CORREDORES PARA UNA INFRAESTRUCTURA FERREA DE LA SABANA DE BOGOTÁ

PRESENTADO POR:

JENNY PAOLA GIL GIL CÓDIGO: 504652

CRISTINA MEDINA MONROY CÓDIGO: 504708

DOCENTE ASESOR:

ING. HEBERTO RINCON RODRÍGUEZ

ALTERNATIVA DE TRABAJO DE GRADO:

INVESTIGACIÓN

BOGOTÁ, D. C., 31 DE OCTUBRE DE 2018

Nota de aceptación:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Firma del presidente del Jurado

_____

Firma del Jurado

_____

Firma del jurado

PERIODO: 2018-II

PROGRAMA ACADÉMICO: INGENIERIA CIVIL

ESTUDIANTE: JENNY PAOLA GIL GIL **CÓDIGO** 504652

ESTUDIANTE: CRISTINA MEDINA MONROY **CÓDIGO** 504708

DIRECTOR: ING. HEBERTO RINCON RODRÍGUEZ

ALTERNATIVA: TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO: CORREDORES PARA UNA INFRAESTRUCTURA FERREA DE LA SABANA DE BOGOTÁ.

ALTERNATIVA: Trabajo de Investigación.

LINEA DE INVESTIGACIÓN: Gestión y Tecnología para la sustentabilidad

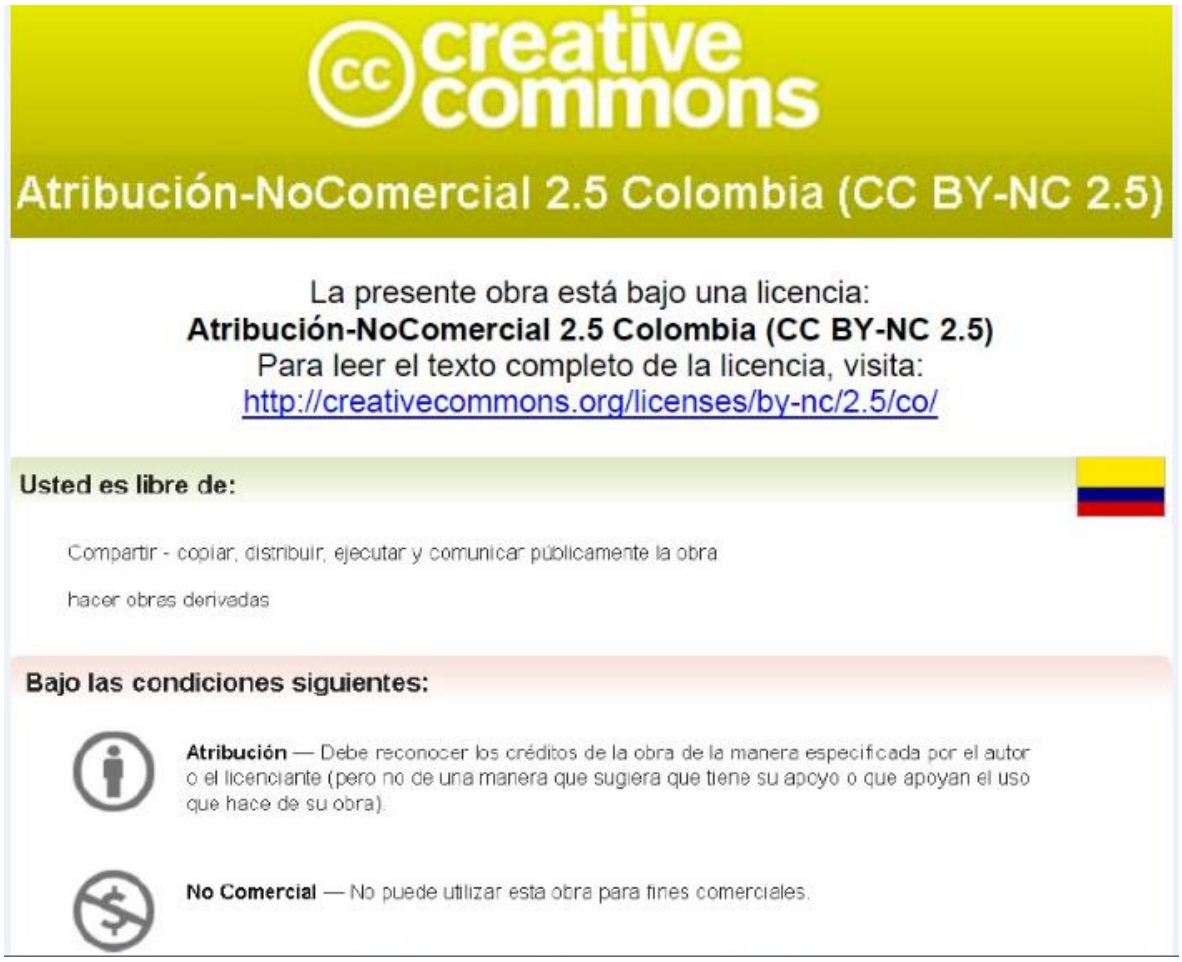

creative commons
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)
La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)
Para leer el texto completo de la licencia, visita:
http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/
Usted es libre de:
Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas
Bajo las condiciones siguientes:
Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).
No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 12

2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN 13

3. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 21

4. MARCO DE REFERENCIA 28

4.1. MARCO TEÓRICO. 33

4.2. MARCO CONCEPTUAL 35

4.3. MARCO HISTÓRICO 37

4.4. MARCO LEGAL 40

4.5. ESTADO DEL ARTE 42

5. OBJETIVOS 49

5.1. General 49

5.2. Específicos 49

6. ALCANCES Y LIMITACIONES. 50

7. METODOLOGÍA 52

7.1. DESAFIOS INTERNACIONAL TRANSPORTE FERROVIARIO EN BOGOTA 52

7.2. DESAFIOS DEL TRANSPORTE FERROVIARRIO 54

7.3. INTERRELACION MUNICIPAL 57

7.3.1. POBLACION 57

7.3.2. MOVILIDAD. 60

7.4. MODELACION Y DISEÑO PARA UNA INFRAESTRUCTURA FERREA 64

7.4.1. GENERALIDADES 64

7.4.2. DEFINICIÓN DE LOS CORREDORES 66

7.4.3. ALTIMETRIA DE LOS CORREDORES 75

7.4.4. EXACTITUD 81

7.4.5. DISEÑO GEOMETRICO DE LA VÍA FERREA 84
7.4.6. OBRAS DE ARTE 92
7.5. UNA PROYECCION DE INVERSION Y TIEMPO 96
7.5.1. INVERSION 96
7.5.2. CRONOGRAMA 100
7.5.3. ETAPAS DE EJECUCION 102
8. RESULTADOS 106
8.1. ANTECEDENTES – DESAFIOS 106
8.2. INTERRELACIÓN MUNICIPAL 107
8.3. MODELACIÓN Y DISEÑO PARA UNA INFRAESTRUCTURA FERREA .. 107
8.3.1. Corredor Chía – Mosquera 109
8.3.2. Corredor Mosquera - Soacha 113
8.3.3. Corredor Tabio - Madrid 117
8.3.4. Corredor Sur Bogotá (Autopista Sur con Av. Villavicencio) - Bogotá (Usme) 121
8.4. PROYECCIÓN DE INVERSION Y TIEMPO 126
8.4.1. PREDIOS 126
8.4.2. CONSTRUCCIÓN 127
8.4.3. COSTO TOTAL 127
8.4.4. CRONOGRAMA 128
9. CONCLUSIONES 129
9.1. INTERRELACION MUNICIPAL 129
9.2. MODELACIÓN 130
9.3. DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA FERREA 132
9.4. PROYECCION DE INVERSIÓN Y TIEMPO 134
10. ANEXOS 135
11. BIBLIOGRAFIA 136

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Destrucción e incendio del Tranvía (1948) 14

Figura 2: Mapa con la red férrea colombiana 16

Figura 3: Trolebuses CCF-Brill modelo T44 de 1947 18

Figura 4: Mapa de rutas del TMB 19

Figura 5: Trazado de Regiotram 25

Figura 6: Metro de Bogotá 26

Figura 7: La Sabana de Bogotá 30

Figura 8: Visión de este Trabajo de Grado, Futura red Férrea de La Sabana de Bogotá .. 32

Figura 9: Tren de la "memoria" 39

Figura 10: Rutas del tren de alta velocidad 45

Figura 11: Global ERTMS contracted tracks (km) in Europe 46

Figura 12: Red Férrea de Boston 53

Figura 13: Carga por modo de transporte en Colombia 56

Figura 14: Motivos para llegar a vivir en Bogotá y su entorno 58

Figura 15: Motivos de viaje que tiene a Bogotá como punto de origen 59

Figura 16: Viajes entre todos los municipios del entorno 60

Figura 17: Medios de transporte para realizar desplazamientos intermunicipales 61

Figura 18: Tiempos de desplazamientos intermunicipales 62

Figura 19: Tren de la Sabana 67

Figura 20: Estación de la Sabana - Chocontá 68

Figura 21: Regiotram Corredor Occidental 68

Figura 22: Regiotram Corredor Sur 69

Figura 23: Proyección del Tramo 1 del Metro de Bogotá 69

Figura 24: Corredor Chía - Mosquera 71

Figura 25: Corredor Mosquera - Soacha 72

Figura 26: Corredor Tabio - Madrid 73

Figura 27: Corredor Sur 74

Figura 28: Creación de Polígono 75

Figura 29: Guardar archivo 76

Figura 30: Polígono en Global Mapper 76

Figura 31: Configuración de Projection 77

Figura 32: Fuente de datos 78

Figura 33: Mediciones altimétricas 79

Figura 34: Generación de curvas 79

Figura 35: Exportación de datos 80

Figura 36: Punto georreferenciado por el IGAC 81

Figura 37: Datos del Punto georreferenciado por el IGAC 81

Figura 38: Ubicación del Punto IGAC en Google Earth 82

Figura 39: Ubicación del Punto IGAC en Global Mapper 82

Figura 40: Creación de superficie 84

Figura 41: Configuración de dibujo 85

Figura 42: Creación de alineación 86

Figura 43: Curvas en planta 87

Figura 44: Diagrama de peralte 88

Figura 45: Perfil longitudinal 88

Figura 46: Sección de la vía Férrea 89

Figura 47: Obra lineal 90

Figura 48: Líneas de muestreo 90

Figura 49: Sección Transversal 91

Figura 50: Puente sobre el río Bogotá 92

Figura 51:Puentes del Corredor Sur 93

Figura 52: Cronograma Guía 100

Figura 53: Etapa 2 103

Figura 54: Etapa 2 104

Figura 55: Etapa 3 105

Figura 56: Esquema Gral. 108

Figura 57: Corredor Chía - Mosquera 109

Figura 58: Corredor Mosquera Soacha 113

Figura 59: Corredor Tabio - Madrid 117

Figura 60: Corredor Sur 122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Marco Legal Internacional 40

Tabla 2: Marco Legal en Colombia 41

Tabla 3: Población por Municipio 57

Tabla 4: Proyección de Alcantarillas 94

Tabla 5: Proyección de Estaciones 95

Tabla 6: Presupuesto Guía 97

Tabla 7: Presupuesto Guía 98

Tabla 8: Costo m2 99

Tabla 9: Etapas 102

Tabla 10: Etapa No.2 104

Tabla 11: Etapa No.3 105

Tabla 12: Elementos de las curvas horizontales 111

Tabla 13: Elementos de las curvas verticales 112

Tabla 14: Volumen total 112

Tabla 15: Obras adicionales 113

Tabla 16: Elementos de las curvas horizontales 115

Tabla 17: Elementos de las curvas verticales 116

Tabla 18: Volumen total 116

Tabla 19: Obras adicionales 117

Tabla 20: Elementos de las curvas horizontales 119

Tabla 21: Elementos de las curvas verticales 120

Tabla 22: Volumen total 120

Tabla 23: Obras adicionales 121

Tabla 24: Elementos de las curvas horizontales 123

Tabla 25: Elementos de las curvas verticales 124

Tabla 26: Volumen total 124

Tabla 27: Obras adicionales 125

Tabla 28: Costo predios 126

Tabla 29: Costo total 127

Tabla 30: Costo total 127

Tabla 31: Duración 128

1. INTRODUCCIÓN

Dado los problemas que se presentan de la movilidad en la capital de Colombia y sus alrededores, se genera esta propuesta de trabajo de grado, que busca generar una ruta para la gestión de un sistema de líneas férreas que permita unir varios centros urbanos de la Sabana de Bogotá.

Esta propuesta define los corredores de rutas en un macro proyecto que aporta a una solución a los inconvenientes de la movilidad, un proyecto amigable con el medio ambiente, generando una mejor calidad de vida para la comunidad beneficiada del mismo.

El ferrocarril es un modo de transporte que actualmente usan países como Estados Unidos de América, Europa y Japón entre otros, donde es considerado el sistema más rápido para el transporte mixto (personas y carga). De tal manera se tomarán dichos ejemplos para definir los corredores para las rutas de un sistema en la sabana de Bogotá.

2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Cuando el hombre llego a la invención de la rueda encontró que también era necesario desarrollar un sistema que le permitiera desplazarse fácilmente para cubrir necesidades como el transporte de carga y pasajeros. De esta forma esté empezó a buscar e implementar soluciones prácticas que aportaran al desarrollo de las ciudades, fue así como emprendió la construcción de caminos y trochas que al pasar de los tiempos se convirtieron en vías.

Con la llegada del desarrollo a finales del siglo XVIII el inglés James Watt invento la primera máquina de vapor y en 1804 el inglés Richard Trevithick invento la primera máquina locomotora, estos hechos apresuraron el avance de las industrias y permitieron que 20 años más tarde apareciera el primer servicio de ferrocarril. Durante el siglo XIX, gracias a la guerra civil americana el medio de transporte de ferrocarril tuvo una evolución considerable la cual le permitió la creación de empresas que buscaban el avance económico de la humanidad, así como la construcción de vías para comunicar fácilmente ciudades y de este modo mejorar los tiempos de desplazamiento de las personas y la carga.

En 1835 la revolución alcanzo a Colombia con la expedición de la primera ley de concesiones ferrocarrileras otorgadas a los cantones de Panamá y Portobello para desarrollar un ferrocarril que uniera al océano atlántico y pacífico. Para 1865 se iniciaron las líneas al interior del país (Barranquilla, Cúcuta, Medellín, Pacifico,

Santa Marta, la Dorada, sabana de Bogotá y Girardot) las cuales fueron financiadas[1] por la nación (50%), entidades privadas (30%), departamentos (13%) y asociaciones mixtas (7%). Fue muy complicado y casi imposible culminar la mayoría de los trayectos ferroviarios por eso en 1884 se inauguró el primer tranvía jalado por mulas, el cual fue administrado por Bogotá City Railway Company hasta 1910 cuando fue vendida al municipio y llegaron los tranvías eléctricos que permitieron reducir los tiempos de viaje, recorrer mayores distancias y ampliar la cobertura a otras ciudades. (LA OTRA OPINION, s.f.)

Figura 1: Destrucción e incendio del Tranvía (1948)

*Tomado de: (*UNIVERSIDAD DISTRITAL, s.f.)

[1]La forma en la cual se financiaron las principales líneas férreas del país fue con la emisión de billetes respaldados por el estado o departamento dueño de la línea férrea.

El primer tranvia electrico fue importado en 1908; la compañía encargada fue Ferrocarril de Bogota en colombia, el primer servicio se inauguro el 1 de diciembre de 1884 desde el parque Santander hasta la calle 57; con el pasar del tiempo el tranvia se extendio hasta la plaza de Bolivar. El tranvía presto un gran servicio a la ciudad hasta 1951 cuando se liquidó la empresa debido a la quema de los vagones del bogotazo (9 de abril de 1948). En 1954 fueron creados los ferrocarriles nacionales de Colombia, FNC, con el fin de unificar el sistema de transporte férreo. La administración unificada de toda la red prioriza la construcción de aquellos tramos que faltaban: El Pintado-Angelópolis, los ramales del eje cafetero y el Ferrocarril de Atlántico, que reemplazaría el tramo navegable del Magdalena.

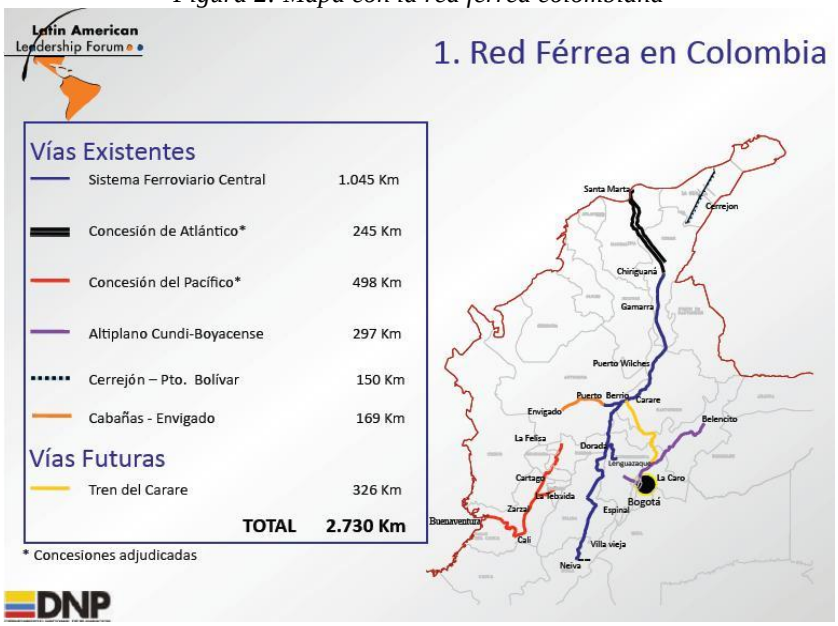
El ferrocarril de Nariño entre El Diviso y Tumaco, que se inauguró en 1942, es reemplazado por una carretera y se decide levantar los rieles, labor que termina en 1964, de forma similar en 1951 se decidió levantar los rieles de los ferrocarriles de Cúcuta y Cartagena. El ferrocarril de Bolívar – Puerto Colombia – Barranquilla- había sido desmantelado en 1932, después de las obras de dragado de las Bocas de Ceniza que permitieron la entrada de buques de gran calado a la actual capital departamental. En ese mismo año el gobierno desiste del proyecto del Ferrocarril del Norte, cuando solo se había construido hasta Barbosa, y decide priorizar la construcción del Ferrocarril del Atlántico.

En 1959 la Nación compra a particulares el Ferrocarril de Caldas, en 1960 la Gobernación de Cundinamarca firma la entrega de los ferrocarriles de

Cundinamarca a la Nación, y en 1961 el Ferrocarril de Antioquia pasa a ser administrativo por los Ferrocarriles Nacionales. Los demás tramos que ya estaban al servicio ferrocarriles de Tolima y Huila, de Girardot, del pacifico, habían sido incorporados desde 1954 con la expedición de la Ley No. 3129. (NIETO, 2011)

Los primeros ferrocarriles se construyeron mediante el sistema de concesiones otorgado por la ley 104 de 1882. Para 1987 había 3300 Km de vía férrea pero solo 2600 Km estaban en uso con el 20 por ciento de las locomotoras. (LA OTRA OPINION, s.f.)

Figura 2: Mapa con la red férrea colombiana



Tomado de: (LA OTRA OPINION, s.f.)

Mediante la ley 21 de 1988, se implementó el modelo organizacional mixto en el cual el estado administra la infraestructura ferroviaria y el sector privado asumirá la operación, para esto se crean La Sociedad Colombiana de Transporte

Ferroviario STF S.A., El Fondo Pasivo Social de Ferrocarriles Nacionales de Colombia y La Empresa Colombiana de Vías Férreas, FERROVIAS.

Entre 1991 y 1995 se aprobaron inversiones por US$338 millones para rehabilitar 1606 Km, pero la mala planificación no permitió el desarrollo de la inversión; para 1998 se retoma la idea y el gobierno colombiano toma la decisión de entregar la totalidad del sistema en concesión para que sea rehabilitado, mantenido, operado y desarrollado por el sector privado, con esto se busca rediseñar la infraestructura, operación y administración del sistema férreo, con el fin de convertirlo en un sector más competitivo, llamativo y que pueda estar al mismo nivel de los otros modos de transporte.

El tren ha sido de gran influencia para el país, tiene un efecto significativo sobre la productividad y eficiencia del sector productivo, fue el que impulso la solución a los problemas de navegación del rio Magdalena, contribuyo con la integración física y socioeconómica del territorio, especialmente en la exportación del café, el transporte de maquinaria, equipos y carga, el desarrollo de la tecnología, genero nuevos empleos, incremento el turismo, mejora los niveles de competitividad a nivel regional.

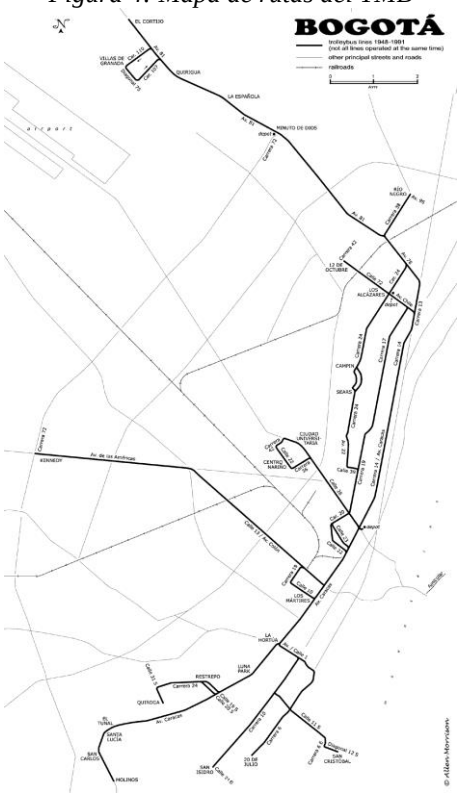
En la actualidad la red férrea existente se dedica al transporte de minerales y algunos pasajeros casuales, por lo cual se busca una mayor utilización tanto en transporte de carga como de pasajeros. (LA OTRA OPINION, s.f.)

Tranvía Municipal de Bogotá (TMB), abrió la primera línea de trolebuses, entre el depósito de tranvías de la calle 26 y la Ciudad Universitaria, el 12 de abril de 1948. La ruta que fue ampliada por la Av. Caracas hasta los Mártires y La Hortua.

Figura 3: Trolebuses CCF-Brill modelo T44 de 1947

Tomado de: (MORRISON, 2006)

Figura 4: Mapa de rutas del TMB



Tomado de: (MORRISON, 2006)

El TMB corrió su último tranvía el 30 de junio de 1951. Entre 1956 y 1959 compró 70 trolebuses usados desde tres sistemas de transporte de los Estados Unidos: 10 trolebuses Pullman desde Greenville, Carolina del Sur, en 1956; 10 trolebuses Brill desde Baltimore, Maryland, en 1957; y 50 trolebuses –20 construidos por Brill y 30 por Marmon-Herrington– desde Kansas City, Missouri, en 1959. En este último año, el servicio de autobuses de Bogotá, tanto a gasolina como eléctricos, fue transferido a la nueva Empresa Distrital de Transportes Urbanos. La EDTU construyó un nuevo depósito para sus 90 trolebuses en la esquina de Av. Chile y Carrera 24 y extendió sus líneas al norte por la Av. Caracas, hasta los barrios

llamados 12 de octubre y Minuto de Dios. También enumeró sus rutas y renumeró sus trolebuses.

Para 1991 solo 80 de los 250 trolebuses estaban en servicio y de los 195 km de red aérea, solo eran usados 125 km. Ingenieros rusos fueron convocados a Colombia para tratar de salvar el sistema. Los ingenieros informaron que la mayoría de los vehículos podrían ser recuperados y una nueva compañía, Trolebús Bogotá S.A., fue formada para operarlos. Pero nunca funcionó. El último trolebús de Bogotá corrió la noche del jueves 15 de agosto de 1991 y la Empresa Distrital de Transportes Urbanos fue liquidada a fines de ese año. (MORRISON, 2006)

Con el pasar de los años hemos visto como Bogotá y su Sabana ha perdido la oportunidad de hacer historia, aprovechando el privilegio de ser la capital con un relieve bastante plano, para generar una visión futurista de la movilidad, solucionado los problemas actuales con tecnologías que estén a la vanguardia y no con aquellas existentes que en muy pocos años se vuelven obsoletas. Es por esto que este proyecto hace parte de una vision inicial de a nivel de introducción para desarrollar nuevas etapas con diseños y estudios que avalen la factivilidad de la ejecucion del proyecto.

3. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La administración pública realizo un estudio donde se reflejan los problemas que atraviesa la ciudad actualmente en la movilidad, tales como, cogestión en horas pico, demasiados carros particulares, contaminación del medio ambiente, demoras en los desplazamientos, falta de rutas para acceder a las cercanías de la ciudad, entre otras, así mismo se evidencia que las estrategias implementadas no han sido efectivas por esto se refleja la necesidad de implementar un sistema multimodal que permita un transporte rápido y cómodo para la ciudadanía al igual que para la industria. (JIMENEZ, 2010)

Estos inconvenientes se presentan por el continuo incremento en la población de la ciudad de Bogotá. Desde la segunda mitad de siglo XX el número de habitantes en la capital ha crecido significativamente con respecto a la población residente en la sabana; hasta el año 1951 Cundinamarca superaba a Bogotá en más de 190.000 habitantes; en adelante esta relación se invierte y tan solo en una década Bogotá ya registraba 500.000 habitantes más que Cundinamarca.

Al iniciar el siglo XX la tasa anual de crecimiento poblacional para Bogotá se había estabilizado cerca del 2.0%, y la población total de Cundinamarca equivalía al 30% de la población residente en Bogotá.

Esta tendencia del crecimiento urbano acelerado en la década de 90 se debió más a la conformación de Bogotá como una ciudad con una oferta atractiva para la

mano de obra y por los servicios que tenían una cobertura sumamente alta. (CUERVO, 2017).

En el periodo entre 1938 y 1951 se registraba tasa de crecimiento del 5.5% y para el periodo entre 1951 y 1964 la tasa pasó a 6.9%, estos son unos indices de crecimiento sumamente altos si los comparamos con las tasas de las siguientes decadas. Antes de la decada de 1950 el crecimiento poblacional de la capital se mantenia muy similar a la de las otras ciudades colombianas, pero a partir de esta decada se incrementa sustancialmente como resultado de la primicia de Bogotá como un centro industrial nacional y el efecto de la violencia en el escenario rural.

De acuerdo a lo anterior en Bogotá se ha generado una gran demanda en los diferentes servicios y necesidad de transporte, para esos habitantes que han llegado a la ciudad, según esto las entidades encargadas del manejo han intentado mitigar estos problemas con las siguientes propuestas como desarrollos de infraestructura:

(1) La propuesta del STM Transmilenio en el año 1999 emerge como una alternativa para dar solución a los principales problemas de movilidad en Bogotá. Su inserción en la ciudad, que debería guardar coherencia con los lineamientos del nuevo modelo de ciudad y con la nueva estructura del sistema de movilidad en la ciudad. (Silva Aparicio, 2010). Como se evidencia en la actualidad Transmilenio fue una solución a corto plazo, la cual no fue proyectada para el crecimiento que se genero en la ciudad de Bogotá, lo que hoy en día causa aglomeración en las estaciones de transmilenio, provocando

inseguridad en las mismas; la falta de buses interfiere en los intervalos de espera y en los tiempos de recorridos, sin contar que es un medio de transporte que cuenta con buses que constantemente contaminana el medio ambiente con las emisiones de CO2.

El decreto distrital 309 de 2009, "por el cual se adopta el Sistema Integrado de Transporte Público para Bogotá D.C." lo que hoy en dia se conoce como el SITP, el cual quiere hacer la integración todos los modos de transporte, incluido la primera linea del metro pesado, los metro-cables (TansmiCable), los trenes ligeros y las otras troncales de TM, proyectos que se contemplanron en el acuerdo 489 de 2012, según el Plan de Desarrollo Distrital de la Alcaldía de "Bogota Humana", de acuerdo a este decreto *el SITP será una red de transporte publico articulada, organizada, con tarifa integrada a traves de un unico medio de pago y de facil acceso con cobertura en toda la ciudad, que permite movilizar a los ciudadanos con unas mejoras condiciones de viaje.*

Para realizar la integración que quiere lograr este sistema se priorizaron los corredores por donde circulaban las rutas con mayores demandas de pasajeros, estableciendose cinco tipos de rutas: (Lara, 2013)

- Rutas troncales.
- Rutas urbanas.
- Rutas alimentadoras.
- Rutas complementarias.

- Rutas especiales.

En la actualidad esta integración no ha dado los resultados esperados ya que la malla vial por la que circulan constantemente presenta fallas estructurales, tanto por los carriles exclusivos de TM como por los mixtos. Problemas a los cuales el IDU y Transmilenio tratan de dar solución con contratos de mantenimiento y mejoramiento. (ANNA ESBJORN, s.f.)

