, las niñas y los adolescentes menores de 18 años con las personas mayores de 60 años el resultado es de 228.183, que equivalen a 43% de la población total de Villavicencio. Ello quiere decir que la Población Económicamente Activa (PEA), que debería estar trabajando y cotizando a pensiones, es de 57% del total de los habitantes de Villavicencio. (DANE, 2018)

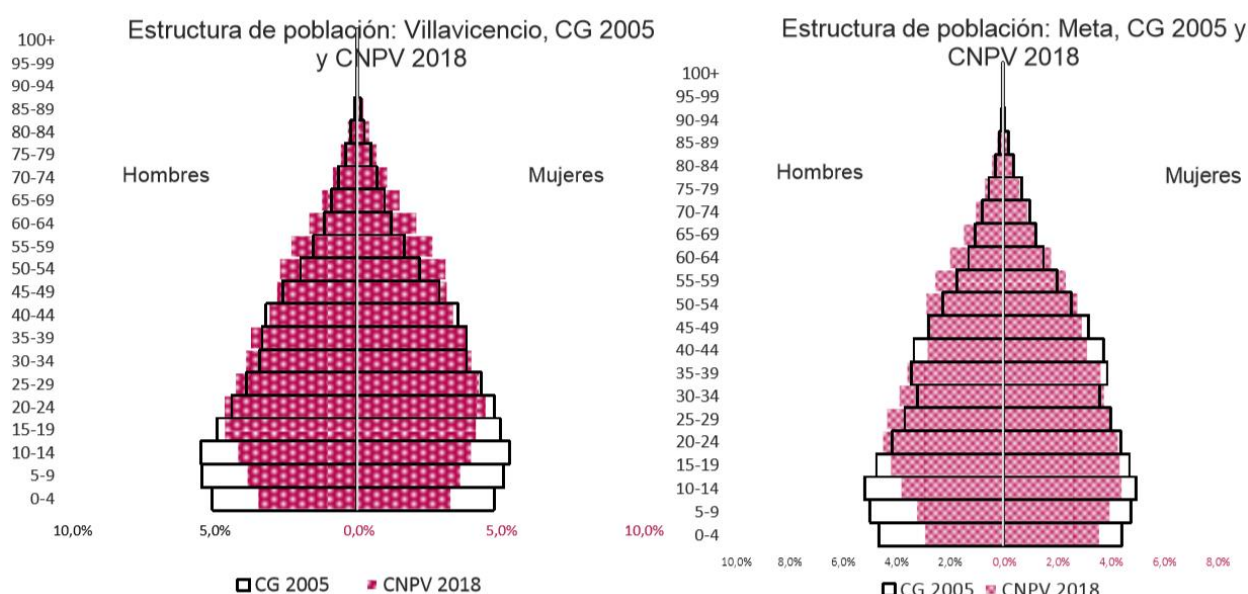


Ilustración 11 Comparación entre la estructura poblacional de Villavicencio y el Departamento del Meta entre los censos 2005 y 2018. (DANE, 2018)

Población urbana y rural

La concentración en áreas urbanas es significativa; al observar el número de personas y la extensión de territorio destinado a la parte urbana hace notorio el alto nivel de aglutinamiento existente en la zona, esta situación puede provocar disminuciones en la producción de áreas rurales, de cultivos, manipulación de ganado, minería y demás actividades económicas propias de regiones apartadas del casco urbano. La relación de habitantes por kilómetro cuadrado en Villavicencio es de 6.933 habitantes por kilómetro cuadrado en el área urbana y de 19 en el área rural para el año 2005, así mismo, de 8.544 habitantes por kilómetro cuadrado en el área urbana

y de 19,95 en el área rural para el año 2012. (Administración Municipal Villavicencio 2012-2015, 2015, pág. 26)

Los datos del CNPV 2018 con sus proyecciones para el 2020 se muestran en la Tabla 4:

Tabla 2 Proyecciones DANE 2020 según datos del CNPV 2018. (DANE, 2018)

PROYECCIONES DANE			
AÑO	TOTAL	URBANO	RURAL
2018	531.275	492.052	39.223
2019	538.824	497.285	41.539
2020	545.302	502.047	43.255

Sin embargo, datos entregados por la administración 2012-2015 muestran otra perspectiva a más largo plazo:

Tabla 3 Proyecciones de población 2012, 2027 y 2040. (Administración Municipal Villavicencio 2012-2015, 2015)

AÑO	DANE	POT (Norte)		
		TOTAL	URBANO	RURAL
2012	452.522	480.138	455.171	24.926
2027	617.077	805.661	773.003	32.308
2040	759.399	1.087.993	1.052.902	35.091

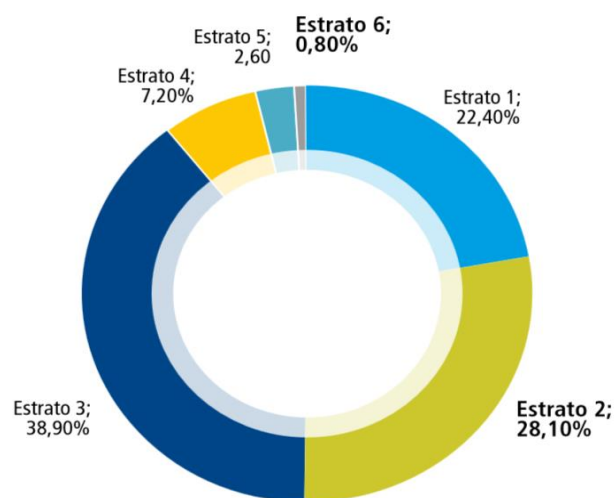
Densidad poblacional

Para 2012 la densidad poblacional de Villavicencio es de 348 habitantes por kilómetro cuadrado.

En el área urbana es de 7.905 habitantes por kilómetro cuadrado y en el área rural de 19 habitantes por kilómetro cuadrado (DANE, 2018).

Estratificación socioeconómica

Villavicencio presenta concentraciones de los estratos más bajos en su mayoría hacia el este y



sur de la periferia, y los cuales representan el 89,5% de las viviendas del municipio, con condición de subsidiario. En cuanto al estrato 4, se encuentra que un 7,20% de las viviendas se ubican en este segmento seguido por el 3,4% en los estratos 5 y 6 (CENAC, 2015).

Ilustración 12 Estratificación socioeconómica del municipio de Villavicencio.

Tabla 4 Población por estrato para la ciudad de Villavicencio 1996 – 2012. (Administración Municipal

Villavicencio 2012-2015, 2015)

AÑO	POBLACIÓN	POBLACIÓN POR ESTRATO					
		1	2	3	4	5	6
1996	293.314	11.568	85286	161461	24585	10413	0
1998	311.486	15725	70253	171991	36607	12167	4744
2000	330.733	19562	77547	179071	37154	12672	4726
2002	350.556	29019	87796	179780	36180	13236	4545
2004	370.383	43884	94887	181056	34556	12110	3890
2006	406.740	54844	107318	191780	35985	12812	4001
2008	434.126	61833	118321	199384	37606	12920	4061
2010	460.338	68213	124670	208483	40922	13713	4336
2012	480.138	105590	150485	176039	31139	12925	3960
TASA 2000 - 2012		22,00 %	31,30 %	36,70 %	6,50 %	2,70 %	0,80 %

En la Tabla 4, se puede observar que desde 1996 los estratos socioeconómicos 1, 2 y 3 representan el 90% de la población total, dejando tan solo un 10% de la población entre los estratos más altos 4, 5 y 6. Además, destaca el alto porcentaje (22%) del estrato socioeconómico

1 en el que se encuentra la población más pobre del municipio y representa grandes retos para la ciudad. Esta tendencia se ve marcada en las proyecciones realizadas por el (DANE, 2018)

Tabla 5 Proyección de población para el año 2027 y 2040 por distribución socioeconómica. Fuente: (DANE, 2018)

Estrato	1	2	3	4	5	6	Total
Población 2027	296933	284482	176039	31139	13108	3960	805661
Población 2040	463221	400516	176039	31139	13118	3960	1087993

Desplazamiento

Según el Registro Único de Víctimas (RUV), en Colombia cerca de 7.000.000 de personas han sido desplazadas por la violencia desde el año 1985 al 2015. El departamento del Meta registró para el mismo período de tiempo cerca de 210.000 personas desplazadas, de las cuales 110.000 fueron en la ciudad de Villavicencio. La Consultoría para los Derechos Humanos y el Desplazamiento (CODHES) ubicó al Meta dentro de los diez departamentos con mayor tasa de desplazamiento, para el reporte del 2013, siendo Villavicencio el principal receptor debido a su vocación de capital en la región y concentrar los servicios sociales y la mayor actividad comercial. (Findeter & BID, 2016, pág. 58)

Por lo tanto, Villavicencio es una ciudad receptora de hogares víctimas del conflicto y la pobreza, sin embargo, aunque ha sido progresivo en el tiempo, es una de las causas por las que se observan asentamientos informales en la periferia, sobre predios urbanos y/o en las rondas de los cuerpos hídricos, como los barrios La Reliquia, La Nohora, Kirpas, 13 de mayo, Nueva Colombia, Portales del Llano, Ciudad Porfía (legalizado) y Popular (reconocido), entre otros. (Findeter & BID, 2016, pág. 58)

Necesidades básicas insatisfechas, pobreza y desigualdad

Las cifras que dan cuenta de los niveles desigualdad socioeconómica en el municipio de Villavicencio dan un parte positivo y lo ubican por encima del promedio nacional. Por un lado, el Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) global de 17,07 para el 2012, un índice de pobreza de 17,1% en 2014, encontrándose por debajo del promedio nacional (28,5%), el de pobreza extrema de 2,8% el cual es significativamente bajo en comparación con el promedio nacional (8,1%), y el coeficiente de Gini que mide la desigualdad fue de 0,449, también por debajo del promedio nacional (0,538). No obstante, se lean estas cifras cuantitativas, que dan un panorama positivo, en la realidad del territorio aún se observan asentamientos informales periurbanos, en condiciones precarias, que dan cuenta de una aún latente segregación socio espacial por atender. (Findeter & BID, 2016, pág. 59)

b) Acacias

Ubicación y organización político administrativa



Ilustración 13 Localización del Municipio de Acacias. Edición propia, mapas tomados del IGAC.

Acacias es un municipio colombiano, situado en el departamento del Meta. Es uno de los municipios más importantes de este departamento, no solo por su población e importancia económica, sino por el tesoro cultural que hay en ella. La ciudad se ubica 28 km al sur de Villavicencio y a 126 km de distancia de Bogotá, capital de Colombia. (Alcaldía de Acacias, 2020)

Acacías en su zona Urbana está compuesta por 97 Barrios y Urbanizaciones, de igual manera la zona rural se compone de cuarenta y ocho (48) veredas en las que se incluye Chichimene, Dinamarca y Manzanares, antiguas inspecciones de policía. (Alcaldía de Acacias, 2020)

Acacías en su zona Urbana está compuesta por 97 Barrios y Urbanizaciones, de igual manera la zona rural se compone de cuarenta y ocho (48) veredas en las que se incluye Chichimene, Dinamarca y Manzanares, antiguas inspecciones de policía. (Alcaldía de Acacias, 2020)

Población



Ilustración 14 Población total del municipio de Acacias en el 2018. (DANE, 2018)

Según el censo nacional de población y vivienda (CNPV) del 2018, el municipio de Acacias tiene un total de 88.023 habitantes de los cuales el 48% que equivale a 37.480 personas, son mujeres y el 52% que equivale a 40.719 personas, son hombres.

Así mismo la población se divide en 3 grades grupos de edad, el primero de 0 a 14 años, con una población porcentual de 23,4%, el segundo grupo de 15 a 59 años, con un 65,8% mientras que el tercer grupo, en el que se ubican las personas de más de 59 años, tiene una población de 10,8% (DANE, 2018).

La población estimada omitida durante el censo fue de 9.824 personas. En la cabecera municipal viven 67.602 personas que representa a un 76,8% del total

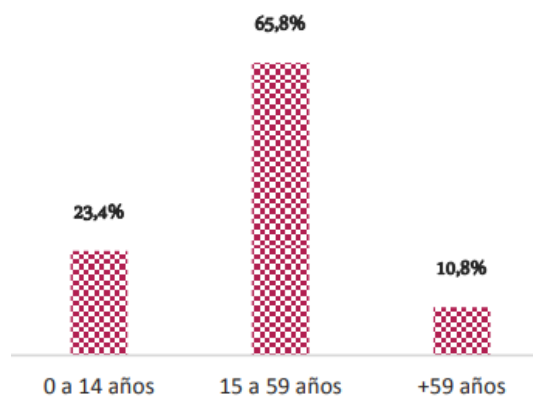


Ilustración 15 Población de Acacias por grupos de edad. (DANE, 2018)

de la población, mientras que la población rural es de 20.421 personas, que corresponde al 23,2% de la población total.



Ilustración 16 Distribución poblacional entre suelo urbano y rural del municipio de Acacias. (DANE, 2018)

En cuanto a la prestación de servicios públicos, del total de viviendas ocupadas con personas presentes (22.871), el 98,1% cuenta con servicio de energía eléctrica, el 91,9% con acueducto, el 85,4% con alcantarillado, el 91,6% con gas natural, el 90,7% con servicio de recolección de basuras y tan solo el 30,9% cuenta con servicio de internet.

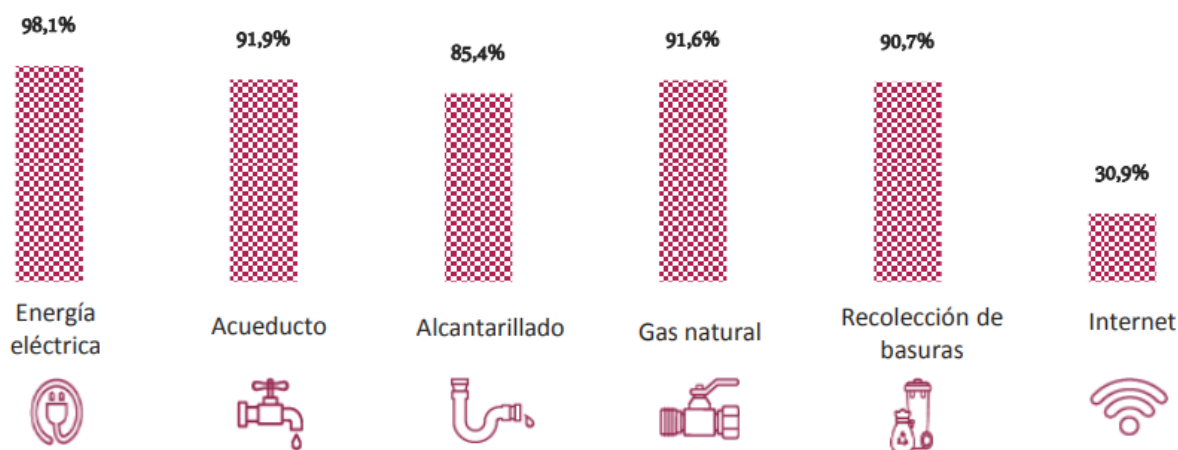


Ilustración 17 Porcentaje de cobertura de servicios en el municipio de Acacias. (DANE, 2018)

Con respecto a la densidad poblacional, ésta corresponde a 60 habitantes por kilómetro cuadrado, quienes presentan un índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) del 22,68%, frente al Total Nacional correspondiente al 27,78% (DANE, 2011); situación que evidencia un avance en el fortalecimiento de las dimensiones de pobreza estructural que mide este indicador, teniendo en cuenta que en el año 1993 el 34,1% de la población presentaba Necesidades Básicas Insatisfechas, o se encontraba en condiciones de pobreza. (Gabinete municipal, Concejo Municipal & Concejo Municipal de Planeación de Acacias 2016 - 2019, 2016, pág. 20)

c) Restrepo

Ubicación y organización político-administrativa

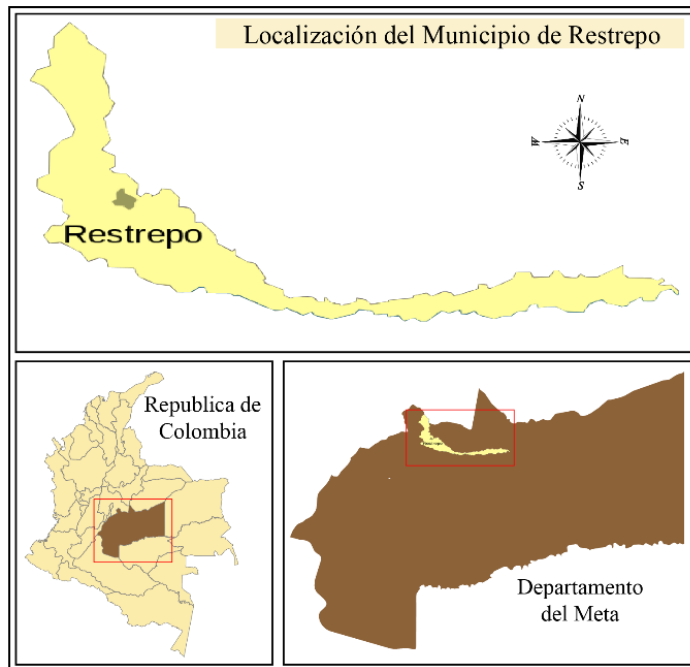


Ilustración 18 Localización del Municipio de Restrepo. Edición propia, mapas tomas del IGAC.

El Municipio de Restrepo se encuentra ubicado a 4° 16" latitud norte y 73° 34' 25" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich y a 570 metros sobre el nivel del mar. Según la zonificación agro ecológica ICA – IGAC Restrepo está ubicada en una zona de tierras de Planicie pluvial de Piedemonte, de relieve ligeramente ondulado con pendientes hasta de 12% y tierras aluviales de relieve Plano con

pendientes hasta del 3% igualmente dentro del relieve del Municipio encontramos un sector montañoso como parte de la cordillera con alturas hasta 2700 metros sobre el nivel del mar; la altura sobre el nivel del mar es de 570 metros promedio, presentando variaciones que van de 380 metros hasta 2700 metros sobre el nivel del mar, tiene una superficie de 434 km² así: una zona Plana con un área de 325.5 km² y una quebrada de 108.5 km² (Alcaldia de Restrepo, 2020).

Población



Ilustración 19 Población por género en el municipio de Restrepo. (DANE, 2018)

Según el censo nacional de población y vivienda (CNPV) del 2018, el municipio de Restrepo tiene un total de 18.268 habitantes de los cuales el 50% que equivale a 8.765 personas, son mujeres y el

50% que equivale a 8.845 personas, son hombres. Así mismo la población se divide en 3 grandes grupos de edad (ver Ilustración 20), el primero de 0 a 14 años, con una población porcentual de

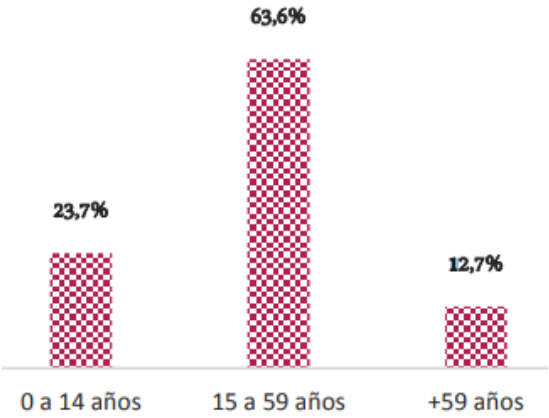


Ilustración 20 Población por grandes grupos de edad del municipio de Restrepo. (DANE, 2018)

23,7%, el segundo grupo de 15 a 59 años, con un 63,6% mientras que el tercer grupo, en el que se ubican las personas de más de 59 años, tiene una población de 12,7% (DANE, 2018).

La población omitida durante el CNPV en la cabecera municipal fue de 658 personas. En la

Ilustración 21 se muestran los resultados de distribución poblacional entre zonas urbanas y

rurales. El 68,8% del total de la población (12.568 habitantes) vive en la zona urbana, mientras que la población rural es de 5.700 habitantes, que corresponde al 31,2% de la población total. El grado de urbanización del municipio de Restrepo es de 69%



Ilustración 21 Población Urbana y Rural del municipio de Restrepo. (DANE, 2018)

En cuanto a la prestación de servicios públicos (Ilustración 22), del total de viviendas ocupadas con personas presentes (5.416), el 98,6% cuenta con servicio de energía eléctrica, el 82,8% con acueducto, el 69,6% con alcantarillado, el 71,7% con gas natural, el 84,9% con servicio de recolección de basuras y tan solo el 25,7% cuenta con servicio de internet.

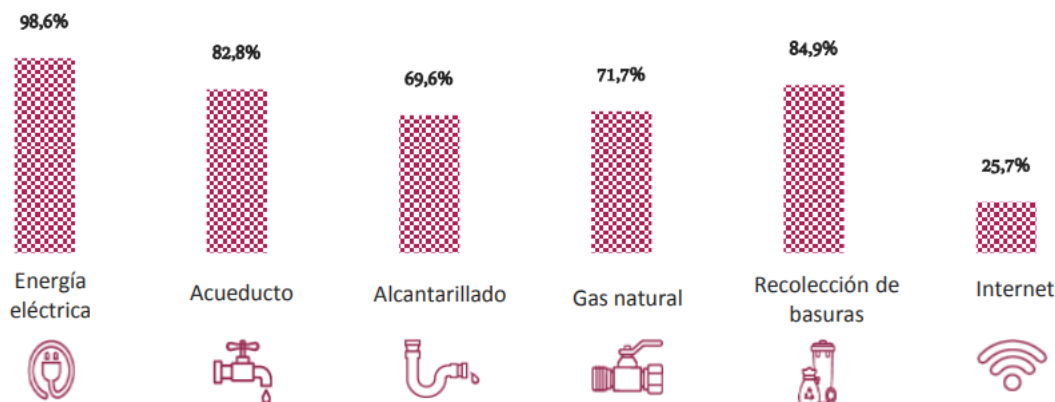


Ilustración 22 Porcentajes de coberturas de servicios públicos en el municipio de Restrepo. (DANE, 2018)

d) Cumaral

Ubicación y organización político-administrativas

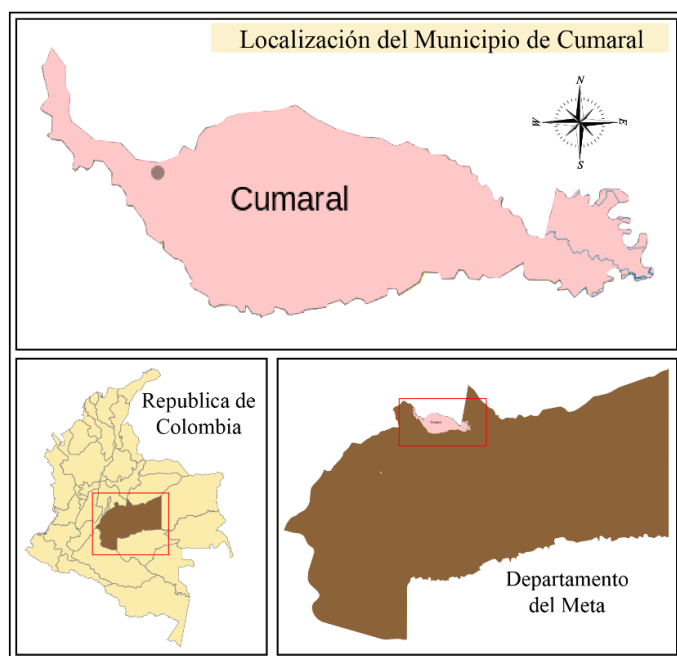


Ilustración 23 Localización del municipio de Cumaral. Edición propia, mapas tomas del IGAC.

El municipio de Cumaral se encuentra localizado en la parte Noroccidental del Departamento del Meta, con coordenadas 4°16'08" latitud norte y 73°28'59" de longitud oeste; se encuentra ubicado en el Piedemonte Llanero, y su altura sobre el nivel del mar es de 452 metros. Limita al Norte: Departamento de Cundinamarca y Municipio de San Juanito, al Sur oeste: con el Municipio de Restrepo y al Este:

con los Municipios de Puerto López y

Cabuyaro. El municipio tiene una Extensión total: 618.62 Km², de los cuales el área urbana ocupa 4.95 Km² y el área rural 613.67 Km², además se encuentra a aproximadamente 26 Km de Villavicencio. (Alcaldia de Cumaral, 2020)

Población

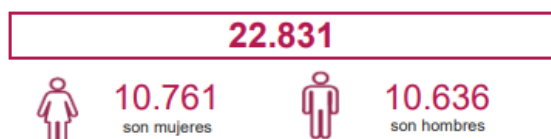


Ilustración 24 Distribución de población por género del municipio de Cumaral. (DANE, 2018)

Según el censo nacional de población y vivienda (CNPV) del 2018, el municipio de Restrepo tiene un total de 22.831 habitantes de los cuales el 50% que equivale a 10.761 personas, son mujeres y el

50% que equivale a 10.636 personas, son hombres. Así mismo la población se divide en 3 grandes grupos de edad (ver Ilustración 25), el primero de 0 a 14 años, con una población porcentual de

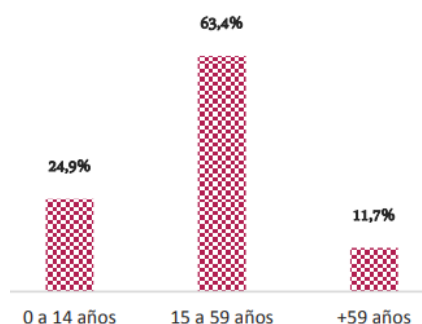


Ilustración 25 Distribución de población por grandes grupos de edad para el municipio de Cumaral. (DANE, 2018)

24,9%, el segundo grupo de 15 a 59 años, con un 63,4% mientras que el tercer grupo, en el que se ubican las personas de más de 59 años, tiene una población de 11,7%. (DANE, 2018)

La población omitida y luego corregida por el CNPV fue de 1434 personas. Del total de población, 15.006 habitantes es

decir el 67,2% se ubican en la zona urbana, mientras que la población rural es de 7.825 habitantes, que corresponde al 32,8% de la población total. En la Ilustración 26 se observa graficamente la distribución urbano-rural de la población.



Ilustración 26 Distribución urbano-rural de la población del municipio de Cumaral. (DANE, 2018)

En cuanto a la prestación de servicios públicos (Ilustración 27), del total de viviendas ocupadas con personas presentes (6.262), el 97,5% cuenta con servicio de energía eléctrica, el 77,1% con acueducto, el 78,3% con alcantarillado, el 70,1% con gas natural, el 76,0% con servicio de recolección de basuras y tan solo el 19,2% cuenta con servicio de internet.

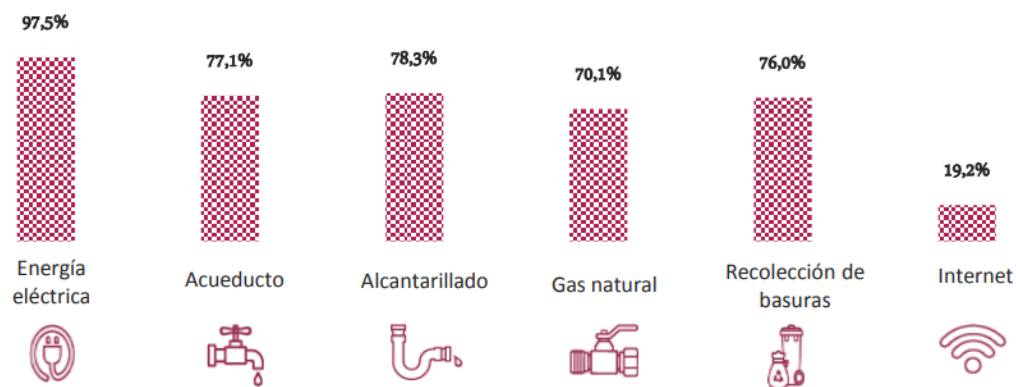


Ilustración 27 Porcentajes de cobertura de servicios públicos en el municipio de Cumaral. (DANE, 2018)

7. EVOLUCIÓN HISTÓRICA



Ilustración 28 Línea del tiempo de Villavicencio entre 1840 – 1909. Elaboración propia.

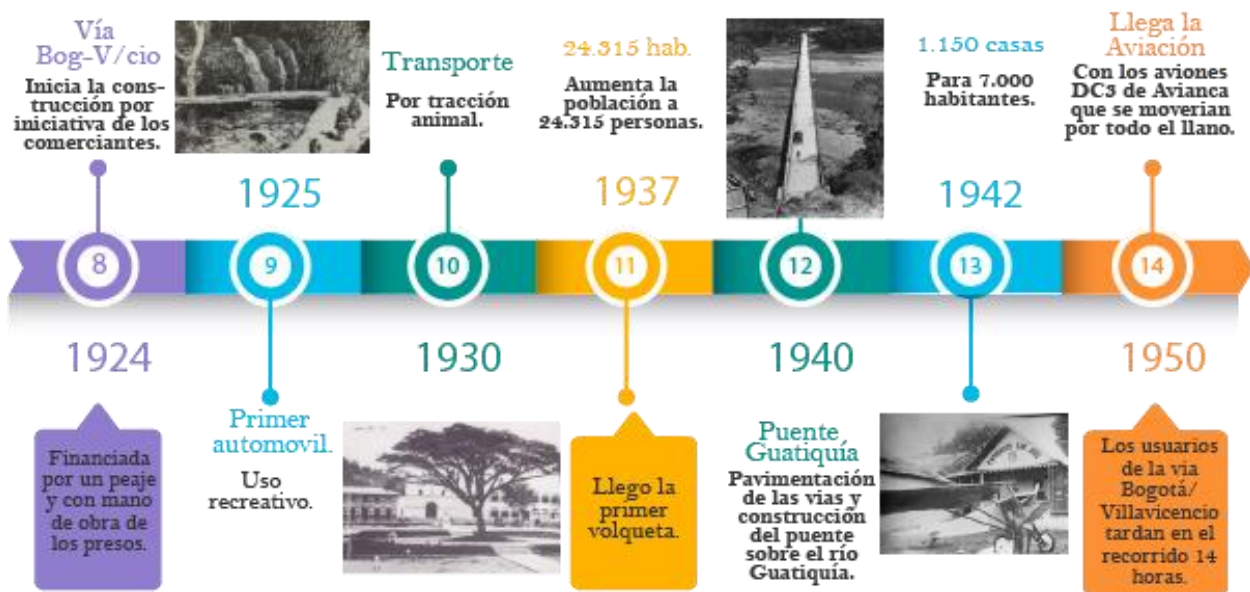


Ilustración 29 Línea del tiempo de Villavicencio entre 1924 – 1950. Elaboración propia.

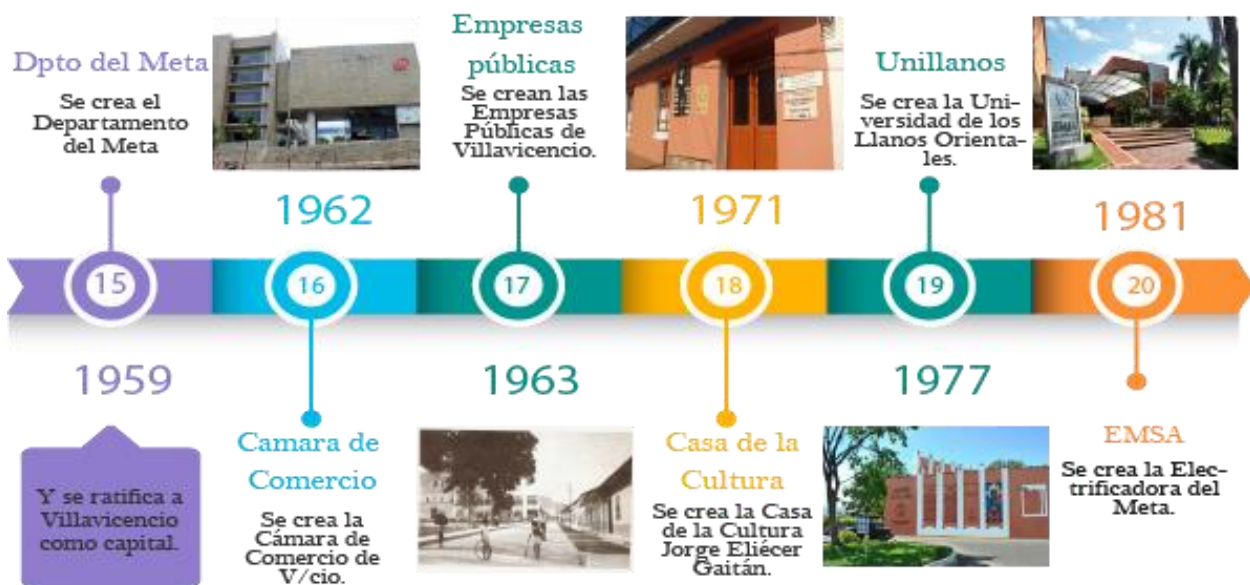


Ilustración 30 Línea del tiempo de Villavicencio entre 1959 – 1981. Elaboración propia.

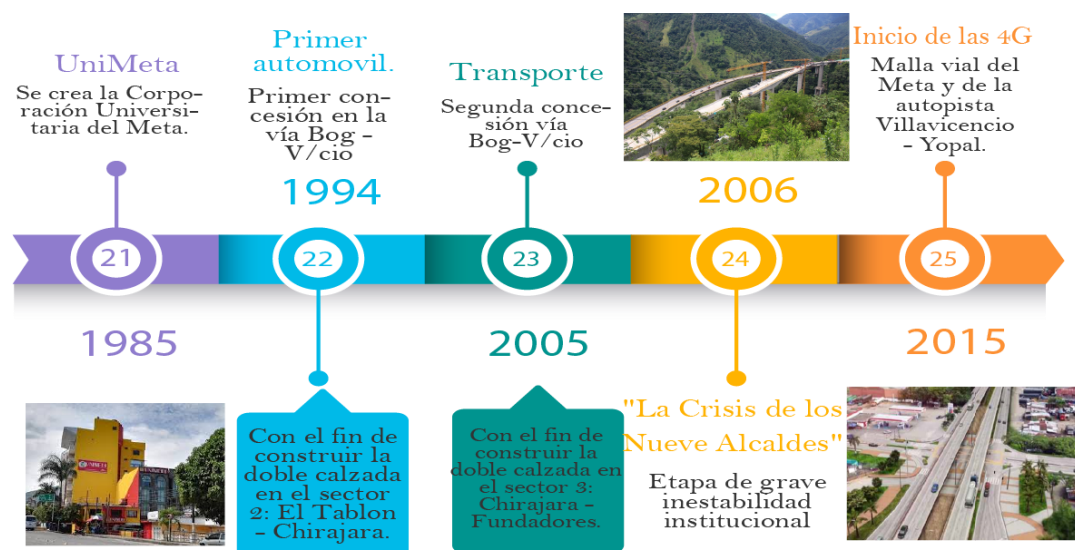


Ilustración 31 Línea del tiempo de Villavicencio entre 1985 – 2015. Elaboración propia.

8. METODOLOGÍA

Este proyecto de investigación académica cualitativa, se llevará a cabo mediante la recopilación de información existente, de los POT de los municipios, de los planes de desarrollo de los mismos, de entidades del ámbito nacional y local sobre el tema y algunas comparaciones con casos exitosos de movilidad en otras ciudades tanto en áreas metropolitanas nacionales como internacionales para así poder hacer un análisis que permita alcanzar el objetivo de elaborar una propuesta para la construcción de un sistema férreo para el transporte de carga y pasajeros en el área metropolitana de Villavicencio, que permita la disminución de tiempos de transporte.

Tabla 6 Metodología del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

Objetivo	Actividad	Descripción	Actores
Analizar la afectación de los POT de los municipios pertenecientes al	Determinar la finalidad de un POT, según la normatividad existente.	Se busca analizar en el POT de cada municipio como se contemplan las relaciones regionales y la oportunidad para la	Los autores del proyecto. Director y jurados del proyecto.

área metropolitana de Villavicencio en el desarrollo de un corredor férreo.	Investigar el POT de cada municipio para realizar un análisis tipo DOFA.	construcción de una red férrea regional que mejore el transporte de carga y pasajeros.	Las entidades gubernamentales y académicas que aportan información.
Analizar la afectación de las concesiones viales involucradas en el área metropolitana de Villavicencio para el desarrollo de un corredor férreo paralelo a ellas.	Conocer las concesiones presentes en la zona. Analizar los contratos de concesión presentes en la zona. Determinar el riesgo que puedan representar las concesiones viales en el proyecto.	Con la implementación de una red férrea regional de carga y pasajeros; las concesiones viales presentes en la zona podrían significar una amenaza a su desarrollo. Se debe comprender cuál es su alcance en la zona.	Los autores del proyecto. Director y jurados del proyecto. Las entidades municipales y privadas a cargo de las concesiones viales.
Evaluar orígenes y destinos de las cargas, así como de las rutas y pasajeros dentro del área metropolitana de Villavicencio.	Reconocer el funcionamiento actual del transporte de carga y de pasajeros de la zona de estudio. Determinar los orígenes y destinos de la carga y los pasajeros en el área metropolitana.	Al evaluar los orígenes y destinos de los viajes tanto de la carga como de los pasajeros se podrán determinar en un mapa de calor de la zona de estudio los puntos más significativos que se deben tener en cuenta para el trazado de la red férrea. (Solo es una recomendación pues este proyecto no tiene por	Los autores del proyecto. Director y jurados del proyecto. Las entidades gubernamentales y académicas que aportan información.

		objetivo el diseño o estudio de ingeniería de la red férrea)	
Recomendar un sistema de transporte férreo para el área metropolitana de Villavicencio, identificando los costos y tiempos que pueden ahorrarse por concepto de movimiento de carga y pasajeros, determinando los tiempos necesarios para los estudios, diseños, licitación y construcción.	Realizar un análisis comparativo de los sistemas de transporte férreo regional de carga y pasajeros. Determinar el sistema de transporte férreo más adecuado a las condiciones del área metropolitana. Determinar los tiempos necesarios para adelantar el proceso de implementación de la línea férrea (estudios, diseños, licitación y construcción).	Son muchos los tipos de trenes que se pueden implementar para el transporte en áreas metropolitanas, por lo que se deberá analizar varios de ellos para compararlos y determinar el más adecuado para la zona de estudio. Los tiempos de implementación del proyecto son el resultado de una ponderación según experiencias de otras ciudades en Colombia y el mundo.	Los autores del proyecto. Director y jurados del proyecto. Las entidades municipales y privadas a cargo de las concesiones viales.

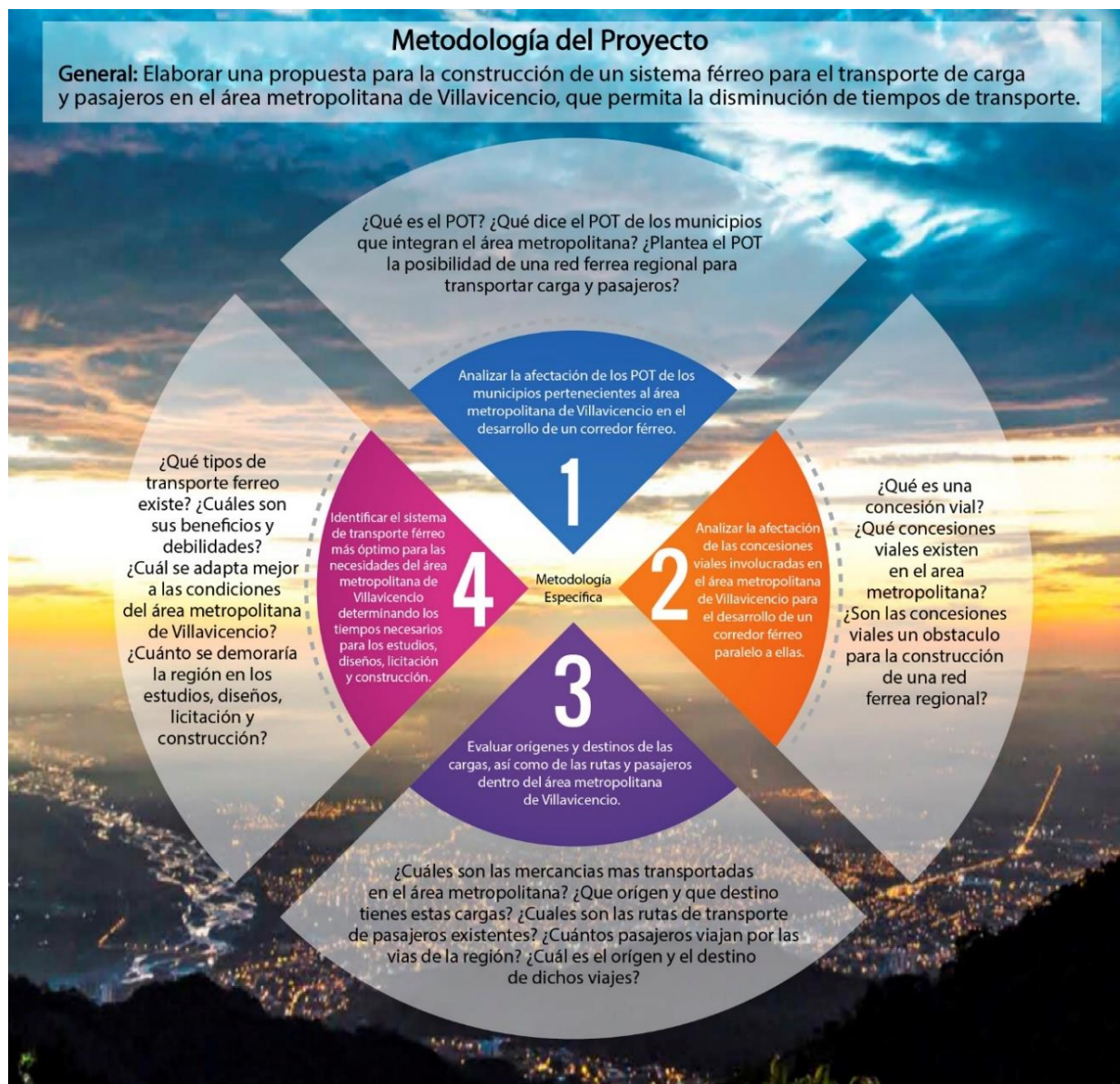


Ilustración 32 Metodología general y específica del Proyecto. Fuente: Elaboración propia

II. PLANES DE ORDENAMIENTO TERRITORIALES

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

a) Marco conceptual

Para el análisis estructural de los modos de transporte en el departamento del Meta y en especial del sector que conecta a los municipios de Acacias, Villavicencio, Restrepo y Cumaral se debe iniciar por conocer el estado actual de los planes de ordenamiento territorial (POT) sin embargo,

¿Qué es el POT y para qué sirve?

El POT “es un instrumento técnico y normativo de planeación y gestión de largo plazo (12 años); es el conjunto de acciones y políticas, administrativas y de planeación física, que orientan el desarrollo del territorio municipal por los próximos años y que regularán la utilización, ocupación y transformación del espacio físico urbano y rural.” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004, pág. 5)

De acuerdo con las características y tamaño de cada municipio, se establecen distintos tipos de planes así:

- Planes de ordenamiento territorial (POT): municipios con más de 100.000 habitantes como es el caso de Villavicencio.
- Planes básicos de ordenamiento territorial (PBOT): municipios entre 30.000 y 100.000 habitantes como es el caso de Acacias.
- Esquemas de ordenamiento territorial (EOT): municipios con menos de 30.000 habitantes como es el caso de Restrepo y Cumaral.

Además, el (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004, págs. 6-7) recomienda para la elaboración del POT enfocarse en cuatro componentes: El primero, de orden general define los objetivos y estrategias a diferentes plazos, así como clasificaciones,

delimitaciones y determinaciones. El segundo, de orden urbano determina el plan vial, de servicios públicos, de vivienda y las normas urbanísticas. El tercero, de orden rural define políticas, programas, acciones y normas para orientar la conveniente utilización del suelo y la interacción entre lo rural y urbano. Por último, el programa de ejecución debe plantear las actuaciones de obligatorio cumplimiento por parte del territorio para su correspondiente administración.

Así pues, el proceso para elaborar un POT debe ser: Formulación – Concertación – Aprobación.

b) Marco teórico

En Villavicencio:

El actual POT (Concejo municipal de Villavicencio & Equipo formulador, 2015) fue aprobado por el concejo municipal el 29 de diciembre de 2015 con vigencia de 12 años en el periodo 2015-2027. Ante la grave situación en que se encontraba el municipio se plantearon las siguientes problemáticas de ordenamiento que además son la hoja de ruta para el plan Villavicencio sostenible:

- **Sostenibilidad ambiental y cambio climático:** Consiste en consolidar una armonía entre el desarrollo urbanístico y económico del municipio y el profundo respeto por el sistema de soporte ambiental como eje funcional. Además, reconociendo la riqueza de recursos naturales, aire y agua del municipio como principios de vida; las administraciones venideras se deberán comprometer con la eco-sostenibilidad como objetivo funcional de manera tal, que realice una gestión del cambio climático, una gestión del riesgo y una gestión ambiental. Puntualmente, se deben resolver las problemáticas frente al agua, el saneamiento y drenaje, energía, ruido, vulnerabilidad ante desastres naturales, gestión de residuos sólidos, mitigación del cambio climático y calidad del aire.

- **Sostenibilidad económica y social:** Debido a la explotación de hidrocarburos en el departamento, al desplazamiento forzado y a las nuevas apuestas productivas y competitivas que tienen como foco Villavicencio, se ha presentado un crecimiento y pauperización de las clases sociales menos favorecidas y poniendo al municipio ante una fuerte dinámica socioeconómica; generando un aumento en la demanda de viviendas de interés social, servicios públicos domiciliarios, vías de comunicación y equipamientos sociales por encima del promedio de crecimiento departamental y nacional. Ante esta situación se agudiza el fenómeno centro-periferia que se ve reflejado en la expansión de los cinturones de pobreza. Así pues, será necesario comprometerse con la competitividad mediante acciones que reduzcan la desigualdad urbana y mejoren los índices de empleo, conectividad, educación, seguridad, salud, conectividad de la economía y las industrias creativas y culturales.
- **Sostenibilidad urbana:** Siguiendo la misma problemática centro-periferia, donde el centro urbano se densifica y enriquece mientras que la periferia crece de manera desordenada, informal y pobre, en Villavicencio en los barrios cercanos al centro histórico se presenta una concentración de servicios sociales, financieros, educativos, institucionales, etc. Lo que afecta la movilidad, se limita el espacio público y se dan una gran cantidad de conflictos urbanísticos. Será necesario comprometerse con la regionalización que consiste desde este punto de vista en establecer nuevos usos del suelo de la mano del ordenamiento territorial y avanzar hacia el transporte y la movilidad.
- **Sostenibilidad fiscal y gobernabilidad:** En este aspecto, se enfatiza en la capacidad que tiene el municipio de responder adecuadamente a las diferentes dinámicas socio-económicas, ambientales y jurídicas generadas por la integración de los mercados y las

políticas del orden municipal, departamental y nacional. Esto deberá realizarse siguiendo el principio de funcionalidad e inclusión social por medio de una gestión pública moderna, transparente, con una estructura de recaudación de impuestos que garantice autonomía financiera, requiere de una gestión del gasto y de la deuda pública y una gestión pública participativa y democrática.

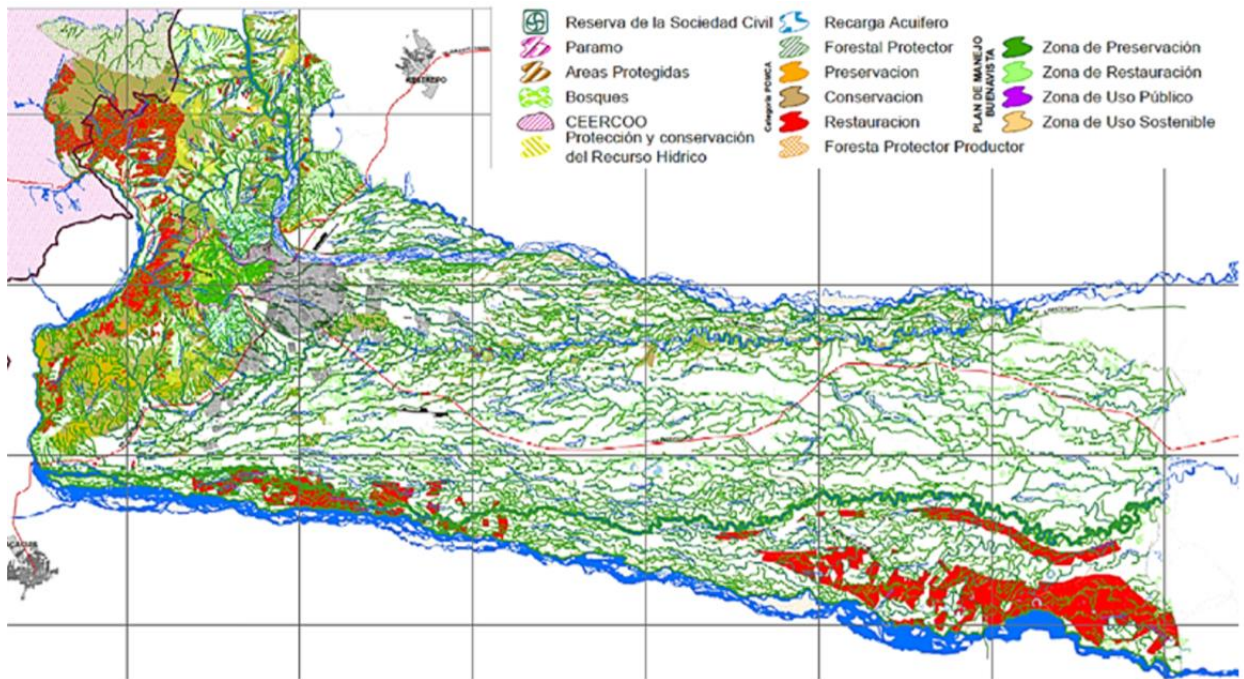


Ilustración 33 Usos del suelo en el municipio de Villavicencio; Paramo, Áreas, Hídrico, Preservación, Conservación, Restauración, Acuífero. (Findeter & BID, 2016)

En Acacias:

En la actualidad el municipio de Acacias adelanta por segunda vez desde el 2014 la aprobación ante el consejo municipal del nuevo PBOT, y aunque aún sigue vigente el PBOT aprobado por el acuerdo 184 de 2011, se tendrá en cuenta el último documento presentado para el periodo 2019-2031 (Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas & Alcaldia de Acacias, 2018), el cual plantea las siguientes necesidades:

- Consolidación de la estructura ecológica principal: Esto por la necesidad de mantener y potenciar la oferta de servicios ecoturísticos y de relación con las fuentes naturales.
- Generación de condiciones para la consolidación del acceso a la vivienda digna: Plantea la legalización, mejoramiento integral, consolidación y construcción de vivienda, de tal manera que se logre mitigar el déficit de este sector.
- Asociatividad regional: Consolidar al municipio como un centro regional de servicios por medio de alianzas y acuerdos intermunicipales que mejoren la competitividad de la región.
- Consolidación de Acacias como destino turístico: Integrar al visitante con la vida llanera en un entorno de ecoturismo, paisajismo, travesías por la red hídrica y el avistamiento de fauna y flora.
- Promoción del desarrollo económico sostenible: Con el fin de elevar la calidad de vida, el capital humano y el bienestar de la sociedad rural será necesario optar por procesos de producción más limpios y un comercio más justo.
- Acacias, ciudad compacta y sostenible: Plantea la necesidad del uso racional y eficiente del suelo, gestión del riesgo, recuperación de la estructura ecológica principal, mejoramiento del espacio público, conservación del patrimonio cultural, acceso equitativo a vivienda digna y la generación de movilidad e infraestructura de calidad.
- Gestión del riesgo de desastres: Establecer una base institucional y administrativa apropiada ante las situaciones de riesgo de desastre natural o antrópico.
- Espacio público: Construcción de una red más amplia con mejor conectividad que mejore la calidad de vida de los ciudadanos.

- **Infraestructura y Movilidad sostenible:** Tanto del orden local como regional que garantice más conectividad, que sea sostenible e incentive el transporte no motorizado. Este es un factor determinante para la productividad económica debido a que mejora la calidad de vida de sus ciudadanos. Además, debe ayudar a garantizar el acceso a los servicios básicos de salud y educación.
- **Usos del suelo:** Aquí se plantea la articulación de actividades y la mezcla de usos del suelo en el desarrollo barrial y sectorial. Del mismo modo que se propende por el respeto de las normas urbanísticas del PBOT.
- **Equipamientos:** Garantizar los servicios básicos fundamentales a nivel zonal (UPZ) y rural (UPR). Deberá ser una infraestructura igualitaria y accesible que ordene el territorio entorno a centralidades.
- **Servicios públicos:** Mejorar la calidad, eficiencia y acceso tanto urbano como rural de los servicios públicos, de manera articulada con el crecimiento urbano, las renovaciones y su mantenimiento.
- **Ruralidad productiva y sostenible:** Consolidar un suelo rural con vocación agro-productiva, controlar la fragmentación de la propiedad, mejorar la movilidad, implementar los equipamientos rurales y los corredores ecológicos.

- Recursos naturales: Incluye la identificación y delimitación de las áreas de conservación de los recursos naturales destacando las rondas hídricas, humedales y nacimientos ubicados dentro del casco urbano con sus respectivas rondas y zonas de amortiguación.
- Conjuntos urbanos y culturales: En el contexto de establecer marcos urbanos y culturales se procede con la identificación de piezas patrimoniales y del polígono del conjunto cultural patrimonial.
- Red Vial: Consiste en el conjunto de vías arterias y colectoras tipo 1 y tipo 2 que componen la red vial primaria del municipio, así como la red de vías terciarias donde la confluencia de vehículos es muy baja.
- Redes de servicios públicos: Incluye las redes de acueducto y alcantarillado para el casco urbano, así como las dos plantas de tratamiento de agua residuales PTARS y la planta de tratamiento de agua potable PTAP ubicada en la vereda Caney Alto y que funciona por gravedad.
- Equipamientos colectivos y espacio público: Incluye los parques, zonas verdes, plazas y plazoletas los cuales deben obtener el máximo efecto posible de conexión entre estos y las áreas protegidas consolidando espacial y funcionalmente el sistema de soporte ambiental.
- Vivienda de Interés Social VIS: Restrepo cuenta con 6 proyectos de VIS con el objetivo de mejorar la oferta de vivienda para los hogares más pobres y vulnerables del municipio.
- Planes parciales: Aprobación de dos nuevos planes parciales y de vivienda de interés social en el sector sur oriental del casco urbano sobre la vía Villavicencio – Restrepo, estos proyectos son: La Ramada y Quisqueya.

- Usos del suelo: Plantea la delimitación de suelos de uso residencial, comercial, dotacional e industrial.

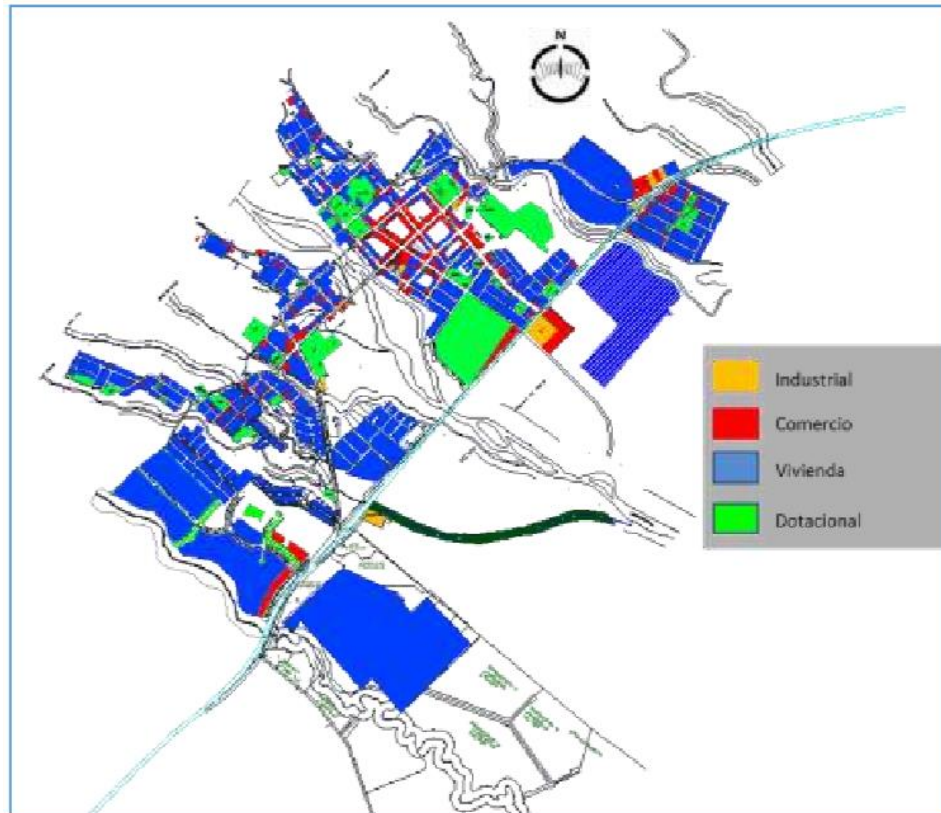


Ilustración 35 Uso actual del suelo por pieza urbana. (Concejo Municipal de Restrepo & Equipo formulador, 2018)

En Cumaral:

No se logró tener acceso al documento de EOT del municipio ni por medio electrónico o directamente en las instalaciones de la entidad municipal encargada del mismo.

2. ANÁLISIS FODA

Tabla 7 Análisis FODA para el POT de Villavicencio. Fuente: Elaboración propia.

POT VILLAVICENCIO

	Positivos (para alcanzar el objetivo)	Negativos (para alcanzar el objetivo)
	FORTALEZAS	DEBILIDADES
origen interno	Sostenibilidad ambiental y cambio climático: Retos frente a la gestión del cambio climático, gestión del riesgo y gestión ambiental. Vital para mejorar las problemáticas entre otras de <u>energía, ruido, mitigación del cambio climático y la calidad el aire.</u>	Sostenibilidad económica y social: Se agudiza el fenómeno <u>centro-periferia</u> que se ve reflejado en la expansión de los <u>cinturones de pobreza</u> . Sera necesario entre otros aspectos; <u>reducir la desigualdad urbana y mejorar la conectividad.</u>
	Sostenibilidad urbana: la <u>regionalización</u> de Villavicencio como una oportunidad para establecer nuevos usos del suelo de la mano de un ordenamiento territorial que a su vez permite avanzar a un <u>mejor transporte y movilidad.</u>	Sostenibilidad urbana: El fenómeno <u>centro-periferia</u> afecta la movilidad, genera <u>déficit de espacio público</u> y da origen a muchos conflictos urbanísticos.
	Sostenibilidad fiscal y gobernabilidad: Buena capacidad del municipio para enfrentar las diferentes dinámicas generadas por la <u>integración de los mercados y las políticas de orden municipal, departamental y nacional.</u>	Sostenibilidad fiscal y gobernabilidad: Falta de <u>modernización de la gestión pública</u> , es decir, mala <u>funcionalidad e inclusión social</u> . Falta de una mejor <u>gestión del gasto</u> y de la <u>deuda pública</u> . Además, se requiere que sea una gestión pública más <u>participativa y democrática.</u>
	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
Origen externo	Sostenibilidad económica y social: Aumento de la <u>demanda de viviendas de interés social, servicios públicos domiciliarios</u> y aún más importante para este proyecto la necesidad de <u>más y mejores vías de comunicación y equipamientos sociales.</u>	Sostenibilidad fiscal y gobernabilidad: La falta de una <u>autonomía financiera</u> lleva al municipio a <u>depender económicamente</u> de recursos del departamento, de la nación o de la banca internacional para <u>grandes inversiones.</u>

Tabla 8 Análisis FODA para el POT de Acacias. Elaboración propia.