(2) El tren ligero (REGIOTRAM) es una obra que pasara por el corredor férreo entre la carrera 10ª y el municipio de Facatativá. Se estima que tendrá 18 estaciones, 12 de las cuales estarán en la capital y las restantes en Mosquera, Madrid, Funza, sector El Corzo y Facatativá, que contará con dos paraderos, tendrá una extensión de 41 kilómetros, de los cuales 26 quedarán en Cundinamarca y los restantes 15 en Bogotá. La obra se desarrollará a través de un sistema de alianza publico privada, el costo de la construcción se estima en 5.5 billones de pesos, de los cuales el 70% ($3.85 billones) corresponderán a recursos privados y el 30% ($1.65 billones) a recursos de la Nación y la Gobernación. (ROA, 2017)

Figura 5: Trazado de Regiotram

Tomado de: (acción, 2016)

(3) El metro como solución para el incremento que se tendrá de población para el 2020 de 8,3 millones de habitantes en la ciudad de Bogotá, tendrá una longitud comercial de 25,29 kilómetros, será 100% elevado y se construirá en tres etapas. En estos 25 kilómetros se tendrán 15 estaciones, 10 de intercambio con TransMilenio. La primera línea del metro de Bogotá ha sido concebida bajo parámetros de eficiencia energética y medio ambiental, operará con luz y ventilación natural, lo cual representa ahorros muy importantes en las fases de obras y operación, el sistema será 100% eléctrico. La estructura será sismo resistente, a una altura que irá entre los 7 y 12 metros según las condiciones de la vía y la infraestructura existente, donde surgirán millones de metros cuadrados de espacio público, zonas verdes, andenes, plazoletas y ciclorrutas, con

iluminación natural. El metro será la columna vertebral de uno de los mejores sistemas de transporte público del mundo. Para el año 2030, 80% de los bogotanos tendrán una línea de transporte masivo, metro o troncales a menos de 1 km de distancia. (Bogotá., 2017)

Figura 6: Metro de Bogotá

*Tomado de: (*Bogotá., 2017)

De acuerdo con lo anterior se puede evidenciar que la administración de Bogotá ha tratado de mitigar la demanda de población con el desarrollo de estos sistemas. Pero a su vez el IDU y la Administración Distrital reconocen que la ciudad de Bogotá tiene un atraso de más de una década en temas del sistema vial y transporte público, uno de los problemas que identifica el Distrito es que el parque automotor en Bogotá ha crecido en 70%, entre automóviles, vehículos del sistema de transporte, motos entre otros, en los últimos 16 años, pero la ciudad por ahora cuenta con las mismas vías de hace 20 años. (SANTAFE, 2017).

La Alcaldia de Bogotá, la Gobernación de Cundinamarca y las alcaldías de la sabana y otros requieren la visión de nuevos escenarios para el desarrollo de infraestructura de transporte (ampliada a toda la sabana, no solo a Facatativa con regiotram), en este caso el tren.

El crecimiento poblacional de la ciudad afecta directamente a los municipios que se encuentran a su alrededor, debido a la cercania, en la decada de 2005 a 2015 el pais tuvo un crecimiento poblacional del 12% mientra que en los municipios que comprenden la sabana de Bogotá el crecimiento fue del 25%.

De lo expuesto anteriormente surge la siguiente pregunta:

¿Cuáles son los corredores como interconexiones de una infraestructura para un servicio ferreo para la movilidad de pasajeros y carga en la Sabana de Bogotá?.

4. MARCO DE REFERENCIA

En la actualidad Colombia presenta una problemática de movilidad pública urbana, en el caso de Bogotá las fallas más evidentes son: baja calidad en la prestación del servicio, operación ineficaz, precaria cobertura, insuficiente frecuencia de rutas de buses y una infraestructura deficiente o subutilizada.

A pesar de que, en la capital de Colombia, las entidades encargadas tratan de mitigar todas estas problemáticas, se ha visto que esto no es suficiente, ya sea porque se presenta corrupción en los desarrollos de los proyectos de infraestructura, un claro ejemplo de esto fue la fase III de TransMilenio que tenían adjudicados los señores Nule. Aunque toda la culpa no se le puede atribuir a la corrupción y a las empresas prestadoras del servicio, también se debe tener en cuenta que la población no cuenta con la cultura de cuidado y respecto en dicho modo de transporte como lo es SITP, en una ciudad que recibe habitantes desde diferentes partes de Colombia y el mundo, donde nadie se apropia de ella.

A pesar de esto, los problemas en Bogotá se dimensionaron a partir de los años 50, con el incremento de la población a causa de los desplazamientos forzados que se realizaban en las zonas rurales y la industrialización de la capital, para ese tiempo Cundinamarca superaba a Bogotá en más de 190.000 habitantes; en adelante esta relación se invierte y tan solo una década Bogotá ya registraba 500.000 habitantes más que Cundinamarca.

Actualmente Bogotá y Cundinamarca cuentan con más de 7 y 2 millones de habitantes respectivamente. Las proyecciones de población para el año 2020, estiman un incremento de población cerca al 24% para Bogotá, y al 19% para Cundinamarca. (URBANO, s.f.)

Dado esto se genera la necesidad de visionar unos corredores de una infraestructura férrea que nos permita realizar conexión de Bogotá con algunos municipios de Cundinamarca.

Para estos corredores que realizamos en este proyecto de investigación profundizamos únicamente en la generación de corredores para la infraestructura férrea referente a las líneas que se puedan hacer entre los municipios de Cundinamarca que se escogieron y Bogotá, lo que quisimos conformar con esta visión es que la Sabana de Bogotá se encuentre intercomunicada entre sí, con recorridos de menor tiempo y mejor comodidad. Para escoger los municipios tuvimos en cuenta la población, industria y topografía; los costos que puede crear la construcción de este macro proyecto no serán tratados, dado que no se puede estimar un valor real, ya que en el país no se ha generado una visión de tal magnitud y no se cuentan con los conocimientos específicos ni el tiempo para generar un presupuesto de tal dimensión.

La sabana de Bogotá se encuentra delimitada por una cadena montañosa que hace parte de la cordillera oriental, los principales pueblos son: Bojacá, Mosquera, Madrid, Funza, Facatativá, Subachoque, El Rosal, Tabio, Tenjo, Cota, Chía, Cajicá,

Zipaquirá, Nemocón, Sopó, Tocancipá, Gachancipá, Sesquilé, Sibaté, Soacha, Zipacón, Chocontá y Guatavita.

A continuación, se presenta un gráfico de la sabana de Bogotá como escenario de esta propuesta.

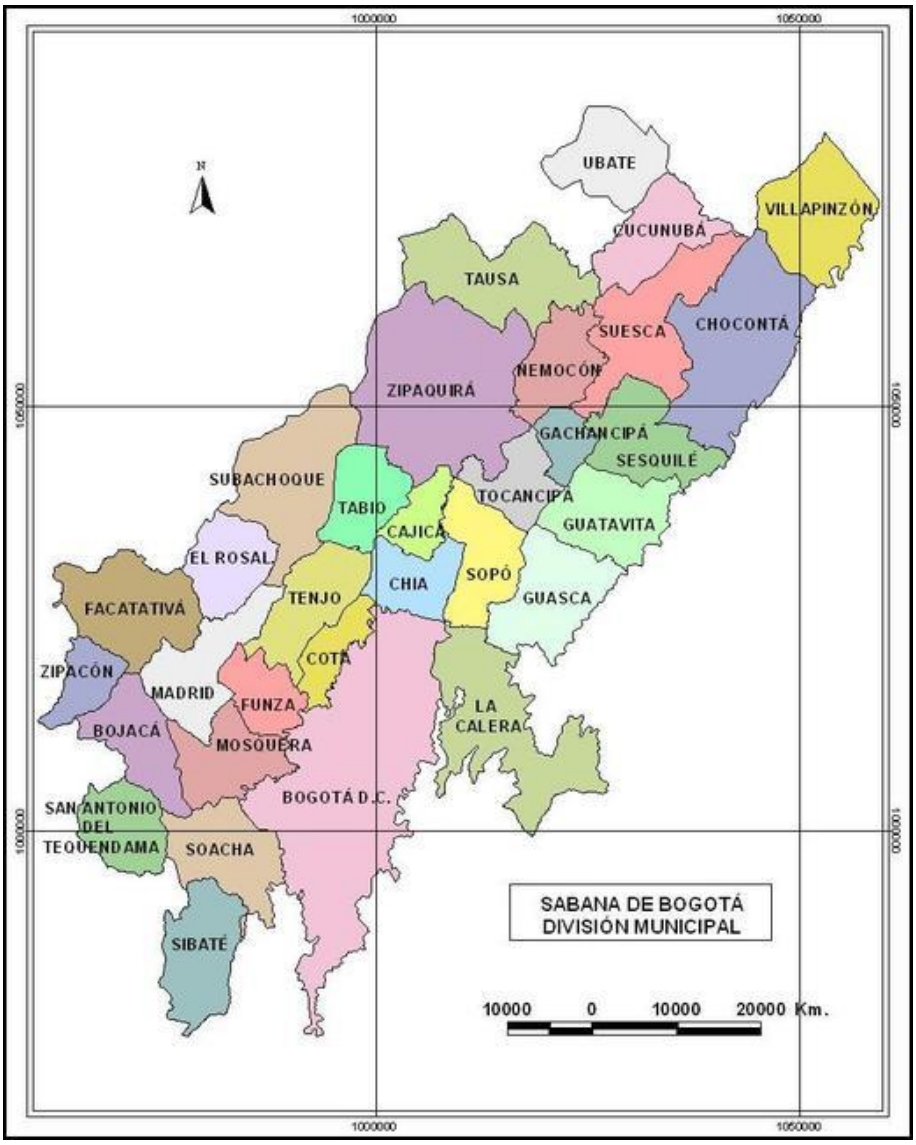


Figura 7: La Sabana de Bogotá
*Tomado de: (*somoscundinamarca.weebly.com, s.f.)

Para determinar los pueblos que se conectaran con dichos corredores se analizó las diferentes fuentes de información secundarias existentes, que cuentan con estudios realizados para la factibilidad y soporte de algún proyecto, tales como:

- Volumen de tránsito y transporte “APP ACCESO NORTE DE BOGOTÁ – ACCENORTE”, realizado por la ANI.

- Cartilla de indicadores, encuesta de movilidad “EMUB2015”, realizado por la secretaria de movilidad.

- Apoyo del gobierno nacional al sistema de transporte público de Bogotá y declaratoria de importancia estratégica del proyecto primera línea de metro-tramo 1, Documento “CONPES 3900”, realizado por el departamento nacional de planeación de la república de Colombia.

- Apoyo del gobierno nacional a la política de movilidad de la región capital Bogotá -Cundinamarca y declaratoria de importancia estratégica del proyecto sistema integrado de transporte masivo – Soacha fases II Y III, Documento “CONPES 3882”, realizado por el departamento nacional de planeación de la república de Colombia.

- Informe ejecutivo de modelación de la demanda realizado por la secretaria de movilidad de Bogotá.

-

De igual forma se buscó e indagó con mayor profundidad para encontrar información para el desarrollo de nuevas etapas del proyecto, a continuación, se muestra una visión de la perspectiva de esta etapa con este Trabajo de Grado.

Figura 8: Visión de este Trabajo de Grado, Futura red Férrea de La Sabana de Bogotá

Tomado de: Propias a partir de imágenes de google Maps

4.1. MARCO TEÓRICO.

Para el trazado de un corredor de una vía férrea se tienen consideraciones similares a las del trazado geométrico de una vía estándar o construida en concreto rígido o flexible, los aspectos de interés radican en el tráfico esperado y la clase de vehículos que se movilizaran por la vía, en este caso un tren, de manera conceptual abarcamos los factores que influyen en el corredor ferroviario al igual que los parámetros de corredor.

Asimismo, la introducción de los temas anteriores permite tener conocimiento para la definición de los corredores que efectuamos, aclarando que en este proyecto no se realizó el diseño geométrico de los corredores férreos, solo se planteó un trazado donde se pueden ver los corredores que comunican la Sabana de Bogotá. Para esto se tuvo en cuenta el Manual de Normativa Férrea, expedida por el Ministerio de Transporte, en el cual nos indica los aspectos técnicos de diseño, construcción, operación, control y seguridad de las líneas férreas.

Lo anterior lo tuvimos como complemento de los conocimientos adquiridos dentro del plan de estudios propuestos para el pregrado de Ingeniería Civil, como Geomática, proyecto de Carreteras y Costos.

El desarrollo del proyecto se realizó utilizando varias aplicaciones y programas que permitieron la investigación, recolección y selección de los Municipios que se tuvieron en cuenta según la información que previamente se

consultó, para el trazado de los corredores de la vía férrea, desarrollo y definición de dichos corredores.

4.2. MARCO CONCEPTUAL

Para el desarrollo de este trabajo fue importante analizar la movilidad la cual se conceptualizo en los desplazamientos origen-destino que tienen lugar en ciudades, ya sea por medio de transportes motorizados o no motorizados, particulares o colectivos (MENDOZA, 2017), transportando pasajeros urbanos e intermunicipales, estas personas realizan un viaje en algún tipo de transporte de igual forma es necesario transportar algún tipo de carga, formando un conjunto de cosas que se transportan juntas, las cuales generan un peso o presión respecto a otra o a la estructura que se transporta, que en nuestro caso es un sistema de transporte ferreo el cual va guiado sobre una vía ferrea, que le permite a una region, zona territorial delimitada por caractiristicas comunes, comunicarse con facilidad entre si en nuestro caso tuvimos en cuenta los Municipios que hacen parte de la división de la Sabana de Bogotá.

Lo que se quiere lograr con este proyecto es el enlace de la zona periferica, rural que es donde la población es menor 2500 habitantes y la urbana es aquella donde viven mas de 2500 personas, mejorando las posibilidades de educación, la cual permitira una mejor formación destinada a desarrollar la capacidad intelectual, moral y efectiva, de salud generando un bienestar fisico, mental y social, de comercio, basandose en el intercambio de bienes y servicios entre diversas personas o naciones.

El gobierno, las personas y organismos que dirigen nuestra nacion, han

tratado de lograr una mejor calidad de servicios en la cual se encuentra el transporte, que hasta el día de hoy no se ha podido cumplir esa meta vemos atrasos en la movilización entre centros urbanos que son los lugares financieros, comerciales, direccionales y simbolicos de una ciudad.

4.3. MARCO HISTÓRICO

El primer ferrocarril que se construyó en Colombia fue el de Panamá, no mucho después de haberse construido el de Inglaterra el primero de todos. El ferrocarril de Panamá sería el primero de índole interoceánica al enlazar los océanos pacífico y Atlántico; debería superara la divisoria de aguas entre ambos mares.

La Compañía del Canal de Panamá fue formada por Totten y Trautwine en 1849 con base en una ley del Congreso de Colombia que databa de 1826. La vía del ferrocarril de Panamá, de 77 kilómetros de largo, se concluyó en 1855, construida inicialmente en trocha de 1,435, la que ahora se llama normal, pero casi de inmediato fue pasada a cinco pies, 1,524 metros. El nombre del ingeniero Trautwine fue muy conocido entre nosotros por su manual de ingeniería. Colombia perdió ese su primer ferrocarril en 1903. (GREIFF, s.f.)

Con el propósito de comunicar Bogotá con el rio magdalena a la altura de Puerto salgar En julio de 1889 se inauguró el ferrocarril de la sabana el cual contaba con una extensión de 40 km, la construcción se contrató desde 1783 pero los trabajos se iniciaron hasta 1882 y fue solo hasta 1953 que construyeron las últimas líneas férreas, alcanzando su máximo convirtiéndose en el principal corredor turístico y de pasajeros.

En 1917 se inauguró la estación central del ferrocarril de la sabana construida por el ingeniero inglés William Lidstone, ubicada en la calle 13 con 8,

esto permitió direccionar el crecimiento y desarrollo de la ciudad; así mismo sirvió como base para la expansión de las vías férreas hacia el resto del país las cuales se unieron bajo la administración de los Ferrocarriles de Colombia. (BANREPCULTURAL, s.f.)

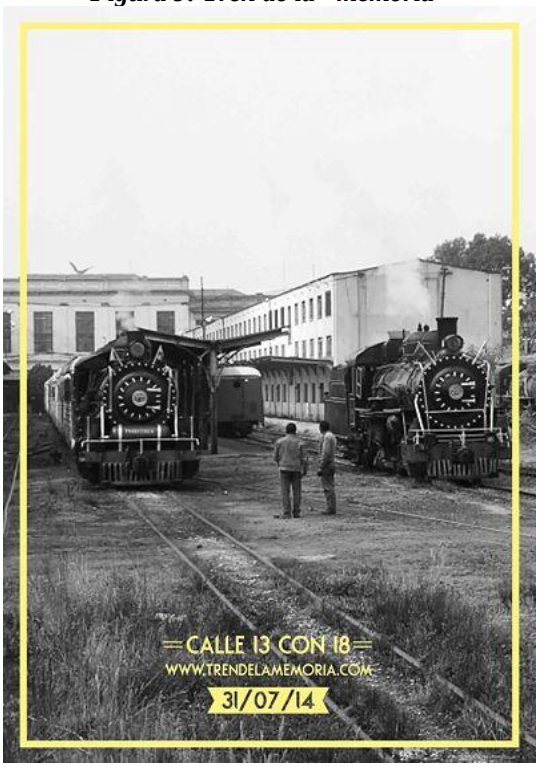
Para 1998 el gobierno colombiano toma la decisión de entregar la totalidad del sistema en concesión para que sea rehabilitado, mantenido, operado y desarrollado por el sector privado; en la actualidad estas adjudicaciones han permidido rediseñar la infraestructura, operación y administración del sistema férreo, con el fin de convertirlo en un sector más competitivo y llamativo para los inversionistas, y que quede al mismo nivel que los demás modos de transporte en el país; esto a permitido el crecimiento del sistema en el transporte de carga pero se pretende ampliarlo igualmente en el transport de pasajeros.

El ferrocarril de la sabana es un corredor de 53 km que contaba con 8 estaciones las cuales eran: la sabana, puente Aranda, Usaquén, ramal Samper, san Antonio, la caro, Cajicá y Zipaquirá, las cuales en la actualidad solo se encuentran activas las estaciones de: la sabana, Usaquén, la caro, Cajicá y Zipaquirá. La estación de san Antonio en la actualidad es usada como comedor comunitario. (TURISTREN, s.f.)

Todo esto demuestra que la infraestructura ferrea tiene un efecto significativo sobre la productividad y eficiencia del sector productivo del país, además por su efecto multiplicador es un soporte fundamental para el desarrollo

económico por ser el motor de crecimiento de muchos sectores por que se reducen costos de transacción, transporte e insumos, incrementa la productividad y mejora las condiciones de competir a nivel regional y global.

Figura 9: Tren de la "memoria"



Tomado de: (MINISTERIO DE CULTURA, s.f.)

4.4. MARCO LEGAL

Dentro del desarrollo de nuestro trabajo, se identificaron las bases sobre las cuales El Ministerio de Transporte en Colombia y los demás países de Latinoamérica consideraron para los respectivos manuales de Diseño y mantenimiento de vías férreas. (CONSORIO APYPSA-ARDANUY, 2012)

Tabla 1: Marco Legal Internacional

MARCO LEGAL INTERNACIONAL		
NORMA	**PAIS**	**DESCRIPCIÓN**
AREMA	Norteamérica	La American Railway Engineering and Maintenance of Way Association, Es una asociación de los Estados Unidos de América que fue fundada en octubre de 1997 y se dedica a la emisión y el estudio de prácticas recomendables a nivel técnico en el diseño, construcción, explotación y mantenimiento de las infraestructuras ferroviarias.
ARR	Norteamérica	La American Association of Railroads se define como la Asociación de Normas para los ferrocarriles norteamericanos, y que tiene por fin la edición de normas y estándares válidos para la red ferroviaria de Norteamérica y México, centrándose en mejorar la seguridad y aumentar la productividad y eficiencia de la red.
UIC	UE y otros	La Unión Internationale des Chemins de Fer es la asociación mundial para la cooperación entre los principales actores del sector ferroviario internacional, entre los cuales se encuentran los países de UE (Alemania, Francia, Reino Unido y España). El objetivo es la mejora de los sistemas de construcción y explotación de ferrocarriles interoperables.
Japanese Railway Std.	Japón	Documento que regula los requisitos a cumplir por los operadores ferroviarios, seguridad ferroviaria, especificaciones técnicas y regulación de la circulación y operación ferroviaria.
ARTC	Australia	La Australian Rail Track Corporation Ltd., este organismo es propietario de la mayor parte de la red ferroviaria y entre sus responsabilidades esta la gestión de la red, el mantenimiento de la infraestructura, inversión de capital en los corredores y fomentar el desarrollo de nuevos negocios relacionados con la red ferroviaria.

Fuente: (CONSORIO APYPSA-ARDANUY, 2012)

A continuación, se realiza un inventario de las leyes que regulan de forma

directa o indirecta el modo férreo en Colombia:

Tabla 2: Marco Legal en Colombia

MARCO LEGAL EN COLOMBIA		
LEY	**DESCRIPCION**	**ESTADO**
LEY 79 DE 1920	Sobre policía de ferrocarriles	Vigente, con algunas actualizaciones de articulado realizadas en los años 1953, 1962, 2002 y 2010.
LEY 146 DE 1963	Por la cual se ordena a la Nación, Departamentos y Ferrocarriles Nacionales, la construcción de unas obras y se reglamenta la futura construcción de carreteras y líneas férreas	Vigente, con algunas actualizaciones de articulado realizadas en el año 1993.
LEY 21 DE 1988	Por la cual se adopta el programa de recuperación del servicio público de transporte ferroviario nacional, se provee a su financiación y se dictan otras disposiciones	Vigente. La ley fue reglamentada por los Decretos: 1591 de 1989, 1590 de 1989, 1589 de 1989, 1588 de 1989, 1587 de 1989 y una sentencia judicial del año 1999.
LEY 769 DE 2002	Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones	Vigente. Modificada en varios artículos por la Ley 1383 de 2010
LEY 1383 DE 2010	Por la cual se reforma la Ley 769 de 2002 – Código nacional de Tránsito, y se dictan otras disposiciones	Vigente. Esta ley fue modificada por la ley 1450 de 2011.
DECRETO LEY 1587 DE 1989	Por el cual se dictan normas generales para la organización y operación del sistema de transporte público ferroviario nacional	Vigente. Este decreto aplica en las materias que regula en complemento con la Ley 769 de 2002 Código de transito y transporte, modificada por la Ley 1383 de 2010
DECRETO 3110 DE 1997	por el cual se reglamenta la habilitación y la prestación del servicio público de transporte ferroviario.	Vigente
RESOLUCIÓN 693 DEL 15 DE SEPTIEMBRE DE 1998	Por la cual se reglamenta la autorización para los permisos de cruce “ferrovías”	Vigente, con modificaciones por la Resolución 0153 de 2003, y posteriormente las dos resoluciones, esto es la 693 de 1998 y la 0153 de 2003 fueron adoptadas por la Resolución 366 de 2006 expedida por el INCO
RESOLUCIÓN 184 DEL 6 DE ENERO DE 2009	Por la cual se establecen las tarifas correspondiente a los operadores y usuarios de transporte ferroviario de carga y pasajeros en el corredor del sistema férreo central	Vigente
RESOLUCIÓN 241 DEL 24 DE MAYO DE 2011	Por la cual se fija el procedimiento para el otorgamiento de los permisos para el uso, la ocupación y la intervención de la infraestructura férrea nacional concesionada	Vigente

Fuente: (CONSORIO APYPSA-ARDANUY, 2012)

4.5. ESTADO DEL ARTE

Evaluaciones

Durante los últimos 60 años el crecimiento de la ciudad ha sido considerable, esto nos ha llevado a preguntarnos para dónde va la movilidad en Bogotá, es por esto por lo que los expertos "Gilles Duranton" (Motoa, 2017) y "Eduardo Behrentz" han analizado la situación y han llegado a las siguientes conclusiones:

- Implementación de pico y placa por horas y sectores
- Semáforos inteligentes
- Reparcheo de calles
- Evitar el parqueo incorrecto
- Aumentar los impuestos
- Cobro de peajes en algunos sectores
- Cambiar el modelo cultura de los ciudadanos (REVISTA SEMANA, 2012)

Adicionalmente cada vez que hay cambio de alcalde o de presidente se analizan los problemas y posibles soluciones en conjunto con la ANI y entidades reguladoras de la movilidad, por ejemplo, para este año se propone:

- La implementación del tren de cercanías o tren ligero, el cual conectara a cuatro municipios, recorrerá 41.1 Km, tendría 18 estaciones y llegaría hasta Facatativá. Se le adjudicaría a REGIOTRAM. (TIEMPO, 2017)

- La ejecución de la primera línea del metro tendrá una longitud de 25.29 Km con 15 estaciones, será elevado y se construirá en tres etapas. (Bogotá., 2017)
- La ejecución y culminación de algunas vías que permitan descongestionar la ciudad.

Realizaciones

Desde hace más de 60 años se han concebido proyectos que mejorarían la movilidad en Bogotá, dentro de esto encontramos la avenida longitudinal, ALO, la prolongación de la Av. Ciudad de Cali, la construcción del metro, la implementación del sistema integrado de transporte, el tren de cercanías, entre otros, de los cuales algunos se están tratando de ejecutar y otros quedaron en diseños o proyectos por cumplir.

De igual forma se ha tratado de implementar el proyecto de transporte urbano sostenible (SUTP), el cual permitiría planear una ciudad donde se integre el desarrollo urbano con el transporte, creando una ciudad orientada al transporte publico optimizando la malla vial y su uso, promoviendo el uso de vehículos limpios, fomentando las caminatas y el uso de bicicletas. (Vivir, 2015).

Como se puede hacer sostenible ambientalmente

El gobierno ha realizado estudios y propuestas que permitirían hace sostenible ambientalmente el sistema de transporte en Bogotá, es por esto por lo que

se siguen los lineamientos establecidos en los principios de ecuador[2], los cuales nos permiten implementar prácticas corporativas para entidades financieras, con pautas para la gestión valoración y evaluación de riesgos sociales y ambientales de los proyectos. (FINANCIERA DE DESARROLLO NACIONAL, 2016)

> *"Transporte sostenible: La sostenibilidad en el transporte es un concepto poliédrico: se puede hablar de una sostenibilidad económica, orientada fundamentalmente a la resolución de las situaciones de congestión que vive el transporte en muchos puntos, pero también a la interiorización del coste derivado, y de la sostenibilidad medioambiental, ligada directamente a la influencia que los sistemas de transporte ejercen sobre el medio ambiente a través de la emisión de gases o partículas contaminantes, los accidentes que provoca el vertido de sustancias peligrosas al mar, por ejemplo, o el cumplimiento de los tratados y acuerdos concretos sobre esta materia, como el Protocolo de Kioto de 1997, suscrito por la Unión Europea durante el año 2002."*[3]

[2] El 4 de junio de 2003, diez bancos líderes de siete países anunciaron la adopción de los "Principios de Ecuador ", una serie de directrices elaboradas y asumidas de manera voluntaria por los bancos para la gestión de temas sociales y ambientales en relación con el financiamiento de proyectos de desarrollo.

[3] http://www.euroregio.eu/es/otras-cooperaciones/transporte-sostenible

Donde se han desarrollado los sistemas ferroviarios

Los europeos han sido pioneros en la tecnología ferroviaria impulsando el servicio unificado en Europa, esta integración de servicios ferroviarios se logró gracias a la unión de varios países europeos, lo cual significo grandes beneficios en el área económica y ambiental. Tuvieron que superar varios desafíos, la interoperabilidad técnica (por ejemplo en términos de ancho de vía, tensión eléctrica, diseño de material rodante, etc.), la unificación de los 15 diferentes sistemas de control de tráfico ferroviario, pero lograron implementar el sistema europeo de gestión del tráfico ferroviario, denominado ERTMS (European Rail Traffic Management System), el cual les permitió desarrollar un sistema de transporte efectivo que permite que los pasajeros puedan tener una experiencia confortable. (RODRÍGUEZ, 2010)

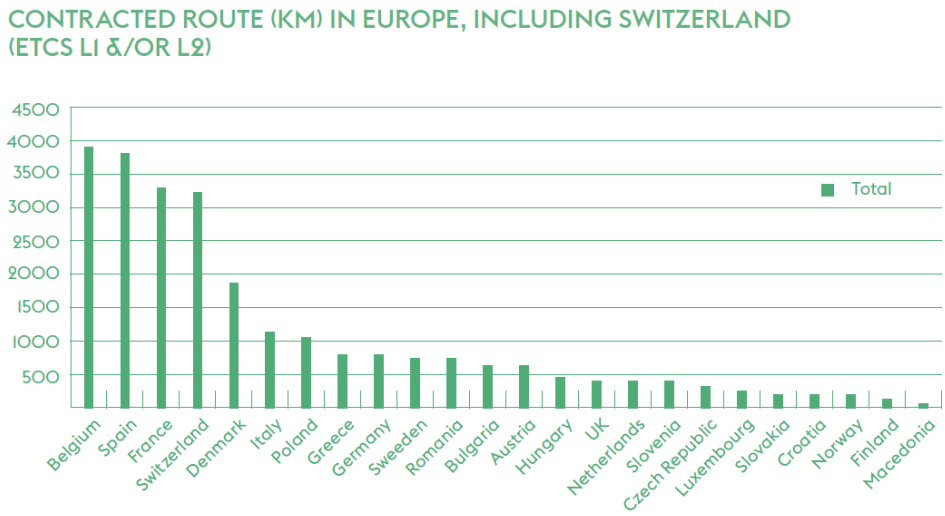
Figura 10: Rutas del tren de alta velocidad

Tomado de: (EURAIL, s.f.)

En la actualidad los trenes están equipados con hasta siete sistemas de navegación, adicionalmente el desarrollo europeo se ha establecido como un estándar mundial por lo que países como China, Taiwán, Corea del Sur, India, Argelia, Libia, Arabia Saudita, México, Nueva Zelanda o Australia han aportado con programas de inversión ERTMS.