POT ACACIAS

	Positivos (para alcanzar el objetivo)	Negativos (para alcanzar el objetivo)
	FORTALEZAS	DEBILIDADES
origen interno	Consolidación de la <u>estructura ecológica principal</u> , determinación de <u>usos del suelo</u> , promover la implementación de <u>equipamientos basado en centralidades</u> , y <u>acceso a servicios públicos</u> en los sectores urbanos y rurales.	Déficit de vivienda que plantea la generación de condiciones para la consolidación del <u>acceso a la vivienda digna</u> .
	Ciudad compacta y sostenible: Uso racional y eficiente del suelo, mejoramiento del espacio público, conservación del patrimonio cultural y <u>generación de movilidad e infraestructura de calidad</u> .	Desarrollo económico sostenible: es necesario optar por <u>procesos de producción agropecuaria e industrial más limpios</u> que además se refleje en un <u>comercio más justo</u> . Déficit de vías terciarias en buen estado que requiere un <u>mejoramiento de la movilidad rural</u> .
	Gestión del riesgo de desastres naturales y antrópicos.	Se requiere mejorar la gestión administrativa y fiscal; por una <u>gestión más moderna, participativa y democrática</u> . Parte de esta problemática se ve reflejada en los problemas que han tenidos las diferentes administraciones en aprobar el nuevo POT.
	Espacio público: Construcción de una red más amplia con <u>mejor conectividad</u> que mejore la calidad de vida de los ciudadanos.	
Origen externo	Oportunidades	Amenazas
	Asociatividad regional que promueve las <u>alianzas y acuerdos intermunicipales</u> .	Sostenibilidad fiscal y gobernabilidad: La <u>falta de una autonomía financiera</u> lleva al municipio a <u>depender económicamente</u> de recursos del departamento, de la nación o de la banca internacional para <u>grandes inversiones</u> .
	Acacias como destino turístico: Consiste en <u>atraer visitantes</u> e integrarlos a la vida llanera.	
	Infraestructura y movilidad sostenible: Tanto del orden <u>local como regional</u> que garantice <u>más conectividad</u> , que sea <u>sostenible</u> e incentive el <u>transporte no motorizado</u> . Este es un factor determinante para la productividad económica debido a que mejora la calidad de vida de sus ciudadanos. Además, <u>debe ayudar a garantizar el acceso a los servicios básicos de salud y educación</u> .	

Tabla 9 Análisis FODA para el POT de Restrepo. Fuente: Elaboración propia.

POT RESTREPO

	Positivos (para alcanzar el objetivo)	Negativos (para alcanzar el objetivo)
	Fortalezas	Debilidades
origen interno	Identificación y delimitación de los recursos naturales.	Se requiere mejorar la gestión administrativa y fiscal; por una gestión más moderna, participativa y democrática.
	Identificación de piezas patrimoniales y del polígono del conjunto cultural patrimonial.	
	La red vial compuesta por vías arterias, colectoras y terciarias (estas últimas con muy baja confluencia de vehículos).	
	Conectividad entre el espacio público y las áreas protegidas que garantice el funcionamiento del sistema de soporte ambiental.	
	Mejorar la competitividad de los sectores productivos rurales de forma sostenible.	
	Desarrollo de políticas para la gestión del riesgo y la mitigación frente al cambio climático.	
	Delimitación de los usos del suelo.	
	Accesibilidad a las redes de servicios públicos.	
	El municipio mejorará la conectividad entre los puntos singulares de conectividad y desarrollo. Estos son los cascos urbanos de Cumaral y Villavicencio y la zona productiva de la vereda el Caibe.	
	Asegurar un adecuado mantenimiento y mejoramiento de la infraestructura y el sistema del transporte público.	
	Contemplación de suelos urbanos interregionales.	
	No se contemplan perjuicios para el desarrollo de nuevos proyectos viales o de transporte que no se hayan contemplado en este PBOT. Para lo cual se contemplan los suelos de expansión urbana.	

	Financiamiento de infraestructura vial y de sistemas de transporte masivo de interés general.	
Origen externo	Oportunidades	Amenazas
	El desarrollo de 6 proyectos de VIS para los hogares más pobres y vulnerables del municipio. Este desarrollo se da principalmente al Norte y al Occidente del municipio.	La falta de una autonomía financiera lleva al municipio a depender económicamente de recursos del departamento, de la nación o de la banca internacional para grandes inversiones.
	2 nuevos planes parciales de vivienda sobre la vía Villavicencio - Restrepo.	
	Construcción de la variante de 6km que conectará a Villavicencio con Restrepo en la vereda Puente Amarillo y hará conexión con la troncal del llano.	

3. CONCLUSIÓN 1 - ACERCA DE LOS POT

La técnica FODA permite el análisis de problemas precisando las fortalezas y debilidades de un proyecto, relacionadas con sus oportunidades y amenazas en el mercado. En aspectos generales, los POT o PBOT de los municipios a los cuales tuvimos acceso (Villavicencio, Acacias y Restrepo) son documentos legales muy bien elaborados que logran no solo proyectar el crecimiento ordenado de estas ciudades que en conjunto como área metropolitana son muy compatibles. Dentro de las principales fortalezas resalta en primer lugar la importancia dada a la preservación de la estructura ecológica principal, la gestión del riesgo y la mitigación del cambio climático; lo que permite dar paso a un sistema de transporte de carga y pasajeros regional que también contribuya al desarrollo sostenible.

Otra de las grandes fortalezas que todos comparten es la regionalización que busca mayores y mejores alianzas estratégicas entre sí, que sin lugar a duda permiten la implementación no solo del área metropolitana sino de un sistema de transporte que mejore la competitividad de la región

y que promueve el desarrollo sostenible y otras medidas como el desarrollo rural con el fortalecimiento de unos usos del suelo bien definidos.

Sin embargo, muchas de estas fortalezas se podrían ver opacadas por una debilidad común en la región y es la gestión administrativa y fiscal que requiere de una transición hacia la modernidad, con acceso a datos que, aunque deberían ser de acceso público (como en el caso del PBOT de Cumaral) son de difícil acceso para la comunidad. Sumado a esto, es fundamental que la administración pública sea mucho más participativa y democrática de tal manera que vincule a todos los sectores sociales y económicos del área metropolitana.

En el ámbito externo, la migración poblacional muy superior a la tasa nacional genera la oportunidad de crecimiento de la región que se ve necesitada en invertir en vivienda, infraestructura vial y de transporte, en el desarrollo urbano con un aumento de planes parciales, más capacidad para usos de suelo comercial y dotacional que permiten la llegada de inversión a la región con ayuda de recursos del orden nacional e internacional como la construcción de dobles calzadas modernas y proyectos como el liderado por Findeter y apoyado por el BID para hacer de Villavicencio parte de las ciudades sostenibles.

Muchos son los esfuerzos por seguir consolidando a la región como un centro turístico que atrae muchos visitantes a la “puerta al llano” y que incentiva nuevos modelos de desarrollo como el ecoturismo y esto significa otra gran oportunidad para atraer inversiones y seguir consolidando la región como el centro del crecimiento de la Orinoquia colombiana.

El desarrollo de este proyecto desde el punto de vista de los planes de ordenamiento territorial no tiene ningún impedimento legal. Sin embargo, la debilidad fiscal de la región que obliga a depender de recursos del departamento, de la nación e incluso de la banca internacional para poder financiar proyectos a escala metropolitana será la mayor amenaza.

III. CONCESIONES VIALES EXISTENTES

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Según, la Ley 80 de 1993 los contratos de concesión:

“son los que celebran las entidades estatales con el objeto de otorgar a una persona llamada concesionario la prestación, operación, explotación, organización o gestión total o parcial de un servicio público, o la construcción, explotación o conservación total o parcial de una obra o bien destinados al servicio o uso público por cuenta y riesgo del concesionario y bajo la vigilancia y control de la entidad concedente, a cambio de una remuneración que puede consistir en derechos, tarifas, tasas, valorización o en la participación que se le otorgue en la explotación del bien”. (Congreso de Colombia, 1993, pág. 22)

El sistema de concesión de carreteras es una estrategia que funciona con recursos de inversión privada. El Invías establece contratos con una o varias firmas, entregándoles por un tiempo determinado la rehabilitación, mantenimiento o construcción y operación de carreteras; al finalizar el periodo pactado la vía concesionada retorna al Estado. (Prieto, 2002, pág. 21)

Estas son las concesiones viales existentes:

a) Coviandina

La movilidad en el Meta se dinamizó desde la llegada de las concesiones viales, en especial la Concesión vial Bogotá – Villavicencio a cargo hasta el 2019 de COVIANDES y ahora de COVIANDINA.

En el Departamento del Meta, además de COVIANDINA con la concesión de la vía Bogotá – Villavicencio, en este proyecto se estudiará con mayor profundidad las siguientes concesiones:

b) Concesión Vial de los Llanos

La concesión vial de los Llanos es la empresa que está a cargo del proyecto Malla Vial del Meta, el cual incluye el mejoramiento, operación y mantenimiento del Anillo Vial de Villavicencio, los corredores viales desde Villavicencio a los municipios de Acacías, Guamal, San Martín y Granada; así mismo las vías Villavicencio – Puerto López – Puerto Gaitán y la población de Puente Arimena. Es una concesión por 30 años; desde el 2015 hasta el 2045.

La composición accionaria de la Concesión Vial de los Llanos, es la siguiente:

- Odinsa: 51%, es una empresa colombiana de construcción y desarrollo de infraestructura y que cotiza en bolsa. Se dedica a la construcción de carreteras, autopistas, aeropuertos y ferrocarriles, además de proyectos de subvenciones inmobiliarias y privadas / públicas.
- Murcia Murcia S.A. Construcciones: 30%, es una empresa enfocada a la construcción de obras civiles e infraestructura vial; extracción, procesamiento y comercialización de agregados pétreos; producción de mezclas asfálticas y transporte especializado.
- Construcciones El Cóndor S.A.: 11%, es referente en el sector de infraestructura vial, a nivel nacional e internacional ha ejecutado proyectos de urbanismo, ferroviarios, hidroeléctricos y mineros a través de ingeniería responsable.
- Sarugo & CIA SNC: 8%, Esta empresa se dedica principalmente a actividades inmobiliarias realizadas con bienes propios o arrendados, cría de ganado bovino y bufalino, actividades de arquitectura e ingeniería y otras actividades conexas de consultoría técnica.

La Concesión, que fue adjudicada en julio de 2015 por la Agencia Nacional de Infraestructura – ANI y firmó su acta de inicio el 8 de septiembre de 2015, pertenece a la segunda ola de concesiones viales de cuarta generación que impulsa el Gobierno Nacional.

c) Concesión Vial del Oriente

Por su parte, Covioriente a cargo del Proyecto Corredor vial Villavicencio – Yopal, es una sociedad integrada por las empresas colombianas:

- Estudios y Proyectos del Sol (Episol): **60%** es un vehículo de inversión de Corficolombiana (grupo AVAL), uno de los mayores inversionistas en infraestructura vial en Colombia. Participa en las principales concesiones viales del país: Concesionaria Vial Andina, S.A.S. Estructura Plural Arauca 3, y Ruta del Sol. Adicionalmente, Episol cuenta con una participación accionaria de 60% en Coninvial S.A.S., compañía encargada de la construcción de la Doble Calzada Bogotá–Villavicencio. Todos estos desarrollos forman parte del plan vial 4G, que proyecta crear vías terrestres para acortar tiempos de viaje, mejorar la seguridad vial, y descongestionar el tráfico urbano en ciertas zonas.
- Colombiana de Licitaciones y Concesiones (Concecol): **40%** esta empresa participa en obras de Carreteras e Infraestructuras Viarias, Túneles y Otras Obras Civiles, Puentes y Viaductos.

Ambas firmas de Corficolombiana, que está a cargo de la ejecución del contrato de concesión bajo el esquema de Alianza Público Privada APP N° 010, cuyo propósito es desarrollar y potenciar un eje viario que conecte la capital del departamento del Meta, Villavicencio, con la capital del departamento de Casanare, Yopal y mejorar la movilidad del mismo. Con esta concesión, Corficolombiana S.A. llega a su novena concesión vial y a la cuarta de cuarta generación, con lo que consolida su liderazgo como inversionista en concesiones viales en Colombia.

2. ANÁLISIS CONTRACTUAL

a) Concesión vial de los llanos.

Para hacer un mejor análisis, primero se va a hacer un breve recorrido del contenido general del contrato, el cual cuenta con 2 partes, una general y una especial, que es donde se encuentran los datos específicos, de valores, kilómetros, vías y entre otros derechos a los cuales tiene acceso la concesionaria y lo que la ANI hace entrega, en éste caso es un contrato de concesión bajo el esquema de APP N° 004 del 5 de mayo de 2015 entre la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) y la Concesión Vial de los llanos S.A.S. Éste contrato está dividido en capítulos, donde inicia con las reglas de interpretación del documento, luego una tabla de referencias a la parte general del contrato, sigue con los aspectos generales, luego económicos, continúa con la etapa pre operativa, sanciones y esquemas de apremio y finaliza con las garantías.

Analizando más a fondo el contrato de concesión, encontramos como objeto “estudios y diseños definitivos, financiación, gestión ambiental, predial y social, construcción, mejoramiento, rehabilitación, operación, mantenimiento y reversión de la concesión Malla Vial del Meta de acuerdo con el Apéndice Técnico 1 y demás apéndices del contrato” (Agencia Nacional de Infraestructura - Concesión Vial de los Llanos S.A.S., 2015) además de ello, corresponde al corredor vial Granada- Villavicencio (Anillo Vial de Villavicencio) y Villavicencio- Puerto López- Puerto Gaitán- Puente Arimena, el cual se divide en 12 unidades funcionales, lo que quiere decir que para efectos de éste proyecto de grado, la Concesión Vial de los Llanos, maneja 2 de los 3 corredores viales a estudiar.

El contrato es por un valor de TRES BILLONES DOSCIENTOS MIL QUINIENTOS TREINTA Y UN MILLONES NOVECIENTOS NUEVE MIL QUINIENTOS SETENTA Y NUEVE PESOS (\$3.200.531. 579.00) del Mes de Referencia. Y la entrega de la infraestructura fue a

partir de la suscripción del acta de inicio o la orden de inicio, y dentro de la infraestructura que recibió el concesionario al inicio del contrato, y que además hacen parte de los corredores viales involucrados en el presente proyecto están:

Tabla 10 Tramos viales contratados entre la ANI y la Concesión Vial de los Llanos. Fuente: Contrato 004 del 5 de mayo de 2015.

Código de la vía (Nomenclatura)	Nombre de la vía	Entidad a que pertenecen	Origen	Destino
65-08	Vía Granada - La Y de Granada	ANI	PR 103+0938 RUTA 6508	PR 0+000 RUTA 6509
65-09	Vía la Y de Granada - Villavicencio	ANI	PR 0+000 RUTA 6509	PR 72+3045 RUTA 6509
40-07	Villavicencio - Puerto López	ANI	(PR 0+000 RUTA 4007)	(PR 78+435 RUTA 4007) y/o PR 0+000 RUTA 4008
40-08	Puerto López - Puerto Gaitán	INVIAS	(PR 0+000 RUTA 4008)	(PR 111+0970) y/o PR 0+000 RUTA 4009
40-09	Puerto Gaitán Puerto Arimena	INVIAS	PR 0+000 RUTA 4009	PR 0+000 RUTA 4010
Anillo Vial de Villavicencio Fundadores - Catama	Vía Existente /Nueva	ALCALDÍA DE VILLAVICENCIO	Abcs. Diseño K0 +000	Abcs. Diseño K06+300
Conectante Vía Nueva - Vía Antigua a Bogotá	Vía Existente /Nueva	GOBERNACIÓN DEL META	Abcs. Diseño K0 +000	Abcs. Diseño K1+641

Además de las vías mencionadas en la tabla anterior, el concesionario recibirá algunos tramos más, que para la fecha y aún en la actualidad se encuentran en construcción y que están a cargo de la Gobernación y del INVIAS, vías que quedarán a cargo de la concesión para su mantenimiento y rehabilitación, pero que si no se entregan en el tiempo estimado, la

concesionaria tendrá derecho a una retribución por dichas demoras, pero sin contar la retribución esperada por la operación y mantenimiento del tramo sin entregar; los tramos involucrados son la doble calzada Fundadores - Ciudad Porfía, doble calzada Séptima Brigada Rio Ocoa y Mejoramiento de un tramo en la vía Puerto Gaitán – Puente Arimena, ésta última no hace parte de objeto de estudio del presente proyecto. Además de ello, se le entregan 5 casetas de peaje. En el siguiente apartado se estiman los plazos de la fase pre operativa y operativa, luego se muestran los aspectos económicos del contrato, dónde se ven las tarifas de los peajes, con su proyección para las diferentes categorías y en los años siguientes, así como una tarifa diferencial para usuarios de la categoría I frecuentes en la vía. El contrato finaliza con la etapa pre operativa y todas las características para dichas obras; con las sanciones y por último las garantías, su valor, amparo y vigencia.

b) Concesión vial del oriente (Covioriente)

En ésta parte, se encuentra el análisis del contrato de concesión bajo el esquema de app entre Concesionaria Vial del Oriente S.A.S.- Covioriente y Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), N° 0010 del 23 de Julio de 2015, dicho contrato cuenta con una parte general y una parte especial, para el análisis necesario, se va a ver la parte especial, pues es dónde se indican con valores y datos la manera en que se va a desarrollar la concesión.

El presente contrato tiene como objeto, la financiación, elaboración de estudios y diseños, Construcción, Rehabilitación, Mejoramiento, Operación y Mantenimiento, Gestión Predial, Gestión Social y Ambiental Y Reversión del corredor Villavicencio- Yopal, de acuerdo con el Apéndice Técnico 1 y demás Apéndices del Contrato.

El proyecto corresponde al corredor Villavicencio-Yopal, el cual se divide en 7 unidades funcionales; en la siguiente tabla se muestran los tramos o unidades funcionales que además de pertenecer al contrato de concesión, también hacen parte del estudio del presente proyecto.

Tabla 11 Tramos viales contratados entre la ANI y Covioriente. Fuente: Contrato 0010 del 23 de julio de 2015.

UF	SECTOR	TIPO DE INTERVENCIÓN	L TRAMO (Km)	LONGITUD UF (Km)
UF1	Villavicencio - Conexión Anillo Vial Conexión Anillo Vial - Cumaral y Variante de Restrepo Paso Urbano de Restrepo y Cumaral Variante de Cumaral	Rehabilitación	5.52	31.32
		Construcción de segunda calzada, Mejoramiento de trazado y sección transversal	16.98	
		Rehabilitación	3.4	
		Construcción Obra Nueva	5.42	
UF2	Cumaral - Paratebueno	Mejoramiento de trazado y sección transversal	40.40	40.40
UF3	Paratebueno- Villanueva	Mejoramiento de trazado y sección transversal	49.60	49.60
UF4	Villanueva - Monterrey	Mejoramiento de trazado y sección transversal	41.55	41.55
UF5	Monterrey - Tauramena	Mejoramiento de trazado y sección transversal	49.00	49.00
UF6	Tauramena - Aguazul	Mejoramiento de trazado y sección transversal	28.55	28.55

UF7	Aguazul - Yopal	Construcción de segunda calzada, Mejoramiento de trazado y sección transversal	25.74	25.74
TOTAL				266.16

El valor del contrato es de dos billones novecientos treinta y nueve mil trescientos veinte millones setecientos noventa y seis mil trescientos veinticuatro (\$2.939.320.796.324) Pesos del mes de referencia.

A partir de firmada el acta de inicio, se entiende la entrega de la infraestructura, que son las obras y predios de cada unidad funcional. El contrato continúa con las estaciones de peaje, dónde se especifica los derechos y deberes de la concesionaria en cuanto a las casetas de peaje, las existentes y en caso de necesitar unas nuevas también se especifica. Continúa con la comisión de éxito, la cual es una suma de dinero que el concesionario deberá pagar en 2 partes, luego los plazos de las fases de la etapa pre operativa

El capítulo 4 trata sobre los aspectos económicos del contrato, donde se habla del porcentaje de participación de las unidades funcionales, la estructura tarifaria, el cálculo de la retribución, los giros que debe hacer la concesionaria y los plazos, el fondo de subcuentas del patrimonio autónomo y el cálculo de la diferencia de recaudo.

Ya en el capítulo cinco, está todo sobre la etapa pre operativa, en dónde se encuentran las características de los contratistas y la programación de las obras. Continuando en el sexto capítulo se encuentran las sanciones y esquemas de apremio, el séptimo capítulo es de las garantías.

3. CONCLUSIÓN 2 – ACERCA DE LAS CONCESIONES VIALES

En conclusión, se puede ver que en los contratos no existe impedimento o riesgo para poder realizar éste proyecto, pues las concesiones son sobre las vías existentes y algunas que se deben construir, incluyendo las estaciones de peaje para los vehículos, pero no se habla de negar la posibilidad a nuevo sistema de transporte o a una nueva red de infraestructura para el transporte de pasajeros y de carga en el área de estudio dentro del departamento del Meta o de los municipios pertenecientes al área metropolitana de Villavicencio.

IV. ANÁLISIS DE PARES ORIGEN-DESTINO DEL TRANSPORTE DE CARGA Y PASAJEROS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE VILLAVICENCIO

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

a) ¿Cómo debe ser el transporte multimodal?

El transporte multimodal puede ser definido como la “utilización de dos o más modos de transporte para el traslado de una misma carga desde el origen hasta un destino” (Garavito, 2014, pág. 15), lo que se realiza debido a razones económicas o porque las condiciones físico-geográficas así lo imponen.

Generalmente, se suele tomar como sinónimos intermodal y multimodal, sin embargo, el termino intermodal se refiere al transporte segmentado, es decir, operado por varios contratos independientes. Por su parte, el termino multimodal es cuando el sistema es administrado por un operador de transporte multimodal (OTM), prestando un servicio puerta a puerta con un único contrato denominado documento de transporte multimodal (DTM). El transporte multimodal tiene como objetivo la entrega final puerta a puerta con minimización de los costos globales de transporte de carga general y reducción de los tiempos totales de trayecto y entrega. (Garavito, 2014, pág. 20)

Para su implementación, se requiere de un OTM, de políticas gubernamentales que permitan su desarrollo y una adecuada infraestructura y tecnología que mejore las instalaciones portuarias, centros terrestres de acopio, equipamientos de manipulación de contenedores, medios de transporte especializados, etc.

Dentro de sus beneficios para los países que asumen este sistema (Garavito, 2014, pág. 28) destaca:

- Descongestión de los puertos marítimos.

- Menores costos en el control de las mercancías.
- Autocontrol del contrabando.
- Mayor competitividad de sus productos en los mercados internacionales.
- Menores precios de las mercancías importadas/exportadas.

Los beneficios para los usuarios según (Garavito, 2014, pág. 29) son:

- Menores costos en operación total de transporte.
- Menores tiempos de viaje.
- Programación de los despachos y tiempos de viaje.
- Programación de inventarios.
- Certeza en el cumplimiento de la operación.
- Tener un solo interlocutor con responsabilidad total.
- Atención técnica de manejo de carga.
- Menores riesgos de pérdida por saqueo o robo.
- Capacidad de negociación (grandes generadores).

En Colombia, el transporte multimodal está reglamentado por el código de comercio, el decreto 149 de 1999, el decreto 2685 de 1999 y la resolución 4240 del 2000. En términos de comercio internacional se rige bajo las decisiones 331 de 1993 y 339 de 1996.

En el 2012 según el PIB, el transporte terrestre presentó un crecimiento de 4%, por debajo del 5,8% presentado en 2011. Entre 2011 y 2012, el total de toneladas movilizadas apenas creció 1% evidenciando el bajo crecimiento del sector industrial y la disminución en la dinámica del sector minero. A continuación, tomando el análisis de (Garavito, 2014, págs. 36-46) se describe la situación de diferentes modos de transporte en el ámbito nacional:

- Transporte Vial: 14% de vías pavimentadas por debajo del promedio de América Latina (27%). Actualmente, la modernización de las carreteras se estima en una inversión superior a los 47 Billones de pesos. (Plocek, 2008/2009)
- Transporte Fluvial: Colombia cuenta con 4 cuencas navegables, a saber: Magdalena, Meta – Orinoco, Amazonas y Atrato. El país tiene capacidad para transportar 4 millones de personas y hasta 8 millones de toneladas de carga al año por río. Cuando la navegabilidad sea completa habrá un ahorro del 40% en los fletes internos.
- Transporte Férreo: Mientras EEUU aliado comercial (TLC) cuenta con 240.000 km en operación, la red nacional apenas alcanza 3.319 km y solo 660 en operación. Una modernización férrea permitirá aprovechar mejor el transporte multimodal al sincronizar puertos, aeropuertos y carreteras.
- Transporte Aéreo: Entre 2010 y 2014, 35 de las principales bases aéreas del país recibieron inversiones para construir 21 terminales de pasajeros, 14 terminales de carga, mejorar 18 pistas y 17 plataformas e instalar 7 nuevas torres de control.
- Transporte Portuario: En Colombia existen 122 instalaciones portuarias registradas ante la Superintendencia de Transporte La capacidad instalada de Buenaventura es del 60% (siendo 70% el máximo recomendado) mientras que los demás puertos se encuentran en 40%. El tráfico portuario paso de 147 millones de toneladas en el 2010 a 176 millones de toneladas en el 2012.

b) El Transporte de Carga:

Como se constata en el informe realizado por Ivarsson & Asociados (2007):

“Villavicencio es el eje de carga más importante del oriente del país con una fuerte relación entre transporte de carga interregional y local. Las vías de salida hacia Acacías,

Puerto López y Restrepo presentan un tráfico constante de carga. De la misma manera, este informe determina que la ciudad presenta un importante flujo de vehículos de carga en sectores urbanos como Llano abastos, San Isidro, 7 de agosto y centros comerciales y supermercados (Alkosto, Éxito vivero, Ley y Cencosud), lo cual genera impactos negativos en la movilidad urbana.” (Universidad Nacional de Colombia, 2013, pág. 109)

El transporte intermunicipal de Carga se divide en dos grupos: El primero, transporte de productos agropecuarios y el segundo, transporte de hidrocarburos. A continuación, se describe cada uno.

Transporte de productos agropecuarios:

Para 2013, los alimentos producidos y remitidos a mercados mayoristas del país fueron tubérculos, raíces y plátanos con un 47,3%, lo que es equivalente a 142.134 toneladas; de frutas con un 33,5% correspondiente a 100.677 t, un 12,82% (38.540 t) entre cereales y granos, y un 5% de otros productos (SIPSA, MinAgricultura y DANE, 2014).

Los mercados destino de estos productos son en su gran mayoría mercados mayoristas en Bogotá, donde son llevados cerca del 75,26% de los productos frescos que se producen. A Villavicencio se envía el 9,36%, a Medellín el 7,88%, y el porcentaje restante a otros mercados como Bucaramanga o Barranquilla (SIPSA, MinAgricultura y DANE, 2014).

En el Sistema de Abastecimiento de Alimentos (SADA) de Bogotá, se identifica el principal flujo desde Meta por los municipios de Granada y Fuente de Oro, en el corredor Acacías – Villavicencio – Guayabetal – Cáqueza, terminando en Bogotá. Esta ruta tiene centrales de abastos incorporadas como Llano abastos en Villavicencio y la plaza de mercado Abásticos en Chipaque. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - Agencia de Desarrollo Rural., 2019, pág. 10)

Sin embargo, la producción agropecuaria del departamento del Meta es muy diversa para lo cual se describe a continuación la producción anual en toneladas por producto en el periodo 2012 - 2016.

Tabla 12 Cifras de la producción agrícola (Ton) en el departamento del Meta, por producto, periodo 2012-2016. Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - Agencia de Desarrollo Rural., 2019, pág. 12)

PRODUCCIÓN (Ton) por año (2012 – 2016)					
Producto	2012	2013	2014	2015	2016
Caña de azúcar	-	352.896	396.498	593.460	876.948
Palma de aceite	360.562	411.074	412.063	509.048	488.364
Arroz	358.379	264.291	200.021	318.483	314.575
Plátano	216.727	244.435	234.867	256.197	302.607
Maíz	144.581	182.935	180.020	247.742	116.622
Cítricos	127.039	146.068	107.291	109.175	104.873
Piña	23.080	104.088	94.012	120.390	128.416
Yuca	46.646	53.590	71.076	88.577	88.30
Patilla	32.140	51.973	85.265	92.731	64.811
Maíz forrajero	68.960	91.982	28.786	43.081	21.860
Soya	43.405	57.720	52.954	50.005	25.750
Guayaba	41.434	41.862	42.343	43.988	49.148
Papaya	22.766	14.996	16.241	19.027	20.137
Maracuyá	20.561	20.858	19.144	15.472	14.926
Caña panelera	8.393	8.099	9.633	8.655	8.452
Aguacate	6.938	7.142	4.788	5.306	5.834
Caucho	1.445	1.494	2.606	3.509	5.510
Cacao	1.706	2.099	2.992	3.201	3.374
Café	2.133	1.650	1.951	3.206	3.219
Frijol	809	1.166	2.341	2.548	983
Lulo	1.144	1.497	1.324	1.287	1.308
Mora	1.000	980	1.354	1.146	1.330
Guanábana	962	980	1.045	1.035	1.057
Tomate de árbol	301	784	575	396	427
Ahuyama	3	18	818	873	579
Mangostino	120	168	103	336	583
Sagú	150	225	186	264	331
Banano	47	215	200	185	209
Zapote	180	180	180	144	160

Marañón	-	-	-	-	200
Tomate	17	80	100	108	108
Arazá	-	32	96	67	59
Calabaza	50	-	-	-	-
Pitahaya	-	-	-	15	78
TOTAL	1.531.678	2.065.577	1.970.873	2.539.657	2.562.838

Tabla 13 Cifras de producción pecuaria en el departamento del Meta, por producto, periodo 2012-2016. Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - Agencia de Desarrollo Rural., 2019, pág. 13)

Producción de productos pecuarios (2012 - 2016)						
Especie	Producto (ton)	2012	2013	2014	2015	2016
Aves	Carne en canal	22.966	21.958	25.773	34.124	36.667
Aves	Huevo	2.977	2.620	2.566	3.450	4.165
Bovinos	Carne en canal	43.502	47.042	43.850	41.766	39.009
Pescado	Carne fresca	-	98	148	129	116
Porcino	Carne en canal	1.184	1.489	1.190	1.500	1.539
Total		47.663	51.249	47.754	46.845	44.829

La problemática es el estado de la infraestructura vial, pues donde no hay adecuadas vías en temporada de lluvias se dificulta la comercialización de los productos, que por lo tanto se destinan al autoconsumo o al trueque entre los campesinos. Esta situación se refleja principalmente en los municipios más distantes como: Mapiripán, La Macarena, Uribe, y en los municipios de Puerto López y Puerto Gaitán. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - Agencia de Desarrollo Rural., 2019, pág. 11)

Transporte de hidrocarburos:

La magnitud del impacto de la actividad petrolera en la economía departamental se puede apreciar en la Ilustración 36. **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** El sector de hidrocarburos le aportó al PIB departamental \$119,4 billones de pesos entre 1990 y 2016, cifra que corresponde al 45,4% del valor total de la producción departamental acumulada durante el período. De ese valor, 84,2 billones (69%) se generaron entre 2010 y 2016. Las demás

actividades productivas, por su parte, generaron durante todo el período considerado una producción por valor de \$143,2 billones (54,5% del PIB total acumulado departamental), de los cuales, 28,1 billones (10,7%), correspondieron al sector agropecuario (Martínez & Delgado, 2018, pág. 79).

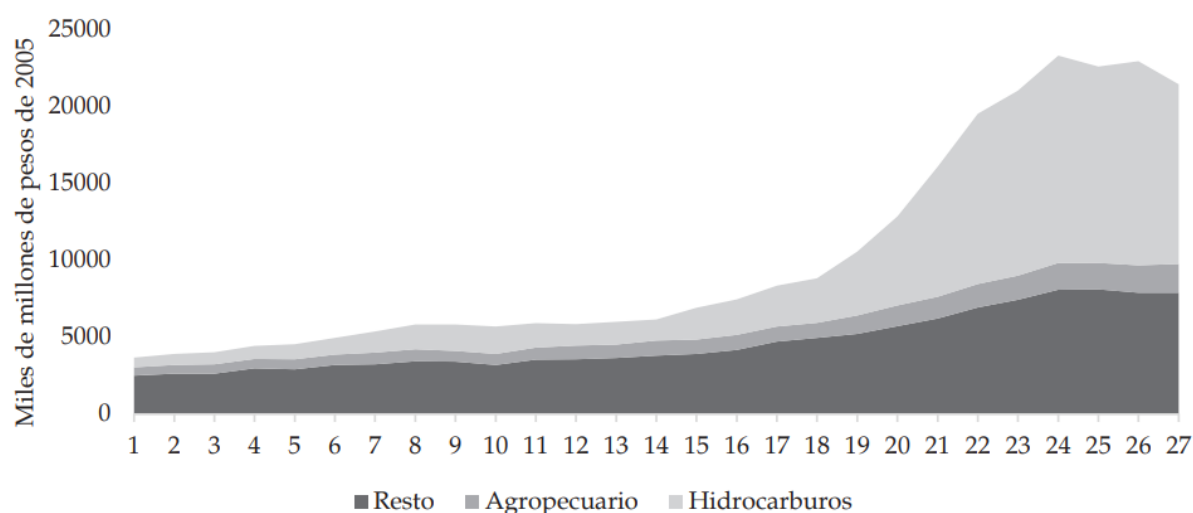


Ilustración 36 PIB por grandes ramas de actividad del departamento de Meta, 1990-2016. (Martínez & Delgado, 2018)

Con la mejora y construcción de la malla vial del Meta y el corredor Villavicencio – Yopal, se plantea conectar al Meta y el Casanare para fortalecer el transporte terrestre de hidrocarburos líquidos en la región y reducir los costos de transporte de los demás productos de exportación de la región. Estos costos logísticos de transporte en el departamento y en general en la región de la Orinoquia son muy altos; tanto así, que el puntaje dado en la evaluación del DNP en el 2015 a los componentes del Índice de Competitividad Logística están todos por debajo del promedio nacional. El departamento del Meta se ubicó 10 dentro de los 32 departamentos del país en este Ranking. (Martínez & Delgado, 2018, págs. 104-107)

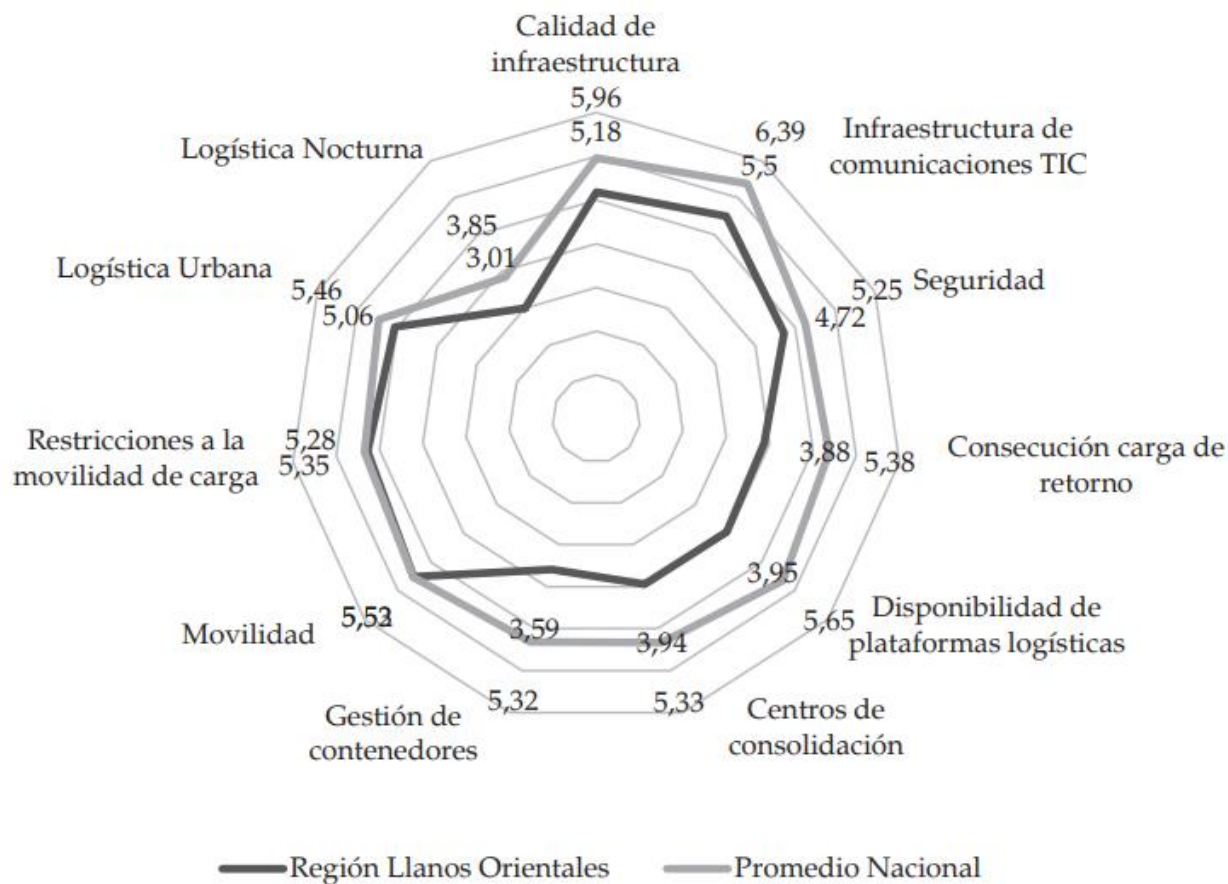


Ilustración 37 Componentes del índice de Competitividad Logística. (Martínez & Delgado, 2018, pág. 108)

Aun así, el promedio nacional genera costos altísimos frente al referente internacional puesto que los costos de transporte nacional oscilan entre el 10% y el 35% los costos en el exterior son de solo el 6%. Además, mientras que en Europa el 60% del transporte de carga es por medio de un sistema intermodal, en Colombia solo el 1,5% funciona de esta manera. (Martínez & Delgado, 2018, pág. 107)

Sin embargo, las relaciones comerciales requieren de una gran cantidad de mercancías que el resto del país provee para el área metropolitana dentro de los que se destacan productos agropecuarios, manufactura, y otros necesarios para la industria de los servicios, hidrocarburos y la construcción que son provenientes de las regiones productoras a saber: Región Andina, Pacífico, Caribe y la Orinoquía.

Origen y Destino de la Carga Transportada

Estas relaciones se muestran en el anexo II y son el resultado de la encuesta Origen-Destino del 2019 llevada a cabo por el Ministerio de Transporte y esta expresada en Toneladas, a continuación, las conclusiones a estos datos:

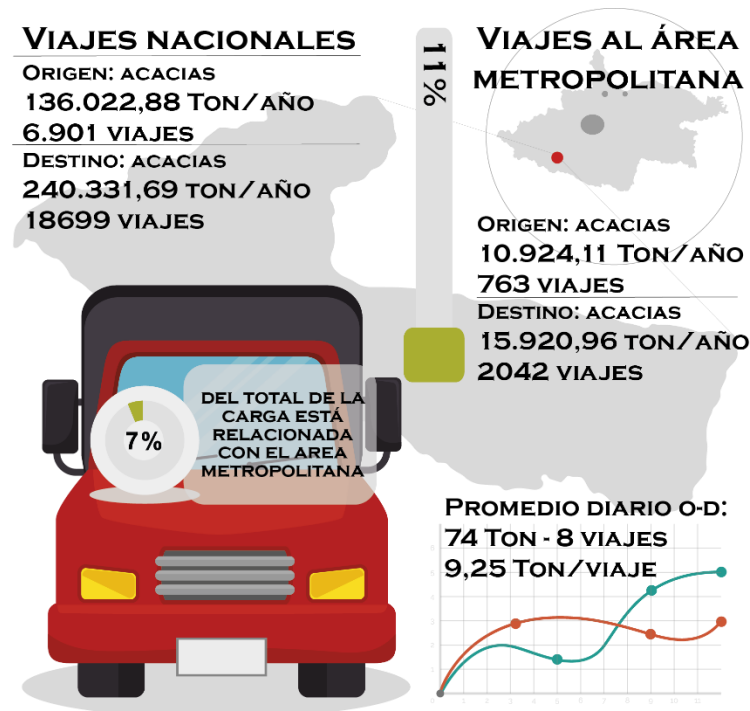


Ilustración 38 Resultados Par O-D para el municipio de Acacias. Fuente: Elaboración propia.

En total, 136.022,88 toneladas de carga tienen como origen el municipio de Acacias y estos son transportados a más de 200 municipios de Colombia en 6.901 viajes al año, es decir, con una tasa de 19,71 toneladas/viaje. De estos viajes, el 11.1% (763) tienen como destino los demás municipios del área metropolitana (Cumaral, Restrepo y Villavicencio), esto

representa el 8% (10.924,11) del total de la carga que indica que se transportan 14,32 toneladas/viaje. Del mismo modo, 240.331,69 toneladas de carga tienen como destino el municipio de Acacias y estos son transportados desde más de 200 municipios de Colombia en 18.699 viajes al año, es decir, con una tasa de 12,85 toneladas/viaje. De estos viajes, el 10.9% (2.042) tienen como origen los demás municipios del área metropolitana (Cumaral, Restrepo y Villavicencio), esto representa el 6.6% (15.920.96) del total de carga, que indica que se transportan 7,8 toneladas/viaje. Así pues, el sistema de transporte férreo debería transportar

diariamente cerca de 74 toneladas de mercancías en 8 viajes entre el área metropolitana con origen y destino el municipio de Acacias.

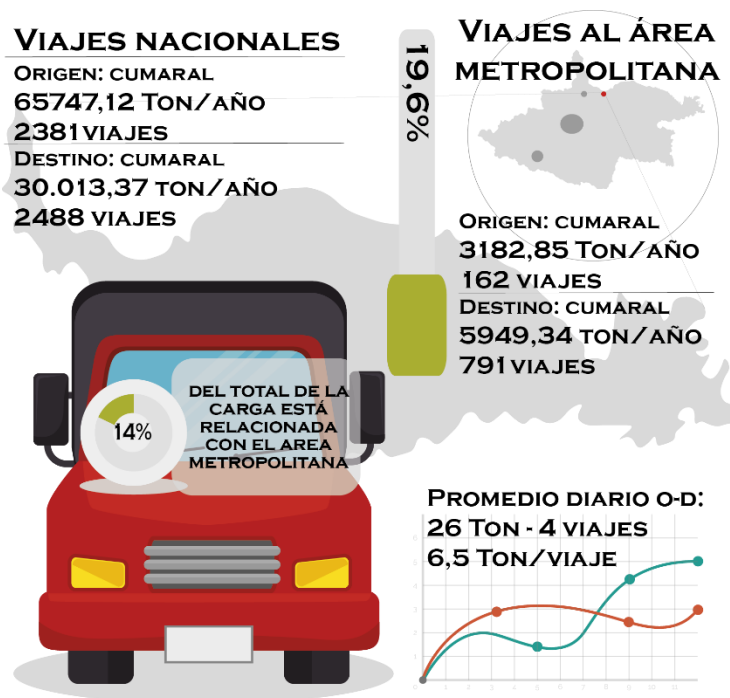


Ilustración 39 Resultados Par O-D para el municipio de Cumaral. Fuente: Elaboración propia.

En total, 65.747,12 toneladas de carga tienen como origen el municipio de Cumaral y estos son transportados a más de 70 municipios de Colombia en 2.381 viajes al año, es decir, con una tasa de 27,61 toneladas/viaje. De estos viajes, el 6,8% (162) tienen como destino los demás municipios del área metropolitana (Acacias, Restrepo y Villavicencio), esto representa el

4,8% (3.182,85) del total de la carga que indica que se transportan 19,65 toneladas/viaje. Del mismo modo, 30.013,13 toneladas de carga tienen como destino el municipio de Cumaral y estos son transportados desde más de 80 municipios de Colombia en 2.488 viajes al año, es decir, con una tasa de 12,1 toneladas/viaje. De estos viajes, el 31,8% (791) tienen como origen los demás municipios del área metropolitana (Acacias, Restrepo y Villavicencio), esto representa el 19,8% (5949.34) del total de carga, que indica que se transportan 7.52 toneladas/viaje. Así pues, el sistema de transporte férreo debería transportar diariamente cerca de 26 toneladas de mercancías en 4 viajes entre el área metropolitana con origen y destino el municipio de Cumaral.

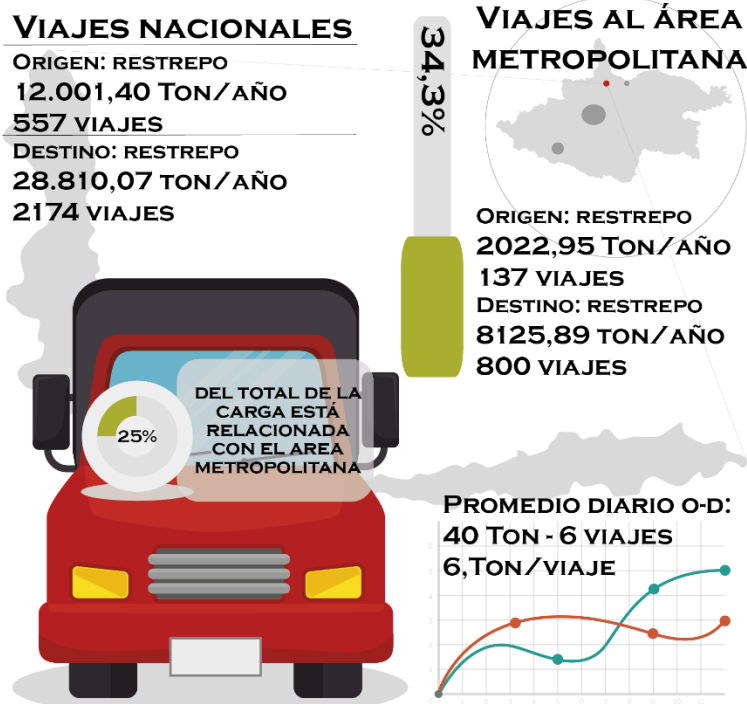


Ilustración 40 Resultados Par O-D para el municipio de Restrepo. Fuente: Elaboración propia.

En total, 12.001,4 toneladas de carga tienen como origen el municipio de Restrepo y estos son transportados a más de 60 municipios de Colombia en 557 viajes al año, es decir, con una tasa de 21,55 toneladas/viaje. De estos viajes, el 24,6% (137) tienen como destino los demás municipios del área metropolitana (Acacias, Cumaral y Villavicencio), esto representa el 16,9% (2.022,95) del total de la carga que indica que se

transportan 14,77 toneladas/viaje. Del mismo modo, 28.810,07 toneladas de carga tienen como destino el municipio de Restrepo y estos son transportados desde más de 70 municipios de Colombia en 2.174 viajes al año, es decir, con una tasa de 13,25 toneladas/viaje. De estos viajes, el 36,8% (800) tienen como origen los demás municipios del área metropolitana (Acacias, Cumaral y Villavicencio), esto representa el 28,2% (8.125,89) del total de carga, que indica que se transportan 10,16 toneladas/viaje. Así pues, el sistema de transporte férreo debería transportar diariamente cerca de 40 toneladas de mercancías en 6 viajes entre el área metropolitana con origen y destino el municipio de Restrepo.

VIAJES NACIONALES

ORIGEN: VILLAVICENCIO
922.285,4 TON/AÑO
60.048 VIAJES

DESTINO: VILLAVICENCIO
1.479.714,7 TON/AÑO
100.865 VIAJES



VIAJES AL ÁREA METROPOLITANA

ORIGEN: VILLAVICENCIO
36.611,4 TON/AÑO
4275 VIAJES
DESTINO: VILLAVICENCIO
18.024,5 TON/AÑO
1245 VIAJES

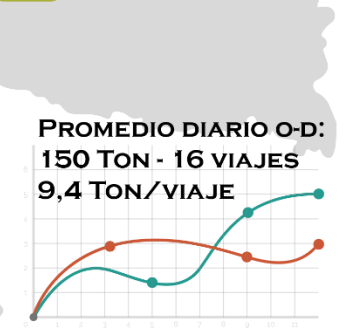


Ilustración 41 Resultados Par O-D para el municipio de Acacias. Fuente: Elaboración propia.

En total, 922.285,43 toneladas de carga tienen como origen el municipio de Villavicencio y estos son transportados a cerca de 500 municipios de Colombia en 60.048 viajes al año, es decir, con una tasa de 15,36 toneladas/viaje. De estos viajes, el 7,1% (4.275) tienen como destino los demás municipios del área metropolitana (Acacias, Cumaral y Restrepo), esto representa el 4,0% (36.611,4) del total de la

carga que indica que se transportan 8,56 toneladas/viaje. Del mismo modo, 1.479.714,7 toneladas de carga tienen como destino el municipio de Villavicencio y estos son transportados desde más de 400 municipios de Colombia en 100.865 viajes al año, es decir, con una tasa de 14,48 toneladas/viaje. De estos viajes, el 1,23% (1.245) tienen como origen los demás municipios del área metropolitana (Acacias, Cumaral y Restrepo), esto representa el 1,22% (18.024,54) del total de carga, que indica que se transportan 14,48 toneladas/viaje. Así pues, el sistema de transporte férreo debería transportar diariamente cerca de 150 toneladas de mercancías en 16 viajes entre el área metropolitana con origen y destino el municipio de Villavicencio. Es decir, que el sistema de transporte férreo deberá transportar entre los 4 municipios que conforman el área metropolitana de Villavicencio 290 toneladas diarias que a una tasa global de 8,5 toneladas/viaje representan 34 viajes diarios.

Tabla 14 Resumen de viajes y toneladas transportadas en pares O-D del área metropolitana de Villavicencio. Fuente: Análisis propio según datos del Min Transporte 2019.

	Datos Globales	Datos Metropolitanos
Total TON	2914926,63	100762,04
Total Viajes	182683,44	10215,00
Total Ton/viaje	15,96	9,86
Ton/día	7986,10	276,06
Viajes/día	500,50	27,99
Total TON salen	1136056,83	52741,31
Total Viajes salen	58457,44	5337,00
Total Ton/viaje	19,43	9,88
Ton/día	3112,48	144,50
Viajes/día	160,16	14,62
Total TON entran	1778869,80	48020,73
Total Viajes entran	124226,00	4878,00
Total Ton/viaje	14,32	9,84
Ton/día	4873,62	131,56
Viajes/día	340,35	13,36

En general, los municipios de Acacias, Cumaral, Restrepo y Villavicencio generan cada año más de 180.000 viajes entrando y saliendo a municipios de todas las regiones de Colombia (menos la insular) en los cuales se transportan cerca de 3 millones de toneladas, es decir, 500 viajes diarios que transportan alrededor de 8000 toneladas. De esta cantidad comparada con la generada por los 116 municipios de Cundinamarca con destino a la ciudad de Bogotá D.C., el 3,5% (100762.04 toneladas) tiene como origen y destino los municipios del área metropolitana y se convierten en la capacidad que se espera tenga el nuevo sistema férreo. Respecto a los viajes de carga, cada día se deben hacer entre 28 y 34 viajes dentro del área metropolitana que transporten entre 276 y 290 toneladas.

Se puede apreciar cómo Villavicencio es sin lugar a dudas el centro de las operaciones de carga del área metropolitana tanto así que el 4,4% de la carga nacional tiene como origen esta ciudad

mientras 3.6% de la carga nacional tienen como destino Villavicencio. A continuación, se muestran los principales corredores de carga del municipio.

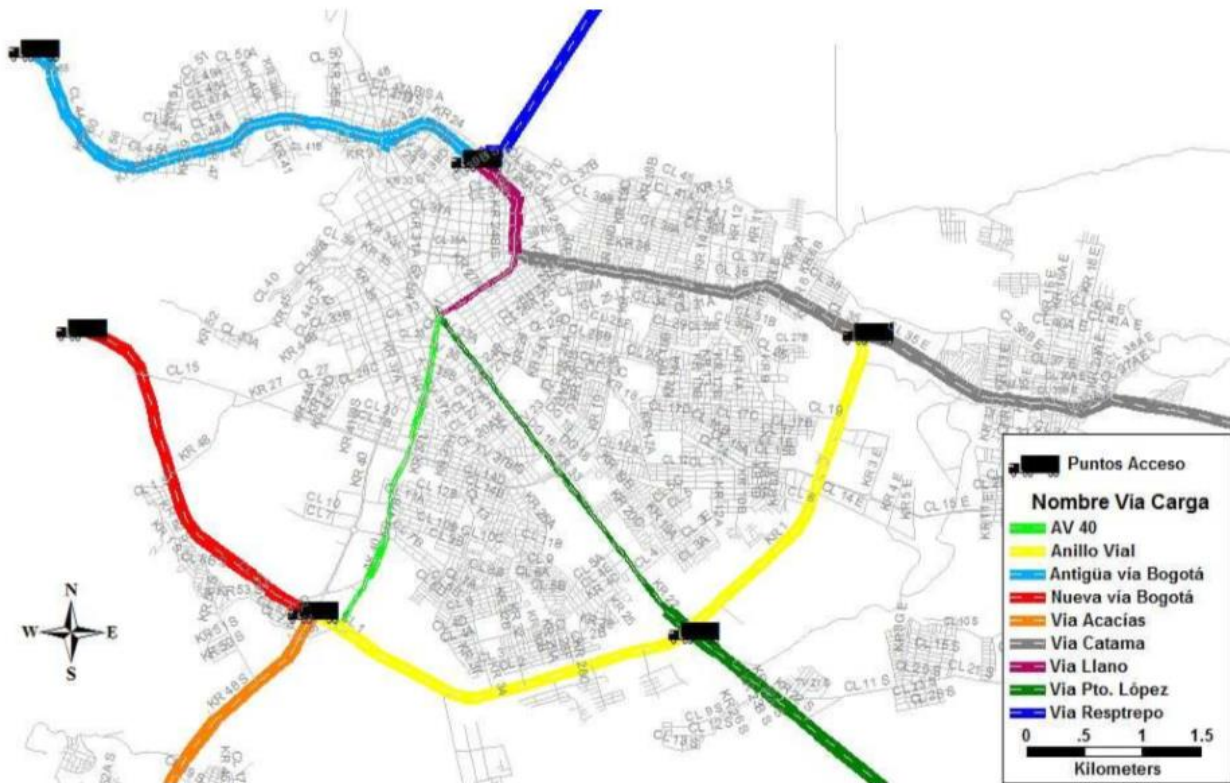
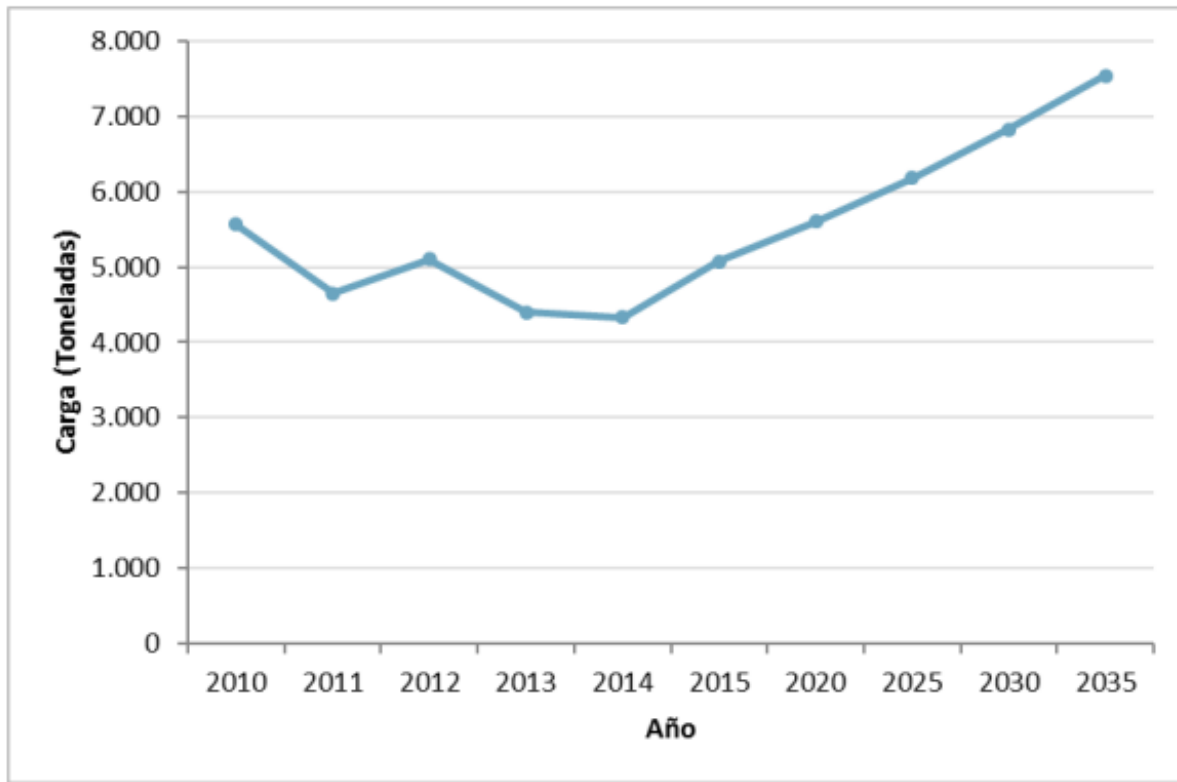


Ilustración 42 Análisis de las entradas y salidas del municipio de Villavicencio. Fuente: (Universidad Nacional de Colombia, 2013)

Carga transportada desde el aeropuerto Vanguardia

A partir del Plan Maestro para el aeropuerto Vanguardia de Villavicencio, localizado en inmediaciones a la vía Villavicencio-Restrepo, elaborado por la firma Steer Davies Gleave en el 2016 se espera que en el 2025 se transporten 6186 toneladas y en el 2035 unas 7541 toneladas con relaciones comerciales principalmente a la Orinoquia y amazonia colombiana. Aumentando así los más de 5500 toneladas transportadas en 2020. Por tal motivo será fundamental el que sistema férreo sirva de soporte a este sector aportando al transporte intermodal.

Figura 5.9: Pronóstico de carga - Aeropuerto Vanguardia.



Fuente: Steer Davies Gleave, a partir de Plan Maestro para el aeropuerto Vanguardia, 2016

Ilustración 43 Pronostico de carga para el Aeropuerto Vanguardia de Villavicencio. Fuente: (Steer Davies Gleaves, 2016)

c) El transporte de pasajeros:

Pero las relaciones interregionales no se limitan exclusivamente al transporte de carga. Existe un fuerte flujo diario de pasajeros entre Villavicencio, Acacías, Restrepo y Cumaral. Dentro de los que se destaca el turismo y las relaciones comerciales de la región.

Desde la terminal de transportes de Villavicencio operan 16 empresas, entre las que se destacan Bolivariano, Flota Macarena, Transportes Arimena, Tax Meta, Transportes rápido los centauros, Transportes Autollanos, entre otros. Este tipo de servicio de transporte “transportó por las vías del departamento cerca de 250.000 pasajeros, movilizandando tan solo el 44% de pasajeros a los municipios de Acacias, Granada, Cumaral y Puerto López” (Instituto de Turismo del Meta, 2014)

Villavicencio cuenta con la cuarta terminal que moviliza más pasajeros en Colombia (8.758.060) después de ciudades como Medellín, Bogotá y Cali para el año 2011, lo que le imprime una dinámica muy importante a la ciudad en transporte terrestre automotor de pasajeros, que explica, la expectativa de la ciudad, frente a los grandes desarrollos propuestos por la nación en la altillanura con las locomotoras mineras, los macro proyectos agroindustriales, y las cadenas productivas que le imprimen, no solo a Villavicencio, sino a la región llanos, una función de reconquista y apuesta productiva y minera nacional e internacional. (Administración Municipal Villavicencio 2012-2015, 2015, pág. 39)

De acuerdo con la encuesta Origen-Destino del 2005 de transporte de pasajeros y mixto en diferentes departamentos del país, llevado a cabo por la empresa SISTEMAS ANDINOS DE INGENIERÍA Y PLANIFICACIÓN S.A.S. para el Ministerio de Transporte; la demanda total de pasajeros en el corredor Acacias – Villavicencio fue de 11694 viajeros diarios siendo esta la ruta con mayor tráfico por la vía nacional 65 también llamada “Troncal del llano”. En la Tabla 15 se aprecia la demanda total por clase de vehículo diario (DTCV).