A continuación, se muestran la implementación del ERTMS por país:

Figura 11: Global ERTMS contracted tracks (km) in Europe



Tomado de: (ERTMS, 2017)

<u>El tiempo en relación con la tecnología</u>

- 1769 se inicia la evolución con la maquina a vapor
- 1802 primera línea férrea publica al sur de Londres
- 1804 primera locomotora a vapor
- 1814 se construye la locomotora Blucher
- 1829 la locomotora Rocket alcanza una velocidad de 48 km/h
- 1835 en Bélgica se abre la primera línea continental

- 1853 se construye la primera locomotora de vapor en España
- 1858 el tren alcanzo velocidades de 130 km/h y nació el concepto y aplicación de vagones restaurante
- 1890 la electricidad se introduce en el metro
- 1897 primer tranvía eléctrico en España "tranvía san Sebastián"
- 1903 Alemania alcanza el récord mundial de velocidad 210 km/h
- 1990 los franceses alcanzan el récord mundial de tracción eléctrica con una velocidad de 513.3 km/h
- 1994 se construye la compañía Serveis Ferroviaris de Mayorca
- 1997 primer servicio comercial de tren de alta velocidad euromed a 200 km/h
- 2003 se inaugura el corredor de alta velocidad Zaragoza - Huesca
- 2011 los alemanes implementan la levitación magnética con una velocidad de 330 km/h
- 2014 innovación de tren de alta velocidad con comodidades y tecnologías
- 2015 Japón implementa el tren maglev batiendo el récord mundial con una velocidad de 603 km/h

La novedad del momento es la implementación de tecnologías como el magnetismo que permiten prescindir de las vías comunes debido a que el tren se desplaza dentro de una guía-viga de hormigón con forma de "u". *La tecnología está basada en el simple principio de atracción y repulsión magnética: los dos polos de un imán se atraen si son de distinto signo y se repelen si son del mismo. En el fondo,*

el funcionamiento de cualquier motor eléctrico está basado en el mismo principio, pero aquí se aplica de otra forma, explica Iñaki Barrón, director de Alta Velocidad de la Unión Internacional de Ferrocarriles. (PINA, 2017)

Otra tecnología implementada en los trenes es la eléctrica, su funcionamiento es parecido a los trenes normales, la alimentación eléctrica del sistema de tren empieza en subestaciones eléctricas que alimentan una serie de puestos de rectificación ubicados a lo largo de la vía del tren. Los puestos de rectificación rectifican la corriente alterna de las subestaciones, a corriente continua, para alimentar la línea aérea de contacto, que son las líneas (cables aéreos) que se pueden apreciar sobre la vía de un tren. Es decir, la línea de cable aéreo lleva tensión en continua. (TRANSPORTE PERÚ, 2011)

5. OBJETIVOS

5.1. General

Determinar un esquema general de corredores para la interconexión de los centros urbanos de la Sabana de Bogotá por medio de una vía férrea como base para un proyecto futuro de pre factibilidad y factibilidad.

5.2. Específicos

- Indagar y determinar mediante fuentes secundarias la cantidad de personas que usan el transporte público en los municipios hacia y desde Bogotá.
- Determinar cuáles son los centros urbanos que se pueden comunicar de acuerdo con su topografía, urbanismo y los posibles corredores.
- Determinar los corredores de unión entre los centros urbanos de la Sabana de Bogotá.
- Realizar un plano con el esquema de los corredores que unan las poblaciones.
- Definir los corredores y líneas preliminares base de la geometría para la elaboración de un diseño horizontal y vertical.

6. ALCANCES Y LIMITACIONES.

Nuestro proyecto se llevó a cabo tomando como punto de referencia la Sabana de Bogotá con sus respectivos centros urbanos, el desarrollo de nuestro proyecto se centró en identificar según su topografía, urbanismo e industria, los municipios que podrían hacer parte del trazado de la línea férrea, se tuvieron en cuenta la información secundaria recolectada durante el proceso de evaluación para realizar la identificación de las posibles rutas y corredores, así como las paradas y/o estaciones. Esto se realizó dentro de los tiempos establecidos en el cronograma presentado en el anteproyecto.

Una limitante fue que no se encontraron suficientes datos de algunos municipios de las personas que se desplazan en la Sabana de Bogotá. De igual manera se aclara que no se generó un presupuesto detallado de lo que pueda costar dicho proyecto ya que este es un tema en el que se requiere conocimientos avanzados de administración y finanzas, también se elucida que se definieron corredores, no un trazado o diseño geométrico de unas vías férreas, ya que de incluirse sobrepasa las capacidades de acuerdo al tiempo, recursos y coherencia de labor y trabajo exigibles en el periodo determinado para la elaboración del trabajo de grado.

Se definieron las líneas de las posibles rutas con sus respectivas longitudes y deflexiones angulares sin obtener un diseño horizontal específico en detalle de

acuerdo a la norma, lo cual sería parte de una segunda fase del proyecto en el cual se defina un diseño de acuerdo a la recolección y verificación de información primaria.

7. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este trabajo se tuvo en cuenta referencias nacionales e internacionales, con el fin de tener una visión más amplia en cuanto al desarrollo de las vías férreas para la movilización de pasajeros y carga, de igual forma se indago sobre el comportamiento de la población y el transporte en la Sabana de Bogotá, para realizar un análisis aproximado que permita cuantificar el desarrollo del proyecto.

7.1. DESAFIOS INTERNACIONAL TRANSPORTE FERROVIARIO EN BOGOTA

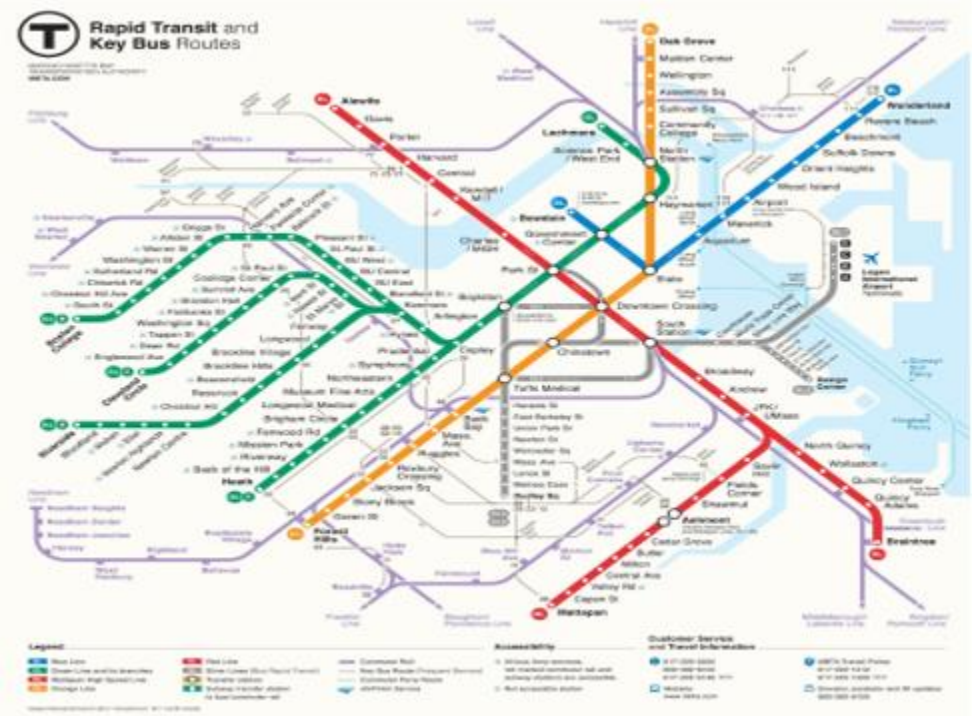
Al realizar el análisis de referencias internacionales, se encontraron varios países y ciudades de Europa, Japón y EEUU, que cuentan con sistemas férreos entre ellas resaltamos Boston siendo una de las ciudades más grandes de estados unidos, cuenta con una población de 673.184 habitantes, tiene una extensión geográfica de 232,14 km, cuenta con una red vial de 101,5 km con una capacidad de pasajeros por día de 356.164,38 y un ancho de vía de 1435 mm. Requiere de un sistema de transporte eficiente y accesible que cumpla con las necesidades darías de los pasajeros; es por esto que es una ciudad pionera en la implementación del metro y el sistema integrado de transporte, posicionándose entre los 4 mejores medios de transporte a nivel mundial.

Cuenta con un sistema de transporte que contempla diferentes modalidades para corta, media y larga distancia que incluye metro, tren de cercanías, buses y

ferries. La sincronización entre sistemas, seguridad y logística, hacen del sistema del MBTA, un sistema de fácil acceso, uno de sus componentes principales a destacar es la puntualidad en la prestación de servicios.

Aunque el sistema férreo ha tenido muchos avances a nivel mundial en cuanto a infraestructura y eficiencia, en Colombia no se han implementado modelos ni realizado mejoras en la infraestructura, que le permitan aplicar las ventajas que se han desarrollado. (CASTILLA, 2018-I)

Figura 12: Red Férrea de Boston



Tomado de: **(PLANOS DE METRO, 2018)**

7.2. DESAFIOS DEL TRANSPORTE FERROVIARRIO

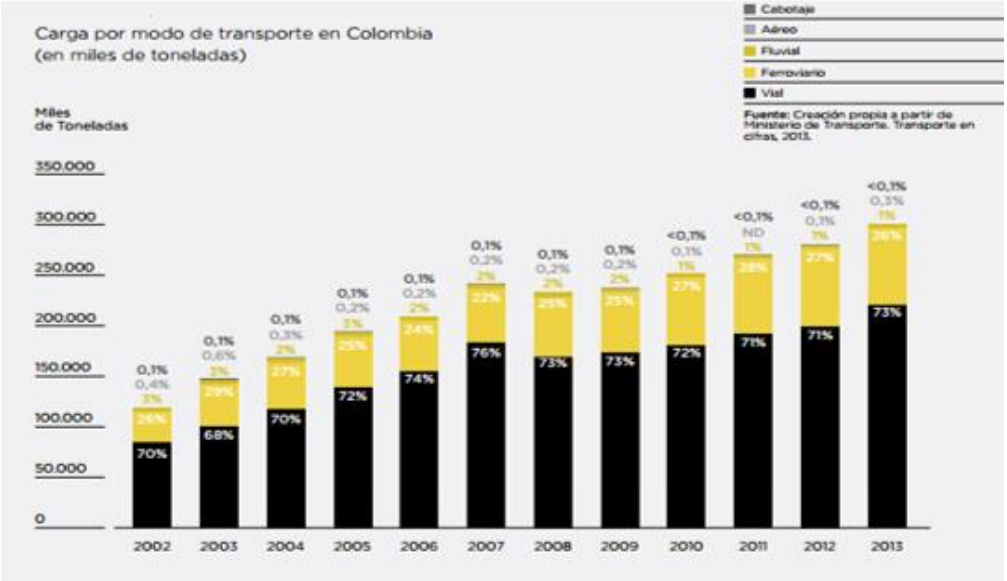
Las vías férreas se enfrentan a varios desafíos en cuanto al transporte, bien sea de pasajeros o de carga, en el caso particular del transporte de carga, se tuvo en cuenta las referencias presentadas en el Articulo (KOHON); el cual menciona que el transporte ferroviario presenta bajo determinadas condiciones ventajas importantes sobre el transporte carretero. Esto es producto de su menor consumo energético, de sus menores costos operacionales, de sus posibilidades de mecanización de las operaciones terminales y de la capacidad de su infraestructura.

Sin embargo, debe entenderse que el transporte ferroviario no es el más eficiente en todos los casos ni para todos los productos. Por sus características de flexibilidad, el transporte carretero es más conveniente en una gran cantidad de situaciones. Por otra parte, los parámetros de diseño de la infraestructura y del material rodante han cambiado de manera sustancial, aumentando considerablemente la eficiencia del modo: el transporte ferroviario moderno puede efectuarse en vagones de gran capacidad alrededor e incluso por sobre las 100 toneladas en trenes de gran longitud remolcados por conjuntos de locomotoras de alta capacidad de arrastre, a velocidades superiores a las bajas velocidades tradicionales.

La operación ferroviaria requiere volúmenes importantes, constantes y predecibles, para poder lograr condiciones de rentabilidad. Al analizar las políticas ferroviarias en Latinoamérica en los últimos tiempos se ha puesto especial énfasis en

el fomento de la intermodalidad, aparentemente apelando a las ventajas intrínsecas del transporte ferroviario y como un intento de acercarle al modo mayores niveles de demanda. Entendiendo a la intermodalidad como la utilización de dos o más modos en un transporte específico, debe tomarse especial precaución de considerar todas sus implicancias ya que para el ferrocarril es una opción válida sólo en aquellos casos en que no es factible contar con accesos directos a los generadores de transporte. Con excepción del transporte de contenedores y semirremolques, la intermodalidad es una herramienta de uso minoritario en el ferrocarril, cuya mayor eficiencia reside en los transportes puerta a puerta, desde el generador de la carga hasta su destino final. En la práctica suelen compararse en forma directa las tarifas del transporte ferroviario y del carretero, concluyendo que el primero es más conveniente por sus tarifas usualmente inferiores a las del camino. Sin embargo, una adecuada comparación de costos debe hacerse caso a caso y debe incluir los costos de todas las etapas de la cadena logística con el fin de calcular el costo generalizado del transporte. (KOHON)

Figura 13: Carga por modo de transporte en Colombia



Tomado de: **(KOHON)**

7.3. INTERRELACION MUNICIPAL

A continuación, se relaciona, los datos que se analizaron sobre la interrelación municipal de la Sabana de Bogotá, de acuerdo, a la población y movilidad.

7.3.1. POBLACION

Durante los últimos años se ha visto un incremento significativo de los habitantes de la sabana de Bogotá (21 municipios aledaños) y del perímetro urbano, según la proyección del DANE el crecimiento ha sido del 6.3%, los Municipios con mayor número de habitantes son Chía, Zipaquirá y Cajicá, los cuales albergan un poco más del 60% del total de la población, a continuación, se evidencia la población por municipio según los últimos reportes del Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. (Redacción Bogotá, 2018)

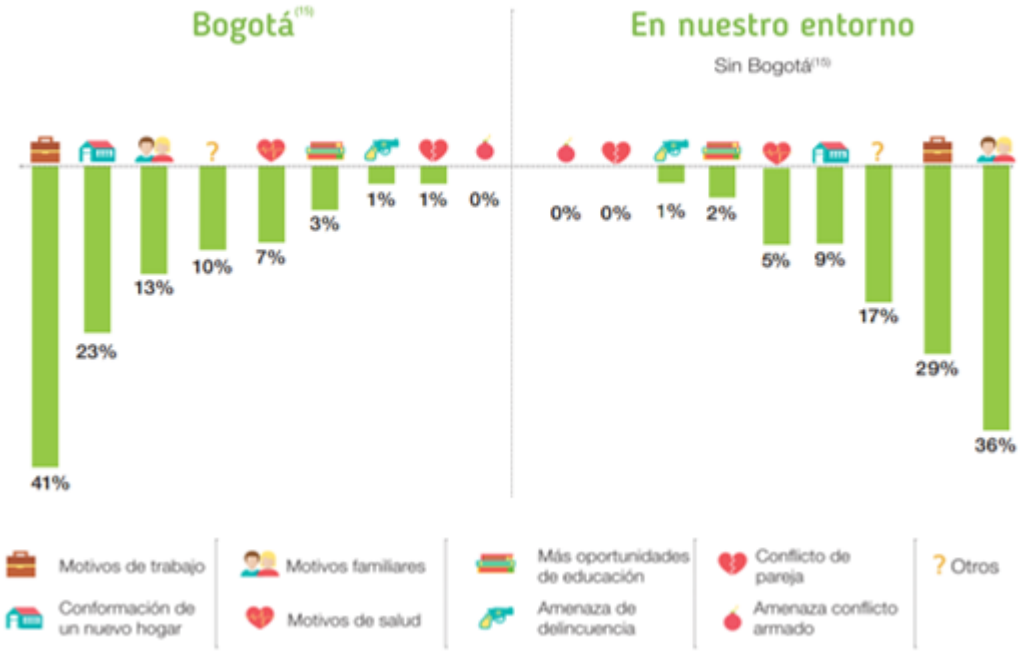
Tabla 3: Población por Municipio

MUNICIPIO	POBLACIÓN	MUNICIPIO	POBLACIÓN
Bogotá	8,380,801	Cajicá	56,875
Bojacá	12,448	Zipaquirá	124,376
Mosquera	86,954	Nemocón	13,488
Madrid	77,828	Sopó	26,769
Funza	76,742	Tocancipá	31,975
Facatativá	137,000	Gachancipá	14,442
Subachoque	16,117	Sesquilé	13,936
El Rosal	17,254	Sibate	38,412
Tabio	27,033	Soacha	522,442
Tenjo	18,387	Zipacón	5,570
Cota	24,916	Chocontá	25,257
Chía	129,652	Guatavita	6,898

Tomado de: Propia con datos del DANE 2016

Se han evidenciado grandes movimientos de poblacionales en el territorio, debido a que el entorno concentra gran parte de la actividad económica de la región y del país.

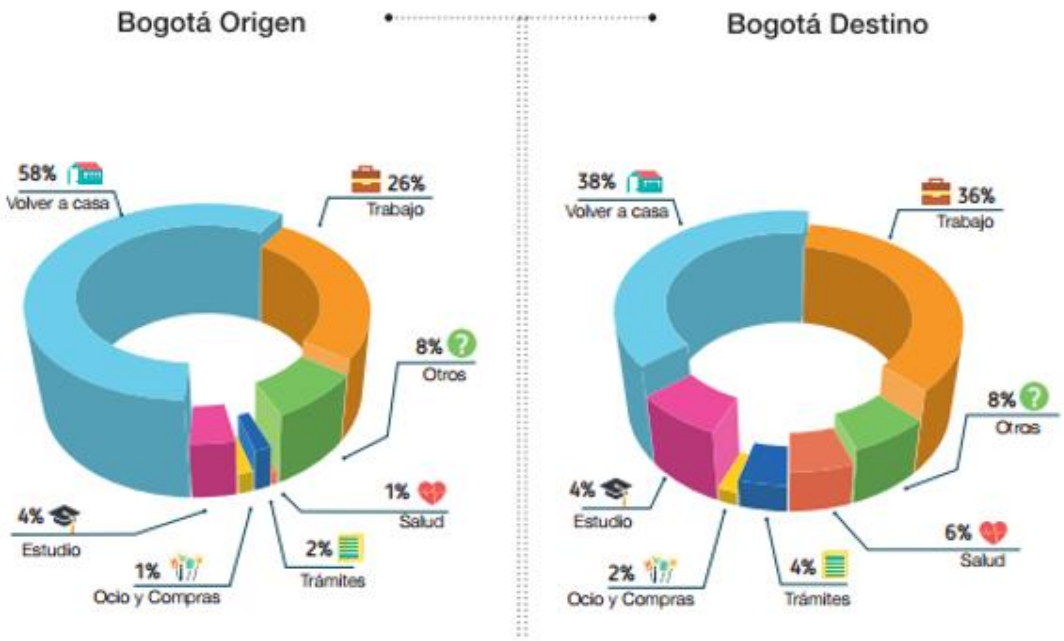
Figura 14: Motivos para llegar a vivir en Bogotá y su entorno



Tomado de: **(BOGOTÁ, 2017)**

La población se ve obligada a realizar los viajes por motivos de trabajo, estudio, salud, familiar, ocio, compras, trámites entre otros. Los municipios como Tenjo, Madrid, Funza, Cota, Cajicá, Chía, Sopo, Tocancipá, Sibaté y Bogotá, son aquellos en los que el motivo de viaje "volver a casa" es más relevante como origen que como destino, y para los municipios como Zipaquirá, Tabio, Facatativá, Mosquera, Bojacá y Soacha, es más relevante volver a casa como como destino que como origen.

Figura 15: Motivos de viaje que tiene a Bogotá como punto de origen

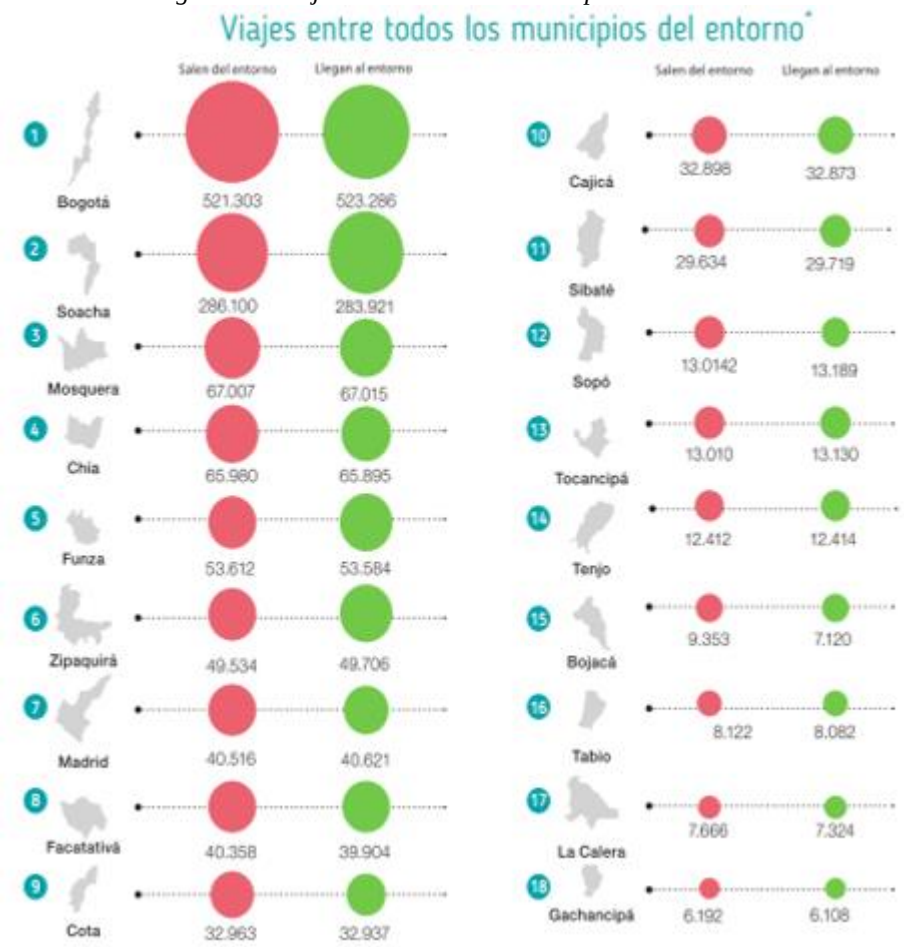


Tomado de: **(BOGOTÁ, 2017)**

7.3.2. MOVILIDAD.

Diariamente se realizan 17.251.733 viajes de los cuales 5.576.942 son viajes a pie, dentro de los cuales 1.352.271 son intermunicipales lo que representa un 7.8% del total

Figura 16: Viajes entre todos los municipios del entorno



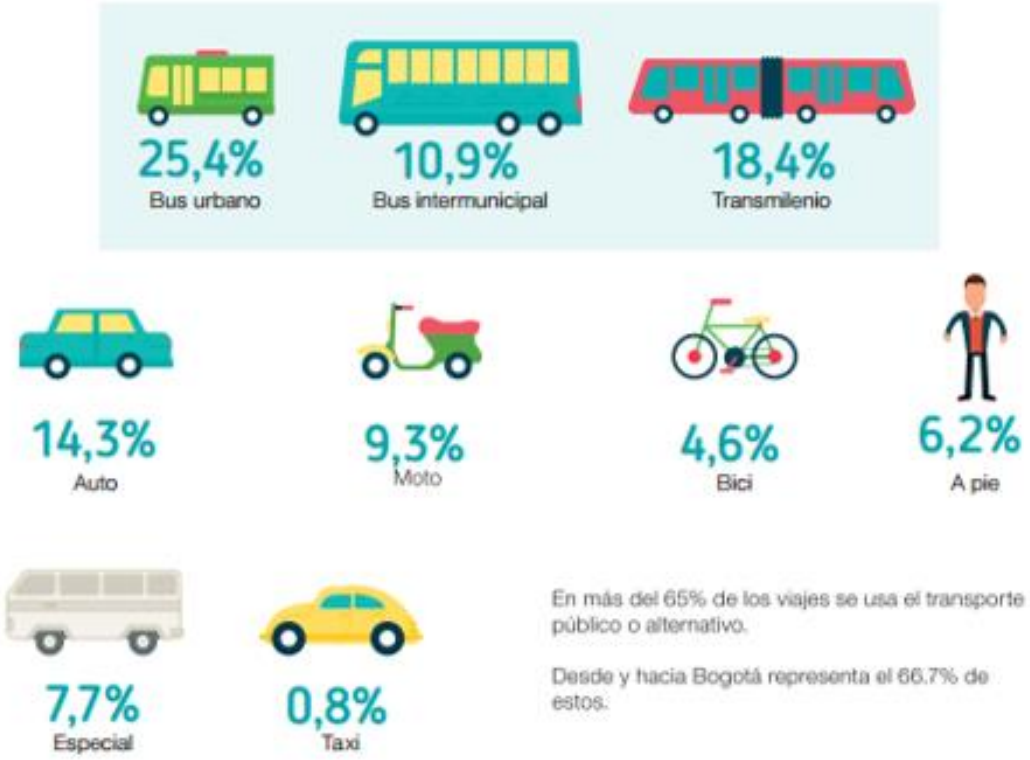
Tomado de: **(BOGOTÁ, 2017)**

El total de viajes intermunicipales con origen Bogotá son 521.303 y con destino a la misma son 523.286. Las cinco rutas más importantes y que movilizan

mayor cantidad de pasajeros hacia Bogotá son: Soacha con 252.364, Chía con 41.438, Mosquera con 30.034, Cota con 26454 y Zipaquirá con 25.810.

Aunque Bogotá y su entorno cuentan con varios medios de transporte y comparte los mismos modos intermunicipalmente, no cuenta con la infraestructura adecuada para utilizarlos, ni tampoco con un sistema integrado que le permita realizar los desplazamientos origen destino en un solo medio; es por esto que los usuarios se ven obligados a utilizar varios medios de transporte para completar sus desplazamientos.

Figura 17: Medios de transporte para realizar desplazamientos intermunicipales



Tomado de: **(Bogotá., 2017)**

Debido a la falta de un sistema integrado que perita realizar los viajes de forma más ágil se genera grandes retrasos en los tiempos de desplazamiento de un sitio a otro.

Figura 18: Tiempos de desplazamientos intermunicipales

Tomado de: **(BOGOTÁ, 2017)**

Cada año la Universidad de la Sabana realiza un informe que mide la calidad de vida de los habitantes de la Sabana de Bogotá, en él se evaluó la percepción de los habitantes respecto a la movilidad, salud, educación y seguridad; al indagar sobre los tiempos de desplazamientos, se encontraron las siguientes observaciones:

- El 46.9% de los encuestados manifestaron que gastan más de 90 minutos en cada desplazamiento.

- El 28.8% de los encuestados manifestaron que gastan entre 60 y 90 minutos en cada desplazamiento.
- 4 de cada 10 personas se desplazan fuera del municipio con destino a Bogotá.

7.4. MODELACION Y DISEÑO PARA UNA INFRAESTRUCTURA FERREA

Para realizar la modelación y diseño de la infraestructura férrea fue necesario utilizar los siguientes programas: Google Earth, Global Mapper y AutoCAD CIVIL 3D, estas herramientas nos permitieron trazar los corredores, obtener la información altimétrica y generar el diseño, a continuación, se describe el proceso realizado:

7.4.1. GENERALIDADES

Para el trazado de los corredores, la herramienta que nos permitió realizarlo fue: Google Earth, es un programa informático que permite la visualización múltiple cartográfica a partir de una superposición de imágenes obtenidas por satélites, fotografías aéreas, información geográfica proveniente de modelos de datos SIG de todo el mundo; el programa fue creado bajo el nombre de EarthViewer 3D por la compañía Keyhole Inc, financiada por la Agencia Central de Inteligencia, compañía que fue comprada por Google en 2004, el programa está disponible en varias licencias, pero versión gratuita es la más usada.

Global Mapper es una aplicación que combina una gama completa de herramientas de tratamiento de datos espaciales con acceso a una variedad de formatos de datos, Global Mapper tiene la capacidad de acceder fácilmente a fuentes de datos WMS, que incorpora en el acceso a los datos de elevación e imágenes de color para el mundo entero, y para ver la elevación y datos vectoriales en 3D real, con la superposición de cualquier dato cargado sobre ellas. Global Mapper utiliza

los datos GPS de receptores compatibles, conectados a un computador móvil. Además, es capaz de leer el geoetiquetado de fotos y colocar un vínculo hacia ellas en la ubicación precisa en que fueron tomadas.