Tabla 15 Demanda total por clase de vehículo diario DTCV. Fuente: (Steer Davies Gleaves, 2016)

ORIGEN	DESTINO	AUTO	BUS	CAMPERO	BUSETA	CAMIONETA	MICROBUS	DTCV	TOTAL PASAJEROS
ACACIAS	BOGOTÁ D.C.	6	25	0	2	2	39	74	1435
ACACIAS	VILLAVICENCIO	52	149	0	32	13	401	647	11694
EL CASTILLO	VILLAVICENCIO	0	6	0	0	0	35	41	705
FUENTE DE ORO	VILLAVICENCIO	5	15	1	7	1	59	88	1560
GRANADA	VILLAVICENCIO	20	85	10	7	205	0	327	4767
SAN JOSE DEL GUAVIARE	VILLAVICENCIO	0	11	0	0	0	12	23	510

En el 2016, Fedesarrollo llevó a cabo una caracterización de la movilidad de transporte regional de Región Central conformada por los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Meta, Tolima y el Distrito Capital de Bogotá D.C. A continuación, los resultados:

Tabla 16 Viajes diarios por O-D en los principales municipios del Meta y su relación con la Región Central. Fuente: (Steer Davies Gleaves, 2016)

Viajes diarios de livianos originados en la Región Central en los diferentes horizontes de tiempo.					
MUNICIPIO	DEPARTAMENTO	BASE	2025	2035	%
VILLAVICENCIO	META	3847	6170	10514	3,36%
CUMARAL	META	2738	5452	10673	2,39%
Viajes de livianos con destino en la Región Central en los diferentes horizontes de tiempo.					
MUNICIPIO	DEPARTAMENTO	BASE	2025	2035	%
VILLAVICENCIO	META	3837	6089	10170	3,35%
CUMARAL	META	2475	5112	11437	2,16%

En este sentido el corredor Villavicencio – Restrepo – Cumaral primer sector del proyecto doble calzada Villavicencio – Yopal perteneciente a esta misma ruta nacional 65 o “Troncal del Llano”, tiene viajes par origen-destino con relación con la región central de alrededor de 2500 viajes que mueven cerca de 12500 pasajeros al día.

Villavicencio como principal origen y destino no solo del departamento del Meta sino también del área metropolitana que requiere una mirada un poco más profunda a sus propias dinámicas. Las principales entradas y salidas del municipio son la vía antigua hacia Bogotá, la vía hacia Restrepo, la vía hacia Acacías, la vía hacia Puerto López y la vía nueva hacia Bogotá. El registro de volúmenes vehiculares en las entradas al municipio, se realizó el sábado 13 de octubre de 2012, y el de salidas se realizó el 15 de octubre de 2012 en el marco del plan de movilidad para el municipio de Villavicencio por parte de la Universidad Nacional del cual se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 17 Volumen mixto vehicular en las entradas y salidas del municipio de Villavicencio. Fuente: (Universidad Nacional de Colombia, 2013)

Volumen mixto vehicular en las entradas y salidas de Villavicencio		
	ENTRADAS VEH MIXTOS	SALIDAS VEH MIXTOS
VIA NUEVA BOGOTA	5227	10135
VIA RESTREPO	6261	5941
VIA PUERTO LOPEZ	10222	11501
VIA ACACIAS	8048	8116
VIA ANTIGUA BOGOTA	9898	9613

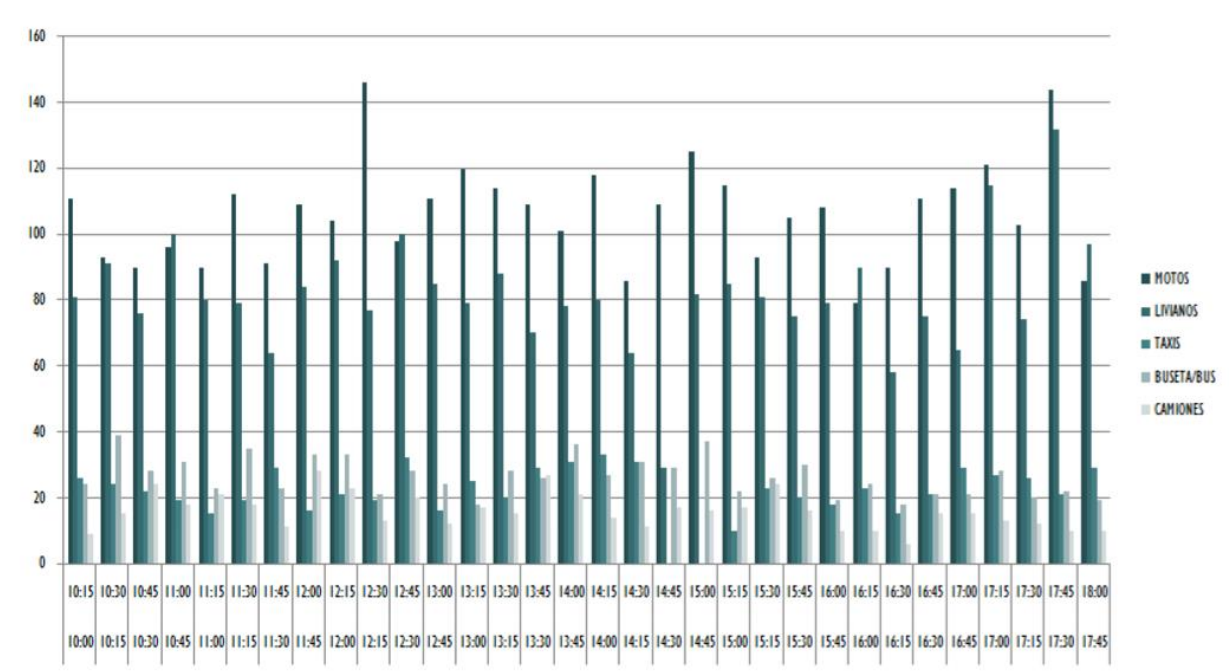


Ilustración 44 Distribución horaria por tipo de vehículo en la entrada a Villavicencio por la vía Acacias. Fuente: (Universidad Nacional de Colombia, 2013)

En la Ilustración 44 se puede apreciar entrando a Villavicencio, la vía Acacias, registra un total de 7.953 vehículos equivalentes, con un comportamiento homogéneo excepto en los períodos de las 17:00 y 17:15, 17:45 y 18:00, en los cuales se registraron picos. La vía Restrepo registra un total de 5.677 vehículos equivalentes, con un comportamiento homogéneo presentando circulación baja de vehículos pesados, al contrario de un alto volumen de motos y vehículos livianos (Ilustración 46).

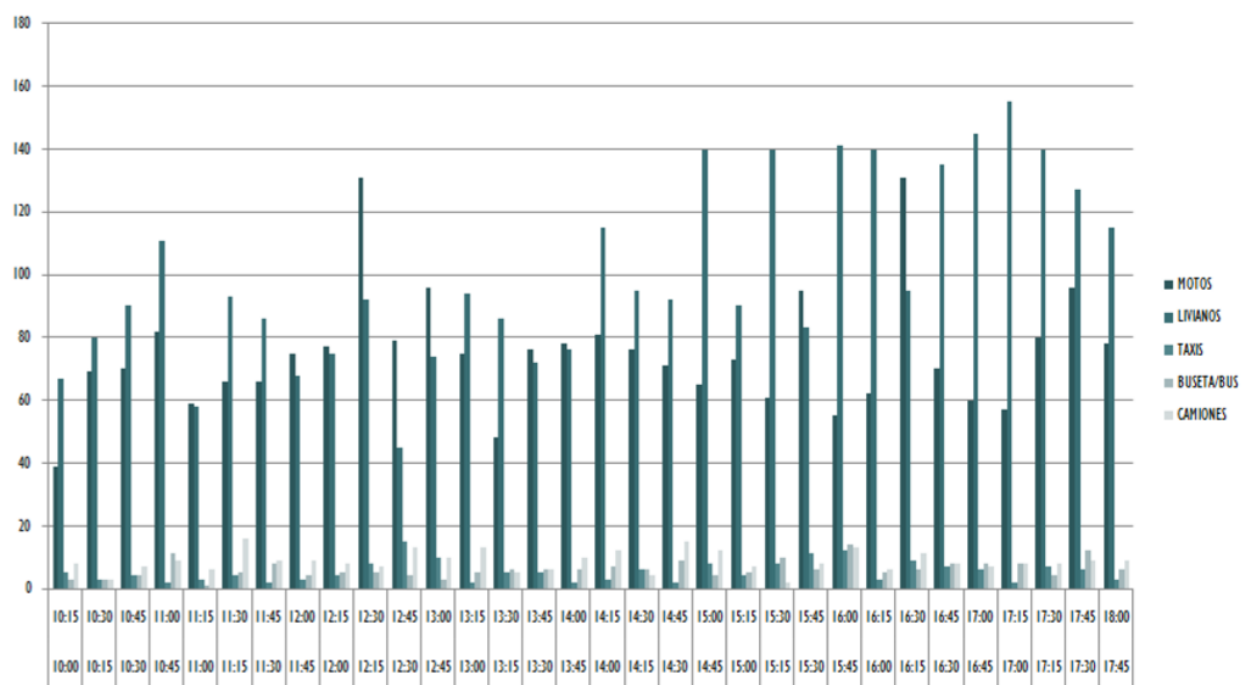


Ilustración 45 Distribución horaria por tipo de vehículo en la salida de Villavicencio por la vía Acacias. Fuente: (Universidad Nacional de Colombia, 2013)

En la Ilustración 45, saliendo de Villavicencio, la vía Acacías, registra un total de 7.276 vehículos equivalentes, con un comportamiento homogéneo presentando una caída en el volumen vehicular entre las 16:15 y las 16:30. La vía Restrepo registra un total de 5.200 vehículos equivalentes, con un comportamiento homogéneo, con bajo volumen vehicular principalmente entre las 15:00 y las 18:00. Es la vía que presenta la menor cantidad de vehículos equivalentes, principalmente por la baja cantidad de vehículos pesados y buses/busetas (Ilustración 47).

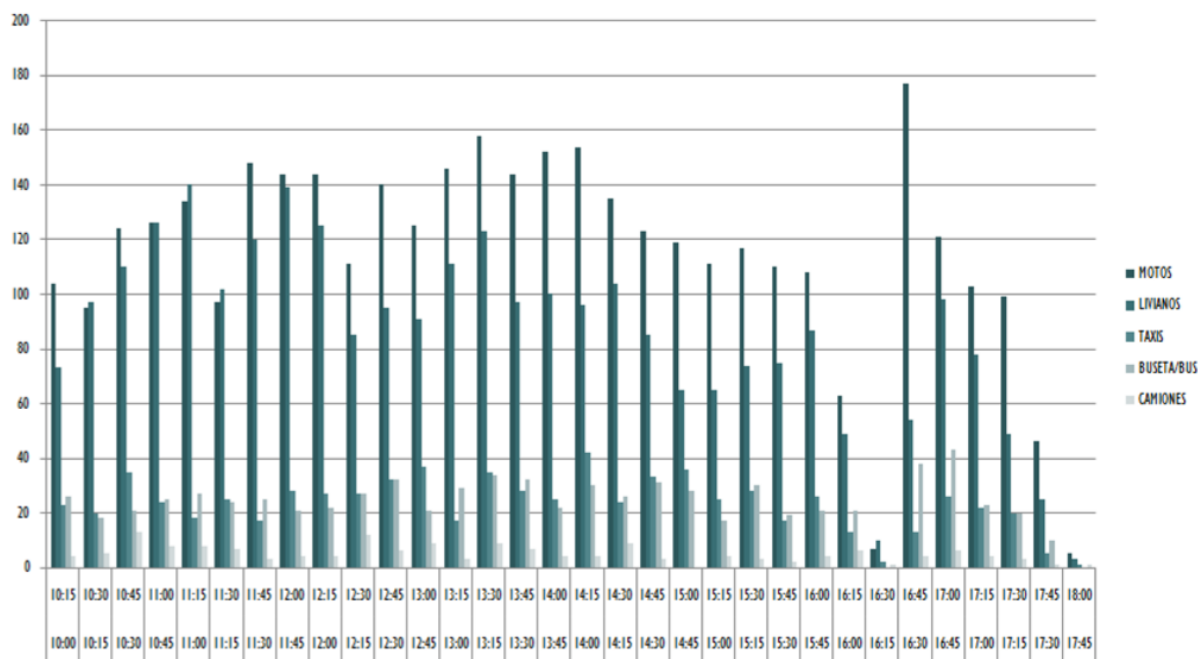


Ilustración 46 Distribución horaria por tipo de vehículo en la entrada de Villavicencio por la vía Restrepo. Fuente: (Universidad Nacional de Colombia, 2013)

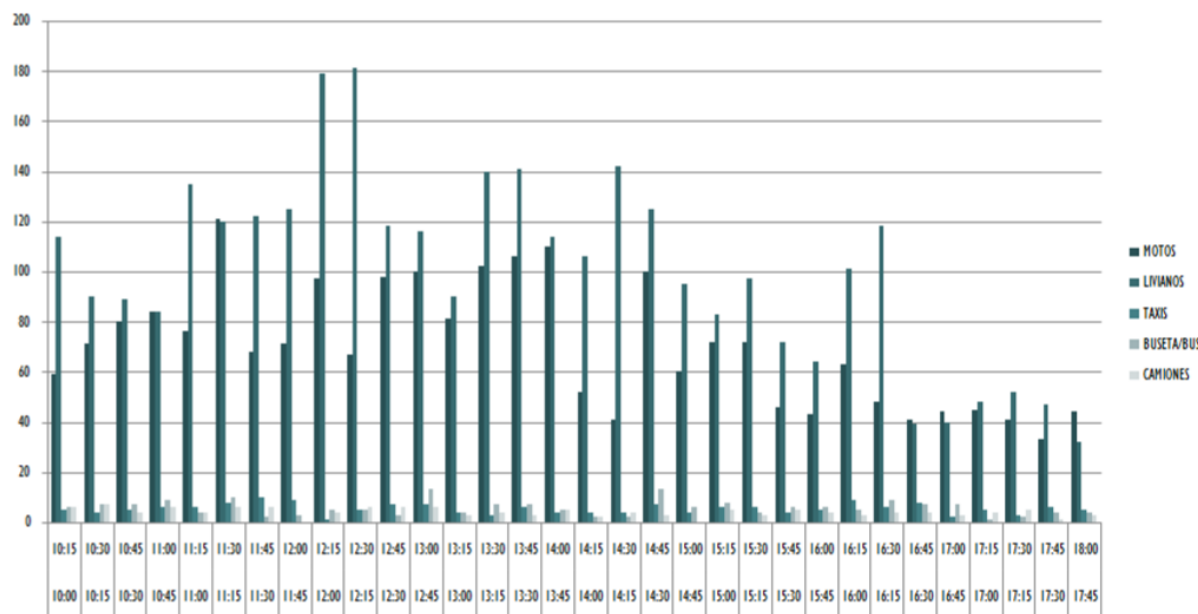


Ilustración 47 Distribución horaria por tipo de vehículo en la salida de Villavicencio por la vía Restrepo. Fuente: (Universidad Nacional de Colombia, 2013)

2. CENTRALIDADES

Puesto que el sistema de transporte férreo que se pretende proponer para el área metropolitana de Villavicencio requiere de una capacidad múltiple en el sentido de poder aprovechar sus ventajas para no solo mover pasajeros sino también parte de la carga como una medida que complemente el modelo de transporte multimodal sugerido por la ley 336 de 1996 conocida como el Estatuto del Transporte y sumado a la necesidad de moverse a diferentes velocidades para sectores urbanos y suburbanos es necesario analizar las principales centralidades del comercio, el turismo, las centrales de carga y distribución de mercancías, los puntos clave para los diferentes modos de movilidad y aquellos equipamientos que resaltan dentro del área metropolitana.



Ilustración 48 Mapa ilustrativo de centralidades del área metropolitana de Villavicencio. Fuente: Edición propia según Google earth.

Respecto de la velocidad de operación urbana se tiene como referente el RegioTram de occidente o tren de cercanías de la sabana de Bogotá D.C. que operará a 80 km/h en zonas suburbanas y 30

km/h en zonas urbanas. Esto se pudo corroborar en el estudio de movilidad de Villavicencio del 2013 donde se analizaron diferentes velocidades de operación vial, a saber:

Tabla 18 Velocidades promedio y nivel de servicio para diferentes horarios del tramo Fundadores - La Grama. Fuente: (Universidad Nacional de Colombia, 2013)

Recorrido	Vel. Prom. (Km/h)	Nivel de Servicio
Fundadores - la Grama AM	26,1	C
Fundadores - la Grama M	30,56	C
Fundadores - la Grama PM	27,79	C
La Grama - Fundadores AM	33,76	B
La Grama - Fundadores M	32,3	B
La Grama - Fundadores PM	21,6	D

Como se aprecia en la Tabla 18 el posible recorrido entre Fundadores – la Grama tiene una velocidad promedio diaria de 28,7 Km/h, pero con demoras en las horas pico de la mañana y de la noche que se verían notablemente mejorados por tiempos de operación del sistema férreo. Este mismo estudio resolvió el propósito de viaje de la mayoría de personas que tienen relaciones comerciales diariamente en Villavicencio ya sea que residan allí o en alguno de los municipios del área metropolitana.

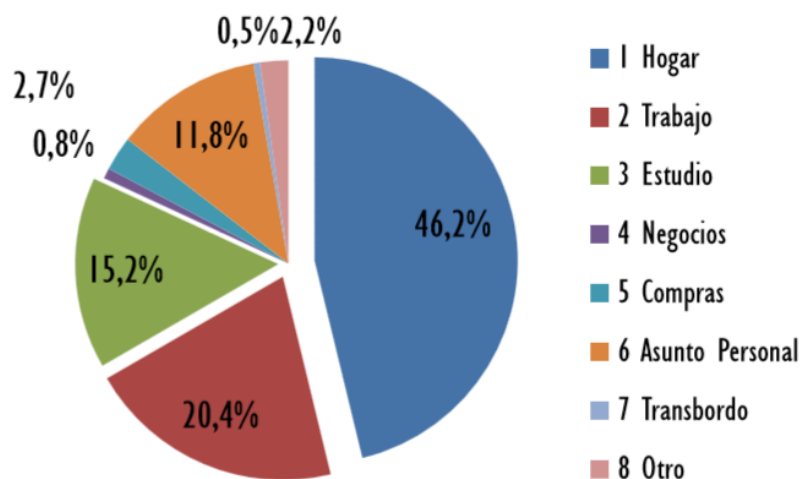


Ilustración 49 Participación de los viajes según propósito - Villavicencio. Fuente: (Universidad Nacional de Colombia, 2013)

El principal propósito de los viajes en Villavicencio con el 46% son hacia el hogar, seguido con un 20,4% hacia el trabajo, luego con 15,2% hacia el Estudio luego con un menor porcentaje se encuentran los asuntos personales, las compras, los negocios y transbordos respectivamente. Esto representa más de 800.000 viajes diarios llevados a cabo principalmente con un 31,2% en el transporte público (Bus, buseta, micro), seguido de un 25,9% de viajes que se realizan a pie y un 14,3% en moto, le siguen el taxi (9,7%), automóvil (7,7%), la bicicleta (5,3%) entre otros que representan el 5,9%.

Tabla 19 Proporción de viajes por modo de viaje en el municipio de Villavicencio. Fuente: (Universidad Nacional de Colombia, 2013)

Nombre	# de viajes	%
A pie	207039	25,9
Bicicleta	42773	5,3
Moto	114602	14,3
Auto Conductor	44940	5,6
Auto Pasajero	16647	2,1
Taxi	78298	9,7
TPC (Bus, buseta, Micro)	249602	31,2
Transporte intermunicipal	2465	0,3
Bus Privado-Empresa	5235	0,7
Bus Escolar	17624	2,2
Camión	1790	0,2
Otro	19658	2,5
Totales	800673	100

De tal manera que los principales corredores viales dentro del municipio de Villavicencio tanto para carga y rutas del Sistema Especial de Transporte Publico se resumen en el siguiente mapa elaborado por (Universidad Nacional de Colombia, 2013):



*Ilustración 50 Principales corredores de carga y corredores del Sistema Especial de Transporte Público de Villavicencio.
Fuente: (Universidad Nacional de Colombia, 2013)*

3. CONCLUSIÓN 3 – ACERCA DE PARES ORÍGEN / DESTINO

En conclusión, el área metropolitana de Villavicencio es una región de Colombia que centraliza una buena parte del comercio de carga de toda la región de la Orinoquia y su relación con el resto de municipios del país, transportando anualmente cerca de 3 millones de toneladas. Gran parte de estos productos se divide en productos agropecuarios, insumos para las diferentes industrias, y el transporte de hidrocarburos. Por su parte las personas dentro del área metropolitana tienen viajes diarios con origen principalmente Acacias, Restrepo y Cumaral hacia y desde Villavicencio con cerca de 5,000 viajes diarios. El principal propósito de viaje es el hogar y el trabajo; la mayoría de estos viajes se realizan en transporte público y siguen flujos hacia las centralidades del área metropolitana que se caracterizan por disponer de una amplia oferta de servicios administrativos, financieros, comerciales, educativos, de salud y de turismo.

En consecuencia, con esta realidad, el sistema de transporte férreo debería tener el siguiente recorrido: Acacias- Ruta nacional 65 – Porfía (Villavicencio) – Los Fundadores (Villavicencio) – Avenida 40 (Villavicencio) - Avenida Calle 31 y Carrera 23(Villavicencio) – Puente sobre el río Guatiquía (Villavicencio) – Aeropuerto Vanguardia (Villavicencio) – Ruta nacional 65 – Restrepo – Cumaral. En su debido momento los estudios de ingeniería general y de detalle permitirán definir la ruta definitiva con sus estaciones y como resolver la inquietante necesidad de transportar carga a centros de acopio en cada una de las centralidades que no solo dinamicen este sector sino que además permita el desarrollo de un sistema de transporte multimodal, sostenible, eficiente e integral que logre reducir los costos actuales del transporte y hacer del área metropolitana de Villavicencio una región más competitiva.

Este capítulo ha permitido reconocer la problemática y necesidades que la zona de estudio presenta frente a las dinámicas del transporte y como será inminente el desarrollo de un sistema de transporte férreo que se adapte a las mismas.

V. SISTEMAS DE TRANSPORTE FÉRREO

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

a) Metro

El metro ha sido el transporte público que, en las grandes ciudades, más apoyo institucional y social ha tenido. Las razones son el alto prestigio social como medio de transporte por los altos niveles de calidad ofrecidos, en puntualidad, frecuencia y velocidad comercial. Pocos ciudadanos ven con malos ojos tener un metro cerca de casa, y muchos otros han reclamado o siguen reclamando la construcción de una línea que les comunique. El principal motivo de esta alta calidad de servicio no es otro, sino que el metro no tiene que competir con ningún otro medio de transporte en su circulación. La total exclusividad de la infraestructura de soporte le permite cumplir con los horarios y con la frecuencia deseada. Pero esta infraestructura y su mantenimiento suponen unos costes muy elevados. De ahí que el metro sea un sistema eficiente y rentable a partir de ciertas densidades de población que lo amorticen. La mala calidad del servicio ofrecido por los autobuses debido a la congestión ocasionada por los coches, tiene como consecuencia que el único sistema de transporte público que la sociedad contempla con agrado y exige su construcción es uno de los más caros, el metro. Se construyen de este modo líneas de metro para trayectos con una demanda insuficiente como para amortizarlo, teniendo las Administraciones que asumir una parte importante de los costes de operación. Así ocurre que, en Madrid, la ciudad que más líneas ha construido –con demandas insuficientes en algunos casos–, donde el aporte de la Administración alcanza la cifra del 55% de los costes de operación. En el caso de Valencia y Barcelona, las siguientes ciudades con más líneas construidas los aportes rondan el 17%, y en el caso de Bilbao, con 32 km, sólo poco más del 1%. La situación actual del metro en algunas ciudades podría catalogarse como de desmesurada en relación a los costes de

construcción y mantenimiento para la demanda real. Argumentar, como se viene haciendo, que estas líneas atraerán la construcción de nuevas viviendas y poco a poco se incrementará la demanda, es incidir en el diseño de mega-ciudades totalmente insostenibles por el tamaño y por las necesidades crecientes de transporte (González, 2007, pág. 29).

b) Tren de levitación magnética

Descripción y funcionamiento de la tecnología

El tren de levitación magnética constituye una forma de transporte basado en la suspensión, propulsión y guía utilizando la fuerza electromagnética.

La tecnología de levitación magnética se caracteriza por la falta de contacto físico entre el tren y la vía por la que circula el mismo, en otras palabras, se elimina la limitación de las ruedas del tren sobre los rieles. Dado que el aire es lo único que genera fricción, el sistema es altamente ventajoso ya que logra mayor rapidez que otros sistemas. La suspensión sobre la vía se genera gracias a campos magnéticos; el vehículo se va moviendo sobre el raíl por medio de los electroimanes que posee adheridos en su parte inferior.

Los niveles de velocidad alcanzados por los maglev abren el campo a la comparación con el transporte aéreo como un fuerte competidor, más allá de que generalmente sólo se lo compare con los trenes comunes.

De acuerdo con lo mencionado con anterioridad, el funcionamiento del tren Maglev puede dividirse en las siguientes etapas. (Ilustración 51 Funcionamiento de un tren de levitación magnética. Fuente: Ilustración 51)

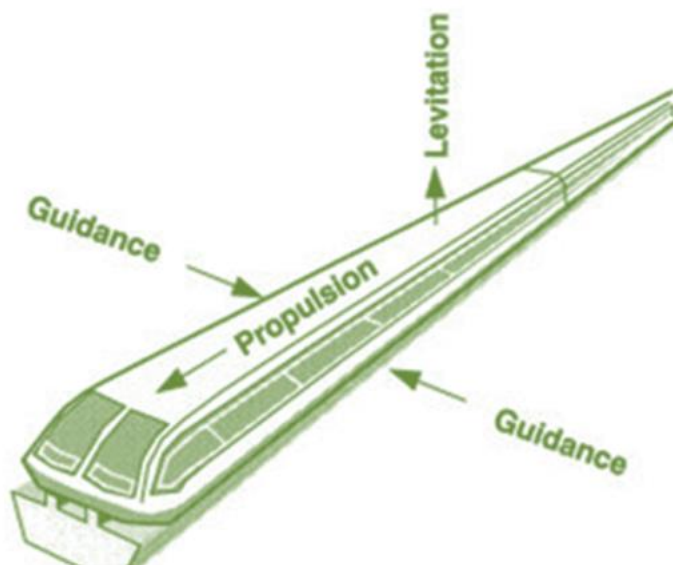


Ilustración 51 Funcionamiento de un tren de levitación magnética. Fuente: (Adad & Camissa, 2019)

Levitación

El Maglev levita sobre la vía gracias a la fuerza magnética generada por una serie de imanes, motivo por el cual, el tren no tiene contacto físico con el riel. Un tren de levitación magnética no posee el típico motor de los trenes convencionales, sino que utiliza los principios básicos de los electroimanes. Un electroimán es una clase de imán en el que el campo magnético es producido por una corriente eléctrica. Ampliando el concepto, podemos decir que este imán consiste en una bobina de alambre envuelta alrededor de un núcleo de hierro por el cual fluye la corriente eléctrica, generando un campo magnético a su alrededor. Los trenes están alimentados por estos campos magnéticos creados en las bobinas existentes en las paredes de la vía y la vía misma (Adad & Camissa, 2019) Ilustración 52).

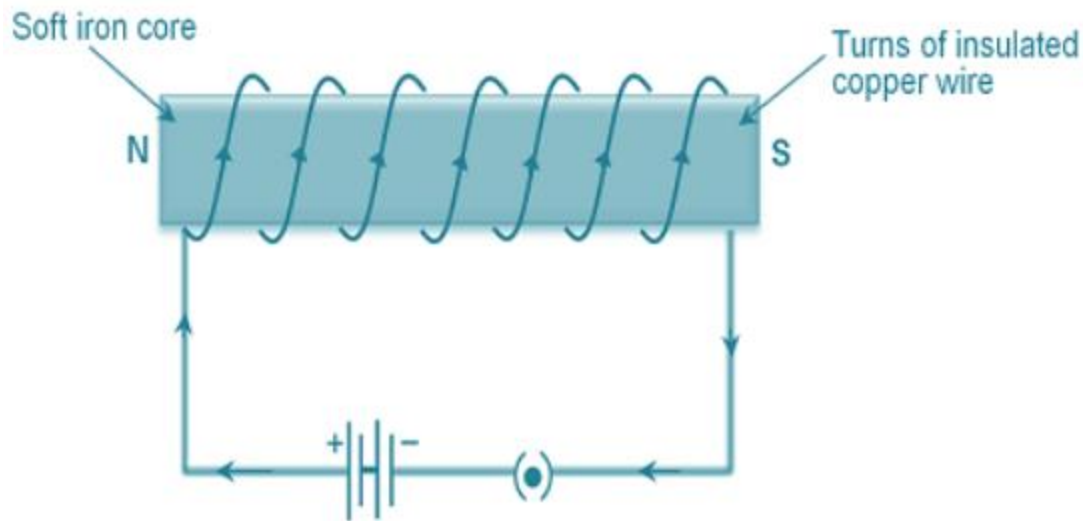


Ilustración 52 Electroimán, la corriente eléctrica que fluye a través de un núcleo de alambre, genera un campo magnético a su alrededor. Fuente: (Adad & Camissa, 2019)

Comparativa con trenes convencionales

Comodidad: los trenes Maglev no generan fricción con la vía, por lo cual, prácticamente no producen ruido. Tampoco poseen motor. Estas son diferencias importantes con los trenes comunes. Por otro lado, la alta frecuencia del servicio y la capacidad de conectar eficazmente distintos centros, aeropuertos y ciudades, lo ubican como una opción conveniente. Esto se deriva del hecho de que pueden ascender en grados más altos, lo que ofrece una mayor flexibilidad de enrutamiento y un túnel reducido. La consecuencia inmediata es una mayor capacidad para acceder a lugares a los que otros tipos de transporte les serían más complicado y una mayor adaptación al entorno (Adad & Camissa, 2019).

- Seguridad: es imposible que descarrilen ya que el tren queda envuelto alrededor de la pista. Lo mismo vale para las colisiones: los movimientos del tren son controlados de manera electrónica.
- Eficiencia económica: La inversión inicial es similar a la de cualquier otro tren de alta velocidad (por ejemplo, las líneas AVE de España), la cual se estima en una media de 25

millones de euros por km de vía. Por otra parte, también se estima que los gastos de operación de un Maglev son inferiores a los que poseen los trenes convencionales y los de alta velocidad, principalmente por el escaso mantenimiento del vehículo y de la vía, conforme lo expuesto con anterioridad.

- Contaminación: los trenes Maglev pueden brindar independencia de combustibles fósiles, ya que se alimentan de electricidad, y la misma puede obtenerse a partir de la energía solar, eólica y otras fuentes renovables. No menos importante es el hecho de que generan menos polución que el resto de los transportes tradicionales, como, por ejemplo, los automóviles. Se erigen como una alternativa ante una hipotética crisis de abastecimiento de petróleo.
- Mantenimiento: el riel tradicional está condicionado por un desgaste mecánico que aumenta exponencialmente con la velocidad. Los trenes magnéticos no generan contacto con la vía, no se produce desgaste, con lo cual, el cuidado del riel es escaso. Asimismo, el mantenimiento electrónico de sus vehículos es mínimo y se relaciona más con los programas de conservación de aeronaves basados en horas de operación más que en velocidad o distancia recorrida.
- Clima y tránsito: este tipo de trenes no es afectado por las inclemencias del clima tales como: nieve, lluvia, frío intenso, etc. También son menos susceptibles a las congestiones de tráfico.
- Construcción: los trenes convencionales precisan pista y ruedas de acero para poder movilizarse, caso contrario a los Maglev que se trasladan por medio de suspensión electromagnética o electrodinámica. Asimismo, también prescinden de los cables aéreos, y los accesos a sus estaciones son más sencillos que los de los aeropuertos.

Desventajas

La inversión inicial de los trenes Maglev es bastante costosa. Teniendo en consideración la construcción más la investigación y desarrollo de los prototipos, el costo general supera al incurrido por los trenes convencionales. En los convencionales los materiales y repuestos se comercializan en un mercado más competitivo por encontrarse estandarizados, lo cual implica un menor costo.

Por otro lado, el establecimiento de rieles y vagones en los ferrocarriles tradicionales es más económico. Aunque es importante destacar que, si la tecnología Maglev se implementara a gran escala, los costos disminuirían drásticamente.

Los trenes de levitación magnética precisan infraestructuras nuevas ya que no son de utilidad las que funcionan con los trenes tradicionales. La separación entre el vehículo y la vía debe ser monitoreada y corregida de manera constante por los sistemas electrónicos, a fin de mantener la estabilidad, situación que no se presenta con los trenes convencionales.

En cuanto al medio ambiente, su impacto dependerá de dónde provenga la electricidad que alimenta al sistema. Entendiendo que, si la misma se desprende de combustibles fósiles, el proceso será más contaminante que si lo hace de fuentes alternativas como la energía eólica, solar, etc.

En lo que se refiere a sonoridad, la alta velocidad de algunos trenes genera más sonido que los que viajan a baja velocidad. Estos últimos son prácticamente silenciosos, mientras que en los primeros se percibe un poco más de ruido debido al desplazamiento del aire. (Adad & Camissa, 2019)

c) Tranvía

Sistema de transporte ferroviario urbano de pasajeros que se caracteriza por ser guiado, así como por tener componentes de inserción urbana que promueven la convivencia del ciudadano con los medios de transporte y se clasifica en tranvía con ruedas neumáticas y tranvía convencional con ruedas de acero (Quintero González, 2017, pág. 206).

Beneficios ambientales, sociales y económicos

Protección al ambiente

Éste tipo de sistemas de transporte proporciona importantes beneficios al ambiente, entre los que se encuentran la no emisión de sustancias contaminantes, niveles bajos de ruido, menor consumo de energía, mejor calidad urbana ambiental, revegetalización de áreas adyacentes, y la regeneración urbana y del paisaje. Quintero y Quintero (2015:92-93), quienes citan al Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2012:10) de Francia, señalan que los arquitectos paisajistas utilizan la visibilidad del tranvía como una oportunidad para la renovación de calles entorno al sistema tranviario, a la vez que restauran el nivel de confort y la calidad de vida de los ciudadanos en centros urbanos, que anteriormente se veían reducidos por la presencia de los vehículos. Así, el tranvía proporciona una mejora inmediata del medio ambiente y la calidad de vida de los ciudadanos y usuarios del sistema (Quintero González, 2017, pág. 207).

Equidad social

En términos generales los sistemas de transporte compuestos por tranvías aumentan la movilidad en sus áreas de influencia, lo que se traduce en una mayor accesibilidad al medio físico y al transporte, así como a servicios sociales y los lugares en los cuales los ciudadanos desarrollan sus actividades de empleo, estudio, cultura y esparcimiento. Conforme lo expone Clancy (2012:15-22) debido a que el tranvía ofrece un servicio de transporte de calidad superior a áreas

con grandes poblaciones dependientes del transporte, y porque hace que tanto el transporte como el caminar sean opciones más atractivas para todos los residentes, el sistema crea beneficios significativos de calidad de vida para las personas que visitan, trabajan y viven en los corredores viales de los tranvías y las zonas aledañas, para lo cual se puede decir que el tranvía mejora la velocidad, promueve la salud pública, promueve la caminata, alienta el desarrollo de las vías principales, amplía el acceso a las escuelas, preserva recursos históricos y expande opciones de vivienda (Quintero González, 2017, pág. 207).

Valor económico

Según lo expone el SACOG (Sacramento Área Council of Governments, 2013:9) los tranvías son ideales para conectar a empleados, residentes y visitantes con trabajos, tiendas, restaurantes y entretenimiento en barrios y centros urbanos. Debido a que los tranvías conectan múltiples destinos dentro de un área relativamente pequeña y proporcionan un servicio frecuente, pueden desempeñar un papel importante en la contribución al desarrollo económico de un vecindario. En contraste con los sistemas de trenes ligeros y de trenes pesados, diseñados para viajes más largos, el tamaño más pequeño y la mayor maniobrabilidad de los tranvías les permiten estar altamente integrados con el entorno urbano circundante. Al mismo tiempo, los sistemas de tranvías proveen la percepción de duración que los sistemas de transporte sobre llantas (como los autobuses) no tienen, lo que ayuda a atraer la inversión privada. El SACOG agrega que estudios de proyectos recientes de tranvías en ciudades de los Estados Unidos demuestran que los tranvías están asociados con el aumento de las ventas al por menor, el nuevo desarrollo, el crecimiento de los valores de propiedad y el aumento de las visitas, beneficiando a propietarios, propietarios de negocios y gobiernos locales. Sin embargo, los beneficios económicos de un proyecto de tranvía

específico variarán según los patrones locales de uso de la tierra, las condiciones del mercado, las oportunidades de desarrollo y otros factores (Quintero González, 2017, pág. 208).

Las ventajas que proporciona un tranvía de mercancías respecto al transporte convencional por camión de acuerdo a (Regué & Astals Coma, 2009) son:

- Menor energía específica comparada con el transporte convencional por carretera (del orden del 50% menor)
- Mejores índices de puntualidad que el transporte convencional, por ausencia de problemas de congestión de tráfico.
- Mejor aprovechamiento de las infraestructuras viarias, desaprovechada en horas valle.
- Reducción del tráfico rodado con motores de combustión interna
- Es viable la utilización de la infraestructura en horario nocturno.
- Colabora a la reducción del nivel del tráfico en las ciudades.

Los inconvenientes derivan de la limitada red de tranvías, aún en las ciudades que tienen una red extensa, que ésta ha sido diseñada en función de las necesidades de transporte de pasajeros, la necesidad de instalaciones específicas de carga y descarga, los requerimientos de un intercambio modal adicional y el propio coste del material rodante (que en algunas ciudades se ha minimizado gracias al uso de material recuperado)

Los principales cambios que deben realizarse en un tranvía de pasajeros para ser empleado en el transporte de mercancías se pueden agrupar en tres grandes apartados (Regué, 2009):

- a) Elementos que deben eliminarse respecto del tranvía para pasajeros
- b) Nuevos elementos necesarios para el transporte de mercancías
- c) Cambios estructurales debido a las modificaciones anteriores

Los elementos que no son necesarios y que conviene eliminar, tanto para la reducción de masas y de costes como para la ganancia de espacio, son todos aquellos destinados a incrementar el confort, proporcionar información al pasajero y a fines estéticos, como: asientos, barras y asideros, recubrimientos interiores, paneles informativos, equipos de climatización, sistemas de control de billete y megafonía, y opcionalmente, los equipos de video vigilancia

Los elementos que deben modificarse, respecto al tranvía de pasajeros son:

- El interiorismo: recubrimiento de los bastidores y del techo, sistema de iluminación y cristalerías.
- Las puertas deben ser sustituidas por el sistema de carga y descarga. Se eliminan las puertas de pasajeros y se sustituyen por puertas automáticas plegables horizontales en configuración 2+2. Se mantiene la puerta actual en el módulo de cabina para asegurar la evacuación del conductor en caso de accidente.
- Sistema de carga y descarga: con el objetivo de salvar la distancia entre andén y plataforma y poder elevar la carga hasta el nivel deseado se han previsto unas plataformas elevadoras de columnas, con un plato de 1200 mm de profundidad y 1500 kg de capacidad de elevación. Paralelamente se han instalado dos trampillas, en la zona de nivel de carga que, mediante un mecanismo neumático, permiten salvar la separación entre andén y tranvía de forma automática y regulable.
- El suelo está formado por paneles de aluminio tipo “nido de abeja” de 20 mm en las zonas a nivel de carga (módulos suspendidos) y por planchas de aluminio de 4mm de grosor (módulos con bogi) y los necesarios bastidores, lo que permite una carga de 550kg/m².

- Se han redistribuido los montantes de soporte del techo con el objetivo de ampliar las distancias entre ellos y conseguir unos accesos más amplios en los módulos suspendidos.
- Con el propósito de garantizar la seguridad, tanto del conductor como la de la mercancía a transportar y a fin de favorecer la posibilidad de incorporar vagones para mercancías especiales con productos frescos o refrigerados, se han introducido unos elementos divisorios que permiten la separación completa de los vagones entre sí.
- La modificación de la estructura, con eliminación de las ventanas

Con las modificaciones señaladas el tranvía de carga, representa un ahorro equivalente de hasta 36 furgonetas

d) Tren-tranvía

El tren-tranvía es un sistema en el que un vehículo ferroviario convencional, con un diseño relativamente pesado para un vehículo urbano (aunque ligero para un vehículo ferroviario convencional), penetra en la ciudad aprovechando vías urbanas existentes o de nueva creación, con operación de tipo metro ligero (Rodríguez Bugarín & Novales Ordax, 2009, pág. 10).

8 (por ejemplo, en lo que se refiere al diseño de estaciones, alimentación eléctrica, etc.)

(Rodríguez Bugarín & Novales Ordax, 2009, pág. 15).

Orígenes de los sistemas de tren-tranvía

La primera población que implantó un sistema de tren-tranvía fue la ciudad alemana de Zwickau, de 125.000 habitantes, que ha mantenido hasta la actualidad su red de tranvías históricos. Desde finales de 1999 circula un sistema de tren-tranvía, de manera que los usuarios del ferrocarril regional llegan directamente al centro urbano, en lugar de bajarse en la estación central, situada a 1 km al oeste del centro (Kühn, 2006). La conexión desde la estación central de la ciudad al centro urbano tiene una longitud de 3,3 km, de los cuales 1,3 km corresponden a vías urbanas

que ya existían en la ciudad y los restantes 2,0 km pertenecen a un ramal ferroviario que estaba en desuso (Wansbeek, 2000). Destaca la peculiaridad de que las vías urbanas son de ancho métrico (1.000 mm), mientras que las ferroviarias convencionales son de ancho internacional (1.435 mm), por lo que en el tramo compartido fue necesario disponer terceros carriles en las vías. Tras la experiencia de Zwickau han surgido más sistemas de tren-tranvía en diferentes ciudades (véase el CD-Rom adjunto), como la Riverline de Nueva Jersey o la Seetalbahn de Suiza, pero su proliferación ha sido mucho más moderada que la de los sistemas de tranvitrén (Rodríguez Bugarín & Novales Ordax, 2009, pág. 16)

Ventajas

- Se mejora el aprovechamiento de las infraestructuras ferroviarias existentes, reduciéndose las necesidades de inversión en nuevos tramos de líneas férreas.
- Se puede evitar la construcción de largas secciones de vía en la creación de nuevas líneas, con lo que se consiguen ahorros considerables, obteniéndose un sistema con un coste por kilómetro menor que el del metro ligero de nueva implantación.
- Se obtienen ingresos adicionales en la explotación respecto a una hipotética situación de partida, en la que la explotación se realizase por medio de vehículos ferroviarios convencionales en la zona del área metropolitana, con transbordo a los sistemas de transporte urbano en la estación de tren. Estos ingresos adicionales se deben al aumento del número de viajeros.
- Menores costos de operación de los vehículos de tipo metro ligero/tranvitrén/tren-tranvía en comparación con el material móvil ferroviario clásico.
- Ahorro de tiempo para los usuarios del transporte público, ya que el tranvitrén alcanza velocidades comerciales por encima del doble de las de los servicios de autobús

paralelos. El tiempo de puerta a puerta del desplazamiento se hace comparable al del vehículo privado, porque:

- Se reducen los tiempos de circulación entre estaciones, debido a los valores de aceleración y frenado de los vehículos ferroviarios ligeros en comparación con los convencionales.
- Los tiempos de parada en estación son menores, debido a la facilidad para la entrada y salida rápidas de los viajeros, gracias al número y disposición de las puertas laterales de acceso al vehículo.
- Se evitan las esperas de los intercambios modales.
- Acceso directo desde las zonas periféricas de la región hasta los principales centros de empleo y comerciales en la ciudad, y viceversa, sin necesidad de realizar intercambios modales en la estación principal del ferrocarril.
- Alta fiabilidad en el cumplimiento de los horarios, al tratarse de un modo que no se ve afectado por las incidencias del tráfico rodado, debido a su gran porcentaje de plataforma reservada.
- Mayor confort, debido, en general, a un diseño del interior del vehículo mejor adaptado a la demanda a satisfacer y a las características dinámicas mejoradas, que hacen que la rodadura sea más suave.
- Facilidad de utilización, ya que la implantación de este tipo de explotación suele ir acompañada de una mejora de los sistemas de información al usuario, con la colocación de dispositivos electrónicos de información en las paradas. En estos dispositivos, operados desde el centro de control, se especifica la hora de llegada del siguiente vehículo, así como las paradas a las que sirve y el tiempo de espera.

- Integración tarifaria, ya que es habitual que se cree una entidad que se encarga de la planificación y coordinación de los horarios y tarifas del transporte público urbano y regional para facilitar su uso por los clientes.
- Mayor cercanía de las estaciones, ya que, por lo general, se aumenta el número de paradas de la zona anteriormente explotada únicamente por el ferrocarril, lo que hace que este sistema sea más permeable, aumentando por tanto la accesibilidad territorial de la zona por la que circula.
- En general, mayores frecuencias del servicio de tranvitrén o tren-tranvía en comparación con un hipotético servicio anterior de ferrocarril clásico, lo que reduce los tiempos de espera en las paradas.
- Menor congestión en la red viaria local.
- Disminución de las necesidades de inversión en construcción y mantenimiento de carreteras.
- Menor impacto ambiental.
- Ahorros en el coste de aparcamiento.
- Ahorros en los costes debidos a la accidentabilidad.

Los sistemas tranvi-tren y tren-tranvía constituyen una ampliación de los denominados sistemas de transporte de plataforma reservada con un objetivo específico: el aprovechamiento de las infraestructuras existentes y una ampliación de los servicios directos entre el centro de la ciudad y la periferia. El tranvi-tren es un metro ligero que circula por la ciudad y que continúa sus servicios sobre vías ferroviarias existentes en explotación, prolongando sus servicios sobre las mismas hasta las cercanías, compatibilizando ambos servicios. El tranvía tren es un sistema en el

que un vehículo ferroviario convencional, una vez aligerada su estructura, penetra en la ciudad por sus vías convencionales aprovechando vías urbanas o de nueva construcción.

e) Tren ligero

Sistema ferroviario urbano y/o suburbano para el servicio de pasajeros que se caracteriza por tener derechos exclusivos de vía y ocasionalmente compartir tráfico en vías urbanas. Cuenta con sistemas de control avanzados y capacidades de transporte superiores a los sistemas tranviarios e inferiores a la de los metros pesados (Quintero González, 2017, pág. 206)

Beneficios ambientales, sociales y económicos

Protección al ambiente

De acuerdo con Tourism & Transport Forum Australia (2010:5) el tren ligero es una forma de transporte sostenible y eficiente en cuanto al consumo de energía, con una serie de ventajas medioambientales frente a los modos alimentados por motores de combustión interna. En particular, la electricidad para alimentar el tren ligero puede generarse lejos del entorno urbano, lo que significa que las emisiones de gases de efecto invernadero se eliminan del punto de operación. También existe un porcentaje considerable de electricidad generada a partir de fuentes renovables empleada para el funcionamiento del tren ligero, para lo cual, actualmente una serie de sistemas de trenes ligeros son totalmente alimentados con energía renovable, incluida la red de Tenerife en España y la red de Calgary en Canadá. Adicionalmente, la introducción del tren ligero en múltiples redes de transporte ha dado lugar a un importante cambio modal, reduciendo el impacto medioambiental de la congestión, lo que ha podido evidenciarse en los nuevos sistemas de tren ligero en los Estados Unidos y el Reino Unido, en donde se ha encontrado que hasta el 20% de los usuarios del tren ligero antes utilizaba el vehículo privado para realizar sus viajes (Quintero González, 2017, pág. 207).

Equidad social

Según lo argumenta Tourism & Transport Forum Australia (2010:5), la mejora del transporte público fomenta la interacción entre las comunidades y las personas y atrae a los trabajadores cualificados. Es así como el tren ligero mejora la habitabilidad y la comodidad atrayendo inversiones a lo largo de las rutas. Tourism & Transport Forum Australia señala que, en un estudio reciente de las actitudes de los residentes y el comportamiento de los viajes en Salt Lake City, Utah, se encontró que los viajeros de trenes ligeros tienen hábitos de caminar más sanos, menor uso del automóvil, menor prevalencia de obesidad, mayor acceso al espacio y satisfacción respecto al vecindario, y son más positivos sobre el desarrollo orientado al transporte. Además, los pasajeros de trenes ligeros informan que el tren ligero mejora la vida de la ciudad (Quintero González, 2017, pág. 208).

Valor económico

Tourism & Transport Forum Australia (2010:3) señala que los beneficios económicos más importantes del tren ligero incluyen su contribución a la reducción de la congestión y el incremento de la productividad a través de una mayor movilidad urbana y opciones de transporte. Se ha descubierto que el tren ligero es particularmente eficaz para lograr el cambio de modo y alejarse de los viajes en vehículos privados. Ofrece eficiencia, comodidad y alta capacidad. La seguridad visual de la infraestructura del tren ligero y la garantía de servicios regulares y fiables son factores particularmente importantes para ayudar a cambiar el comportamiento de los viajes urbanos. Tourism & Transport Forum Australia profundiza en los beneficios económicos y propone los siguientes:

» Costos de capital. El costo de capital del tren ligero puede variar enormemente dependiendo de la necesidad de túneles o puentes, la adopción de nuevas tecnologías, y la integración a la

infraestructura vial existente, o si éste es segregado, dependiendo de la disposición de nueva infraestructura, para lo que un rango de costo típico para el año 2010 oscilaba entre 20 y 40 millones de dólares australianos (entre 44.211'318.863 y 88.422'637.727 de pesos colombianos a enero de 2017) por kilómetro incluyendo el material rodante. Durante la fase de construcción de un sistema de tren ligero es probable que se tengan mayores costos de capital que durante la construcción de un sistema de autobuses, debido principalmente a las necesidades de infraestructura. No obstante, el tren ligero tiene beneficios de costo continuos a través de su capacidad para mover más pasajeros por hora, para lo que, en corredores viales de transporte de media a alta densidad, puede tener la mejor relación calidad-precio (Quintero González, 2017, pág. 208).

» Costos de operación. El tren ligero se compara favorablemente con los autobuses, especialmente en los corredores de transporte de media a alta densidad, ya que los vehículos tienen una capacidad de entre 200 y 300 pasajeros, con la habilidad de vincular vehículos para duplicar esa capacidad. Cada vehículo de tren ligero transporta el equivalente de aproximadamente tres autobuses articulados a capacidad, permitiendo al sistema transportar 12.000 pasajeros por hora por dirección. Además, los vehículos de tren ligero tienen una vida útil de 30 años y más, casi el doble que los autobuses.» Desarrollo y actividad económica. El tren ligero también tiene el potencial de estimular la actividad de inversión asociada, en proyectos de renovación urbana y desarrollo residencial y comercial, a menudo en áreas que antes eran inaccesibles o inviables. La longevidad, la durabilidad y el atractivo de la imagen de la infraestructura del tren ligero envían un mensaje positivo a los planificadores y desarrolladores.» Turismo. Los buenos sistemas de trenes ligeros tienen un valor “icónico” que es atractivo para los turistas, así como para los viajeros y residentes. Mientras que las rutas de autobús pueden ser

difíciles para los visitantes nacionales e internacionales, las redes de ferrocarril ligero son a menudo percibidas como más simples y más fiables, en gran medida debido al hecho de que las rutas son permanentes y altamente visibles. El transporte es un elemento clave en la experiencia del visitante, y un eficiente sistema de transporte público puede mejorar significativamente la reputación de una ciudad entre los viajeros. Además, una fuerte imagen de tren ligero puede ser incorporada en campañas de marketing turístico y material de información (Quintero González, 2017, pág. 209).

f) Tren de cercanías

Las líneas de cercanías operan en las principales ciudades de España y son uno de los medios de transporte fundamentales para comunicar las grandes ciudades con sus áreas metropolitanas. Aunque al principio sólo los controlaba la empresa estatal Renfe, desde hace unos años algunas Comunidades Autónomas crearon sus empresas ferroviarias que han hecho sus propias líneas de cercanías para crear servicios necesarios para los ciudadanos que Renfe no iba a construir o mantener, o como transferencia a partir de las líneas de FEVE. Podemos citar como ejemplo FGC (Cataluña), FGV (Comunidad Valenciana), SFM (Islas Baleares) o EuskoTren (País Vasco). El de cercanías es un ferrocarril de distancias cortas que se ha mantenido en el tiempo y con el crecimiento de las ciudades se ha ido ampliando. En la extensión de las ciudades de los últimos 40 años muchas de esas áreas que antes eran metropolitanas han pasado a ser parte de la gran ciudad y el de cercanías ha seguido dando servicio, en este caso urbano. Es un medio de transporte que alcanza velocidades mayores que el metro y dispone de menos paradas, de ahí que resulte muy rápido para ciertos desplazamientos. Al igual que el metro es un medio costoso, que requiere más inversión en la construcción de la infraestructura, pero bastante menos en el

mantenimiento. Los costes generales por viajero son un poco menores, pero necesita también de una gran demanda para ser rentabilizado, lo que no siempre sucede (González, 2007, pág. 29).

g) Monorriel

Es muy importante definir lo que se conoce como “monorriel”, debido a que generalmente se asume inadecuadamente que cualquier “tren elevado” o pieza estructural que moviliza personas por sobre el nivel del suelo, es un monorriel. El problema es que estos sistemas de tránsito que la gente equivocadamente confunde con los monorrieles, presentan numerosos problemas que precisamente no son inherentes a los monorrieles. De este modo, las desventajas de estos sistemas son asignadas y relacionadas incorrectamente con los monorrieles, otorgándoles a los mismos una connotación negativa. “Monorriel” significa, precisamente, “un solo riel” o “un simple riel”, que sirve como única guía para montar vehículos que pueden ser utilizados tanto para el transporte de pasajeros (uso más común) o mercaderías. En la mayoría de los casos este riel conductor se encuentra elevado, aunque también puede correr al ras del suelo o en túneles subterráneos. Los vehículos utilizados (trenes por lo general) pueden estar apoyados sobre el angosto riel que los guía o bien pueden estar suspendidos del mismo y tienen la particularidad de ser más anchos que la guía o riel que los sostiene (De Caro, 2011, pág. 53).

A continuación, se exponen diversas experiencias internacionales de sistemas operados con monorriel en diferentes partes del mundo. Es importante destacar que existen antecedentes relacionados con el tema muy variados en su concepción, dependiendo de las necesidades a resolver, es decir, con diferentes distancias, paradas, capacidades, velocidad, sistema a utilizar, según los condicionantes de los proyectos en cada caso. La siguiente es una galería de imágenes de soluciones adoptadas en diversas partes del mundo que muestran un abanico de diferentes proyectos de monorriel (De Caro, 2011, pág. 56).



Ilustración 53 Diferentes proyectos de monorriel en el mundo. Fuente: (De Caro, 2011)

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, expone información correspondiente a la capacidad de los sistemas de monorriel frente a otras modalidades de transporte público.

Nótese que los tres tipos de sistemas de monorriel presentados en el gráfico (pequeños, estándar y grandes), tienen capacidades que oscilan entre los 2.000 pasajeros por hora y por sentido hasta

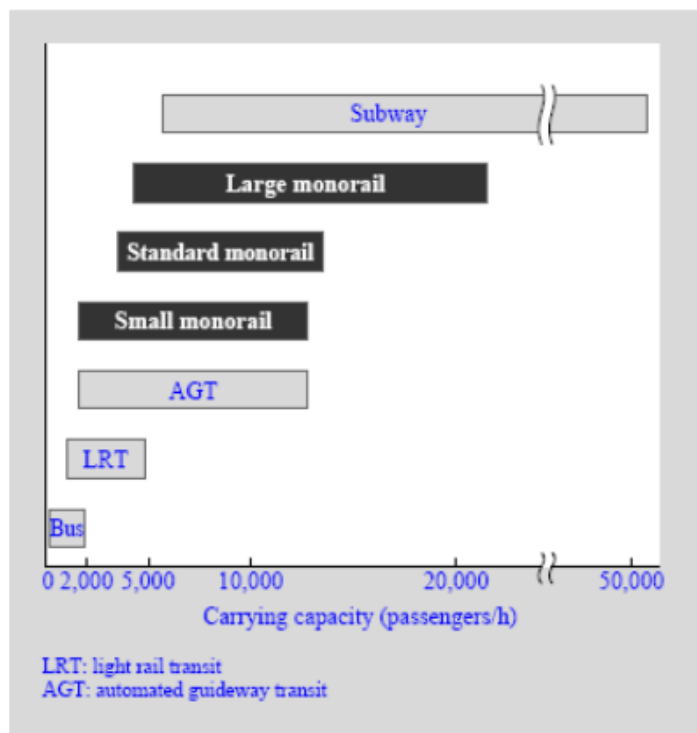


Ilustración 54 Capacidad de los sistemas en comparación con el monorriel. Fuente: (De Caro, 2011)

más de 20.000 pasajeros por hora y por sentido para los sistemas más grandes (Large monorail) (De Caro, 2011, pág. 60).

La información sobre la capacidad de los monorrieles no sólo es muy útil para comparar y advertir las ventajas de utilizar el monorriel como sistema de desplazamiento para el transporte de pasajeros frente a otras modalidades más populares, en cuanto a la capacidad se refiere, sino también para poder tener

una idea cierta y una proyección para la capacidad de la propuesta a implementarse (De Caro, 2011, pág. 61).

2. COMPARACIÓN ENTRE SISTEMAS DE TRANSPORTE FÉRREO

Tabla 20 Análisis comparativo por definición entre los diferentes sistemas de transporte férreo. Fuente: Elaboración propia.

SISTEMA	¿QUÉ ES?
Metro	Sistema de trenes urbanos ubicado dentro de una ciudad y su área metropolitana. Se caracteriza por ser un transporte masivo de pasajeros en las grandes ciudades, uniando diversas zonas y sus alrededores, con alta capacidad y frecuencia y de forma segregada a otros sistemas de transporte.
Tren de levitación magnética	constituye una forma de transporte basado en la suspensión, propulsión y guía utilizando la fuerza electromagnética.

Tranvía	Sistema de transporte ferroviario urbano de pasajeros que se caracteriza por ser guiado, así como por tener componentes de inserción urbana que promueven la convivencia del ciudadano con los medios de transporte y se clasifica en tranvía con ruedas neumáticas y tranvía convencional con ruedas de acero
Tren - tranvía	El tren-tranvía es un sistema en el que un vehículo ferroviario convencional, con un diseño relativamente pesado para un vehículo urbano (aunque ligero para un vehículo ferroviario convencional), penetra en la ciudad aprovechando vías urbanas existentes o de nueva creación, con operación de tipo metro ligero.
Tren ligero	Sistema ferroviario urbano y/o suburbano para el servicio de pasajeros que se caracteriza por tener derechos exclusivos de vía y ocasionalmente compartir tráfico en vías urbanas. Cuenta con sistemas de control avanzados y capacidades de transporte superiores a los sistemas tranviarios e inferiores a la de los metros pesados
Tren de cercanías	sistema de transporte de pasajeros de corta distancia (menos de 100 km entre estaciones extremas) que presta servicios entre el centro de una ciudad y las afueras y ciudades dormitorio de esta u otras ciudades cercanas con un gran número de personas que viajan a diario. Los trenes operan de acuerdo a un horario, a velocidades que van desde 50 hasta 200 km/h.
Monorriel	Sistemas de transporte en los que los trenes están suspendidos o se desplazan sobre una estructura de un solo riel para transportar mercancías o personas.

Tabla 21 Análisis comparativo por ventajas de los diferentes sistemas de transporte férreo. Fuente: Elaboración propia.

SISTEMA	VENTAJAS
Metro	-Mayor capacidad permitiendo una correcta gestión de transporte. -Plataforma de aplicación exclusiva permite que su circulación sea sin interferencias de ningún tipo, admitiendo vehículos de grandes capacidades.