Con datos importados, elevación Global Mapper puede generar vistas perspectivas en 3D, sombreados personalizados, análisis de cuencas, cuencas visuales y líneas de vista, además de la generación de curvas de nivel personalizadas. (GEOSOLUCIONES, 2018)

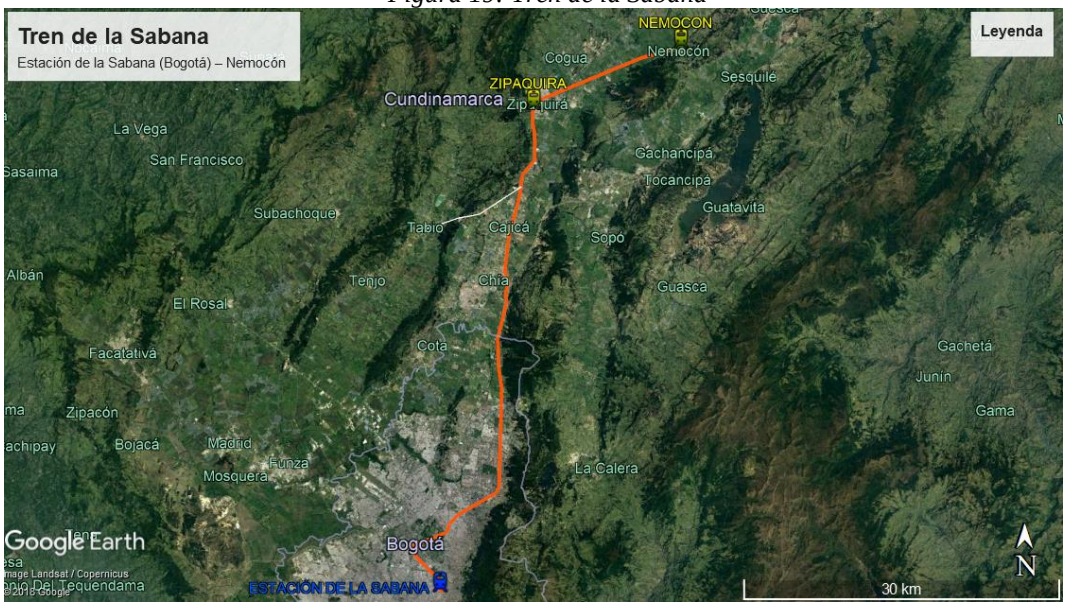
7.4.2. DEFINICIÓN DE LOS CORREDORES

La definición de los corredores se realizó por medio del programa Google Earth, el cual fue la herramienta con la cual se pudo obtener la cartografía de los municipios que se tuvieron en cuenta, este programa nos permitió ver a mayor detalle la topografía de cada zona, escogiéndose la más apta para el trazado de la línea férrea (línea de ceros o corredor), una vez terminada dicho análisis, los municipios escogidos para el desarrollo de los corredores para una infraestructura férrea de la Sabana de Bogotá son los siguientes:

- Chía
- Cota
- Mosquera
- Soacha
- Tabio
- Tenjo
- Madrid
- Bogotá (Autopista Sur con Av. Villavicencio).
- Bogotá (Usme)

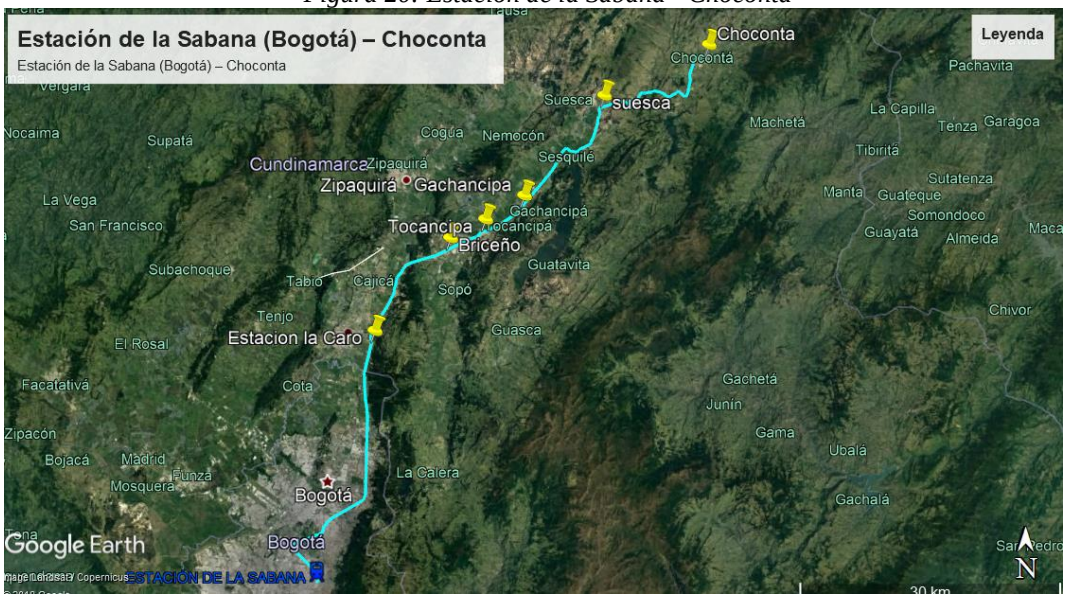
Mediante la herramienta de Google Earth se trazaron los corredores existentes del tren, los proyectos de tren ligero de los corredores: Estación de la Sabana (Bogotá) – Estación Facatativá y el corredor Sur (Estación de la Sabana – Soacha) y el corredor de la línea del metro.

Figura 19: Tren de la Sabana



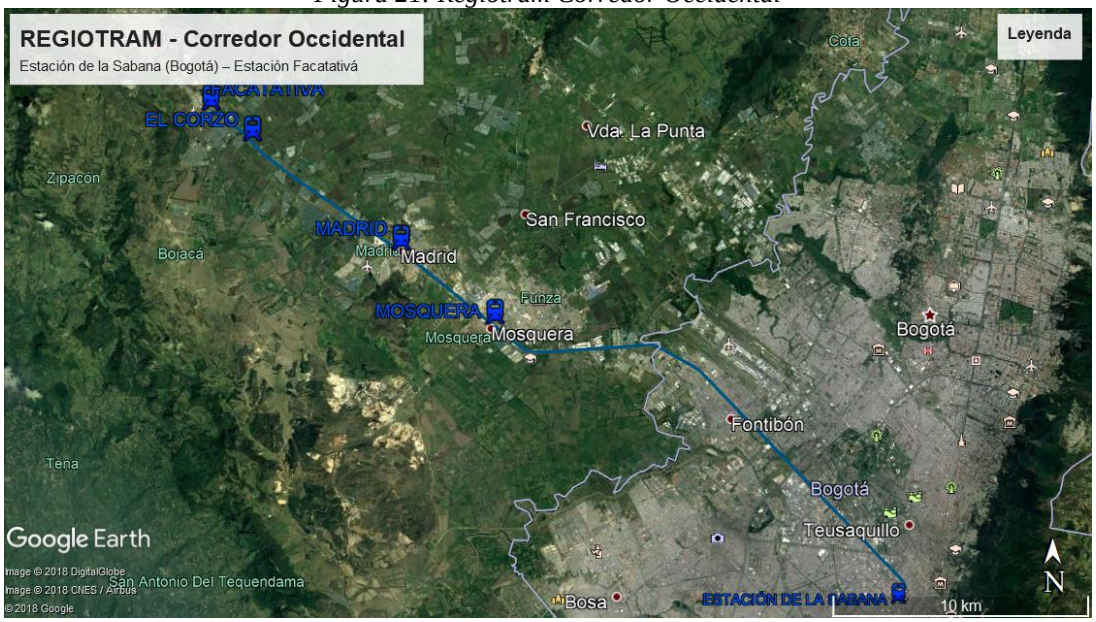
Tomado de: Creada en Google Earth

Figura 20: Estación de la Sabana - Chocontá



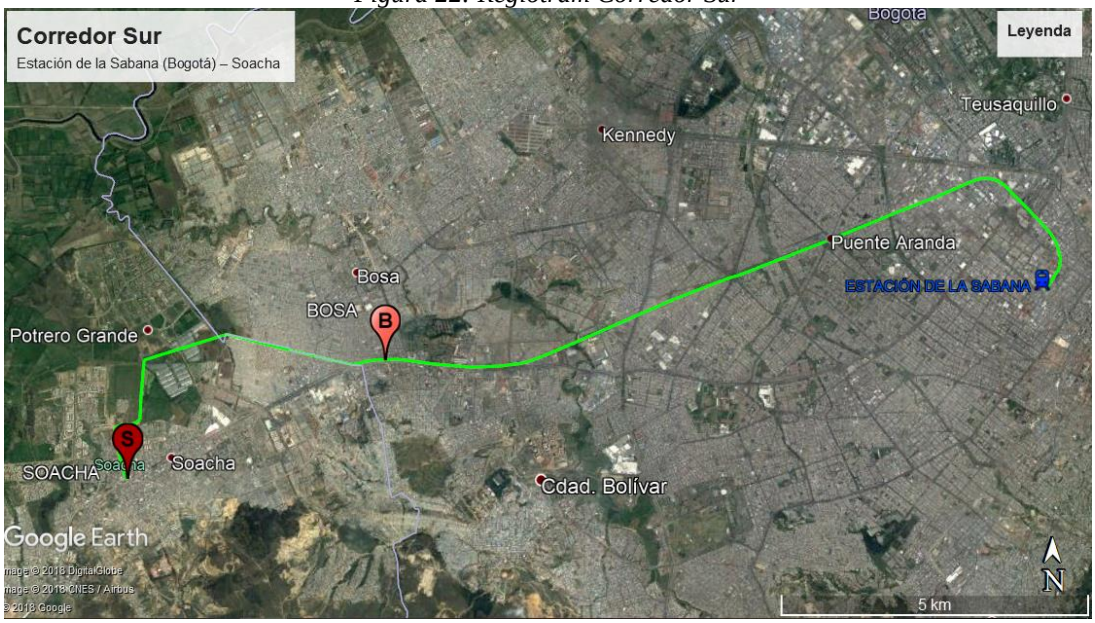
Tomado de: Creada en Google Earth

Figura 21: Regiotram Corredor Occidental



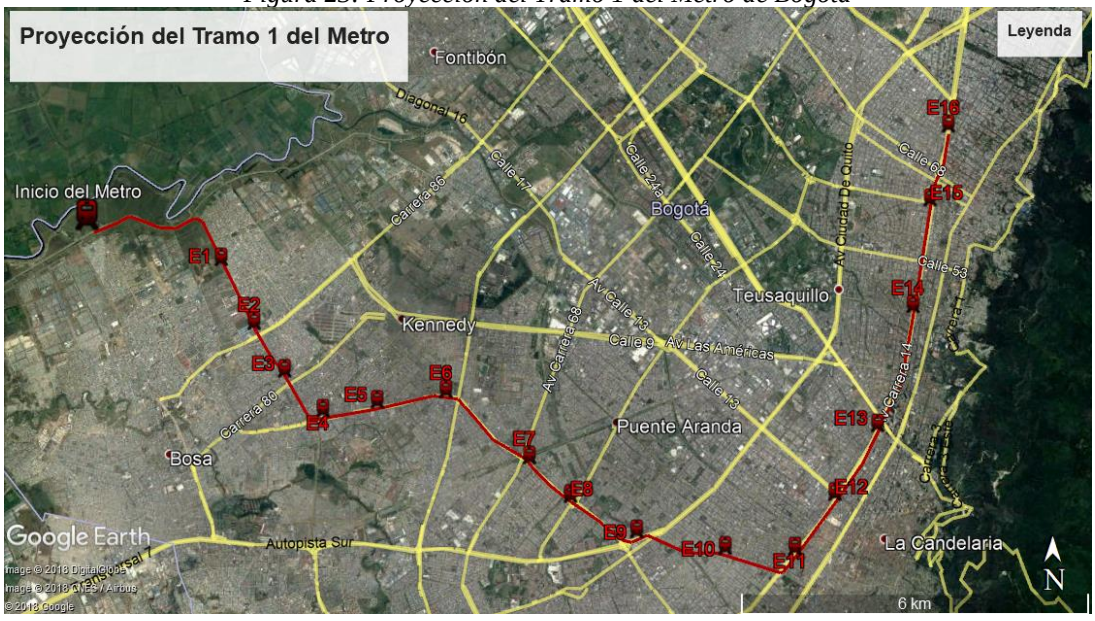
Tomado de: Creada en Google Earth

Figura 22: Regiotram Corredor Sur



Tomado de: Creada en Google Earth

Figura 23: Proyección del Tramo 1 del Metro de Bogotá



Tomado de: Creada en Google Earth

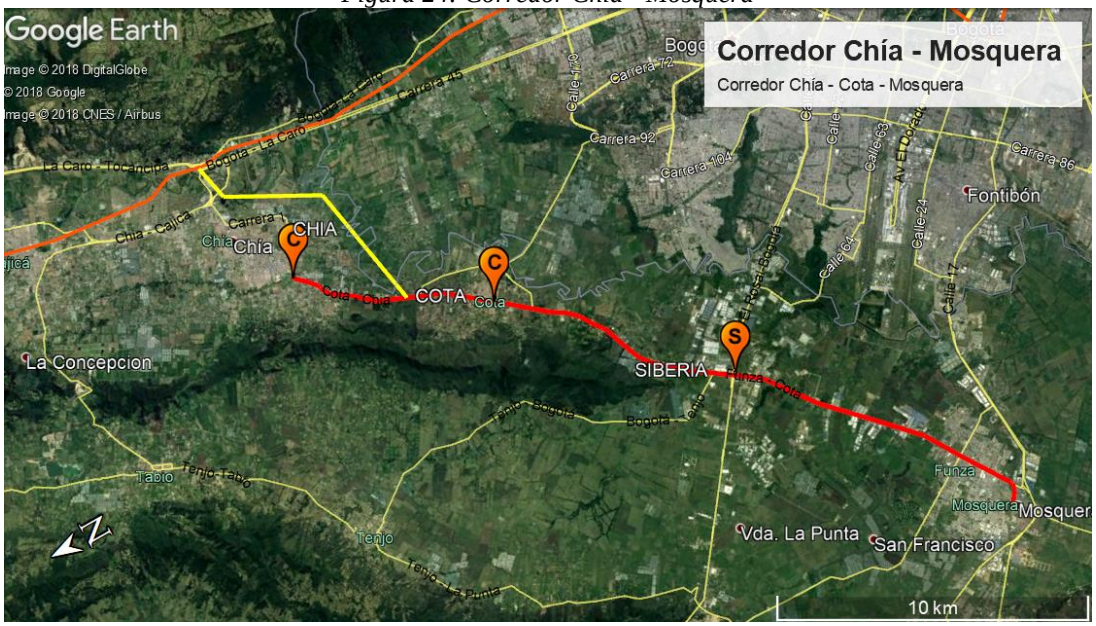
Lo anterior con el fin de definir donde se podrían hacer las posibles intersecciones de los corredores que se proyectaron con los existentes.

Analizada la topografía de cada uno de los Municipios seleccionados se determinan cuatro corredores, los cuales se tuvieron en cuenta como una línea de ceros, para el respectivo diseño en el programa CAD.

- Chía – Cota – Mosquera.

Línea de 25 Km de conexión eficiente que permitirá el transporte para la población entre chía y Mosquera, realizando una integración al REGIOTRAM en la altura de la estación de Mosquera. Dado que se crea la necesidad de comunicar este corredor se realiza una proyección de un tramo de 8.6 km, para que exista una integración a la línea existente que comunica de la Estación de la Sabana (Bogotá) al Municipio de Zipaquirá a la altura de la estación de la Universidad de la Sabana.

Figura 24: Corredor Chía - Mosquera



Tomado de: Creada en Google Earth

- Mosquera – Socha.

Línea de 15 Km de conexión eficiente que permitirá el transporte para la población entre Mosquera y Soacha, realizando una integración al REGIOTRAM en la altura de la estación de Mosquera y en el kilómetro 7 haciendo integración con la estación de inicio del Metro de Bogotá.

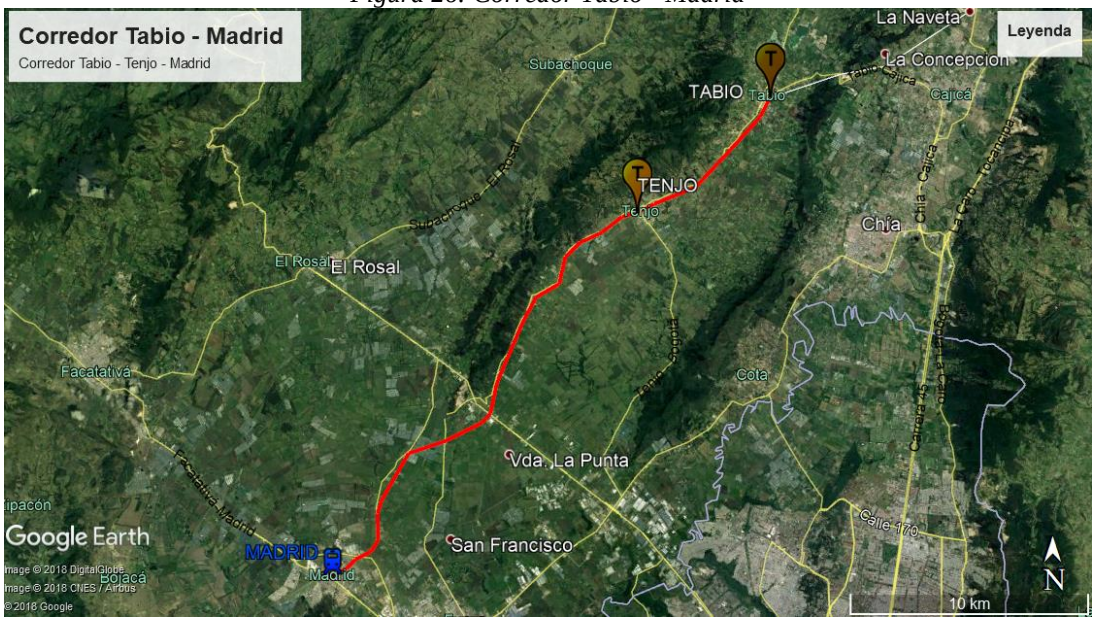
Figura 25: Corredor Mosquera - Soacha

Tomado de: Creada en Google Earth

- Tabio – Tenjo – Madrid.

Línea de 28 Km de conexión eficiente que permitirá el transporte para la población entre Tabio y Madrid, realizando una integración al REGIOTRAM en la altura de la estación de Madrid.

Figura 26: Corredor Tabio - Madrid



Tomado de: Creada en Google Earth

- Bogotá (Autopista Sur con Av. Villavicencio) - Bogotá (Usme)

Línea de 15 Km de conexión eficiente que permitirá el transporte para la población del sur de Bogotá, realizando una integración al Corredor Sur de la Estación de la Sabana – Soacha, en la altura de la Av. Villavicencio y al SITP en el Portal del Tunal.

Figura 27: Corredor Sur

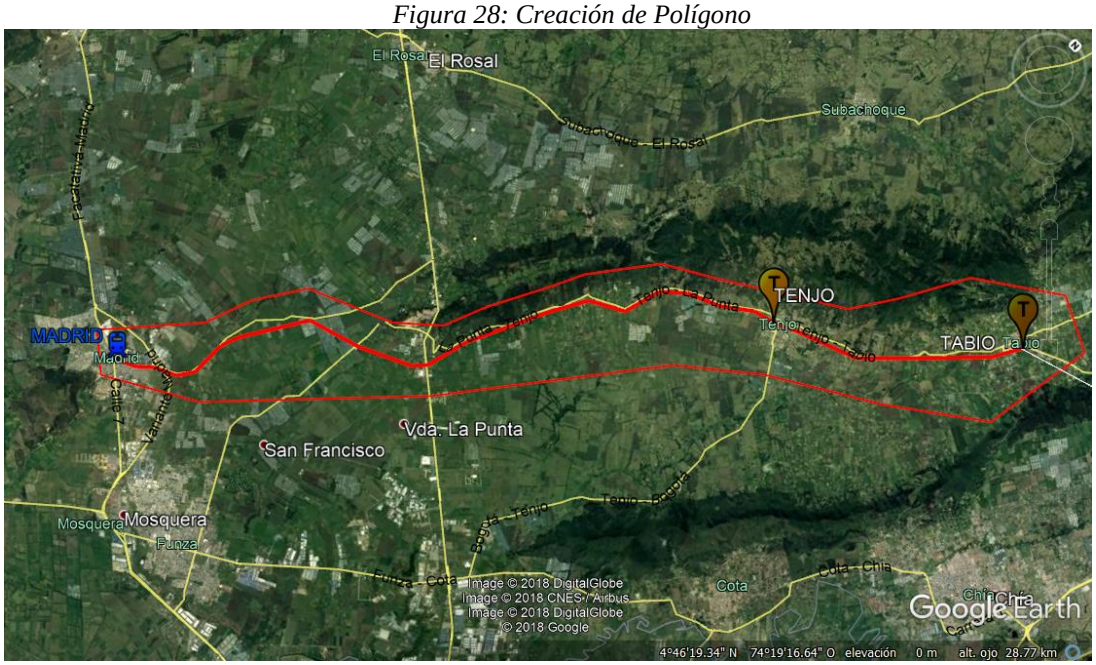
Tomado de: Creada en Google Earth

7.4.3. ALTIMETRIA DE LOS CORREDORES

Una vez se tenían los corredores, se procedió a la generación de curvas mediante la aplicación de Global Mapper, como se muestra a continuación:

- En Google Earth, se realiza un polígono que encierre el corredor que se quiere obtener la información altimétrica, ver imagen.

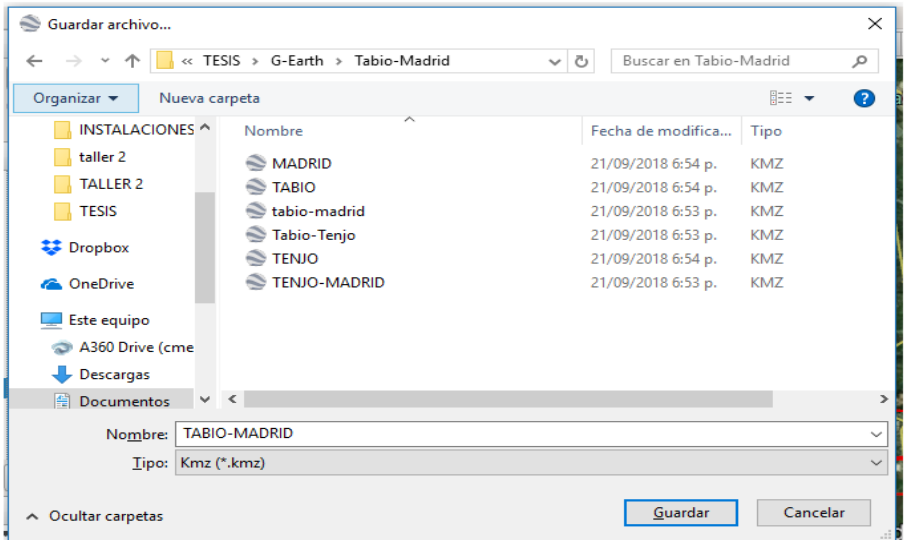
Figura 28: Creación de Polígono



Tomado de: Creada en Google Earth

- El polígono se guarda como un archivo Kmz, el cual se abrirá desde la aplicación de Global Mapper.

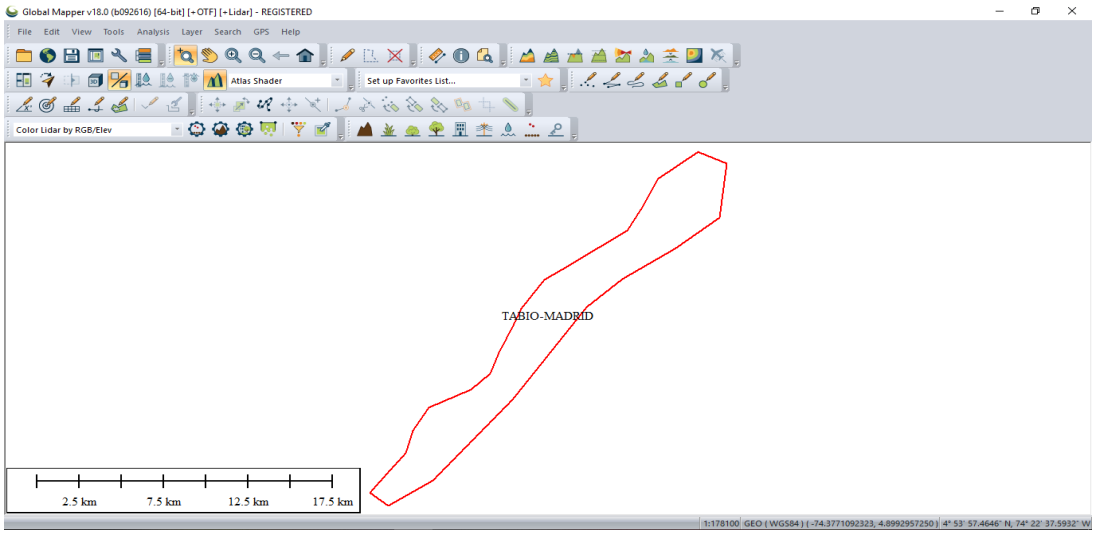
Figura 29: Guardar archivo



Tomado de: Creada en Google Earth

- Se abre la aplicación de Global Mapper, y se abre el polígono que anteriormente guardamos.

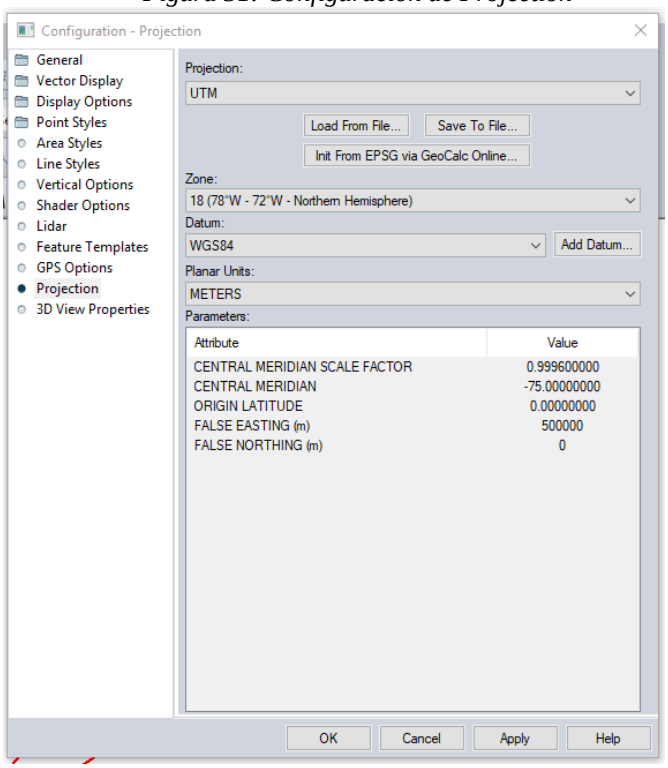
Figura 30: Polígono en Global Mapper



Tomado de: Creada en Global Mapper

- Se realizó la configuración de la proyección, según la zona en la que nos encontramos.

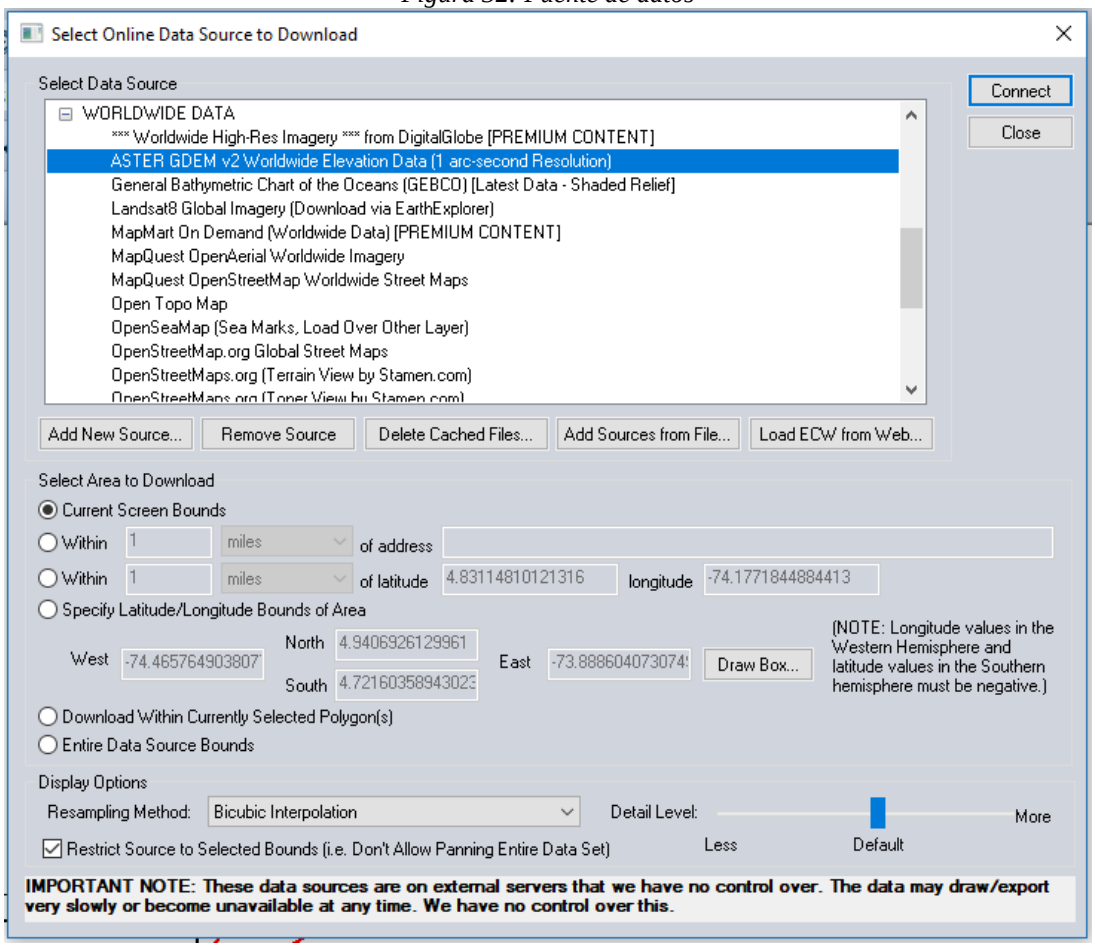
Figura 31: Configuración de Projection



Tomado de: Creada en Global Mapper

- Se seleccionó la fuente de datos, para la obtención de las alturas.