Tren de levitación magnética	-No se descarrilan. -Son controlados electrónicamente -Inversión similar a cualquier otro tren de alta velocidad - Uso de energías renovables -No requiere alto mantenimiento pues No hay desgaste mecánico -No se ve afectado por los cambios climáticos
Tranvía	-No emisión de sustancias contaminantes -Niveles bajos de ruido, menor consumo de energía -Mejor calidad urbana ambiental - Mayor accesibilidad al medio físico y al transporte, así como a servicios sociales y los lugares en los cuales los ciudadanos desarrollan sus actividades de empleo, estudio, cultura y esparcimiento - Los tranvías conectan múltiples destinos dentro de un área relativamente pequeña y proporcionan un servicio frecuente.
Tren - tranvía	- Se mejora el aprovechamiento de las infraestructuras ferroviarias existentes - Menores costes de operación de los vehículos de tipo metro ligero/tranvitrén/tren-tranvía en comparación con el material móvil ferroviario clásico. - Ahorro de tiempo para los usuarios del transporte público, ya que el tranvitrén alcanza velocidades comerciales por encima del doble de las de los servicios de autobús paralelos. - Acceso directo desde las zonas periféricas de la región hasta los principales centros de empleo y comerciales en la ciudad, y viceversa, sin necesidad de realizar intercambios modales en la estación principal del ferrocarril.
Tren ligero	-Sostenible y eficiente en cuanto al consumo de energía -Mejora la habitabilidad y comodidad atrayendo inversiones a lo largo de las rutas -Eficiencia, comodidad y calidad

Tren de cercanías	-Mayor capacidad permitiendo una correcta gestión de transporte. -Plataforma de aplicación exclusiva permite que su circulación sea sin interferencias de ningún tipo, admitiendo vehículos de grandes capacidades.
Monorriel	-Libres de carbono. Al no utilizar combustibles con base en carbono que no contamina, a diferencia de los coches y los autobuses. -Seguridad y confiabilidad. -Mantenimiento. -Costo y construcción. -Reparaciones -Estética.

3. CONCLUSIÓN 4 – ACERCA DE SISTEMAS DE TRANSPORTE FÉRREO

Al analizar éstos 7 diferentes tipos de sistemas ferroviarios, con sus características y sus ventajas, se puede ver claramente que para la problemática que se está planteando en el área metropolitana de Villavicencio, al ser una zona que conectará municipios y que además circulará por zonas urbanas transportando pasajeros y carga, sería ideal construir un sistema de tranvía dado que es un sistema de transporte ferroviario urbano de pasajeros que se caracteriza por ser guiado, así como por tener componentes de inserción urbana que promueven la convivencia del ciudadano con los medios de transporte y se clasifica en tranvía con ruedas neumáticas y tranvía convencional con ruedas de acero. Ahora bien, éste sistema puede ser adecuado a la carga, las ventajas que proporciona un tranvía de mercancías respecto al transporte convencional por camión de acuerdo a (Regué & Astals Coma, 2009) son:

- Menor energía específica comparada con el transporte convencional por carretera (del orden del 50% menor)
- Mejores índices de puntualidad que el transporte convencional, por ausencia de problemas de congestión de tráfico.

- Mejor aprovechamiento de las infraestructuras viarias, desaprovechada en horas valle.
- Reducción del tráfico rodado con motores de combustión interna
- Es viable la utilización de la infraestructura en horario nocturno.
- Colabora a la reducción del nivel del tráfico en las ciudades.
- Los principales cambios que deben realizarse en un tranvía de pasajeros para ser empleado en el transporte de mercancías se pueden agrupar en tres grandes apartados (Regué, 2009):

- a) Elementos que deben eliminarse respecto del tranvía para pasajeros
- b) Nuevos elementos necesarios para el transporte de mercancías
- c) Cambios estructurales debido a las modificaciones anteriores

- El suelo está formado por paneles de aluminio tipo “nido de abeja” de 20 mm en las zonas a nivel de carga (módulos suspendidos) y por planchas de aluminio de 4mm de grosor (módulos con bogi) y los necesarios bastidores, lo que permite una carga de 550kg/m².
- Se han redistribuido los montantes de soporte del techo con el objetivo de ampliar las distancias entre ellos y conseguir unos accesos más amplios en los módulos suspendidos.
- Con el propósito de garantizar la seguridad, tanto del conductor como la de la mercancía a transportar y a fin de favorecer la posibilidad de incorporar vagones para mercancías especiales con productos frescos o refrigerados, se han introducido unos elementos divisorios que permiten la separación completa de los vagones entre sí.
- La modificación de la estructura, con eliminación de las ventanas

Con las modificaciones señaladas el tranvía de carga, representa un ahorro equivalente de hasta 36 furgonetas

VI. TIEMPOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

El análisis que a continuación se expone tiene como finalidad servir de hoja de ruta y aterrizar a la realidad colombiana el hecho de poder materializar lo que en este proyecto parece un sueño; estos pronósticos resultado de la experiencia, no solo nacional sino internacional, permitirán a la sociedad en general hacer una comparación entre la capacidad desarrollada hasta el momento por el país respecto de proyectos de esta envergadura a nivel mundial.

En el caso local, con la creación de Colombia Compra Eficiente por medio de la ley 4170 de noviembre de 2011 y sus plataformas digitales SECOP I y SECOP II se puede llevar una estadística más completa del proceso de contratación estatal, aun así muchos datos o no se encuentran actualizados o no se han reportado, situación que se suma a la dificultad de analizar las etapas de los proyectos de ingeniería por lo que lleva a buscar en medios de comunicación que tienen un archivo aunque no técnico si permite situar cronológicamente el proceso.

El desarrollo de los proyectos ferroviarios en Colombia aunque tuvo un gran auge a finales del siglo XVIII no dio fruto y hoy además de esos 2800 km construidos en esa época, apenas resaltan proyectos como el Metro de Medellín, El Tranvía de Ayacucho en esa misma ciudad, el Regio-Tram o el Metro de Bogotá (estos últimos, firmada el acta de inicio de labores constructivas el 20 de octubre de 2020), situación que amerita volver la mirada a regiones como Europa más precisamente Alemania y España o regiones como Asia con un gran desarrollo y que se refleja en la experiencia de las empresas constructoras de los dos proyectos que se adelantan en el país. Por su parte regiones como Argentina, Brasil o México en América Latina son los casos “más exitosos”.

1. EL CASO COLOMBIANO:

Tabla 22 Principales proyectos férreos urbanos desarrollados en Colombia. Fuente: Elaboración propia.

CODIGO	PROYECTO	CIUDAD	TIPO DE SISTEMA FERREO	LONGITUD	AÑO INAUGURACIÓN	COSTO	CONSTRUCTOR
1	Metro de Medellín	Medellín	Metro ancho de vía estándar (1435mm) con trenes tipo MAN y CAF	34,5 Km	1995	USD \$2.174.000.000	Consortio hispano - alemán
2	Tranvía Ayacucho	Medellín	Tranvía tipo Translohr	4,3 Km	2016	USD \$300.000.000	Agrupación Guinovart Obras y Servicios Hispania S.A. conocida como grupo OHL.
3	Regio-Tram de Occidente	Bogotá-Cundinamarca	Tren-tranvía	39,6 km	2024 (proyectada)	3.600.321.000.000 COP	China Civil Engineering Construction Corporation.
4	Metro de Bogotá	Bogotá	Metro pesado	23,96 km	2028 (proyectada)	4,07 billones de pesos para las obras civiles, 990 millones de dólares para el material rodante y 34 918 millones de pesos para la operación de la línea.	Metro línea 1 S.A.S: Harbour Engineering Company Ltd con una participación del 85% y Xi'an Metro Company con una participación del 15%.

Aunque son pocos los referentes de sistemas de transporte férreo en el país se analizará la gestión de los cuatro proyectos existentes; dos de ellos en operación y dos en etapa de pre-construcción recientemente adjudicados. Medellín y el área metropolitana del Valle de Aburrá cuentan con una mayor experiencia por lo que analizar la gestión y materialización del metro de Medellín y el tranvía de Ayacucho permitirá ilustrar el proceso necesario en el caso nacional de las fases de un proyecto de ingeniería de transporte férreo. Por su parte la experiencia reciente del Metro de

Bogotá y del RegioTram de occidente del Departamento de Cundinamarca sin lugar a dudas abrirá la puerta para que el proceso sea más moderno y eficiente.

a) Prefactibilidad (Ingeniería conceptual)

Tabla 23 Análisis del proceso de Prefactibilidad de los proyectos férreos nacionales. Fuente: Elaboración propia.

PREFACTIBILIDAD				
CODIGO	INICIO	FIN	TIEMPO ESTIMADO	REFERENCIA - OBSERVACIONES
1	En 1969 la Oficina de Planeación Municipal de Medellín realizó una encuesta sobre el origen y destino de pasajeros, que sirvió como referencia metodológica tres años más tarde en el estudio denominado “Rutas Urbanas de Medellín y el Valle de Aburrá”. (RUMVA), que fue realizado por el Instituto Nacional de Tránsito y Transporte (INTRA). En 1977 la Universidad de Medellín presentó un estudio sobre la demanda de viajes a lo largo del corredor del río Medellín y en ese mismo año la Alcaldía de Medellín y la Gobernación de Antioquia presentaron un anteproyecto sobre el transporte masivo en el Valle de Aburrá, en el cual se plantearon tres alternativas de transporte para la franja de 18 metros a ambos lados del río Medellín que eran propiedad del gobierno. Las tres opciones tenían las siguientes capacidades: a) Bus eléctrico: 110 pasajeros b) Premetro17: 200 pasajeros c) Tren eléctrico de tres unidades: 675 pasajeros	En 1978 la dirección del Plan Metropolitano de Medellín entregó un estudio de Prefactibilidad que se denominó “Proyecto de Transporte Rápido Masivo en el Valle de Aburrá”. Respecto a las alternativas seleccionadas, el estudio no definió cuál de ellas se iba a usar ni tampoco qué tecnología. No obstante, sí recomendó que fuera impulsado por corriente eléctrica. Asimismo, definió el trayecto entre Niquía e Itagüí, con 16 estaciones y cuatro posibilidades de ingreso al centro de la ciudad. Finalmente, realizó un análisis de demanda para el metro (Delgado & Fonseca, 1997).	9 años	(Gómez & Mejía, 2015)

2	En el Plan Maestro de movilidad (2006-2020), publicado en el 2007 por la empresa Metro de Medellín, la empresa de transporte masivo del Valle de Aburrá, Colombia (ETMVA), identificó los corredores Verdes de transporte para la expansión de la red de metro. El corredor verde del tranvía de Ayacucho surgió como un sistema de transporte para ampliar la cobertura del sistema de metro, cubrir las demandas de los pasajeros y ofrecer, a un tiempo, mejoras en la accesibilidad.		No Identificado	(Empresa de transporte masivo del Valle de Aburrá Ltda; Metro de Medellín., 2007)
3	El originador de este Proyecto, a saber, la Estructura Plural RegioTram integrada por Torrescamara, Stadler y la constructora Concreto, realizó, por su cuenta y riesgo, los estudios de pre-factibilidad y factibilidad en el año 2014.	Dichos estudios fueron presentados para su aprobación a la ANI, quien, por razones económicas y de operación, no consideró viable la ejecución del proyecto propuesto y por ende rechazó la iniciativa. Sin embargo, los estudios e insumos elaborados por el Originador se consideraron de interés para la función pública de acuerdo con el inciso tercero del artículo 16 de la ley 1508 de 2012 y fueron adquiridos por la entidad.	No Identificado	(Consultoria especializada para la estructuración del proyecto RegioTram de occidente., 2019)
4	A pesar de que la idea del metro de Bogotá se concibió desde 1942 la primera línea empezó a materializarse el 14 de diciembre de 2016 con la constitución de la empresa Metro de Bogotá. Debido a la gran cantidad de estudios, diseños acerca de las posibilidades del metro de Bogotá se omite el hacer un estudio de Prefactibilidad.		70 años	(Empresa Metro de Bogotá, 2020)

b) Factibilidad (Ingeniería básica)

Tabla 24 Análisis del proceso de factibilidad de los proyectos férreos nacionales. Fuente: Elaboración propia.

FACTIBILIDAD				
CODIGO	INICIO	FIN	TIEMPO ESTIMADO	REFERENCIA - OBSERVACIONES
1	En mayo de 1979 se creó la ETMVA para que como organización se encargara de toda la gestión que se venía adelantando para la construcción del metro: Ese mismo año (mayo) la empresa contrató mediante concurso de méritos un grupo de expertos colombianos junto con asesores ingleses de la firma Mott Hay & Anderson International Ltd. para que realizaran el estudio de factibilidad técnica y económica del sistema.	El informe se realizó con base en las conclusiones del trabajo RUMVA en 1972, el cual fue realizado con encuestas de origen y destino y se finalizó en octubre del mismo año (1979).	5 meses	La firma inglesa actualizó el estudio de Prefactibilidad y lo proyectó hacia los años 1983 y 2000. (Gómez & Mejía, 2015)

2	Desde el año 2004 la multinacional IDOM de consultoría, ingeniería y arquitectura inicio los estudios de factibilidad y estudios y diseños e ingeniería de detalle.	Este proceso termino en el 2008 y tuvo un costo total de 120 millones de euros.	4 años	(IDOM, 2016)
3	La EFR por medio del concurso de méritos abierto No. CMA-006-2018 publicado el 5 de septiembre del 2018, adjudicó y suscribió el Contrato de Consultoría No. 034 del 2018 (8 octubre de 2018) con la Unión Temporal EGIS – DELOITTE – DURÁN & OSORIO – SUMATORIA, el cual tiene como objeto la “consultoría especializada para la estructuración integral del proyecto RegioTram de occidente, de conformidad con los términos dados por la empresa férrea regional”.	El estudio de factibilidad denominado "Documento de Estructuración Técnica Proyecto RegioTram de Occidente" fue entregado a la EFR el 25 de junio del 2019.	9 meses	(Consultoria especializada para la estructuración del proyecto RegioTram de occidente., 2019)
4	El 10 de marzo del 2017 se retoma la estructuración técnica, legal y financiera del proyecto. EMB asumió la posición contractual en el convenio 1880 de 2014.	Se recibe el documento final de estudio de factibilidad el 24 de agosto de 2018.	15 meses	(Empresa Metro de Bogotá, 2020)

c) Estudios y diseños (Ingeniería de detalle)

Tabla 25 Análisis del proceso de estudios y diseños de los proyectos férreos nacionales. Fuente: Elaboración propia.

ESTUDIOS Y DISEÑOS				
CODIGO	INICIO	FIN	TIEMPO ESTIMADO	REFERENCIAS Y OBSERVACIONES
1	En septiembre de 1980 se decidió tener un “concepto técnico, externo e imparcial, para verificar la validez y confiabilidad de los estudios presentados por la ETMVA” (DNP-1886-UINF, 1982). Por lo que el DNP21 en conjunto con el Programa de las Naciones Unidas, decidieron contratar dos grupos de expertos en el tema de transporte. Uno de los ellos estaba conformado por los franceses (Michel Bigey y Antoine Hurel) ya mencionados anteriormente, mientras que los integrantes del otro grupo eran	El primer informe de revisión que se entregó al Departamento Nacional de Planeación fue el de Pachón y Esguerra en 1981, unos días más tarde, la misión francesa entregó el correspondiente informe de la revisión del estudio. En abril de 1982 el DNP entregó el primer documento Conpes sobre el Metro de Medellín, donde se resaltaron algunos de los aspectos más importantes del estudio de factibilidad realizado por la ETMVA en 1979 y	2 años	El proceso tuvo diferentes retrasos principalmente por las dudas del DNP. (Gómez & Mejía, 2015)

	colombianos (Álvaro Pachón y Gustavo Esguerra). Su misión era elaborar en conjunto un informe evaluativo de los estudios técnicos y económicos entregados por la ETMVA.	actualizado en 1981, así como de la revisión hecha por la misión francesa y los expertos colombianos. La ETMVA presentó la actualización del estudio de factibilidad definitivo del proyecto en octubre de 1982.		
2	Desde el año 2004 la multinacional IDOM de consultoría, ingeniería y arquitectura inicio los estudios de factibilidad y estudios y diseños e ingeniería de detalle.	Este proceso terminó en el 2008 y tuvo un costo total de 120 millones de euros. Los diferentes sistemas diseñados son: sistema de tickets, acceso a sistema de control, sistema de vigilancia, sistema de megafonía, sistema SAEIV, sistema SIGF, SLT sistema, sistema de detección, cronometría y sistema de GTC-GTE de fuego.	4 años	(IDOM, 2016)
3	A pesar de que la EFR solicitó en la etapa de factibilidad estudios técnicos complementarios para tener una mejor visión del proyecto los estudios y diseños de ingeniería avanzada finales están incluidos en el contrato adjudicado a CHINA CIVIL ENGINEERING CONSTRUCTION CORPORATION. El contrato incluye: Contrato de concesión para que el Concesionario, por su cuenta y riesgo, lleve a cabo todas las actividades necesarias para la financiación, Estudios y Diseños, Gestión Predial, Gestión Ambiental y Social, ejecución de las Obras de Construcción, las Obras de la Fase Previa, las Obras de Adecuación y Reparación de Desvíos, las Obras para Redes, la Operación, el Mantenimiento y la Reversión de la infraestructura correspondiente al Proyecto RegioTram de Occidente, así como la financiación, diseño, instalación, suministro, pruebas, puesta en marcha, Operación, reposición, Mantenimiento y Reversión del Material Rodante y de los Sistemas Ferroviarios de Señalización y la prestación del servicio público de transporte férreo de pasajeros, incluyendo su Recaudo.		N.A.	(Colombia Compra Eficiente, 2020)
4	Se tuvieron en cuenta muchos de los estudios y diseños llevados a cabo por el distrito, a saber: A) Plan Maestro de Transporte Urbano del año 1996 (Documento elaborado por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA)). B) Plan Maestro de Movilidad del año 2006 (Decreto 319 de 2006). C) Diseño Conceptual etapas I, II, III y	El último estudio tenido en cuenta fue el estudio de alternativas, a nivel de perfil preliminar para la optimización de la localización de los patios y talleres de la Primera Línea de Metro de Bogotá-PLMB entregado por la Consultoría Colombiana S.A. el 12 de julio de 2017.	21 años estudios generales. 2 años de estudios específicos para PLM-1.	El contrato obliga al contratista a hacer los diseños de detalle, teniendo como base los diseños de ingeniería básica avanzada que están en el banco de datos de la licitación.

IV entre el 2009 y el 2011 (realizado por la Unión Temporal SENER, ALG, GARRIGUES, SANTANDER, INCOPLAN y TMB.). D) Diseños básicos del año 2015 (por el CONSORCIO L1, formado por las empresas EUROESTUDIOS, IDOM y CANO JIMÉNEZ.). E) Ingeniería de valor del año 2015 (por SENER). F) Estudio comparativo de alternativas de ejecución por tramos y tipologías, optimizar el diseño, sostenibilidad financiera, beneficios económicos, tipología elevada, cronograma y presupuesto estimado de la PLM para la ciudad de Bogotá 2016 y 2017 (por la firma SYSTRA).			(Empresa Metro de Bogotá, 2020)
---	--	--	---------------------------------

d) Estructura financiera

Tabla 26 Análisis del proceso de estructuración financiera de los proyectos férreos nacionales. Fuente: Elaboración propia.

ESTRUCTURA FINANCIERA DEL PROYECTO				
CODIGO	INICIO	FIN	TIEMPO ESTIMADO	REFERENCIAS Y OBSERVACIONES
1	La primera que se entregó fue en octubre de 1983, la cual se definió sobre el cupo de endeudamiento de \$656,28 millones de dólares (\$3.09 billones de pesos a valor constante de 2014), que se autorizó en diciembre de 1982 cuando fue aprobada la financiación para la construcción del sistema.	En septiembre de 1984 esta estructura varió un poco con respecto a la original, aunque el precio total fue muy similar. (Esta problemática surgió por devaluación del marco alemán y la peseta española respecto del dólar).	12 meses	(Gómez & Mejía, 2015)
2	El 1 de septiembre del 2010 se lleva a cabo el convenio interadministrativo entre la empresa de transporte masivo del valle de aburra y la alcaldía de Medellín para buscar el financiamiento y llevar a cabo todo lo necesario para el proyecto del tranvía a Ayacucho.	Para la construcción del Tranvía, el Municipio de Medellín gestionó a través de la Agencia Francesa para el Desarrollo - AFD- un crédito cuyo fin es la construcción del Tranvía de Ayacucho y dos cables	12 meses	(ETMVA y El Municipio de Medellín, 2010)

		que se vio reflejado en el CDP-30008400 del 2011		
3	El 9 de noviembre de 2017 la Nación, el Departamento y la EFR suscribieron un convenio de cofinanciación en el cual se establecieron: (i) los montos que aportarán tanto la Nación como el Departamento, (ii) las vigencias fiscales en las cuales deberán efectuarse dichos aportes, y (iii) se designó a la EFR como ente gestor del Proyecto.	Entre febrero y marzo del 2019 se terminó la estructuración financiera del proyecto.	17 meses	(Empresa Ferrea Regional - Gobernación de Cundinamarca, 2018)
4	Luego de que el Concejo de la ciudad aprobara las vigencias futuras para la construcción del metro, el presidente aprobó las vigencias futuras correspondientes a la Nación. Con los recursos asegurados por ambas partes en noviembre de 2017 se firmó convenio de cofinanciación aprobado por el Consejo Superior de Política Fiscal (CONFIS) el cual tiene por objeto asegurar los recursos para la obra.	el 6 de agosto del 2018 se dio el cierre financiero por medio del contrato de contragarantía y otros documentos.	9 meses	(Empresa Metro de Bogotá, 2020)

e) Licitación

Tabla 27 Análisis del proceso de licitación de los proyectos férreos nacionales. Fuente: Elaboración propia.

LICITACIÓN				
CODIGO	INICIO	FIN	TIEMPO ESTIMADO	REFERENCIAS Y OBSERVACIONES
1	El 17 de febrero de 1983 se publica la licitación y en julio de del mismo año se da inicio a la Licitación Pública Internacional No. 001-83, siendo su objeto el "Diseño detallado, construcción, suministro, transporte, nacionalización, entrega en funcionamiento y capacitación del personal para el Metro de la Ciudad de Medellín y el Valle de Aburrá". En agosto se realiza la	El 29 de julio se cierra la licitación y el 24 de noviembre de 1983 es adjudicado el proyecto al proponente Consorcio Hispano - alemán por un valor total equivalente de USD 580 millones mediante resolución JD-006. Sin embargo, por demandas al Estado colombiano por este proceso se da inicio a una investigación por parte de la procuraduría general de la nación que determina el 2 de julio de 1984 negar las demandas	Licitación: 4 meses, Licitación + investigación: 18 meses	(El Pais edición América, 1984) (Restrepo Vélez, 2011)

	evaluación de las 11 propuestas presentadas.	y confirmar la adjudicación ya hecha.		
2	El 10 de septiembre de 2012 el alcalde de Medellín y el gerente del Metro dieron inicio a las 11:00 a.m. al proceso licitatorio que adjudicará la obra civil del proyecto de Tranvía: Corredor Verde Avenida Ayacucho.	El 12 de febrero de 2013 se adjudicó el contrato a constructora española AGRUPACIÓN GUINOVART OBRAS Y SERVICIOS HISPANIA S.A conocida mundialmente como Grupo OHL.	5 meses	(Colombia Compra Eficiente, 2013)
3	El 22 de julio de 2019 se publicó el Aviso (artículo 30 de la Ley 80 de 1993) por medio de la plataforma Colombia compra eficiente - Secop	El proyecto fue adjudicado el 27 de diciembre del 2019 a la empresa CHINA CIVIL ENGINEERING CONSTRUCTION CORPORATION dando fin al proceso licitatorio	4 meses	(Colombia Compra Eficiente, 2020)
4	En octubre de 2018 se hicieron públicos los requisitos que debían cumplir los interesados en participar en la licitación del diseño, construcción, operación y mantenimiento del metro de Bogotá. El 28 de junio de 2019 se abrió oficialmente la licitación internacional para seleccionar entre los 6 consorcios que resultaron aprobados en la etapa inicial, el encargado de construir y operar la primera línea de metro de Bogotá.	El 16 de octubre de 2019 se adjudicó la licitación al grupo «APCA Transmimetro» conformado por dos empresas de capital público chino: Harbour Engineering Company Ltd con una participación del 85% y Xi'An Metro Company con una participación del 15%.	12 meses	(Empresa Metro de Bogotá, 2020)

f) Construcción – Ejecución

Tabla 28 Análisis del proceso de construcción de los proyectos férreos nacionales. Fuente: Elaboración propia.

CONSTRUCCIÓN				
CODIGO	INICIO	FIN	TIEMPO ESTIMADO	REFERENCIAS Y OBSERVACIONES
1	El 30 de abril de 1985 se da la orden al consorcio para dar inicio a los trabajos de construcción del Metro de Medellín. Para 1987 el proyecto acumulaba un retraso de 23 meses con respecto al cronograma inicial y de acuerdo con el programa se tenía presupuestado terminar el proyecto en mayo de 1990. Los retrasos, llevan al consorcio a paralizar las obras en octubre de 1989. En diciembre de 1989 es aprobada la Ley de Metros (Ley 86 de 1989), permitiendo a las regiones el cobro de una sobretasa a la gasolina y el aumento de la base gravable a las tarifas de los gravámenes de su competencia. En diciembre de 1991, se declara la caducidad administrativa del Contrato 49. En febrero del siguiente año las partes acuerdan la prórroga del proyecto en 36 meses, el pago anticipado de 50 millones de dólares y la intervención de unos amigables componedores para resolver las reclamaciones del consorcio, permitiendo que se revocara la declaración de caducidad en agosto de 1992 y reiniciar las obras en diciembre del mismo año.	La primera prueba técnica del sistema se realiza el 8 de abril de 1994 en un trayecto de 11 km de la Línea A entre los talleres en Bello y la Estación Caribe. El 30 de noviembre de 1995 fue inaugurado el Metro de Medellín en un tramo de la Línea A, entre la estación Niquía y la estación Poblado. Posteriormente se habilita la Línea B el 28 de febrero de 1996 y finalmente entra en operación todo del sistema el 30 de septiembre de 1996 con la inauguración del tramo entre la estación Poblado y la estación Itagüí.	11 años y 5 meses	En total el Metro de Medellín estuvo paralizado durante 38 meses. (Departamento Nacional de Planeación, 1993) (Departamento Nacional de Planeación, 1987) (Metro de Medellín)
2	Se firma el acta de inicio del contrato el 4 de marzo de 2013 con un plazo de 26 meses por un valor total de \$169'439699904 COP.	fue inaugurado el 15 de octubre de 2015 y la operación comercial comenzaría el 31 de marzo de 2016.	2 años y 7 meses	(Colombia Compra Eficiente, 2013) (RCN, 2015)
3	El 8 de enero del 2020 se firma el contrato de concesión y el 25 de junio del mismo año se firma el acta de inicio de las obras para su construcción.	Se espera que el sistema sea inaugurado y entre en operación en el 2024.	4 años	(Colombia Compra Eficiente, 2013)

4	El 27 de noviembre de 2019 se llevó a cabo la firma del contrato entre la Empresa Metro de Bogotá y la empresa «Metro Línea 1 S.A.S» como pasó a llamarse el grupo «APCA Transmimetro», encargada de llevar a cabo los diseños de detalle, construcción y operación de la primera línea del metro de Bogotá. El 20 de octubre del 2020 se firmó el acta de inicio de la construcción.	La fecha estima para su inauguración y entrada en operación es el 2028.	8 años	
---	---	---	--------	--

2. LA EXPERIENCIA INTERNACIONAL

a) Alemania:

Cuenta la red más completa y extensa de la unión europea y se constituye como la sexta red a nivel mundial. La primera línea férrea desarrolla en Alemania se empezó agestar a finales del siglo XIX con una extensión de 8 Km elevados en la ciudad de Berlín; las obras iniciaron en 1896 y seis años después en 1902 fue inaugurado. En octubre de 1913 se terminaría la primera fase compuesta por 4 líneas con una extensión de más de 40 km. Es decir que en esta primera etapa se construyeron 2,6 km de red férrea al año. (BVG, 2020)

Luego, la segunda etapa comprendida entre 1923 y 1930 significó la construcción de más de 80 km de red es decir que en esta etapa se construyeron 12,6 km al año. La última línea fue inaugurada en 1961 con una longitud de 12,5 km construcción que tardo 3 años (4,17 km/año). (BVG, 2020)

Aunque las referencias para el proceso completo del proyecto de ingeniería férreo son de difícil acceso, el proceso de licitación es un sistema moderno y bien estructurado que permite la agilidad de las contrataciones que en su mayoría o son desarrolladas por empresas del Estado o son dadas a concesionarios. Al respecto el observatorio Digiwhist y su mecanismo europeo de responsabilidad pública:

“El organismo de contratación pública es la Agencia de Contratación, que es una organización dependiente del Ministerio del Interior. El número mínimo de licitadores es de 3 para procedimientos abiertos, procedimientos restringidos y procedimientos negociados y no existe un mínimo en caso de acuerdos marco. El período mínimo de presentación es de 35 días para procedimientos abiertos, 30 días para procedimientos restringidos y 30 días para procedimientos negociados a partir de la fecha de envío.”
(Digiwhist, 2020)

b) España:

La historia férrea española ha estado marcada por diferentes procesos marcados por la situación económica y política del país, situaciones que llevaron a extender una amplia red de trenes y tranvías muchos ellos con un ancho denominado ibérico que dificultó la inclusión del sistema con el resto de la comunidad europea. Parte de esta red fue eliminada o modificada. Alicante fue la primera ciudad española (2007), y de las primeras europeas, en contar con el revolucionario tren-tram en su red, capaz de funcionar como tren y como tranvía al fusionar las ventajas de ambos (Empresa FGV: Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana, 2008)

En 1986 es constituida la empresa pública FGV tras transferir las competencias de las líneas de vía estrecha de la comunidad al gobierno autonómico, entre estas líneas estaba la de Alicante - Denia, base del proyecto del TRAM. (Empresa FGV: Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana, 2008) El 17 de marzo de 1999 se puso en marcha, en fase de pruebas, una línea tranviaria en Alicante. Aquella primera línea cubría un recorrido de 675 metros, en plataforma reservada, entre Puerta del Mar y estación de La Marina, y otro de 2.825 metros entre la estación de La Marina y Albufereta, en el que el tranvía compartía vía con el ferrocarril. El 19 de junio del 2000 fue aprobado el proyecto básico del tranvía de Alicante (factibilidad). El 15 de septiembre del

2001 se da inicio a las obras y en agosto del 2003 se inauguran los primeros kilómetros de la nueva línea comunicando el apeadero de 'Puerta del Mar' con *El Campello* en 25 minutos.