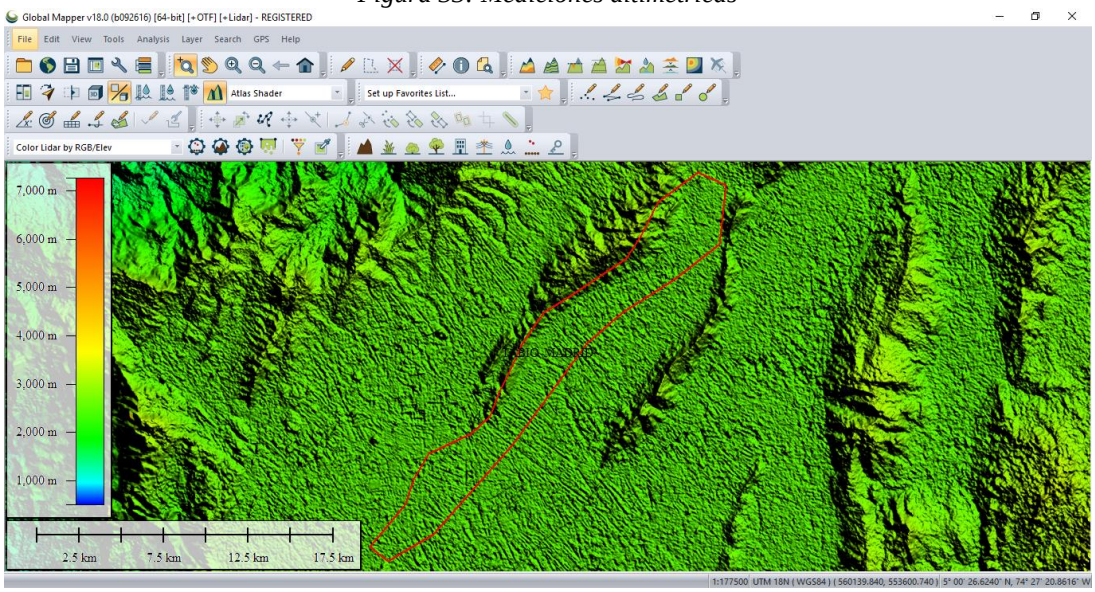
Figura 32: Fuente de datos



Tomado de: Creada en Global Mapper

- Se obtienen las mediciones satelitales de altimetría

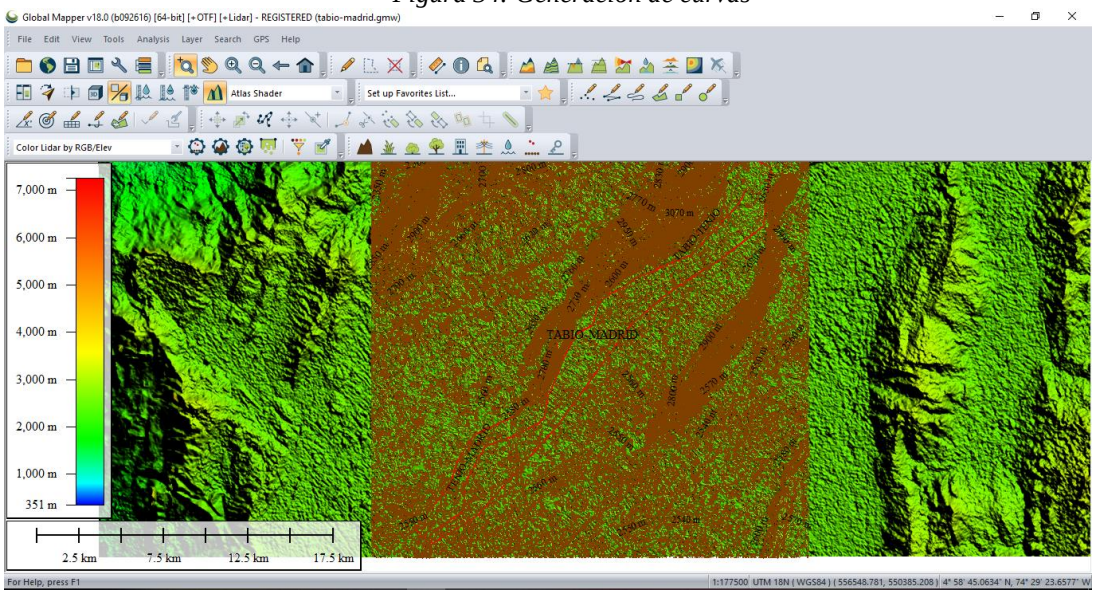
Figura 33: Mediciones altimétricas



Tomado de: Creada en Global Mapper

- Se generan las curvas de nivel para el polígono y sus alrededores

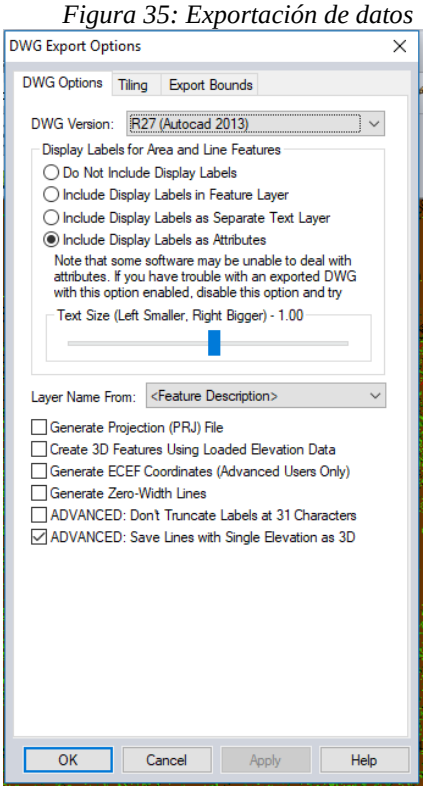
Figura 34: Generación de curvas



Tomado de: Creada en Global Mapper

- Se exporta el archivo en formato DWG con las elevaciones para hacer el respectivo diseño en el programa CAD.

Figura 35: Exportación de datos

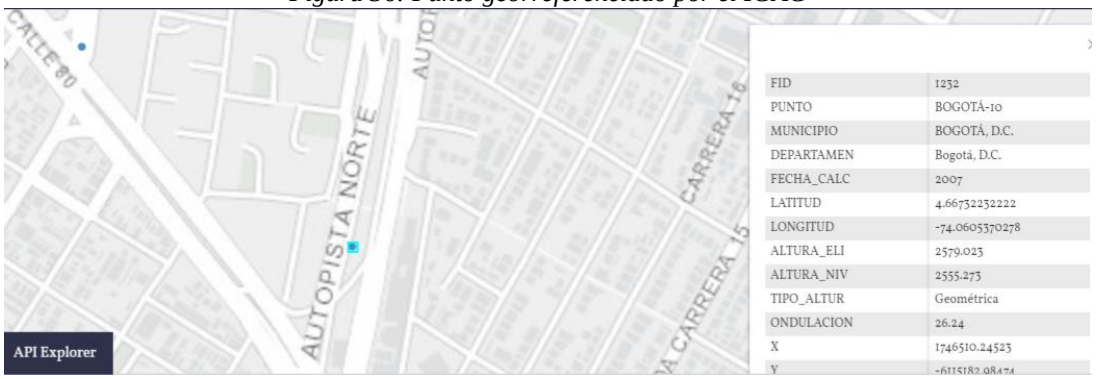


Tomado de: Creada en Global Mapper

7.4.4. EXACTITUD

Se tomó un punto georreferenciado por el IGAC (ver figura #), el cual se marcó en Google Earth, se pasó a Global Mapper, se obtuvo la información satelital altimétrica, se realizó la comparación de cotas con las del IGAC, se obtuvieron los siguientes datos:

Figura 36: Punto georreferenciado por el IGAC



Tomado de: **(INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, 2018)**

Figura 37: Datos del Punto georreferenciado por el IGAC

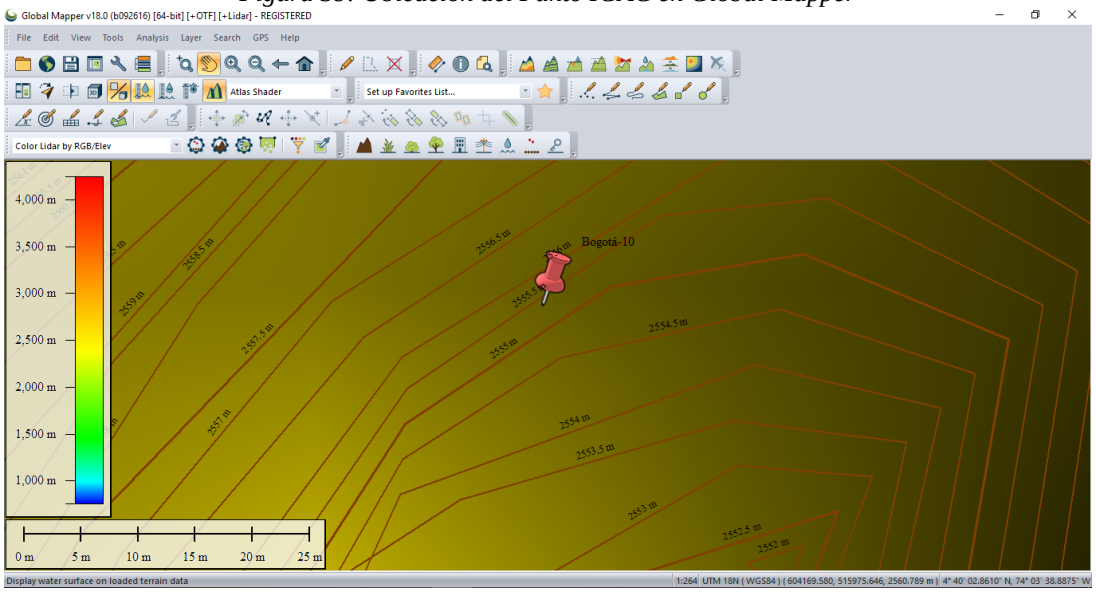
FID	1232
PUNTO	BOGOTÁ-10
MUNICIPIO	BOGOTÁ, D.C.
DEPARTAMEN	Bogotá, D.C.
FECHA_CALC	2007
LATITUD	4.66732232222
LONGITUD	-74.0605370278
ALTURA_ELI	2579.023
ALTURA_NIV	2555.273
TIPO_ALTUR	Geométrica
ONDULACION	26.24

Tomado de: **(INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, 2018)**

Figura 38: Ubicación del Punto IGAC en Google Earth

Tomado de: Creada en Google Earth

Figura 39: Ubicación del Punto IGAC en Global Mapper



Tomado de: Creada en Global Mapper

El valor de la cota del punto (BOGOTÁ-10) una vez ubicado en Google earth y realizando todo el proceso descrito anteriormente, arrojo la siguiente cota: 2555.4 m.

$$error\ absoluto = |2555.4 - 2555.273|m$$

$$error\ absoluto = 0.127\ m$$

$$error\ relativo = \frac{0.127}{2555.273}\ m$$

$$error\ relativo = 0.000049701\ m$$

Se comete un error de 0.000049701 m, por cada metro de la cota de nivel, que sea descargada mediante la aplicación de Global Mapper.

Esta comparación se realizó en una zona urbana ya que en las zonas rurales no se cuenta con la misma densidad de datos.

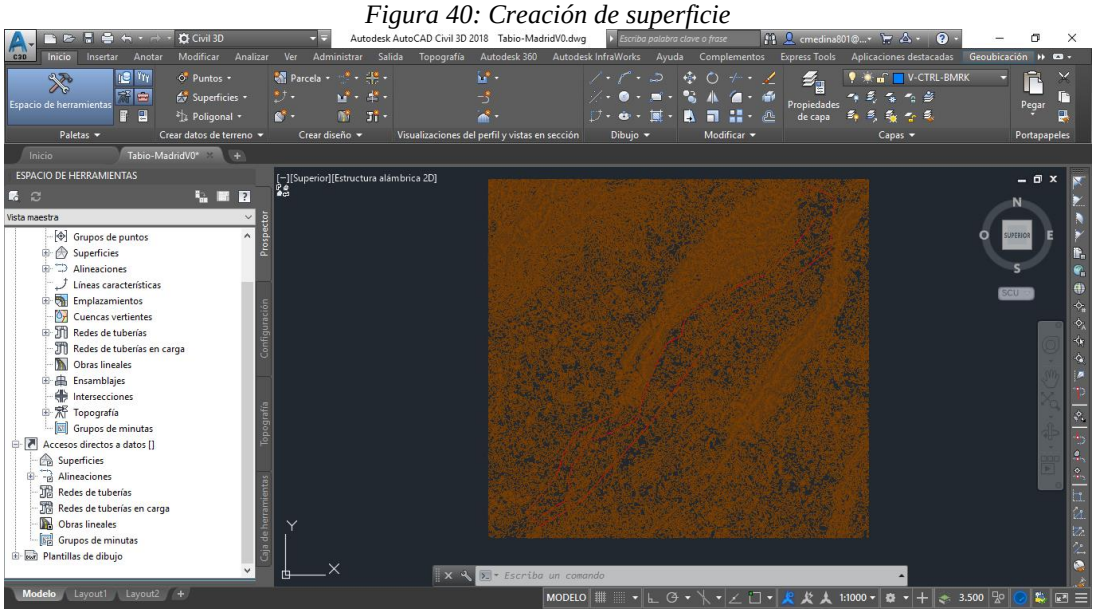
7.4.5. DISEÑO GEOMETRICO DE LA VÍA FERREA

Teniendo en cuenta que en el anteproyecto se propuso la realización del trazado en un esquema de unos corredores que unen algunos Municipios de la Sabana de Bogotá, con el fin de brindar un mayor alcance se generó un diseño geométrico para brindar una primera observación de una propuesta de presupuesto.

Una vez teníamos la información en formato DWG, se utilizó el programa AUTOCAD CIVIL 3D, para el respectivo diseño de la vía férrea, a continuación, se muestran los parámetros que se tuvieron en cuenta para dichos diseños:

- Una vez instalado el AutoCAD CIVIL 3D, se procedió a abrir el archivo que se guardó de la aplicación Global Mapper.

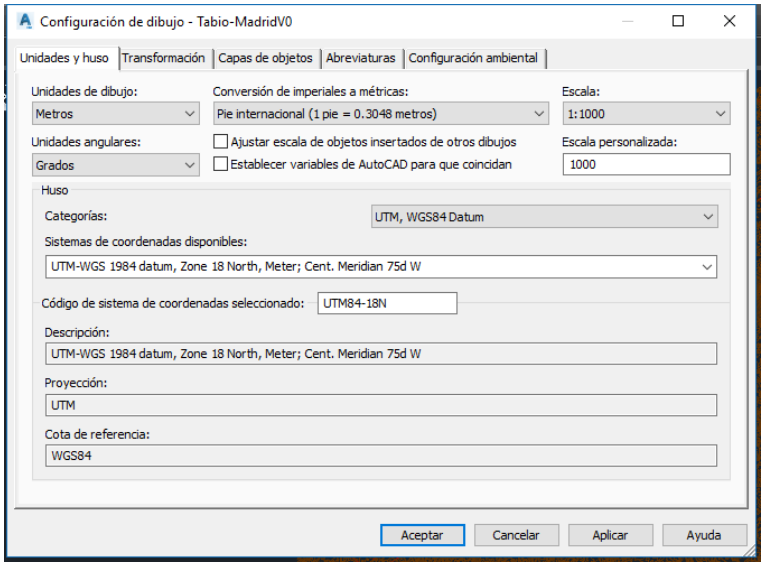
Figura 40: Creación de superficie



Tomado de: Creada en AutoCAD CIVIL 3D

- Se configura el dibujo según el sistema de coordenadas que se utilizó en la aplicación de Global Mapper.

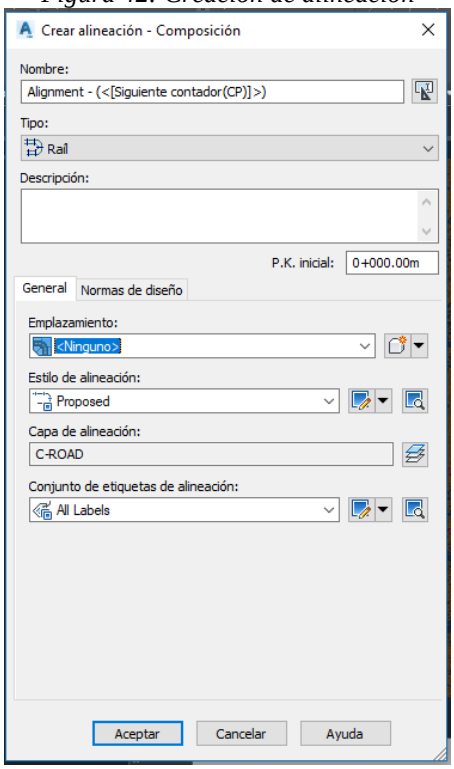
Figura 41: Configuración de dibujo



Tomado de: Creada en AutoCAD CIVIL 3D

- Se procedió a crear el alineamiento, teniendo como base el corredor que se había trazado en Google Earth.

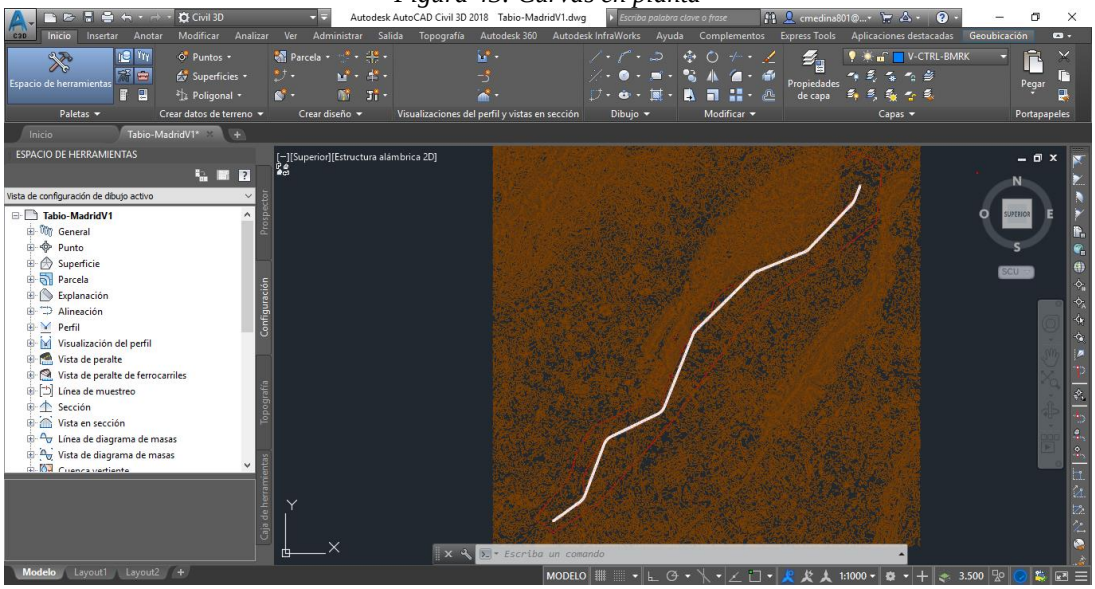
Figura 42: Creación de alineación



Tomado de: Creada en AutoCAD CIVIL 3D

- Se realizó el alineamiento con las respectivas curvas horizontales (clotoides), teniendo en cuenta el parámetro una velocidad de diseño de 100 km/h, un peralte máximo del 6% y una radio de la curva mayor a 160m como indica el Manual de Normatividad Férrea del MinTransporte del 2013.

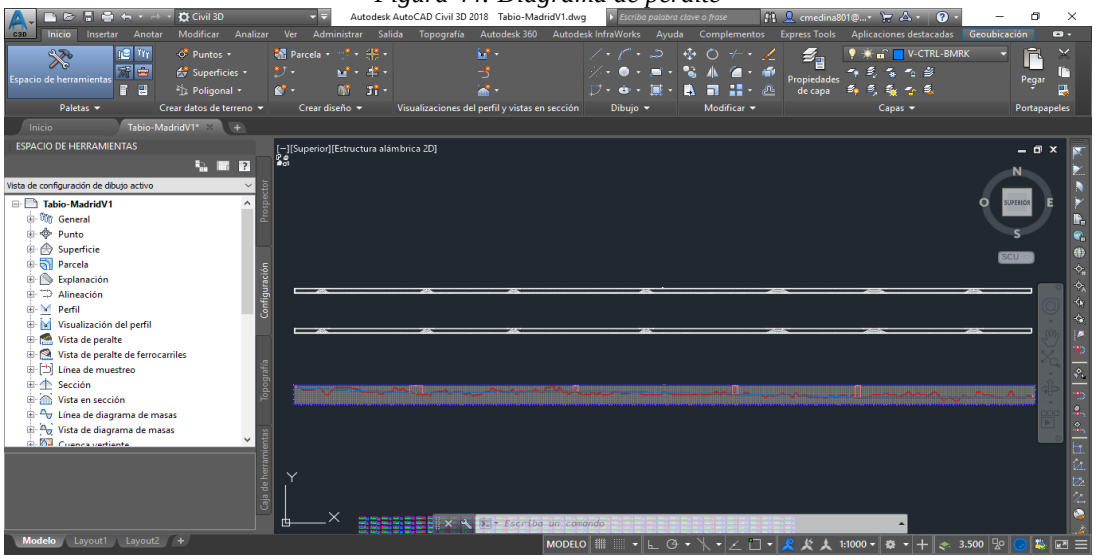
Figura 43: Curvas en planta



Tomado de: Creada en AutoCAD CIVIL 3D

- Se generó el diagrama de peralte, lo que nos permitió comprobar si las longitudes de las curvas espirales y circulares eran las permitidas para la transición del mismo, una vez revisado dicho diagrama se procede a realizar el perfil del alineamiento realizado.

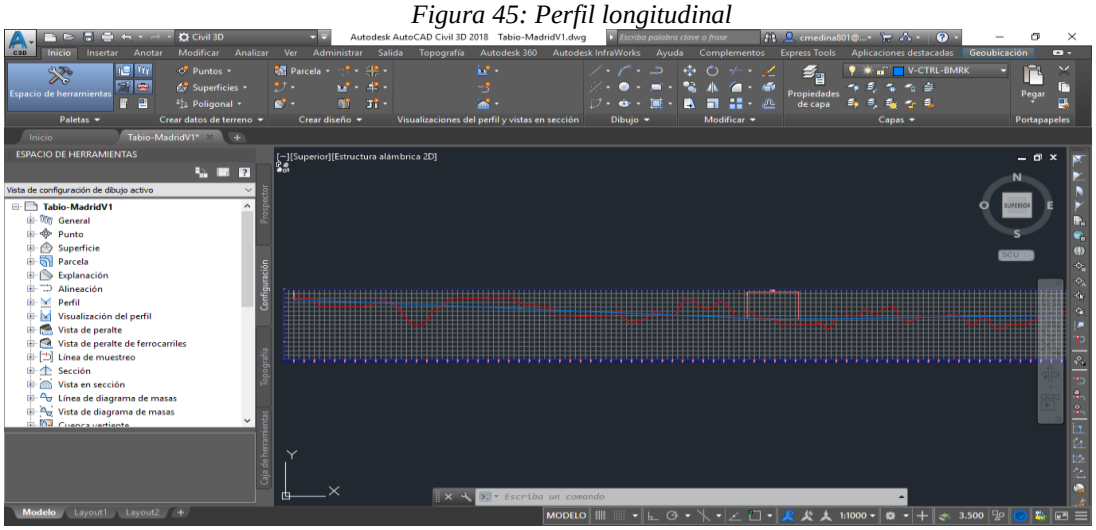
Figura 44: Diagrama de peralte



Tomado de: Creada en AutoCAD CIVIL 3D

- Teniendo el perfil se procedió a definir la rasante y las curvas verticales, teniendo en cuenta que según en Manual de Normatividad Férrea, las curvas verticales deben ser circulares, donde los radios son mayores a 1000.

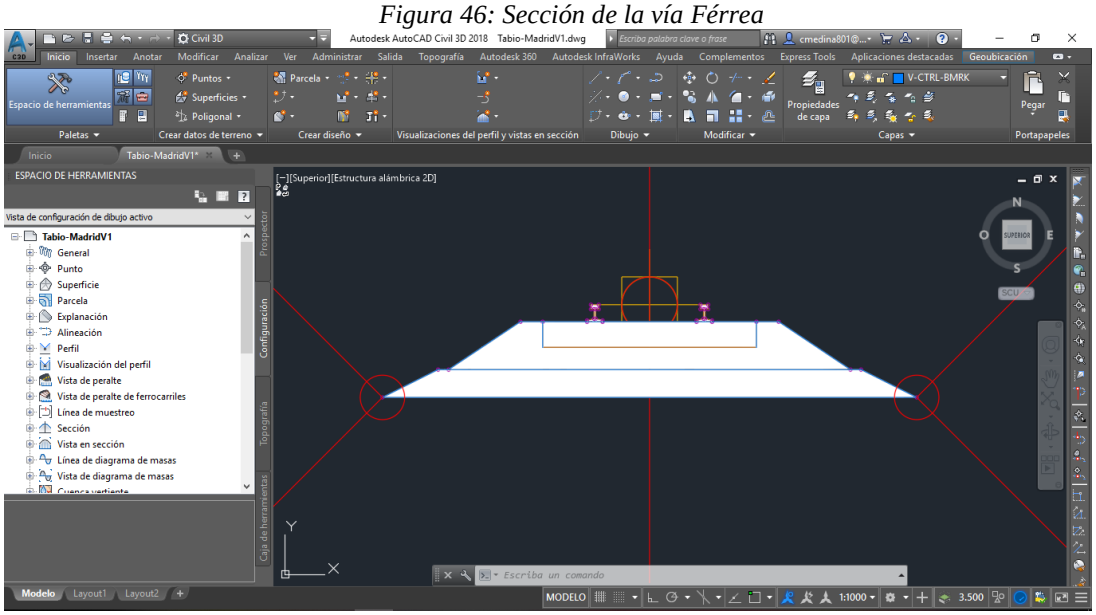
Figura 45: Perfil longitudinal



Tomado de: Creada en AutoCAD CIVIL 3D

- Se genera el ensamblaje (estructura de la vía férrea), donde se tiene en cuenta el ancho de la vía férrea, la estructura (Riel, Traviesa, Balasto y Subbalasto), los taludes de corte y terraplén.

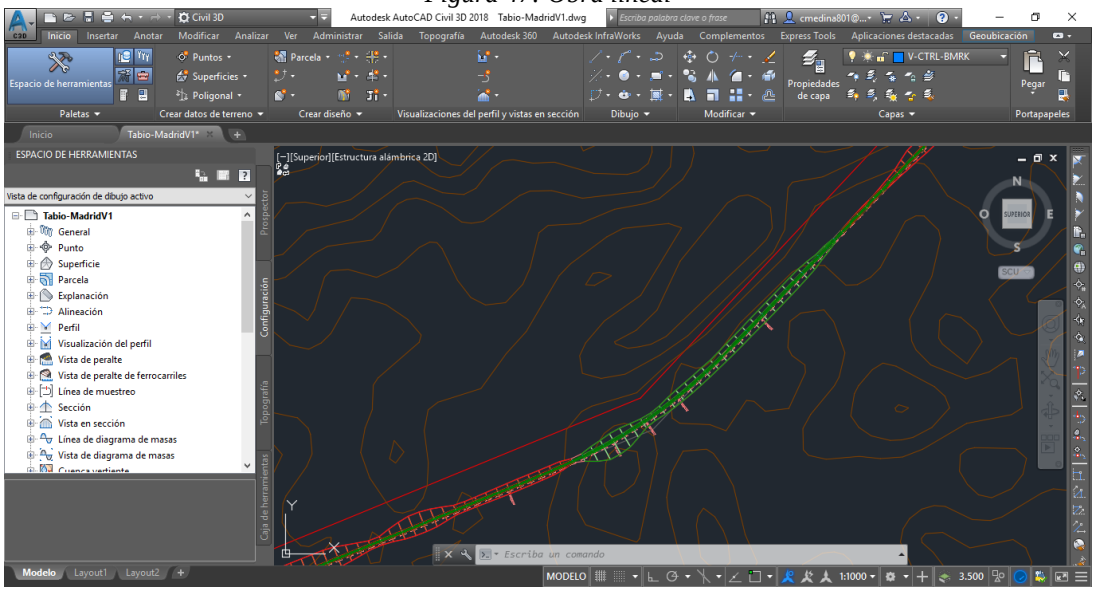
Figura 46: Sección de la vía Férrea



Tomado de: Creada en AutoCAD CIVIL 3D

- Se creo la obra lineal teniendo en cuenta los parámetros que fueron asignados, una vez creada la obra lineal, nos permite ver en el dibujo las áreas de corte (rojo) y terraplén (verde).

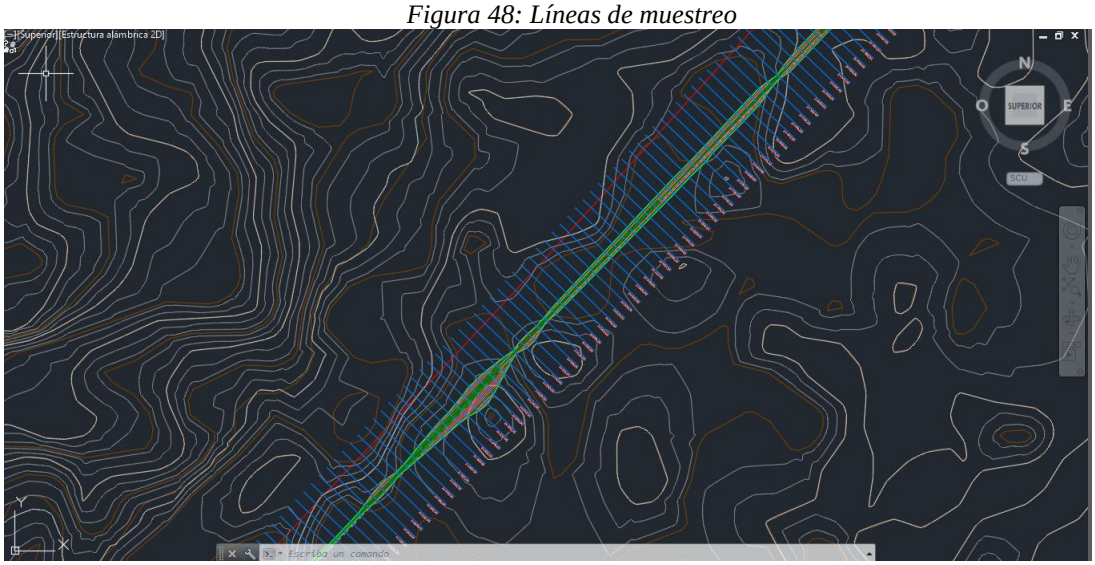
Figura 47: Obra lineal



Tomado de: Creada en AutoCAD CIVIL 3D

- Se genero líneas de muestreo cada 20 metros, lo que nos permitirá calcular los materiales y generar las secciones transversales.

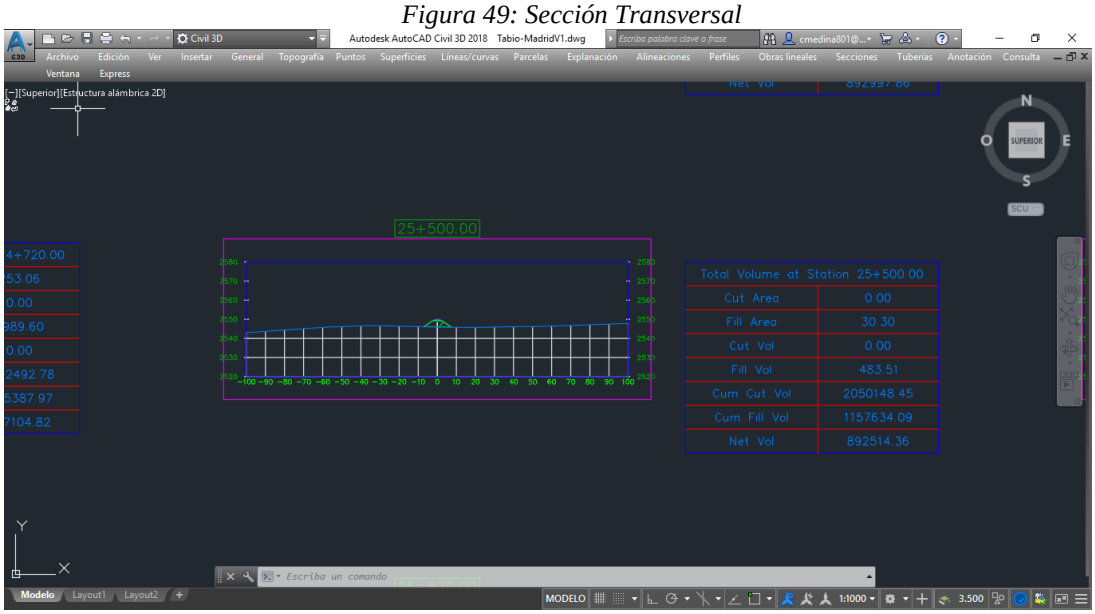
Figura 48: Líneas de muestreo



Tomado de: Creada en AutoCAD CIVIL 3D

- Se realizo el cálculo de los materiales y se generó las secciones transversales cada 20 m.

Figura 49: Sección Transversal



Tomado de: Creada en AutoCAD CIVIL 3D

Al procedimiento anterior, se realizó para el diseño de los corredores que se definieron anteriormente.

7.4.6. OBRAS DE ARTE

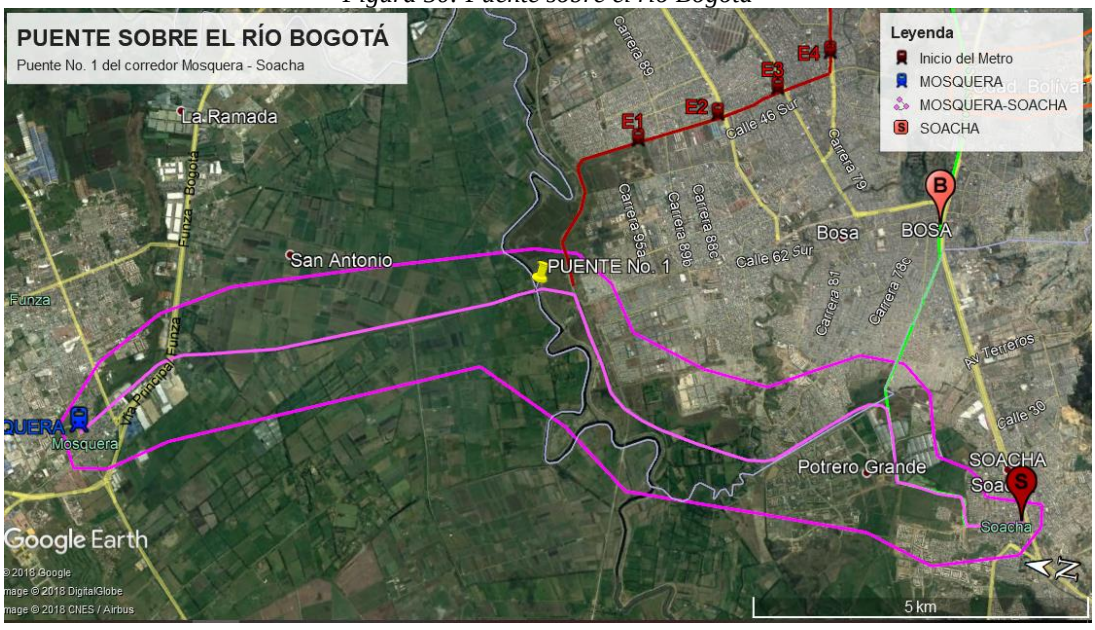
Como resultante en una primera observación del diseño geométrico de vías, se plantea que se van a necesitar obras de arte como alcantarillas, estaciones y edificios de estaciones, lo anterior para darle profundidad de viabilidad al proyecto.

7.4.6.1. PUENTES:

Según los diseños de los corredores que se propusieron, se deben realizar tres puentes, en los siguientes alineamientos:

Mosquera-Soacha: 1 puente para cruzar el río Bogotá a la altura del kilómetro 7 antes de hacer empalme con el metro de Bogotá.

Figura 50: Puente sobre el río Bogotá



Tomado de: Creada en Google Earth

Corredor Sur: 2 Puentes, uno a la altura del Portal del Tunal para cruzar el río Tunjuelito, y 1 a la altura de la entrada del botadero de Doña Juana, para cruzar el rio Tunjuelito.

Figura 51:Puentes del Corredor Sur

Tomado de: Creada en Google Earth

7.4.6.2. Alcantarillas:

Se partió del diseño vertical para la distribución de alcantarillas o pozos en los corredores, teniendo en cuenta cuales eran los puntos más bajos en los diseños verticales, se generó la siguiente tabla:

Tabla 4: Proyección de Alcantarillas

CORREDOR	NUMERO DE ALCANTARILLAS (POZOS)
Chía – Mosquera	Se proyectan aproximadamente 50 pozos para un corredor de 25 kilómetros.
Mosquera – Soacha	Se proyectan aproximadamente 34 pozos para un corredor de 17 kilómetros.
Tabio – Madrid	Se proyectan aproximadamente 56 pozos para un corredor de 28 kilómetros.
Corredor Sur	Teniendo en cuenta que este corredor es en la ciudad de Bogotá, se tiene la opción de conectarse al sistema de aguas pluvial y residual con el que cuenta los sectores por donde está proyectada la geometría de la vía férrea.

Tomado de: Fuente propia

La función de los pozos es la recolección de los fluidos provenientes de los filtros que tiene la estructura de la vía, aproximadamente tiene un costo de $826.989 (CONSTRUDATA, 2018).

Teniendo en cuenta la primera observación de los diseños verticales lo que nos permitió realizar la proyección de los pozos, se realizó de acuerdo a la consulta realizada a los profesionales del Consorcio Ibines, donde nos informan un aproximado de las alcantarillas de las líneas existentes de la Estación de la Sabana - Zipaquirá y Estación de la Sabana - Suesca. Lo cual permitió hacer el cálculo estimado para los corredores que se proponen en el presente proyecto.

7.4.6.3. Edificios de estaciones:

Se proyectaron un número de estaciones, teniendo en cuenta las posibles conexiones con los demás modos de transporte, con el fin de generar una integración general para el beneficio de los residentes de Bogotá y la Sabana de Bogotá, se aclara que para una precisión del número de estaciones se deben de realizar estudios de tránsito.

Tabla 5: Proyección de Estaciones

CORREDOR	ESTACIONES
Chía – Mosquera	7 estaciones.
Mosquera – Soacha	4 estaciones.
Tabio – Madrid	7 estaciones.
Corredor Sur	18 estaciones.

Tomado de: Fuente propia

7.5. UNA PROYECCION DE INVERSION Y TIEMPO

En este título se realizó una proyección de inversión y tiempo, de acuerdo a la primera observación que se realizó, aclaramos que esto puede variar de acuerdo a los análisis que se puedan realizar en un proyecto futuro.

7.5.1. INVERSION

7.5.1.1. CONSTRUCCION

Teniendo en cuenta que no se cuenta con la información exacta para el cálculo de un presupuesto detallado, se realizó un estimado de presupuesto con la información que fue brindada por *El Consorcio Ibines Férreo, encargado de realizar la reparación y atención de puntos críticos que presenta la vía férrea en los tramos La Dorada – Chiriguaná y Bogotá – Belencito, así como su administración, mejoramiento, mantenimiento, vigilancia y control de tráfico entre otras actividades complementarias, de acuerdo con contrato de obra ANI No. 313 del 25 de mayo de 2017.*

Tabla 6: Presupuesto Guía

ítem	Descripción	Presupuesto Inicial			
		Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Parcial
1	Localización y Replanteo Topográfico	m2	3,008.00	$ 3,021	$ 9,087,168
2	Retiro de Superestructura de Vía Férrea	ml	376.00	$ 29,696	$ 11,165,696
3	Excavación mecánica en material común	m3	1,138.00	$ 17,796	$ 20,251,848
4	Cargue y transporte a sitio autorizado.	m3	1,479.40	$ 31,000	$ 45,861,400
5	Compactacion de la subrasante	m2	915.00	$ 3,118	$ 2,852,970
6	Suministro e instalación de geotextil NT 2500	m2	1,372.50	$ 9,025	$ 12,386,813
7	Suministro y instalación de Tuberia novafort 6"	ml	130.00	$ 63,146	$ 8,209,001
8	Suministro y instalación de Tuberia novafort 4"	ml	27.00	$ 40,412	$ 1,091,135
9	Cunetas a pie de talud revestidas en concreto simple de 21 MPA de e=10cm, incluye excavación manual, afirmado y formaleta.	ml	400.00	$ 270,846	$ 108,338,400
10	Construcción de filtro con material drenante, incluye geo textil	m3	610.00	$ 242,171	$ 147,724,310
11	Relleno con rajón para mejoramiento de la Subrasante	m3	274.50	$ 199,784	$ 54,840,708
12	Suministro, extendido, nivelación y compactación de material de SUBBASE granular para capa de SELLO DE RAJON, incluye acopio, cargue y transporte.	m3	183.00	$ 141,364	$ 25,869,612
13	Suministro, extendido, nivelación y compactación de material de SUBBASE granular para capa de SUBBALASTO, incluye acopio, cargue y transporte.	m3	228.75	$ 141,364	$ 32,337,015
14	Instalación de riel en el corredor. Incluye transporte de instalación y retiro de riel	ml-via	376.00	$ 236,542	$ 88,939,792
15	Suministro e instalación de traviesas de concreto (Incluye sujeciones y placas de asiento).	Unidad	508.33	$ 329,812	$ 167,654,433
16	Soldadura Aluminotérmica	Unidad	75.00	$ 521,093	$ 39,081,975
17	Suministro e instalación de Balasto (incluye el cargue, transporte y el riego)	m3	451.20	$ 166,607	$ 75,173,078
18	Instalación de cambiavías de segundo uso, incluye levante de cambiavias, levante de riel en la vía principal y suministro e instalación de traviesas para cambiavias	Unidad	2.00	$ 9,680,633	$ 19,361,266
COSTO DIRECTO					**$ 870,226,620**
Administración		**A**	**15%**		$ 130,533,993
Imprevisto		**I**	**5%**		$ 43,511,331
Utilidad		**U**	**5%**		$ 43,511,331
TOTAL AIU		**AIU**	**25%**		**$ 217,556,655**
I.V.A. (19%)		**IVA**	**19%**		**$ 8,267,153**
SUBTOTAL OBRAS INCLUYENDO IVA					**$ 878,493,773**
VALOR TOTAL PRESUPUESTO PUNTOS CRITICOS					**$ 1,096,050,428**

Tomado de: **(Consorcio Ibines Férreo, 2017)**

Presupuesto está estimado para 376 m de vía férrea, dado que en nuestro proyecto los volúmenes de corte y relleno tienen una diferencia significativa con respecto al presupuesto, se tomó el valor unitario del m^3, para realizar los respectivos cálculos.

Para obtener el costo por kilómetro de la construcción de la vía férrea se tuvieron en cuenta los siguientes ítems

Tabla 7: Presupuesto Guía

ítem	Descripción	Presupuesto Inicial			
		Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Parcial
1	Localización y Replanteo Topográfico	m2	3,008.00	$ 3,021	$ 9,087,168
2	Retiro de Superestructura de Vía Férrea	ml	376.00	$ 29,696	$ 11,165,696
3	Excavación mecánica en material común	m3	0.00	$ 17,796	$ -
4	Cargue y transporte a sitio autorizado.	m3	1,479.40	$ 31,000	$ 45,861,400
5	Compactacion de la subrasante	m2	915.00	$ 3,118	$ 2,852,970
6	Suministro e instalación de geotextil NT 2500	m2	1,372.50	$ 9,025	$ 12,386,813
7	Suministro y instalación de Tuberia novafort 6"	ml	130.00	$ 63,146	$ 8,209,001
8	Suministro y instalación de Tuberia novafort 4"	ml	27.00	$ 40,412	$ 1,091,135
9	Cunetas a pie de talud revestidas en concreto simple de 21 MPA de e=10cm, incluye excavación manual, afirmado y formaleta.	ml	400.00	$ 270,846	$ 108,338,400
10	Construcción de filtro con material drenante, incluye geo textil	m3	610.00	$ 242,171	$ 147,724,310
11	Relleno con rajón para mejoramiento de la Subrasante	m3	0.00	$ 199,784	$ -
12	Suministro, extendido, nivelación y compactación de material de SUBBASE granular para capa de SELLO DE RAJON, incluye acopio, cargue y transporte.	m3	183.00	$ 141,364	$ 25,869,612
13	Suministro, extendido, nivelación y compactación de material de SUBBASE granular para capa de SUBBALASTO, incluye acopio, cargue y transporte.	m3	228.75	$ 141,364	$ 32,337,015
14	Instalación de riel en el corredor. Incluye transporte de instalación y retiro de riel	ml-via	376.00	$ 236,542	$ 88,939,792
15	Suministro e instalación de traviesas de concreto (Incluye sujeciones y placas de asiento).	Unidad	508.33	$ 329,812	$ 167,654,433
16	Soldadura Aluminotérmica	Unidad	75.00	$ 521,093	$ 39,081,975
17	Suministro e instalación de Balasto (incluye el cargue, transporte y el riego)	m3	451.20	$ 166,607	$ 75,173,078
18	Instalación de cambiavías de segundo uso, incluye levante de cambiavias, levante de riel en la vía principal y suministro e instalación de traviesas para cambiavias	Unidad	2.00	$ 9,680,633	$ 19,361,266
COSTO DIRECTO					**$ 795,134,064**
Administración		**A**	**15%**		$ 119,270,110
Imprevisto		**I**	**5%**		$ 39,756,703
Utilidad		**U**	**5%**		$ 39,756,703
TOTAL AIU		**AIU**	**25%**		**$ 198,783,516**
I.V.A. (19%)		**IVA**	**19%**		**$ 7,553,774**
SUBTOTAL OBRAS INCLUYENDO IVA					**$ 802,687,838**
VALOR TOTAL PRESUPUESTO PUNTOS CRITICOS					**$ 1,001,471,354**

Tomado de: **(Consorcio Ibines Férreo, 2017)**

Para el cálculo del valor por kilómetro se realizó lo siguientes operaciones:

$$376\ m = \$\ 1{,}001{,}471{,}354.00$$

$$1000\ m = x$$

$$x = \frac{(1000\ m * \$1{,}001{,}471{,}354.00)}{376\ m}$$

$$1000\ m = \$\ 2{,}663{,}487{,}644.00$$

$$1\ km = \$\ 2{,}663{,}487{,}644.00$$

El valor unitario de excavación y relleno que se tomó para el cálculo fueron:

$$1\ m^3\ de\ excavación = \$\ 17{,}796.00$$

$$1\ \ m^3\ de\ relleno = \$\ 199{,}784.00$$

7.5.1.2. PREDIOS

Para la realización del proyecto se tuvo en cuenta que se deben comprar predios para la construcción de dicha línea férrea, de acuerdo a eso se realizó una consulta de los valores estimados de los predios por m2 de los Municipios que se beneficiaran con este proyecto, costo que fue tomado de la página de Finca raíz, precio que varía de acuerdo al año en que se decida realizar la compra de los predios.

Tabla 8: Costo m2

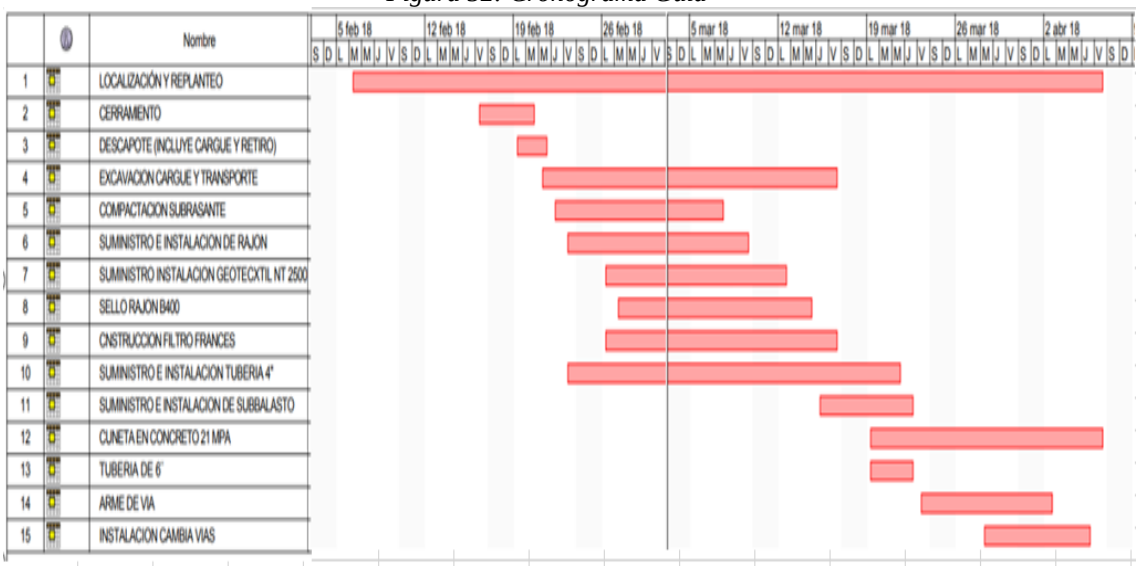
MUNICIPIO	VALOR X m2
Bogotá	$ 3,301,600
Mosquera	$ 2,040,700
Madrid	$ 2,040,700
Funza	$ 2,040,700
Facatativá	$ 2,040,700
Subachoque	$ 2,040,700
El Rosal	$ 2,040,700
Tabio	$ 3,257,800
Tenjo	$ 3,257,800
Cota	$ 3,257,800
Chía	$ 3,257,800
Soacha	$ 2,069,600

Tomado de: fuente propia

7.5.2. CRONOGRAMA DE EJECUCION

Teniendo en cuenta que no se cuenta con la información exacta para la realización de un cronograma de actividades detallado, se realizó un estimado de tiempo con la información que fue brindada por *El Consorcio Ibines Férreo, encargado de realizar la reparación y atención de puntos críticos que presenta la vía férrea en los tramos La Dorada – Chiriguaná y Bogotá – Belencito, así como su administración, mejoramiento, mantenimiento, vigilancia y control de tráfico entre otras actividades complementarias, de acuerdo con contrato de obra ANI No. 313 del 25 de mayo de 2017.*

Figura 52: Cronograma Guía



Tomado de: **(Consorcio Ibines Férreo, 2017)**

Para la construcción de 376 m de vía férrea el tiempo de ejecución fue de dos meses, según esto se realizaron los siguientes cálculos:

$$376\ m = 2\ meses$$

$$1000\ m = x$$

$$x = \frac{(1000\ m * 2\ meses)}{376\ m}$$

$$1000\ m = 5\ meses$$

$$1\ km = 5\ meses$$

7.5.3. ETAPAS DE EJECUCION

De acuerdo a los puntos anteriores, los costos y el tiempo calculado por kilómetro, se generaron las siguientes etapas:

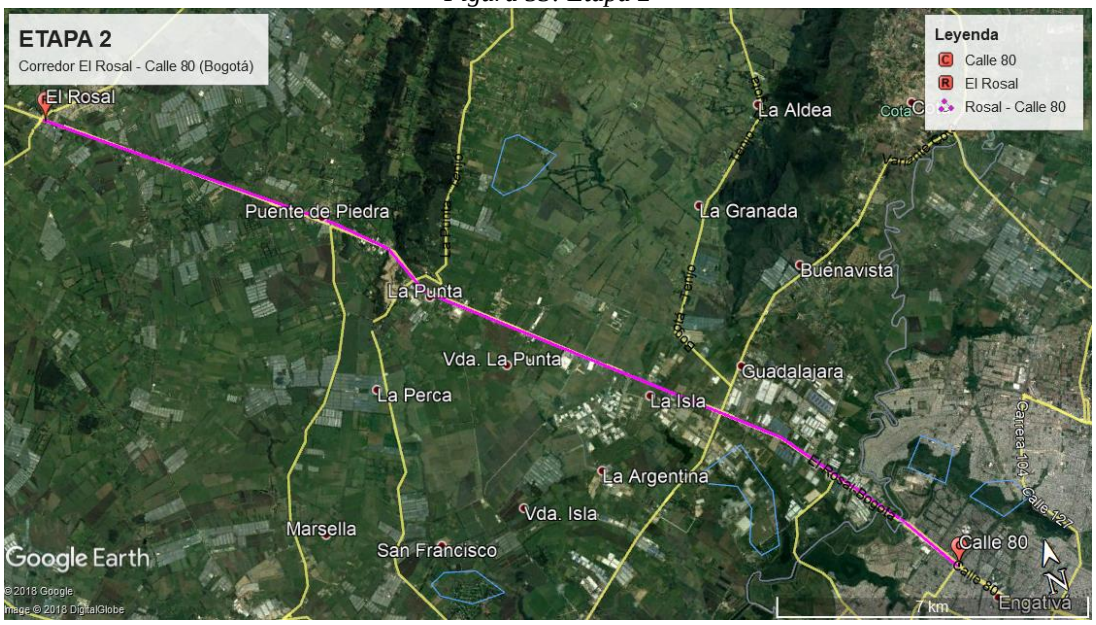
Tabla 9: Etapas

CORREDOR		DISTANCIA (km)	OBSERVACIONES	Equivalente (%)
1	Estación de la Sabana -Suesca	73.7	Ruta exitente que va hasta de Belencito, cuenta con 263 km, usada para el transporte de carga de Argos, de de la planta de Sogamoso hasta la plata de Bogotá. De la Estación de la Sabana hasta la estación de La Caro, se utiliza la vía para el transporte de pasajeros con destino a la Universidad de La Sabana y Universidad Militar.	23%
2	Estación de la Caro- Zipaquira	19	Ruta exitente que utilizada para el turismo los fines de semana, teniendo en cuenta que para realizar un viaje completo hasta la estación de la Sabana se comparte la vía con el corredor 1.	6%
3	Regiotram - Corredor Occidente (Estación de la Sabana - Facatativá)	43.9	Construcción, puesta en marcha, mantenimiento y explotación de una línea ferroviaria (en vía doble) que parte de la Estación Central de la Sabana hasta el municipio de Facatativá, y Ramal al Aeropuerto, duración de 36 meses. (SITP, 2015)	14%
4	Chía – Mosquera	25.163	Para la construcción de este corredor es necesario que el corredor de Occidente este construido.	8%
5	Unión corredor Chía - Mosquera y Estación de la Sabana Zipaquira	8.64	Proyección de la vía ferrea con el fin de unir los corredores 1, 2 y 4, para la integración del sistema multimodal.	3%
6	Mosquera – Soacha	17.067	Para la construcción de este corredor es necesario que el corredor de Occidente este construido.	5%
7	Tabio – Madrid	28.69	Para la construcción de este corredor es necesario que el corredor de Occidente este construido.	9%
8	Regiotram – Corredor Sur (Estación de la Sabana Soacha)	18.1	Construcción, puesta en marcha, mantenimiento y explotación de una línea ferroviaria (en vía doble) que parte de la Estación Central de la Sabana hasta Soacha, duración 36 meses. (SITP, 2015)	6%
9	Corredor Sur	15.894	Para la construcción de este corredor es necesario que el Corredor Sur (Estación de la Sabana Soacha)	5%
10	El Rosal - Calle 80 (Bogotá)	23.1	Se proyecta como una etapa 2, con la opción de un desarrollo futuro	7%
11	Subachoque - Facatativa	26.1	Se proyecta como una etapa 2, con la opción de un desarrollo futuro	8%
12	Chia - Tabio	7.7	Se proyecta como una etapa 3, con la opción de un desarrollo futuro	2%
13	Tabio - Subachoque	11.2	Se proyecta como una etapa 3, con la opción de un desarrollo futuro	4%
TOTAL		**318.254**		**100%**

Tomado de: fuente propia

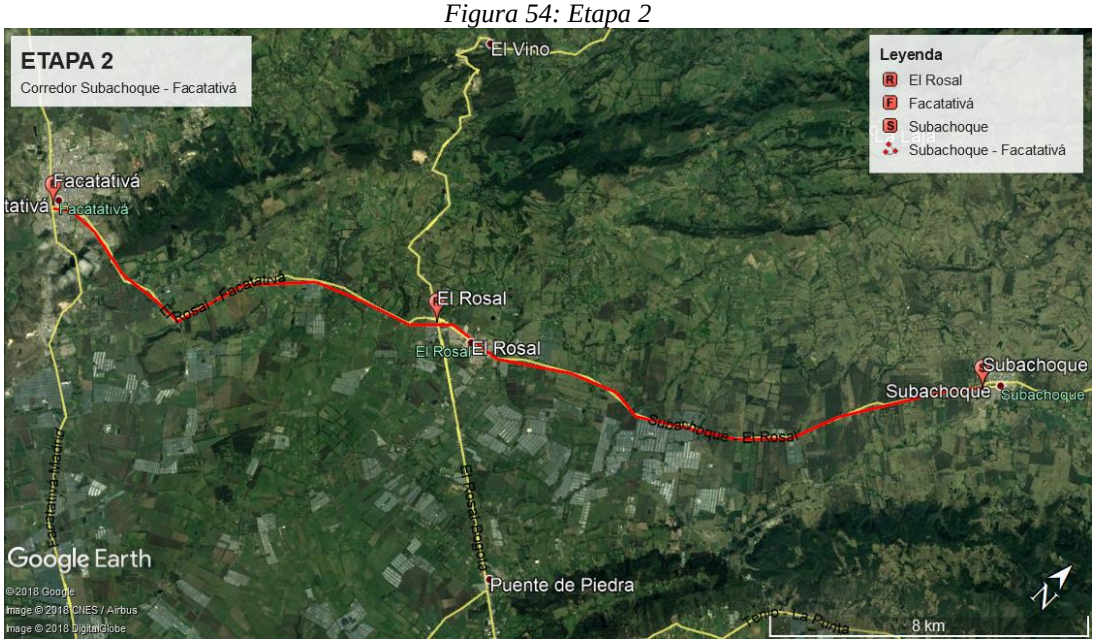
Adicionalmente se plantean dos etapas adicionales como continuación al desarrollo futuro de este trabajo, con el fin de integrar todos los corredores con un sistema multimodal, se definieron los dos siguientes corredores, aclarando que no se realizó el proceso de obtención de datos altimétricos y diseños horizontales y verticales:

Figura 53: Etapa 2



Tomado de: Creada en Google Earth

Figura 54: Etapa 2



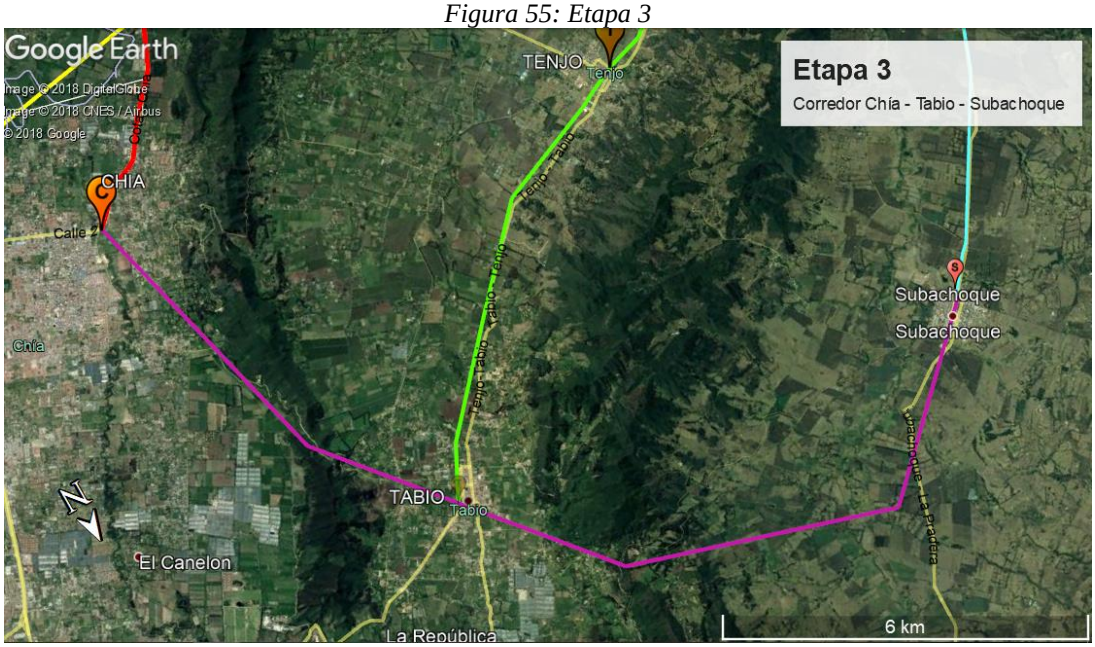
Tomado de: Creada en Google Earth

Tabla 10: Etapa No.2

CORREDOR	DISTANCIA (km)
El Rosal – Calle 80 (Bogotá)	23.1
Subachoque – Facatativá	26.1

Tomado de: fuente propia

Figura 55: Etapa 3



Tomado de: Creada en Google Earth

Tabla 11: Etapa No.3

CORREDOR	DISTANCIA (km)
Chia - Tabio	7.7
Tabio - Subachoque	11.2

Tomado de: fuente propia

Etapas que no se incluyen, porque en el análisis de población y movilidad no generan una prioridad para la comunicación de los mismos, se proyectan queriendo resaltar que puede existir una integración total de los Sabana de Bogotá y Bogotá mediante un sistema multimodal.