(Ciudades para un futuro mas sostenible, 2004) En total el proceso tuvo una duración desde la etapa de pruebas hasta la puesta en marcha del proyecto de 4 años.

El proceso licitatorio español según (Digiwhist, 2020) se caracteriza por:

“El número mínimo de licitadores es 5 para procedimientos restringidos y 3 para procedimientos negociados y diálogo competitivo. El plazo mínimo de presentación es de 52 días tanto para trámites abiertos, trámites restringidos como trámites negociados desde la fecha de envío, que puede reducirse a 37 en caso de que se emita una notificación previa. Los beneficiarios finales no tienen que ser revelados al realizar una oferta.”

c) México:

El caso mexicano al igual que el de la mayoría de países latinoamericanos se ha caracterizado por la dificultad administrativa y económica que lleva a los proyectos a largas demoras; en el caso específico del tren ligero de Guadalajara, es el resultado de la modernización de la ciudad luego de los tranvías del siglo XIX y XX, luego sustituidos por el Trolebús a mediados de la década de los 70'. La línea 1 del tren ligero se pensó desde 1973 antes de la incursión del Trolebús. El proyecto se retomó en 1978 y el 18 de julio de 1980 se concretaron los estudios técnicos, pero aún no se daba luz verde hasta que finalmente el 7 de marzo de 1988 se retiraron los trolebuses y se empezó con la construcción. Finalmente el 1 de septiembre de 1989 es inaugurada la Línea 1, con 15.5 km de extensión y 19 estaciones, 12 superficiales y 7 subterráneas. De tal manera, que el proyecto tuvo una duración total de 16 años. Sin embargo, con la intención de que esta historia no se repitiera, la Línea 2 de 9,6 km fue anunciada en 1990,

las obras iniciaron el 6 de enero de 1992 y dos años más tarde el 1 de julio de 1994 fueron inauguradas, para un total de 4 años.

La última línea, la línea 3 de 21,5 km para el área metropolitana de Guadalajara fue propuesta desde finales del 2012, las obras muy polémicas iniciaron el 7 de agosto del 2014. La fecha inicial pactada para su inauguración fue el 2016 pero tras cuatro años de retraso el 12 de septiembre del 2020 fue inaugurada, para un total de 8 años.

d) Chile:

El Metro de Santiago fue el primer sistema de transporte de ferrocarriles urbanos del país, fue inaugurado en 1975, cuenta con siete líneas operativas (más dos en construcción) con 136 estaciones en total. Es la red de metro más extensa del país, de Sudamérica y la segunda de América Latina, luego del Metro de la Ciudad de México. Además, se encuentra a la vanguardia mundial en el uso de energías renovables, siendo el primer sistema de metro del mundo alimentado por energía solar y eólica, con un 76% de la electricidad que utiliza proveniente de energías limpias. Desde el año 2011 cuando la empresa de los ferrocarriles del Estado EFE sufría pérdidas económicas, se da inicio al Master Plan Ferroviario que incluía el Metro-tren del tipo tren de cercanías entre Santiago y Nos con una longitud de 20 km. Su construcción se inició hacia finales de 2012. Según los planes originales de EFE estaría operativo hacia 2014, pero fue hasta el 17 de marzo de 2017 que entro en operación, en total el proyecto tuvo una duración de 5 años. (Empresa de los Ferrocarriles del Estado EFE, 2018)

3. CONCLUSIÓN 5 – ACERCA DE TIEMPOS DE IMPLEMENTACIÓN

Los proyectos de ingeniería se caracterizan por ser procesos lógicos que requieren una estructuración inicial que se va tecnificando y consolidando y aunque se llegue a estudio y diseños muy detallados no significan el fin de la etapa de estructuración, sino que es transversal a

todas las etapas, razón por la cual la mayoría de proyectos anteriormente mencionados sufrieron algunos cambios que, aunque pequeños se deben tener en cuenta a la hora de comprender la duración del mismo. Es por esto, que la programación y gerencia de los proyectos de ingeniería es un campo tan importante que en determinado momento se ve reflejado en el presupuesto. Con el fin de comprender cuanto le tomaría a la propuesta de construcción de una red férrea para el área metropolitana de Villavicencio de aproximadamente 50 km y que actualmente por carretera en condiciones normales tiene una duración de 80 minutos se han revisado ocho experiencias nacionales e internacionales que permiten concluir:

Tabla 29 Análisis de la duración por etapas de los principales proyectos férreos nacionales. Fuente: Elaboración propia.

Etapas	Metro de Medellín 1995	Tranvía Ayacucho 2016	RegioTram Pre construcción	Metro de Bogotá Pre construcción	Promedio Nacional
Prefactibilidad	108	48	9	840	251,25
Factibilidad	5			15	17
Estudios y Diseños	24			24	26,25
Estructuración Económica	12	12	17	9	12,5
Licitación	18	5	4	12	9,75
Construcción	137	31	48	96	78
Total	304	144	78	996	380,5

En el caso colombiano, se puede apreciar en la Tabla 29, que la etapa de Prefactibilidad tiene una duración entre 9 meses y 840 meses es decir en promedio 251,25 meses. Esta etapa es la de mayor duración puesto que cubre desde que surge el primer proyecto que habla del tema hasta el desarrollo del estudio de factibilidad. Es claro, que el caso del metro de Bogotá es quizás único en el mundo, pero es un reflejo claro de nuestra realidad.

Por su parte, la factibilidad al ser un estudio más técnico que se resume en uno o muy pocos documentos tiene una duración que oscila entre 5 meses y 48 meses, un promedio de 17 meses.

En algunos proyectos no es claro diferenciar entre la Prefactibilidad y factibilidad y algunos de ellos suelen hablar del proceso en conjunto.

Los estudios y diseños, tiene una duración entre 9 y 48 meses, en promedio 26,25 meses. Casos como el del RegioTram más modernos se caracterizan por desarrollar en la misma etapa

Prefactibilidad – Factibilidad y Estudios y Diseños, en tal caso tuvo una duración de 9 meses.

Es común encontrar en los proyectos locales una etapa conocida como estructuración económica y consiste en el momento desde que se recibe el aporte de los gobiernos hasta el cierre final del estudio económico y la manera como se solventara el proyecto. Este proceso va desde 9 hasta 17 meses, en promedio 12,5 meses.

El proceso licitatorio es quizás la etapa más ágil ya que oscila entre 4 y 18 meses, es decir, un promedio de 9,75. Este es de cierta manera proporcional al monto y magnitud del proyecto, tal es el caso del metro de Bogotá que necesito de una etapa previa para definir los participantes o el caso del metro de Medellín cuya licitación se demoró 10 meses por reclamaciones de las partes involucradas.

Finalmente, la construcción es la etapa que depende de más factores y ser más específica a cada proyecto, sin embargo, según el análisis su duración oscila entre 31 y 137 meses, en promedio 78 meses. El promedio nacional del proyecto completo es de 380,5 meses.

Tabla 30 Análisis de la duración por etapas del proyecto tren ligero para el área metropolitana de Guadalajara, México.
Fuente: Elaboración propia.

Etapas	México (Tren Ligero Guadalajara) Línea 1 1980	México (Tren Ligero Guadalajara) Línea 2 1994	México (Tren Ligero Guadalajara) Línea 3 2020	Promedio México 1980-2020
Prefactibilidad	108	24	24	52
Factibilidad				
Estudios y Diseños				
Estructuración Económica				

Licitación				
Construcción	12	24	72	36
Total	120	48	96	88

En México, el proyecto del tren ligero para el área metropolitana de Guadalajara iniciado en 1980 y termino en el 2020, permite reconocer el tiempo estimado en las diferentes etapas, sin embargo, a nivel internacional es más fácil reconocer solo dos etapas, la primera de estructuración que incluye análisis de Prefactibilidad, factibilidad, estudios y diseños, estructuración económica y licitación; y una segunda etapa de construcción o ejecución. Esta primera etapa tuvo un promedio para las tres líneas de 52 meses y la segunda etapa de 36 meses para un total de 88 meses para finalizar el proyecto.

Tabla 31 Análisis de la duración por etapas de diferentes proyectos férreos internacionales. Fuente: Elaboración propia.

Etapas		Alemania (Metro de Berlín) 1896- 1961	España (TRAM Alicante) 2003	Prom. México 1980- 2020	Chile (Metro Tram Nos)	Promedio Internacional
ESTRUCTURACIÓN	Prefactibilidad	Se construyeron 6,5 km por año en promedio, esto indica que siguiendo el modelo alemán de productividad, el proyecto total para Villavicencio tardaría 7 años y 8 meses.	180	52	12	81,3
	Factibilidad					
	Estudios y Diseños					
	Estructuración Económica					
	Licitación					
EJECUCIÓN	Construcción		24	36	51	37
	Total	92,4	204	88	63	111,9

A nivel internacional, en promedio para la estructuración son necesarios 81,3 meses, para la ejecución 37 meses y en total teniendo en cuenta el caso alemán de 111,9 meses. Este referente

Tabla 32 Análisis comparativo por etapas entre el promedio nacional e internacional de los proyectos férreos. Fuente: Elaboración propia.

Etapas	Promedio Internacional	Promedio Colombia
Prefactibilidad	81,3	316,75
Factibilidad		
Estudios y Diseños		
Estructuración Económica		
Licitación		
Construcción	37	78,00
Total	111,9	380,50

plantea una gran disyuntiva entre el promedio nacional y la internacional puesto que según la experiencia local; los proyectos en Colombia tienden a tardarse tres veces más que el promedio internacional. Es necesario, que el proceso

de estructuración en Colombia sea más moderno y eficiente y muestra de ello es el RegioTram o el Tranvía de Ayacucho cuyos proyectos están por debajo del promedio internacional y son un excelente referente para el proyecto del Tren-tram para el área metropolitana de Villavicencio.

RESUMEN DE CONCLUSIONES Y ALGUNAS RECOMENDACIONES

A. Como epílogo de este escrito se presenta a continuación un resumen que resulta de las cinco conclusiones que se plantearon en sendos temas atrás abordados, por lo que, aquí y ahora, se recomienda su relectura:

1ª Acerca de los análisis de los POT de las ciudades involucradas, página 71,

2ª Acerca de los análisis de las concesiones viales, página 81,

3ª Acerca de los estudios de los pares origen / destino, página 105,

4ª Acerca de lo revisado en cuanto a los sistemas de transporte férreo, página 130, y

5ª Acerca de los tiempos de implementación de la Empresa Tren Tranvía del Área Metropolitana de Villavicencio.

B. Como quiera que este Proyecto de Grado incluye apenas el Estudio Inicial y la Propuesta de algo tan ambicioso como crear una Empresa Estatal que construya e implemente el Tren Tranvía del Área Metropolitana de Villavicencio, e involucra a los municipios de Villavicencio, Acacías, Restrepo y Cumaral, para darle la continuidad que se requiere, se recomienda hacerle entrega de este documento inicial, una vez concluido y aprobado el trámite académico:

- A la Gobernación del Departamento del Meta,
- A las Secretarías de Movilidad de las ciudades nombradas y
- A los Bancos de Proyectos de Grado de las Universidades de Villavicencio que podrían estar interesadas en contribuir al desarrollo regional.

C. Se concluye:

1º El Área Metropolitana de Villavicencio en primer lugar resalta la importancia de la preservación de la estructura ecológica principal, la gestión del riesgo y la mitigación del

cambio climático; lo que permite dar paso a un sistema de transporte de carga y pasajeros regional que también contribuya al desarrollo sostenible.

2° En segundo lugar, la regionalización que busca mayores y mejores alianzas estratégicas entre sí que sin lugar a duda permite la implementación no solo del Área Metropolitana, sino de un sistema de transporte que mejore la competitividad de la región y que promueva el desarrollo sostenible y otras medidas como el desarrollo rural con el fortalecimiento de unos usos del suelo bien definidos. Sin embargo, se carece de una moderna y eficiente gestión administrativa y fiscal que además se integre a los sectores económicos y sociales con una participación ciudadana activa.

3° Es necesario que el Área Metropolitana de Villavicencio realice una mayor inversión en vivienda, infraestructura vial y de transporte, en el desarrollo urbano con un aumento de planes parciales, más capacidad para usos de suelo comercial y dotacional que permitan la llegada de inversión a la región con ayuda de recursos del orden nacional e internacional.

4° Muchos son los esfuerzos por seguir consolidando a la región como un centro turístico que atrae muchos visitantes a la “puerta al llano” y que incentiva nuevos modelos de desarrollo como el ecoturismo y esto significa otra gran oportunidad para atraer inversiones y seguir consolidando la región como el centro del crecimiento de la Orinoquia colombiana.

5° En los contratos de las concesiones viales presentes en el área metropolitana de Villavicencio no existe impedimento o riesgo para poder realizar éste proyecto, pues las concesiones son sobre las vías existentes y algunas que se deben construir, incluyendo las estaciones de peaje para los vehículos, pero no se habla de negar la posibilidad a nuevo

sistema de transporte o a una nueva red de infraestructura para el transporte de pasajeros y de carga en el área de estudio dentro del departamento del Meta o de los municipios pertenecientes al área metropolitana de Villavicencio.

6° Según los análisis de pares O-D en el área metropolitana de Villavicencio, se transportan diariamente más de 276 toneladas de carga y se realizan más de 5.000 viajes de pasajeros, además las centralidades se ubican en los sectores administrativo, financiero, comercial, educativo, industrial, y turístico de cada municipio. En consecuencia, con esta realidad, el sistema de transporte férreo debería tener el siguiente recorrido: Acacias- Ruta nacional 65 – Porfía (Villavicencio) – Los Fundadores (Villavicencio) – Avenida 40 (Villavicencio) - Avenida Calle 31 y Carrera 23(Villavicencio) – Puente sobre el río Guatiquía (Villavicencio) – Aeropuerto Vanguardia (Villavicencio) – Ruta nacional 65 – Restrepo – Cumaral.

7° De los siete sistemas férreos analizados se pudo concluir que el Tranvía es el modo más eficiente para los dos tipos de zonas, con un solo sistema; zonas de mediana y alta densidad, separadas por medianas distancias, con capacidad entre 12.000 y 28.000 pasajeros hora/sentido y velocidades entre 30-110 Km/h que podrían reducir los actuales 80 minutos de recorrido a 50 min una reducción cercana a los 30 minutos que se ven reflejados en la economía de sus habitantes, la competitividad de la región, el valor logístico de las mercancías, la sostenibilidad y el bienestar.

8° Se analizaron ocho proyectos (cuatro nacionales y cuatro internacionales) de sistemas de transporte férreo urbanos y regionales según lo cual la etapa que presenta más demoras es la Pre-factibilidad pues se ve afectado por condiciones políticas, económicas y sociales que determinan la necesidad de que en esta etapa más que avanzar en tecnicismos y

estudios se construya un acuerdo social que apunte a consolidar el proyecto mediante una empresa que se encargue de estructurar el proyecto. Esta es una experiencia que se pudo observar en Alemania, Chile, Medellín y la Región Metropolitana de Bogotá cuyos proyectos estuvieron a cargo de la misma empresa durante todas sus etapas, en el caso específico del Área Metropolitana de Villavicencio la constitución de dicha empresa es la solución a los problemas administrativos, fiscales y de participación que tienen los municipios.

9° Por lo anterior, se recomienda que la empresa a constituir ya sea pública, privada o mixta sea creada y pensada para desarrollar los estudios de factibilidad y diseños de ingeniería básica por medio de un concurso de méritos que contrate a un concesionario, cuyo resultado sea un documento que permita llegar rápidamente a la licitación pública que tenga como objetivo los estudios y diseños definitivos, la construcción y operación del sistema. Este modelo es mucho más rápido, económico y permite que el concesionario a su cuenta y riesgo asuma la ejecución del proyecto siendo también una buena experiencia en la lucha contra la corrupción, de este modo, a la administración pública solo le queda la tarea de gestionar los recursos económicos.

10° El proyecto de tranvía, aunque parece muy ambicioso para la región de los llanos, será fundamental según su crecimiento poblacional, económico, cultural y turístico que como se mostró anteriormente desarrollarlo hasta su puesta en marcha en el peor de los casos se tardaría 380 meses (hasta 2050) momento en el que el Área Metropolitana de Villavicencio tendrá más de un millón de habitantes.

11° Se recomienda, que las entidades del Área Metropolitana mantengan sus sistemas de información actualizados con una geo data base bien consolidada que servirá de gran

apoyo para cualquier intento por llevar este proyecto a la realidad y que representó el principal inconveniente para el desarrollo de este proyecto.

12° Es ineludible la necesidad de constituir legalmente el proyecto del Área Metropolitana de Villavicencio que permita cumplir con los objetivos de ordenamiento territorial frente a la regionalización y que permitirá que no solo este, sino que nuevos proyectos tengan éxito.

13° Para tener una perspectiva internacional más amplia frente a los proyectos de transporte férreo se recomienda un análisis que reúna una mayor cantidad de experiencias de otros países.

Bibliografía

- Adad, W., & Camissa, M. (2019). Trenes de Levitación Magnética. *Camara Argentina de la Construcción - FODECO*. Recuperado el 22 de octubre de 2020
- Administración Municipal Villavicencio 2012-2015. (2015). *Rendición publica de cuentas infancia, adolescencia y juventud*. Villavicencio: Alcaldia de Villavicencio.
- Agencia Nacional de Infraestructura - Concesión Vial de los Llanos S.A.S. (5 de mayo de 2015). *cllanos.com*. Obtenido de <http://cllanos.co/site/wp-content/uploads/2017/11/Parte-Especial-Contrato-de-Concesi%C3%B3n-No-4-de-2015-Malla-Vial-del-Meta-Concesi%C3%B3n-Vial-de-los-Llanos-S.A.S..pdf>
- Alcaldia de Acacias. (20 de Enero de 2020). *Alcaldia de Acacias*. Obtenido de <https://www.acacias.gov.co/>
- Alcaldia de Cumaral. (2020). *Alcaldia de Cumaral "Cumaral para vivirla"*. Obtenido de <http://www.cumaral-meta.gov.co/>
- Alcaldia de Restrepo. (2020). *Alcaldia de Restrepo*. Obtenido de <http://www.restrepo-meta.gov.co/>
- Alcaldia de Villavicencio. (04 de 10 de 2016). *Villavicencio cambia contigo*. Obtenido de <http://villavicencio.gov.co/NuestraAlcaldia/SalaDePrensa/Paginas/Parque-automotor-de-Villavicencio-llega-a-casi-80-000-vehiculos.aspx#:~:text=La%20tabla%20de%20veh%C3%ADculos%20automotores,remolques%2C%20y%20en%20la%20categor%C3%ADa>
- Alcaldia de Villavicencio. (01 de 05 de 2020). *Villavicencio cambia contigo*. Obtenido de <http://www.villavicencio.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Presentacion.aspx>
- Bonet, E. (Marzo/Abril de 2015). Transporte inteligente y ciudades digitales. *Politica Exterior*, 29, 166 - 175. Recuperado el 04 de 06 de 2020, de <https://www.jstor.org/stable/43595065>
- Broadway. (10 de Octubre de 2010). El S-Bahn en el area de la ciudad de Dresden. Alemania.
- BVG. (2020). *BVG: Willkommen bei den Berliner Verkehrsbetrieben*. Recuperado el 29 de octubre de 2020, de www.bvg.de
- Ciudades para un futuro mas sostenible. (2004). *Ferrocarriles de la Generalitat Valenciana (FGV)*. Recuperado el 29 de octubre de 2020, de TRAM Sistema de transporte en Alicante (España): <http://habitat.aq.upm.es/bpes/onu04/bp1327.html>
- Colombia Compra Eficiente. (2013). *SECOPI*. Recuperado el 28 de octubre de 2020, de Detalle del Proceso Número: CN2013-0015: https://www.contratos.gov.co/consultas/detalleProceso.do?numConstancia=13-4-1555280&g-recaptcha-response=03AGdBq24AerKMnMO_7Z2aT0njBmI3AFSotUisQ6889uw-BvXemDopd6-jQJNog2vrV4cK0x4_bdR3Ak_hEs3aWshVEFkFvT2hHTb34rzOqPLMt2VkSP0Gxkrfh-vMZiyol2nUCINZ7OhHgdtv6sCu
- Colombia Compra Eficiente. (2020). *SECOPI*. Recuperado el 28 de octubre de 2020, de Información del procedimiento: <https://community.secop.gov.co/Public/Tendering/OpportunityDetail/Index?noticeUID=CO1.NTC.904203&isFromPublicArea=True&isModal=False>

- Concejo municipal de Acacias & equipo formulador. (2019). *Plan Basico de Ordenamiento Territorial*. Acacias: Alcaldia de Acacias.
- Concejo Municipal de Restrepo & Equipo formulador. (2018). *Plan Basico de Ordenamiento Territorial*. Restrepo: Alcaldia de Restrepo.
- Concejo municipal de Villavicencio & Equipo formulador. (2015). *Plan de Ordenamiento Territorial*. Villavicencio: Alcaldia de Villavicencio.
- Congreso de Colombia. (1993). *Secretaria del Senado*. Obtenido de <http://www.secretariassenado.gov.co/>
- Consultoria especializada para la estructuración del proyecto RegioTram de occidente. (2019). *Documento de Estructuración Técnica Proyecto Regiotram de Occidente*. Bogotá D.C.: Empresa Ferrea Regional. Recuperado el 28 de octubre de 2020, de https://www.efercundinamarca.gov.co/sites/default/files/documento-de-estructuracion-tecnica-25062019_0.pdf
- DANE. (2018). *Proyecciones del Censo Nacional de Población y Vivienda*. Bogotá.
- De Caro, L. (2011). *El monorriel: Una propuesta sustentable para la ciudad de Buenos Aires*. Buenos Aires: Instituto Tecnológico de Buenos Aires. Recuperado el 20 de octubre de 2020
- Departamento Nacional de Planeación. (29 de julio de 1987). *Documento DNP 2331*. Recuperado el 28 de octubre de 2020, de Situación actual y perspectivas del proyecto Tren Metropolitano de Medellín: www.dnp.gov.co
- Departamento Nacional de Planeación. (16 de febrero de 1993). *Documento DNP 2640*. Recuperado el 28 de octubre de 2020, de Garantía de la Nación a créditos para el Metro de Medellín: www.dnp.gov.co
- Digiwhist. (2020). *EuroPam*. Recuperado el 29 de octubre de 2020, de Los mecanismos europeos de responsabilidad pública: <https://digiwhist.eu/>
- El País edición América. (2 de julio de 1984). Confirmada la adjudicación del 'metro' de Medellín a un consorcio hispano-alemán. *El País edición América sección economía*. Recuperado el 28 de octubre de 2020, de https://elpais.com/diario/1984/07/02/economia/457567211_850215.html
- Empresa de los Ferrocarriles del Estado EFE. (2018). *Directorio de Transporte Publico Metropolitano - Metrotren Nos*. Recuperado el 29 de octubre de 2020, de <https://www.trencentral.cl/metrotren-nos>
- Empresa de transporte masivo del Valle de Aburrá Ltda; Metro de Medellín. (2007). *Plan Maestro 2006-2030 "confianza en el futuro"*. Medellín: Empresa de Transporte Masivo del Valle de Aburrá Limitada. Recuperado el 28 de octubre de 2020, de https://andretrigosr.files.wordpress.com/2016/10/plan_maestro_metro_2006-2030.pdf
- Empresa Ferrea Regional - Gobernación de Cundinamarca. (2018). *Camara Colombiana de la Ingeniería - XV congreso nacional*. Recuperado el 28 de octubre de 2020, de REGIOTRAM de Occidente: <http://www.infraestructura.org.co/15congreso/presentaciones/miercoles/GOBERNACION%20DE%20CUNDINAMARCA.pdf>
- Empresa FGV: Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana. (2008). *TRAM Evolución Historica*. Recuperado el 29 de octubre de 2020, de https://web.archive.org/web/20130713161259/http://www.fgv.es/wordpress/?page_id=202

- Empresa Metro de Bogotá. (2020). *Metro de Bogotá*. Recuperado el 28 de octubre de 2020, de Historia del Metro de Bogotá: <https://www.metrodebogota.gov.co/historia>
- Empresa Metro de Bogotá. (2020). *Metro de Bogotá*. Recuperado el 28 de octubre de 2020, de Estudios, investigaciones y otras publicaciones: <https://www.metrodebogota.gov.co/estudios>
- Empresa Metro de Bogotá. (2020). *Metro de Bogotá*. Recuperado el 28 de octubre de 2020, de Proceso de selección del Concesionario Integral de la PLMB - Tramo 1: <https://www.metrodebogota.gov.co/?q=transparencia/contratacion/la-licitacion>
- ETMVA y El Municipio de Medellín. (1 de septiembre de 2010). Gaceta Oficial N°3738. *Convenio interadministrativo para el desarrollo, construcción y puesta en marcha del proyecto corredor avenida ayacucho y sus cables alimentadores*. Medellín, Antioquia, Colombia. Recuperado el 28 de octubre de 2020
- Findeter & BID. (2016). *Plan de acción Villavicencio sostenible*. Villavicencio: Lina Maria Orozco.
- Gabinete municipal, Concejo Municipal & Concejo Municipal de Planeación de Acacias 2016 - 2019. (2016). *Plan de desarrollo municipal 2016 - 2019*. Acacias: Alcaldía de Acacias.
- Gabinete Municipal, Concejo Municipal & Concejo Territorial de Planeación Municipal de Restrepo 2016-2019. (2016). *Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019*. Restrepo: Concejo Municipal de Restrepo.
- Garavito, J. L. (2014). *Transporte multimodal de carga en el contexto colombiano*. Bucaramanga: Universidad de Santander.
- Gobernación del Meta. (2017). *Cumaral*. Villavicencio: Gobernación del Meta.
- Gómez , D., & Mejía, J. (6 de Julio de 2015). *Repositorio Pontificia Universidad Javeriana*. Recuperado el 28 de octubre de 2020, de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/21385/GomezLaverdeDavid2015.pdf?sequence=1>
- González, M. (2007). *Los medios de transporte en la ciudad. Un análisis comparativo*. Madrid, España: Ecologistas en acción. Recuperado el 11 de agosto de 2020, de https://www.ecologistasenaccion.org/wp-content/uploads/adjuntos-spip/pdf_Cuaderno_2_Comparativa_medios.pdf
- IDOM. (2016). *Transportes*. Madrid: Gráficas Monterreina S.L.U. Recuperado el 28 de octubre de 2020
- Instituto de Turismo del Meta. (2014). *Observatorio turistico del Meta*. Villavicencio: Gobernación del Meta.
- Lan, C. (2019-2020). “Diplomacia china del ferrocarril” en América Latina. *Orientando*, 10(19), 119-147. Recuperado el 24 de 08 de 2020, de <https://orientando.uv.mx/index.php/orientando/article/view/2460>
- Martínez, A., & Delgado, M. (2018). *Estudio sobre el impacto de la actividad petrolera en las regiones productoras de Colombia. Caracterización departamental Meta*. Cuadernos Fedesarrollo.
- Metro de Medellín. (s.f.). *Historia*. Recuperado el 28 de octubre de 2020, de www.metrodemedellin.gov.co
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2004). *Información practica para formulación de planes de ordenamiento territorial*. Bogotá: Panamericana formas e impresos.

- Observatorio de Conflictos Ambientales Universidad Nacional de Colombia. (2014). *conflicto ambiental: hidrocarburos bloque CPO-9 'Lorito I' - Ecopetrol - Meta*. Bogotá: Observatorio de Conflictos Ambientales.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - Agencia de Desarrollo Rural. (2019). *Plan integral de desarrollo agropecuario y rural con enfoque territorial tomo II*. Departamento del Meta: Seis Ilustres SAS.
- Plocek, R. (2008/2009). *S-Bahn Dresden*. Praga: Seminario de trabajo sobre el proyecto Red de la República Checa y Europa.
- Prieto, W. M. (2002). Concesiones viales en Colombia. Historia y desarrollo. *Tecnura* 10, 18-26.
- Quintero González, J. (2017). Beneficios ambientales, sociales y económicos del tranvía y el tren ligero: valoración de. *Revista Transporte y Territorio*(17), 203-228. Recuperado el 11 de agosto de 2020, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=333053372010>
- RCN. (15 de octubre de 2015). Medellín inaugura primera línea del tranvía de Ayacucho. Recuperado el 28 de octubre de 2020
- Redacción Economía y Negocios. (19 de Octubre de 2019). Villavo superó a otras 4 capitales en población en los últimos 13 años. *El Tiempo*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/>
- Regué, R., & Astals Coma, F. (2009). Tranvía para mercancías basado en una plataforma convencional de transporte para viajeros. <https://www.researchgate.net/>, 8.
- Restrepo Vélez, M. (15 de marzo de 2011). Pasado, presente y futuro de la empresa de transporte masivo del Valle de Aburrá Ltda. Medellín. Recuperado el 28 de octubre de 2020, de file:///C:/Users/Cristian/Downloads/5_Empresa_Transporte_%20Valle_Aburra-Restrepo_Maria-2011_Presentacion.pdf
- Rodríguez Bugarín, M., & Novales Ordax, M. (2009). *Tranvitrén y tren-tranvía Hacia una mejora del aprovechamiento de las infraestructuras ferroviarias*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- Secretaría de planeación - Gobernación del Meta. (2003). *Caracterización municipal del departamento del Meta*. Villavicencio: Gobernación del Meta.
- Steer Davies Gleaves. (2016). *Plan Maestro para el Aeropuerto Vanguardia*. Recuperado el 28 de octubre de 2020
- Universidad Distrital Francisco José de Caldas & Alcaldía de Acacias. (2018). *Plan Básico de Ordenamiento Territorial*. Acacias: Alcaldía de Acacias.
- Universidad Nacional de Colombia. (2013). *Formulación del plan de movilidad para el municipio de Villavicencio*. Bogotá: ediciones UNAL.
- Xiongbín Lin, J. Y. (2018). High-speed rail as a solution to metropolitan passenger mobility: The case of ShenzhenDongguan-Huizhou metropolitan area. *Journal of Transport and Land Use*, 11(1), 1257-1270. Recuperado el 23 de 08 de 2020, de <http://www.jstor.com/stable/26622454>