8. RESULTADOS

Teniendo en cuenta la primera observación que se realizó de los problemas de movilidad de la Sabana de Bogotá se generaron los siguientes resultados de acuerdo a la metodología planteada en el numeral anterior.

8.1. ANTECEDENTES – DESAFIOS

Respecto a las referencias internacionales, se tuvieron en cuenta varios países y ciudades de Europa, Japón y EEUU, entre ellas resaltamos Boston la cual es un ejemplo de la implementación del sistema férreo y sus avances, a nivel mundial en cuanto a infraestructura y eficiencia; al comparar Colombia con Boston podemos ver que si es posible implementar un sistema multimodal que solucione los problemas actuales de movilidad en la capital, por eso es necesario desarrollar modelos y realizar mejoras en la infraestructura, que permitan aplicar las ventajas que se han desarrollado en todas partes del mundo.

El transporte ferroviario tiene importantes ventajas al compararlo con el transporte carretero debido a su menor consumo energético, menores costos operacionales y la capacidad de su infraestructura; de igual forma posee algunas desventajas ya que requiere volúmenes importantes, constantes y predecibles, para poder lograr condiciones de rentabilidad.

8.2. INTERRELACIÓN MUNICIPAL

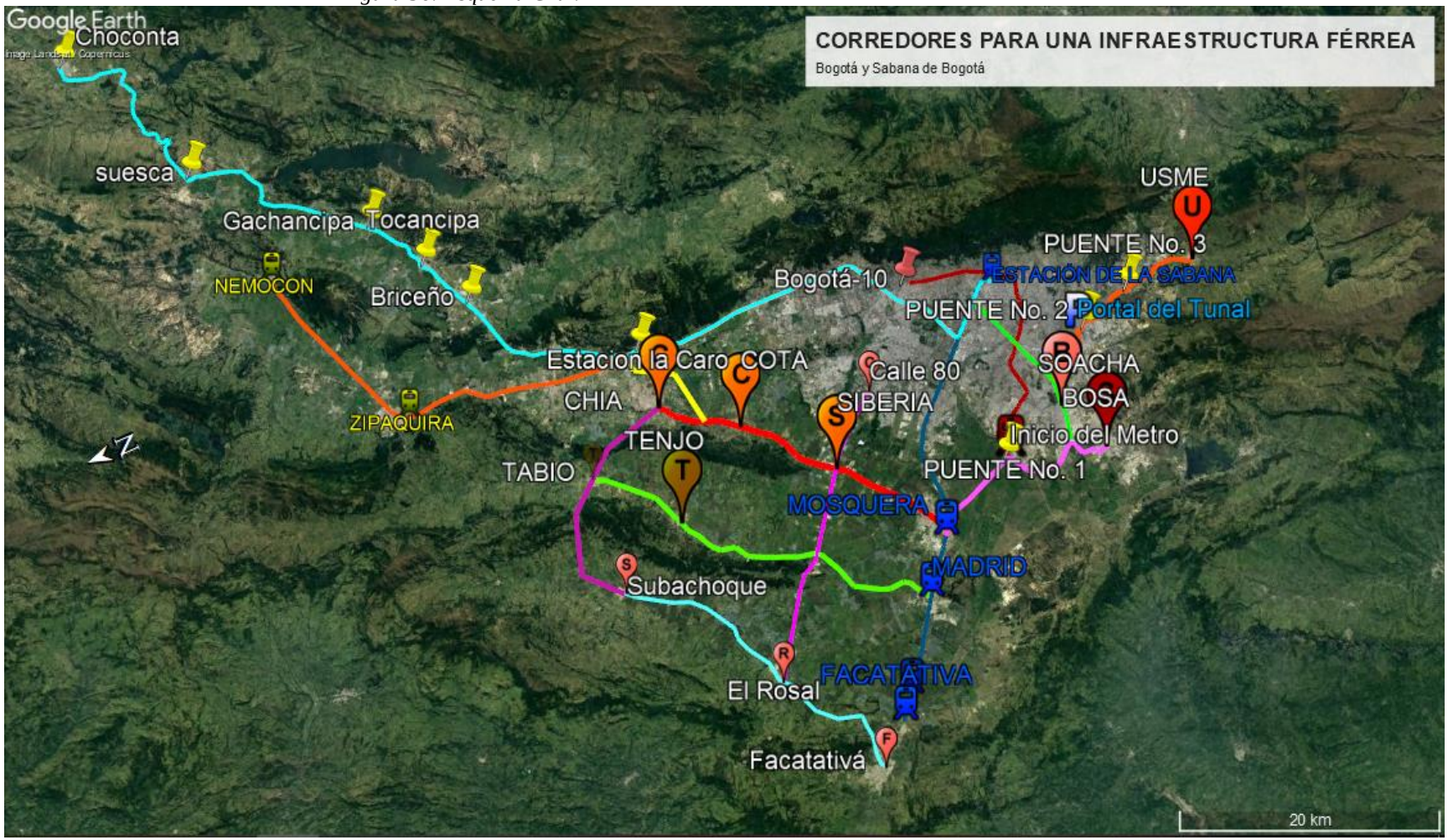
Los movimientos e incrementos poblacionales en la sabana de Bogotá han aumentado significativamente en los últimos años debido a que el entorno concentra gran parte de la actividad económica de la región y del país.

Diariamente se realizan 1.352.271 intermunicipales de los cuales el 65% se realizan en transporte público lo cual hace que los tiempos de desplazamiento oscilen entre 30 y 120 minutos dependiendo del recorrido.

8.3. MODELACIÓN Y DISEÑO PARA UNA INFRAESTRUCTURA FERREA

Teniendo en cuenta los corredores que se realizaron, se generó el siguiente grafico donde podemos observar todos los corredores: existentes, proyectados para la etapa No. 1, etapa No. 2 y etapa No.3.

Figura 56: Esquema Gral.

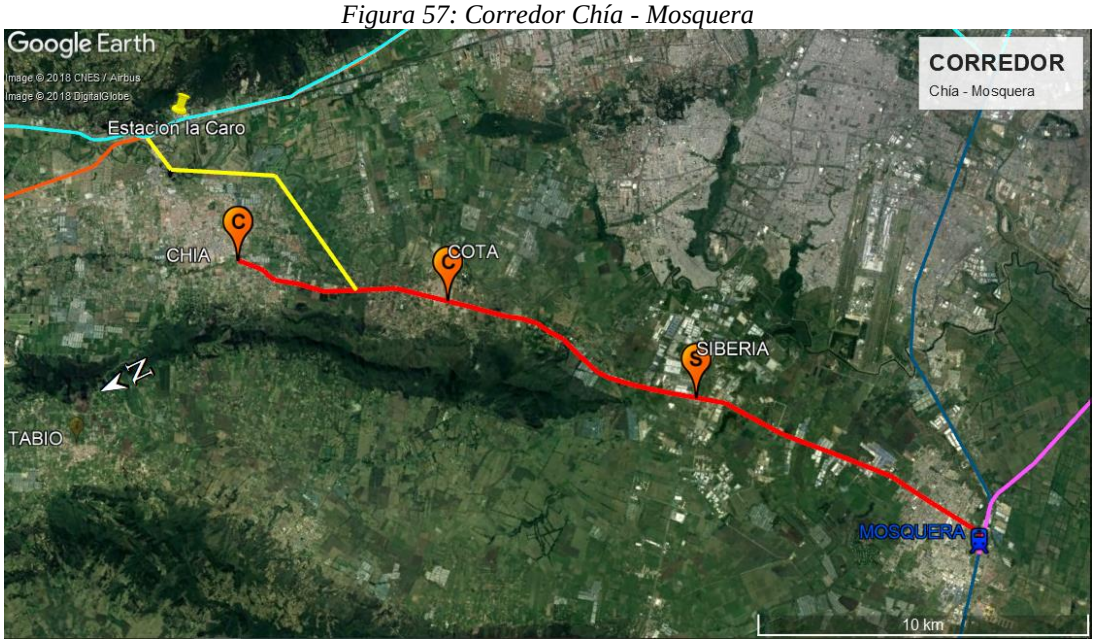


Tomado de: Creada en Google Earth

8.3.1. Corredor Chía – Mosquera

Línea férrea que parte desde el municipio de Chía, pasando por el municipio de Cota y Funza, finalizando en Mosquera, donde realizara la integración al Corredor Occidental del REGIOTRAM, compuesto por 25.2 km y contara con 7 estaciones a lo largo de su recorrido. Dado que se crea la necesidad de comunicar este corredor se realiza una proyección de un tramo de 8.6 km, para que exista una integración a la línea existente que comunica de la Estación de la Sabana (Bogotá) al Municipio de Zipaquirá a la altura de la estación de la Universidad de la Sabana

Figura 57: Corredor Chía - Mosquera



Tomado de: Creada en Google Earth

- Diseño horizontal:

Se efectúo el diseño del alineamiento, del cual se obtuvieron 7 PI, en los cuales se implementaron curvas de transición en planta: clotoides, según los parámetros establecidos por el Manual de Normativa Férrea de MinTransporte, a continuación, se muestran los elementos principales de las curvas planteadas:

Tabla 12: Elementos de las curvas horizontales

Número	Tipo	Restricción paramétrica	Longitud	Orientación	P.K. inicial	P.K. final	Radio	Grado de curvatura por arco	Orientación inicial	Orientación final	Longitud de cuerda	Flecha del arco	Tangente externa	P.K. de PI	Tangente corta	Tangente larga	Definición de espiral	P.K. de PI_espiral
1	Línea	Dos puntos	2453.733m	S45° 25' 24"W	0+000.00m	2+453.73m												
2	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	200.000m		2+453.73m	2+653.73m			S45° 25' 24"W	S39° 41' 38"W					66.730m	133.403m	Clotoide	2+587.14m
2	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	212.862m		2+653.73m	2+866.59m	1000.000m	1.1459 (g)	S39° 41' 38"W	S27° 29' 52"W	212.460m	5.658	106.835m	2+760.57m				
2	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	200.000m		2+866.59m	3+066.59m			S27° 29' 52"W	S21° 46' 05"W					66.730m	133.403m	Clotoide	2+933.32m
3	Línea	Dos puntos	1693.598m	S21° 46' 05"W	3+066.59m	4+760.19m												
4	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	150.000m		4+760.19m	4+910.19m			S21° 46' 05"W	S26° 03' 55"W					50.027m	100.029m	Clotoide	4+860.22m
4	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	89.927m		4+910.19m	5+000.12m	1000.000m	1.1459 (g)	S26° 03' 55"W	S31° 13' 04"W	89.897m	1.011	44.994m	4+955.19m				
4	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	150.000m		5+000.12m	5+150.12m			S31° 13' 04"W	S35° 30' 54"W					50.027m	100.029m	Clotoide	5+050.15m
5	Línea	Dos puntos	3918.990m	S35° 30' 54"W	5+150.12m	9+069.11m												
6	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	250.000m		9+069.11m	9+319.11m			S35° 30' 54"W	S48° 32' 12"W					83.745m	167.120m	Clotoide	9+236.23m
6	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	91.989m		9+319.11m	9+411.10m	550.000m	2.0835 (g)	S48° 32' 12"W	S58° 07' 11"W	91.882m	1.922	46.102m	9+365.21m				
6	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	250.000m		9+411.10m	9+661.10m			S58° 07' 11"W	S71° 08' 29"W					83.745m	167.120m	Clotoide	9+494.84m
7	Línea	Dos puntos	1910.844m	S71° 08' 29"W	9+661.10m	11+571.94m												
8	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	200.000m		11+571.94m	11+771.94m			S71° 08' 29"W	S62° 57' 23"W					66.797m	133.476m	Clotoide	11+705.42m
8	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	179.943m		11+771.94m	11+951.89m	700.000m	1.6370 (g)	S62° 57' 23"W	S48° 13' 40"W	179.448m	5.774	90.470m	11+862.41m				
8	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	200.000m		11+951.89m	12+151.89m			S48° 13' 40"W	S40° 02' 33"W					66.797m	133.476m	Clotoide	12+018.68m
9	Línea	Dos puntos	3461.856m	S40° 02' 33"W	12+151.89m	15+613.74m												
10	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	170.000m		15+613.74m	15+783.74m			S40° 02' 33"W	S43° 17' 22"W					56.684m	113.352m	Clotoide	15+727.09m
10	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	75.576m		15+783.74m	15+859.32m	1500.000m	0.7639 (g)	S43° 17' 22"W	S46° 10' 34"W	75.568m	0.476	37.796m	15+821.54m				
10	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	170.000m		15+859.32m	16+029.32m			S46° 10' 34"W	S49° 25' 23"W					56.684m	113.352m	Clotoide	15+916.00m
11	Línea	Dos puntos	5100.553m	S49° 25' 23"W	16+029.32m	21+129.87m												
12	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	140.000m		21+129.87m	21+269.87m			S49° 25' 23"W	S52° 45' 55"W					46.682m	93.350m	Clotoide	21+223.22m
12	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	45.765m		21+269.87m	21+315.64m	1200.000m	0.9549 (g)	S52° 45' 55"W	S54° 57' 01"W	45.763m	0.218	22.885m	21+292.76m				
12	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	140.000m		21+315.64m	21+455.64m			S54° 57' 01"W	S58° 17' 33"W					46.682m	93.350m	Clotoide	21+362.32m
13	Línea	Dos puntos	2661.664m	S58° 17' 33"W	21+455.64m	24+117.30m												
14	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	200.000m		24+117.30m	24+317.30m			S58° 17' 33"W	S67° 50' 31"W					66.844m	133.528m	Clotoide	24+250.83m
14	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	556.738m		24+317.30m	24+874.04m	600.000m	1.9099 (g)	S67° 50' 31"W	N58° 59' 37"W	536.979m	63.424	300.226m	24+617.53m				
14	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	200.000m		24+874.04m	25+074.04m			N58° 59' 37"W	N49° 26' 39"W					66.844m	133.528m	Clotoide	24+940.88m
15	Línea	Dos puntos	89.589m	N49° 26' 39"W	25+074.04m	25+163.63m												

Tomado de: resultados de cálculos en AutoCAD CIVIL 3D

- Diseño Vertical

Se genero el perfil longitudinal y se trazó la rasante la cual nos generaron PIV, a continuación, se muestran los elementos de los acuerdos verticales generados teniendo en cuenta que según el Manual de Normativa Férrea de MinTransporte el tipo de curva debe ser circular:

Tabla 13: Elementos de las curvas verticales

Nº	P.K. de VAV	Elevación de VAV	Inclinación de rasante T.E.	Inclinación de rasante T.S.	A (Cambio de pendiente)	Tipo de curva de perfil	Valor de K	Tipo de subentidad	Longitud de curva de perfil	Radio de curva
1	0+000.00m	2551.080m		1.00%						
2	2+400.00m	2575.000m	1.00%	-0.36%	1.35%	Convexo	369.625	Curva circular	500.000m	36963.942m
3	8+017.00m	2555.000m	-0.36%	-0.11%	0.24%	Cóncavo	2049.818	Curva circular	500.000m	204983.602m
4	14+583.21m	2547.637m	-0.11%	-0.02%	0.09%	Cóncavo	5732.874	Curva circular	500.000m	573287.886m
5	25+163.63m	2545.000m	-0.02%							

Tomado de: resultados de cálculos en AutoCAD CIVIL 3D

Se generaron las secciones verticales teniendo en cuenta la siguiente estructura de la vía férrea, lo que nos permitió realizar el cálculo de los volúmenes de corte y terraplén que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 14: Volumen total

P.K. inicial	P.K. final	Volumen de Corte (m3)	Volumen de relleno (m3)	Volumen Total (m3)
0+000.00m	25+163.63m	2590423.38	2398565.84	4988989.22

Tomado de: resultados de cálculos en AutoCAD CIVIL 3D

Conforme a lo anterior se generaron planos de planta y perfil los cuales se pueden ver en el anexo No. 1, adicionalmente se proyectaron las siguientes obras de complementarias:

Tabla 15: Obras adicionales

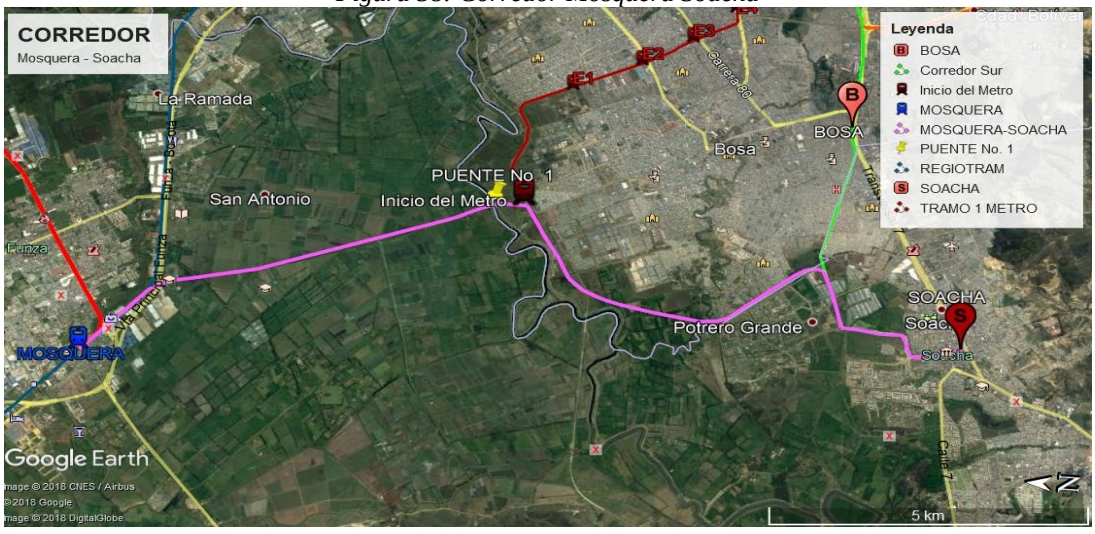
CORREDOR	ESTACIONES	NUMERO DE ALCANTARILLAS (POZOS)
Chía – Mosquera	7	50

Tomado de: Fuente propia

8.3.2. Corredor Mosquera - Soacha

Línea férrea que parte desde el municipio de Mosquera, finalizando en Soacha, donde realizara la integración al Corredor Sur del REGIOTRAM y realiza empalme con el metro de Bogotá en el kilómetro 7, compuesto por 17.1 km y contara con 4 estaciones a lo largo de su recorrido.

Figura 58: Corredor Mosquera Soacha



Tomado de: Creada en Google Earth

- Diseño horizontal:

Se efectúo el diseño del alineamiento, del cual se obtuvieron 5 PI, en los cuales se implementaron curvas de transición en planta: clotoides, según los parámetros establecidos por el Manual de Normativa Férrea de MinTransporte, a continuación, se muestran los elementos principales de las curvas planteadas:

Tabla 16: Elementos de las curvas horizontales

Número	Tipo	Restricción paramétrica	Longitud	Orientación	P.K. inicial	P.K. final	Radio	Grado de curvatura por arco	Orientación inicial	Orientación final	Longitud de cuerda	Flecha del arco	Tangente externa	P.K. de PI	Tangente corta	Tangente larga	Definición de espiral	P.K. de PI_espiral
1	Línea	Dos puntos	1459.145m	S51° 48' 01"E	0+000.00m	1+459.14m												
2	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	200.000m		1+459.14m	1+659.14m			S51° 48' 01"E	S42° 15' 04"E					66.844m	133.528m	Clotoide	1+592.67m
2	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	147.546m		1+659.14m	1+806.69m	600.000m	1.9099 (g)	S42° 15' 04"E	S28° 09' 41"E	147.175m	4.53	74.147m	1+733.29m				
2	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	200.000m		1+806.69m	2+006.69m			S28° 09' 41"E	S18° 36' 44"E					66.844m	133.528m	Clotoide	1+873.53m
3	Línea	Dos puntos	5298.301m	S18° 36' 44"E	2+006.69m	7+304.99m												
4	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	300.000m		7+304.99m	7+604.99m			S18° 36' 44"E	S2° 59' 10"E					100.714m	200.785m	Clotoide	7+505.78m
4	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	447.486m		7+604.99m	8+052.48m	550.000m	2.0835 (g)	S2° 59' 10"E	S43° 37' 50"W	435.246m	44.886	236.961m	7+841.95m				
4	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	300.000m		8+052.48m	8+352.48m			S43° 37' 50"W	S59° 15' 24"W					100.714m	200.785m	Clotoide	8+153.19m
5	Línea	Dos puntos	749.109m	S59° 15' 24"W	8+352.48m	9+101.59m												
6	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	300.000m		9+101.59m	9+401.59m			S59° 15' 24"W	S43° 37' 50"W					100.714m	200.785m	Clotoide	9+302.37m
6	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	169.698m		9+401.59m	9+571.29m	550.000m	2.0835 (g)	S43° 37' 50"W	S25° 57' 08"W	169.026m	6.532	85.529m	9+487.12m				
6	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	300.000m		9+571.29m	9+871.29m			S25° 57' 08"W	S10° 19' 34"W					100.714m	200.785m	Clotoide	9+672.00m
7	Línea	Dos puntos	1582.511m	S10° 19' 34"W	9+871.29m	11+453.80m												
8	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	300.000m		11+453.80m	11+753.80m			S10° 19' 34"W	S5° 18' 00"E					100.714m	200.785m	Clotoide	11+654.58m
8	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	177.204m		11+753.80m	11+931.00m	550.000m	2.0835 (g)	S5° 18' 00"E	S23° 45' 36"E	176.438m	7.121	89.376m	11+843.17m				
8	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	300.000m		11+931.00m	12+231.00m			S23° 45' 36"E	S39° 23' 10"E					100.714m	200.785m	Clotoide	12+031.72m
9	Línea	Dos puntos	704.132m	S39° 23' 10"E	12+231.00m	12+935.13m												
10	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	300.000m		12+935.13m	13+235.13m			S39° 23' 10"E	S23° 45' 36"E					100.714m	200.785m	Clotoide	13+135.92m
10	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	735.013m		13+235.13m	13+970.15m	550.000m	2.0835 (g)	S23° 45' 36"E	S52° 48' 33"W	681.526m	118.282	434.125m	13+669.26m				
10	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	300.000m		13+970.15m	14+270.15m			S52° 48' 33"W	S68° 26' 08"W					100.714m	200.785m	Clotoide	14+070.86m
11	Línea	Dos puntos	1176.717m	S68° 26' 08"W	14+270.15m	15+446.86m												

Tomado de: resultados de cálculos en AutoCAD CIVIL 3D

- Diseño Vertical

Se genero el perfil longitudinal y se trazó la rasante la cual nos generaron PIV, a continuación, se muestran los elementos de los acuerdos verticales generados teniendo en cuenta que según el Manual de Normativa Férrea de MinTransporte el tipo de curva debe ser circular:

Tabla 17: Elementos de las curvas verticales

Nº	P.K. de VAV	Elevación de VAV	Inclinación de rasante T.E.	Inclinación de rasante T.S.	A (Cambio de pendiente)	Tipo de curva de perfil	Valor de K	Tipo de subentidad	Longitud de curva de perfil	Radio de curva
1	0+000.00m	2544.964m		-0.27%						
2	3+700.00m	2535.000m	-0.27%	0.21%	0.48%	Cóncavo	419.795	Curva circular	200.000m	41979.609m
3	6+369.51m	2540.529m	0.21%	0.03%	0.18%	Convexo	1703.347	Curva circular	300.000m	170335.155m
4	15+600.00m	2543.390m	0.03%	1.72%	1.69%	Cóncavo	177.181	Curva circular	300.000m	17720.738m
5	17+067.98m	2568.701m	1.72%							

Tomado de: resultados de cálculos en AutoCAD CIVIL 3D

Se generaron las secciones verticales teniendo en cuenta la siguiente estructura de la vía férrea, lo que nos permitió realizar el cálculo de los volúmenes de corte y terraplén que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 18: Volumen total

P.K. inicial	P.K. final	Volumen de Corte (m3)	Volumen de relleno (m3)	Volumen Total (m3)
0+000.00m	17+067.98m	1070524.15	1595261.01	2665785.16

Tomado de: resultados de cálculos en AutoCAD CIVIL 3D

Conforme a lo anterior se generaron planos de planta y perfil los cuales se pueden ver en el anexo No. 2, adicionalmente se proyectaron las siguientes obras de complementarias:

Tabla 19: Obras adicionales

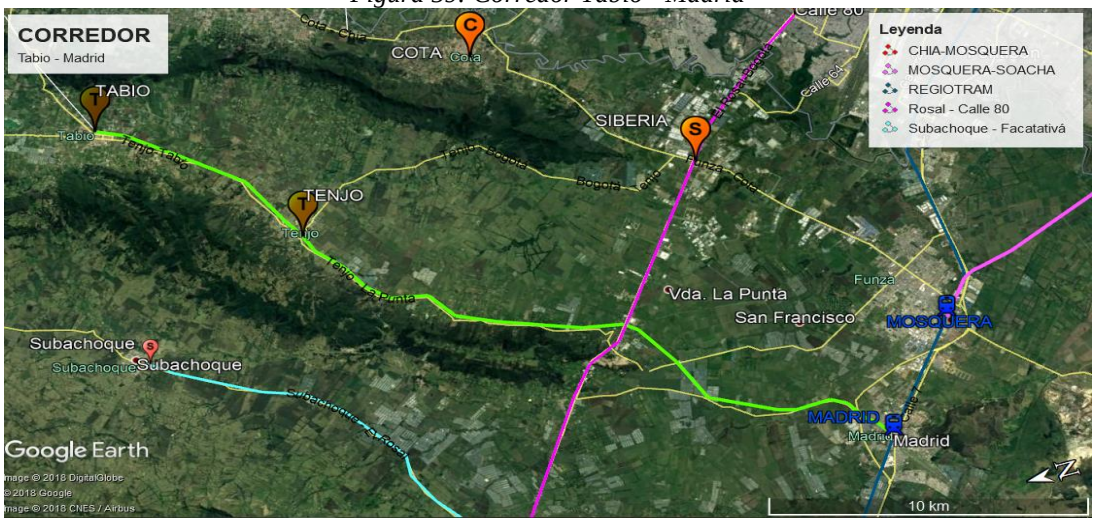
CORREDOR	PUENTES	ESTACIONES	NUMERO DE ALCANTARILLAS (POZOS)
Mosquera - Soacha	1	4	34

Tomado de: Fuente propia

8.3.3. Corredor Tabio - Madrid

Línea férrea que parte desde el municipio de Tabio, pasando por el municipio de Tenjo, finalizando en Madrid, donde realizara la integración al Corredor Occidental del REGIOTRAM, compuesto por 28.7 km y contara con 7 estaciones a lo largo de su recorrido.

Figura 59: Corredor Tabio - Madrid



Tomado de: Creada en Google Earth

- Diseño horizontal:

Se efectúo el diseño del alineamiento, del cual se obtuvieron 7 PI, en los cuales se implementaron curvas de transición en planta: clotoides, según los parámetros establecidos por el Manual de Normativa Férrea de MinTransporte, a continuación, se muestran los elementos principales de las curvas planteadas:

Tabla 20: Elementos de las curvas horizontales

Número	Tipo	Restricción paramétrica	Longitud	Orientación	P.K. inicial	P.K. final	Radio	Grado de curvatura por arco	Orientación inicial	Orientación final	Longitud de cuerda	Flecha del arco	Tangente externa	P.K. de PI	Tangente corta	Tangente larga	Definición de espiral	P.K. de PI_espiral
1	Línea	Dos puntos	820.167m	S21° 26' 40"W	0+000.00m	0+820.17m												
2	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	200.000m		0+820.17m	1+020.17m			S21° 26' 40"W	S28° 36' 23"W					66.766m	133.443m	Clotoide	0+953.61m
2	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	112.046m		1+020.17m	1+132.21m	800.000m	1.4324 (g)	S28° 36' 23"W	S36° 37' 52"W	111.954m	1.961	56.115m	1+076.28m				
2	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	200.000m		1+132.21m	1+332.21m			S36° 37' 52"W	S43° 47' 35"W					66.766m	133.443m	Clotoide	1+198.98m
3	Línea	Dos puntos	3553.228m	S43° 47' 35"W	1+332.21m	4+885.44m												
4	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	200.000m		4+885.44m	5+085.44m			S43° 47' 35"W	S50° 57' 18"W					66.766m	133.443m	Clotoide	5+018.88m
4	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	135.457m		5+085.44m	5+220.90m	800.000m	1.4324 (g)	S50° 57' 18"W	S60° 39' 23"W	135.295m	2.865	67.891m	5+153.33m				
4	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	200.000m		5+220.90m	5+420.90m			S60° 39' 23"W	S67° 49' 06"W					66.766m	133.443m	Clotoide	5+287.66m
5	Línea	Dos puntos	2862.104m	S67° 49' 06"W	5+420.90m	8+283.00m												
6	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	200.000m		8+283.00m	8+483.00m			S67° 49' 06"W	S60° 39' 23"W					66.766m	133.443m	Clotoide	8+416.44m
6	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	111.558m		8+483.00m	8+594.56m	800.000m	1.4324 (g)	S60° 39' 23"W	S52° 40' 00"W	111.468m	1.944	55.870m	8+538.87m				
6	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	200.000m		8+594.56m	8+794.56m			S52° 40' 00"W	S45° 30' 16"W					66.766m	133.443m	Clotoide	8+661.33m
7	Línea	Dos puntos	4628.397m	S45° 30' 16"W	8+794.56m	13+422.96m												
8	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	200.000m		13+422.96m	13+622.96m			S45° 30' 16"W	S38° 20' 33"W					66.766m	133.443m	Clotoide	13+556.40m
8	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	133.503m		13+622.96m	13+756.46m	800.000m	1.4324 (g)	S38° 20' 33"W	S28° 46' 52"W	133.348m	2.783	66.907m	13+689.86m				
8	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	200.000m		13+756.46m	13+956.46m			S28° 46' 52"W	S21° 37' 09"W					66.766m	133.443m	Clotoide	13+823.22m
9	Línea	Dos puntos	4431.005m	S21° 37' 09"W	13+956.46m	18+387.46m												
10	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	300.000m		18+387.46m	18+687.46m			S21° 37' 09"W	S32° 21' 44"W					100.336m	200.370m	Clotoide	18+587.83m
10	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	293.101m		18+687.46m	18+980.56m	800.000m	1.4324 (g)	S32° 21' 44"W	S53° 21' 14"W	291.464m	13.386	148.212m	18+835.68m				
10	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	300.000m		18+980.56m	19+280.56m			S53° 21' 14"W	S64° 05' 49"W					100.336m	200.370m	Clotoide	19+080.90m
11	Línea	Dos puntos	2854.621m	S64° 05' 49"W	19+280.56m	22+135.19m												
12	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	300.000m		22+135.19m	22+435.19m			S64° 05' 49"W	S53° 21' 14"W					100.336m	200.370m	Clotoide	22+335.55m
12	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	306.692m		22+435.19m	22+741.88m	800.000m	1.4324 (g)	S53° 21' 14"W	S31° 23' 19"W	304.817m	14.652	155.252m	22+590.44m				
12	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	300.000m		22+741.88m	23+041.88m			S31° 23' 19"W	S20° 38' 45"W					100.336m	200.370m	Clotoide	22+842.21m
13	Línea	Dos puntos	3052.346m	S20° 38' 45"W	23+041.88m	26+094.22m												
14	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	250.000m		26+094.22m	26+344.22m			S20° 38' 45"W	S29° 35' 54"W					83.528m	166.880m	Clotoide	26+261.10m
14	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	220.839m		26+344.22m	26+565.06m	800.000m	1.4324 (g)	S29° 35' 54"W	S45° 24' 53"W	220.139m	7.608	111.126m	26+455.35m				
14	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	250.000m		26+565.06m	26+815.06m			S45° 24' 53"W	S54° 22' 02"W					83.528m	166.880m	Clotoide	26+648.59m
15	Línea	Dos puntos	1875.586m	S54° 22' 02"W	26+815.06m	28+690.65m												

Tomado de: resultados de cálculos en AutoCAD CIVIL 3D

- Diseño Vertical

Se genero el perfil longitudinal y se trazó la rasante la cual nos generaron PIV, a continuación, se muestran los elementos de los acuerdos verticales generados teniendo en cuenta que según el Manual de Normativa Férrea de MinTransporte el tipo de curva debe ser circular:

Tabla 21: Elementos de las curvas verticales

Nº	P.K. de VAV	Elevación de VAV	Inclinación de rasante T.E.	Inclinación de rasante T.S.	A (Cambio de pendiente)	Tipo de curva de perfil	Valor de K	Tipo de subentidad	Longitud de curva de perfil	Radio de curva
1	0+000.00m	2588.534m		-0.48%						
2	4+679.87m	2565.849m	-0.48%	0.15%	0.63%	Cóncavo	790.873	Curva circular	500.000m	79088.076m
3	10+884.56m	2575.000m	0.15%	-0.19%	0.33%	Convexo	598.247	Curva circular	200.000m	59824.794m
4	17+098.29m	2563.391m	-0.19%	-0.28%	0.09%	Convexo	2148.1	Curva circular	200.000m	214811.793m
5	21+881.86m	2550.000m	-0.28%	0	0.0028	Cóncavo	713.524	Curva circular	200.000m	71352.670m
6	28+690.65m	2550.025m	0							

Tomado de: resultados de cálculos en AutoCAD CIVIL 3D

Se generaron las secciones verticales teniendo en cuenta la siguiente estructura de la vía férrea, lo que nos permitió realizar el cálculo de los volúmenes de corte y terraplén que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 22: Volumen total

P.K. inicial	P.K. final	Volumen de Corte (m3)	Volumen de relleno (m3)	Volumen Total (m3)
0+000.00m	28+690.65m	2501737.43	1258017.26	3759754.69

Tomado de: resultados de cálculos en AutoCAD CIVIL 3D

Conforme a lo anterior se generaron planos de planta y perfil los cuales se pueden ver en el anexo No. 3, adicionalmente se proyectaron las siguientes obras de complementarias:

Tabla 23: Obras adicionales

CORREDOR	PUENTES	ESTACIONES	NUMERO DE ALCANTARILLAS (POZOS)
Tabio - Madrid	0	7	56

Tomado de: Fuente propia

8.3.4. Corredor Sur Bogotá (Autopista Sur con Av. Villavicencio) - Bogotá (Usme)

Línea férrea que parte desde el Bogotá (Autopista Sur con Av. Villavicencio), tomando la Av. Boyacá hacia el sur donde realizara la integración al SITP a la altura del Portal del Tunal, finalizando en la plaza central de Usme Pueblo, compuesto por 15.9 km, contara con 18 estaciones a lo largo de su recorrido.

Figura 60: Corredor Sur

Tomado de: Creada en Google Earth

- Diseño horizontal:

Se efectúo el diseño del alineamiento, del cual se obtuvieron 12 PI, en los cuales se implementaron curvas de transición en planta: clotoides, según los parámetros establecidos por el Manual de Normativa Férrea de MinTransporte, a continuación, se muestran los elementos principales de las curvas planteadas:

Tabla 24: Elementos de las curvas horizontales

Número	Tipo	Restricción paramétrica	Longitud	Orientación	P.K. inicial	P.K. final	Radio	Grado de curvatura por arco	Orientación inicial	Orientación final	Longitud de cuerda	Flecha del arco	Tangente externa	P.K. de PI	Tangente corta	Tangente larga	Definición de espiral	P.K. de PI_espiral
1	Línea	Dos puntos	712.608m	S7° 08' 52"E	0+000.00m	0+712.61m												
2	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	200.000m		0+712.61m	0+912.61m			S7° 08' 52"E	S12° 52' 38"E					66.730m	133.403m	Clotoide	0+846.01m
2	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	146.582m		0+912.61m	1+059.19m	1000.000m	1.1459 (g)	S12° 52' 38"E	S21° 16' 33"E	146.451m	2.685	73.423m	0+986.03m				
2	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	200.000m		1+059.19m	1+259.19m			S21° 16' 33"E	S27° 00' 19"E					66.730m	133.403m	Clotoide	1+125.92m
3	Línea	Dos puntos	1176.796m	S27° 00' 19"E	1+259.19m	2+435.99m												
4	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	200.000m		2+435.99m	2+635.99m			S27° 00' 19"E	S36° 33' 17"E					66.844m	133.528m	Clotoide	2+569.51m
4	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	109.127m		2+635.99m	2+745.11m	600.000m	1.9099 (g)	S36° 33' 17"E	S46° 58' 32"E	108.976m	2.479	54.714m	2+690.70m				
4	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	200.000m		2+745.11m	2+945.11m			S46° 58' 32"E	S56° 31' 29"E					66.844m	133.528m	Clotoide	2+811.96m
5	Línea	Dos puntos	1770.759m	S56° 31' 29"E	2+945.11m	4+715.87m												
6	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	300.000m		4+715.87m	5+015.87m			S56° 31' 29"E	S42° 12' 03"E					100.599m	200.659m	Clotoide	4+916.53m
6	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	382.254m		5+015.87m	5+398.13m	600.000m	1.9099 (g)	S42° 12' 03"E	S5° 41' 54"E	375.822m	30.185	197.865m	5+213.74m				
6	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	300.000m		5+398.13m	5+698.13m			S5° 41' 54"E	S8° 37' 32"W					100.599m	200.659m	Clotoide	5+498.72m
7	Línea	Dos puntos	669.826m	S8° 37' 32"W	5+698.13m	6+367.95m												
8	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	250.000m		6+367.95m	6+617.95m			S8° 37' 32"W	S3° 18' 39"E					83.679m	167.047m	Clotoide	6+535.00m
8	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	152.259m		6+617.95m	6+770.21m	600.000m	1.9099 (g)	S3° 18' 39"E	S17° 51' 02"E	151.851m	4.823	76.541m	6+694.49m				
8	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	250.000m		6+770.21m	7+020.21m			S17° 51' 02"E	S29° 47' 14"E					83.679m	167.047m	Clotoide	6+853.89m
9	Línea	Dos puntos	375.254m	S29° 47' 14"E	7+020.21m	7+395.46m												
10	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	200.000m		7+395.46m	7+595.46m			S29° 47' 14"E	S37° 58' 20"E					66.797m	133.476m	Clotoide	7+528.94m
10	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	73.524m		7+595.46m	7+668.99m	700.000m	1.6370 (g)	S37° 58' 20"E	S43° 59' 25"E	73.491m	0.965	36.796m	7+632.26m				
10	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	200.000m		7+668.99m	7+868.99m			S43° 59' 25"E	S52° 10' 32"E					66.797m	133.476m	Clotoide	7+735.79m
11	Línea	Dos puntos	188.002m	S52° 10' 32"E	7+868.99m	8+056.99m												
12	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	200.000m		8+056.99m	8+256.99m			S52° 10' 32"E	S42° 37' 34"E					66.844m	133.528m	Clotoide	8+190.52m
12	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	294.438m		8+256.99m	8+551.43m	600.000m	1.9099 (g)	S42° 37' 34"E	S14° 30' 34"E	291.493m	17.971	150.247m	8+407.24m				
12	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	200.000m		8+551.43m	8+751.43m			S14° 30' 34"E	S4° 57' 36"E					66.844m	133.528m	Clotoide	8+618.27m
13	Línea	Dos puntos	335.088m	S4° 57' 36"E	8+751.43m	9+086.52m												
14	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	150.000m		9+086.52m	9+236.52m			S4° 57' 36"E	S0° 24' 41"W					50.042m	100.046m	Clotoide	9+186.56m
14	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	62.151m		9+236.52m	9+298.67m	800.000m	1.4324 (g)	S0° 24' 41"W	S4° 51' 45"W	62.135m	0.603	31.091m	9+267.61m				
14	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	150.000m		9+298.67m	9+448.67m			S4° 51' 45"W	S10° 14' 03"W					50.042m	100.046m	Clotoide	9+348.71m
15	Línea	Dos puntos	198.746m	S10° 14' 03"W	9+448.67m	9+647.41m												
16	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	150.000m		9+647.41m	9+797.41m			S10° 14' 03"W	S4° 51' 45"W					50.042m	100.046m	Clotoide	9+747.46m
16	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	119.609m		9+797.41m	9+917.02m	800.000m	1.4324 (g)	S4° 51' 45"W	S3° 42' 14"E	119.498m	2.234	59.916m	9+857.33m				
16	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	150.000m		9+917.02m	10+067.02m			S3° 42' 14"E	S9° 04' 31"E					50.042m	100.046m	Clotoide	9+967.07m
17	Línea	Dos puntos	1483.423m	S9° 04' 31"E	10+067.02m	11+550.45m												
18	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	150.000m		11+550.45m	11+700.45m			S9° 04' 31"E	S13° 22' 21"E					50.027m	100.029m	Clotoide	11+650.48m
18	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	77.495m		11+700.45m	11+777.94m	1000.000m	1.1459 (g)	S13° 22' 21"E	S17° 48' 45"E	77.476m	0.751	38.767m	11+739.21m				
18	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	150.000m		11+777.94m	11+927.94m			S17° 48' 45"E	S22° 06' 35"E					50.027m	100.029m	Clotoide	11+827.97m
19	Línea	Dos puntos	738.925m	S22° 06' 35"E	11+927.94m	12+666.87m												
20	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	250.000m		12+666.87m	12+916.87m			S22° 06' 35"E	S14° 56' 52"E					83.458m	166.803m	Clotoide	12+833.67m
20	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	178.269m		12+916.87m	13+095.14m	1000.000m	1.1459 (g)	S14° 56' 52"E	S4° 44' 01"E	178.033m	3.97	89.371m	13+006.24m				
20	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	250.000m		13+095.14m	13+345.14m			S4° 44' 01"E	S2° 25' 42"W					83.458m	166.803m	Clotoide	13+178.59m
21	Línea	Dos puntos	575.536m	S2° 25' 42"W	13+345.14m	13+920.67m												
22	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	250.000m		13+920.67m	14+170.67m			S2° 25' 42"W	S14° 21' 53"W					83.679m	167.047m	Clotoide	14+087.72m
22	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	150.761m		14+170.67m	14+321.43m	600.000m	1.9099 (g)	S14° 21' 53"W	S28° 45' 41"W	150.365m	4.729	75.780m	14+246.45m				
22	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	250.000m		14+321.43m	14+571.43m			S28° 45' 41"W	S40° 41' 53"W					83.679m	167.047m	Clotoide	14+405.11m
23	Línea	Dos puntos	336.332m	S40° 41' 53"W	14+571.43m	14+907.77m												
24	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	300.000m		14+907.77m	15+207.77m			S40° 41' 53"W	S25° 04' 19"W					100.714m	200.785m	Clotoide	15+108.55m
24	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	327.527m		15+207.77m	15+535.29m	550.000m	2.0835 (g)	S25° 04' 19"W	S9° 02' 52"E	322.709m	24.201	168.781m	15+376.55m				
24	Espiral-Curva-Espiral	Espiral de entrada-radio-espiral de salida	300.000m		15+535.29m	15+835.29m			S9° 02' 52"E	S24° 40' 27"E					100.714m	200.785m	Clotoide	15+636.01m
25	Línea	Dos puntos	59.679m	S24° 40' 27"E	15+835.29m	15+894.97m												

Tomado de: resultados de cálculos en AutoCAD CIVIL 3D

- Diseño Vertical

Se genero el perfil longitudinal y se trazó la rasante la cual nos generaron PIV, a continuación, se muestran los elementos de los acuerdos verticales generados teniendo en cuenta que según el Manual de Normativa Férrea de MinTransporte el tipo de curva debe ser circular:

Tabla 25: Elementos de las curvas verticales

Nº	P.K. de VAV	Elevación de VAV	Inclinación de rasante T.E.	Inclinación de rasante T.S.	A (Cambio de pendiente)	Tipo de curva de perfil	Valor de K	Tipo de subentidad	Longitud de curva de perfil	Radio de curva
1	0+000.00m	2588.534m		-0.48%						
2	4+679.87m	2565.849m	-0.48%	0.15%	0.63%	Cóncavo	790.873	Curva circular	500.000m	79088.076m
3	10+884.56m	2575.000m	0.15%	-0.19%	0.33%	Convexo	598.247	Curva circular	200.000m	59824.794m
4	17+098.29m	2563.391m	-0.19%	-0.28%	0.09%	Convexo	2148.1	Curva circular	200.000m	214811.793m
5	21+881.86m	2550.000m	-0.28%	0	0.0028	Cóncavo	713.524	Curva circular	200.000m	71352.670m
6	28+690.65m	2550.025m	0							

Tomado de: resultados de cálculos en AutoCAD CIVIL 3D

Se generaron las secciones verticales teniendo en cuenta la siguiente estructura de la vía férrea, lo que nos permitió realizar el cálculo de los volúmenes de corte y terraplén que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 26: Volumen total

P.K. inicial	P.K. final	Volumen de Corte (m3)	Volumen de relleno (m3)	Volumen Total (m3)
0+000.00m	15+894.97m	372427.6	5725524.78	6097952.38

Tomado de: resultados de cálculos en AutoCAD CIVIL 3D

Conforme a lo anterior se generaron planos de planta y perfil los cuales se pueden ver en el anexo No. 3, adicionalmente se proyectaron las siguientes obras de complementarias:

Tabla 27: Obras adicionales

CORREDOR	PUENTES	ESTACIONES	NUMERO DE ALCANTARILLAS (POZOS)
Corredor sur Bogotá (Autopista Sur con Av. Villavicencio) - Bogotá (Usme)	2	18	0

Tomado de: Fuente Propia

8.4. PROYECCIÓN DE INVERSION Y TIEMPO

De acuerdo a la primera observación y análisis realizado durante el desarrollo de este proyecto, se generaron los siguientes resultados:

8.4.1. PREDIOS

Según las consultas que se realizaron por predio y las áreas que se hallaron por cada tramo, se calculó cuanto es el costo en predios por tramo como se muestra a continuación:

Tabla 28: Costo predios

CORREDOR	DISTANCIA (m)	ANCHO (m)	AREA TOTAL (m2)	Vl. Predio por m2	VALOR TOTAL
Chía – Mosquera	K25+163.63	20.00	503272.60	$ 2,852,100	$ 1,435,383,782,460
Mosquera – Soacha	K17+067.98	20.00	341359.60	$ 2,055,150	$ 701,545,181,940
Tabio – Madrid	K28+690.65	20.00	573813.00	$ 2,852,100	$ 1,636,572,057,300
Corredor Sur	K15+894.97	20.00	317899.40	$ 3,301,600	$ 1,049,576,659,040

Tomado de: Fuente propia

Para el cálculo por tramo de los predios se realizó un promedio del valor de m2 dependiendo de los municipios por los cuales cruzara cada línea férrea de los corredores de la Etapa 1.

8.4.2. CONSTRUCCIÓN

Se genera un valor estimado de construcción teniendo en cuenta los puntos que se analizaron en el numeral 7.5.1

Tabla 29: Costo total

CORREDOR	DISTANCIA (m)	Relleno (m3)	Corte (m3)	No. Alcantarillas (pozos)	Vl. Unitario de Alcantarilla	Vl. Unitario de relleno	Vl. Unitario de Corte	Vl. Por kilometro	COSTO TOTAL
Chía – Mosquera	K25+163.63	2398565.84	2590423.38	50.00	$ 826,989	$ 199,784	$ 17,796	$ 2,663,487,644	$ 592,358,619,272.59
Mosquera – Soacha	K17+067.98	1595261.01	1070524.15	34.00					$ 383,247,144,852.74
Tabio – Madrid	K28+690.65	1258017.26	2501737.43	56.00					$ 372,316,142,722.46
Corredor Sur	K15+894.97	5725524.78	372427.60	0.00					$ 1,192,832,020,407.78
						VALOR TOTAL ESTIMADO DEL PROYECTO			$ 2,540,753,927,255.58

Tomado de: Fuente propia

8.4.3. COSTO TOTAL

En base a los ítems anteriores se generó el siguiente consolidado del valor estimado de predios y construcción de la vía férrea, aclaramos que no se está teniendo en cuenta el valor de la puesta en marcha y operación del sistema.

Tabla 30: Costo total

CORREDOR	DISTANCIA (m)	VALOR ESTIMADO DE PREDIOS	VALOR ESTIMADO DE CONSTRUCCIÓN	COSTO TOTAL
Chía – Mosquera	K25+163.63	$ 1,435,383,782,460	$ 592,358,619,273	$ 2,027,742,401,732.59
Mosquera – Soacha	K17+067.98	$ 701,545,181,940	$ 383,247,144,853	$ 1,084,792,326,792.74
Tabio – Madrid	K28+690.65	$ 1,636,572,057,300	$ 372,316,142,722	$ 2,008,888,200,022.46
Corredor Sur	K15+894.97	$ 1,049,576,659,040	$ 1,192,832,020,408	$ 2,242,408,679,447.78
		TOTAL		$ 7,363,831,607,995.58

Tomado de: Fuente propia

8.4.4. CRONOGRAMA

Teniendo en cuenta que ya se había calculado el tiempo estimado de construcción por km, de acuerdo al proyecto que realiza *El Consorcio Ibines Férreo, encargado de realizar la reparación y atención de puntos críticos que presenta la vía férrea en los tramos La Dorada – Chiriguaná y Bogotá – Belencito, así como su administración, mejoramiento, mantenimiento, vigilancia y control de tráfico entre otras actividades complementarias, de acuerdo con contrato de obra ANI No. 313 del 25 de mayo de 2017*. Se genero la siguiente tabla:

Tabla 31: Duración

CORREDOR	DISTANCIA (m)	Tiempo por km (meses)	DURACIÓN (meses)	FRENTES DE OBRA	DURACIÓN (meses)
Chía – Mosquera	K25+163.63	5.0	126	4	30
Mosquera – Soacha	K17+067.98		85	3	28
Tabio – Madrid	K28+690.65		143	4	36
Corredor Sur	K15+894.97		79	3	26
		TIEMPO TOTAL	**434**		**121**

Tomado de: Fuente propia

El tiempo total de ejecución se podría disminuir si se realizan los corredores de manera simultánea, como se puede evidenciar en la tabla anterior se propuso dividir el trabajo en frentes de obra para optimizar la duración de la ejecución de cada corredor con el fin de disminuir los tiempos permitiendo que sea viable la puesta en marcha.

9. CONCLUSIONES

Posteriormente del análisis que se realizó en los numerales anteriores y con base a los resultados se concluyó lo siguientes:

9.1. INTERRELACION MUNICIPAL

Bogotá y la sabana cuentan con un desarrollo urbanístico y poblacional muy amplio el cual carece de un sistema de movilidad que le permita realizar desplazamientos fácilmente, esto genera problemas en aspectos sociales, económicos, culturales y en la movilidad de la población. En busca de una solución a estos problemas determinamos un esquema general de corredores que permiten la interconexión de los centros urbanos de la Sabana de Bogotá por medio de una vía férrea y la implementación de un sistema multimodal.

Indagamos en varias fuentes de información las cuales nos permitieron determinar que la población se vería beneficiada en 100% en muchos aspectos, los municipios más beneficiados son Chía, Zipaquirá y Cajicá ya que representan el 60% del total de la población de la Sabana de Bogotá, el principal beneficio se ve reflejado en los tiempos de desplazamiento de un sitio a otro, pues se reducen en un 50% lo cual les permite tener una mejor calidad de vida.

9.2. MODELACIÓN

Los municipios de la Sabana de Bogotá que fueron seleccionados para el desarrollo de los corredores de las líneas férreas, el análisis de la topografía de cada uno de ellos a través de Google Earth, nos permitieron definir los corredores que conforman la etapa No. 1:

- Chía – Cota – Mosquera: Línea de 25 Km de conexión eficiente que permitirá el transporte para la población entre chía y Mosquera, realizando una integración al REGIOTRAM en la altura de la estación de Mosquera. Se creó la necesidad de comunicar este corredor por tanto se realizó una proyección de un tramo de 8.6 km, para que exista una integración a la línea existente que comunica de la Estación de la Sabana (Bogotá) al Municipio de Zipaquirá a la altura de la estación de la Universidad de la Sabana.

- Mosquera – Socha: Línea de 15 Km de conexión eficiente que permitirá el transporte para la población entre Mosquera y Soacha, realizando una integración al REGIOTRAM en la altura de la estación de Mosquera y en el kilómetro 7 haciendo integración con la estación de inicio del Metro de Bogotá.

- Tabio – Tenjo – Madrid: Línea de 28 Km de conexión eficiente que permitirá el transporte para la población entre Tabio y Madrid, realizando una integración al REGIOTRAM en la altura de la estación de Madrid.

- Corredor Sur Bogotá (Autopista Sur con Av. Villavicencio) - Bogotá (Usme): Línea de 15 Km de conexión eficiente que permitirá el transporte para la población del sur de Bogotá, realizando una integración al Corredor Sur de la Estación de la Sabana – Soacha, en la altura de la Av. Villavicencio y al SITP en el Portal del Tunal.

De igual manera se proyectan dos corredores para la ejecución de las etapas No, 2 y 3, lo que permitiría la integración total de Bogotá con los Municipios de la Sabana de Bogotá:

- El Rosal – Calle 80 (Bogotá): línea de 23.1 km.
- Subachoque – Facatativá: línea de 26.1 km.
- Chía – Tabio línea de 7.7 km.
- Tabio - Subachoque: línea de 11.2 km.

Se elucida que para la etapa No.3 se debe contar con la posible construcción de viaductos y túneles, ya que la topografía de unión de estos municipios lo requiere, razón por la cual no se presenta un análisis detallado del corredor y un diseño del mismo.

9.3. DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA FERREA

Las herramientas digitales que nos permitieron obtener los datos y realizar el diseño que se propuso en el numeral 8 fueron esenciales para conocer la topografía de los municipios en los cuales se desarrollaron los corredores de las líneas férreas, Global Mapper permitió para la obtención de los datos altimétricos de cada uno de los corredores; información que fue necesaria para el proceso de diseño en el AutoCAD CIVIL 3D, donde la velocidad de diseño de 100 km/h y un peralte máximo de 6%, fueron los principales parámetros con los que se inició el diseño en planta y vertical de los corredores pertenecientes a la etapa No. 1

- Chía – Cota – Mosquera: Línea férrea que parte desde el municipio de Chía, pasando por el municipio de Cota y Funza, finalizando en Mosquera, donde realizara la integración al Corredor Occidental del REGIOTRAM, compuesto por 25.2 km y contara con 7 estaciones a lo largo de su recorrido, 50 pozos y volumen total de movimiento de tierra de 4988989.22 m^3. Se proyecto una línea completaría para una unión de este corredor con la línea existe Estación La Sabana – Zipaquirá, a la altura de la estación La Caro, compuesta por 8.64 km.

- Mosquera – Socha: Línea férrea que parte desde el municipio de Mosquera, finalizando en Soacha, donde realizara la integración al Corredor Sur del REGIOTRAM y realiza empalme con el metro de Bogotá en el kilómetro 7,

compuesto por 17.1 km y contara con 4 estaciones a lo largo de su recorrido, 34 pozos y volumen total de movimiento de tierra de 2665785.16 m^3

- Tabio – Tenjo – Madrid: Línea férrea que parte desde el municipio de Tabio, pasando por el municipio de Tenjo, finalizando en Madrid, donde realizara la integración al Corredor Occidental del REGIOTRAM, compuesto por 28.7 km y contara con 7 estaciones a lo largo de su recorrido, 56 pozos y volumen total de movimiento de tierra de 3759754.69 m^3

- Corredor Sur: Línea férrea que parte desde el Bogotá (Autopista Sur con Av. Villavicencio), tomando la Av. Boyacá hacia el sur donde realizara la integración al SITP a la altura del Portal del Tunal, finalizando en la plaza central de Usme Pueblo, compuesto por 15.9 km, contara con 18 estaciones a lo largo de su recorrido y volumen total de movimiento de tierra de 6097952.38 m^3

9.4. PROYECCION DE INVERSIÓN Y TIEMPO

Este proyecto tendrá una inversión aproximada de predios de $4,823,077,680,740 y una inversión aproximada en la construcción de los corredores de $ 2,540,753,927,255.58 para un gran total de $ 7,363,831,607,995.58, pesos colombianos, lo cual equivaldría a $2,454,610,536 dólares o €2,023,586,592 Euros, el tiempo total de ejecución propuesto es de 434 meses o con la implementación de varios frentes de trabajo seria de 121 meses lo cual equivale a 10 años de ejecución, el proyecto consta de 4 corredores de líneas férreas para la unión de Bogotá y la Sabana de Bogotá lo cual permite la implementación del sistema multimodal.

Esta propuesta de integración cuenta con una infraestructura existente del 49%, la etapa 1 equivale al 27% y las etapas 2 y 3 equivalen al 24%, por lo tanto, concluimos que es un proyecto con alta viabilidad de ejecución porque solo faltaría construir un 51% de vía férrea para lograr la integración total del sistema de movilidad que conecte la sabana de Bogotá con la capital, permitiendo solucionar el principal problema de la ciudad.

10. ANEXOS

- Carpeta con archivos digitales de AutoCAD CIVIL 3D de los corredores de la Etapa 1 y hojas de Excel con los resultados de los cálculos realizados en el programa. (10 archivos).
- Carpeta con archivos digitales de Global Mapper de los corredores de la Etapa 1 (10 archivos).
- Carpeta con archivos digitales de Google Earth (1 archivo).

11. BIBLIOGRAFIA

(s.f.).

acción, P. e. (2016). *periodicoenacción.blogspot.com.co*. Obtenido de http://periodicoenaccion.blogspot.com.co/2016/04/asi-sera-el-regiotram-para-bogota.html

ANNA ESBJORN, E. L. (s.f.). *INTERNATIONAL FEDERATION FOR HOUSING AND PLANNING*. Obtenido de http://www.ifhp.org/ifhp-blog/mobility-bogot%C3%A1

BANREPCULTURAL. (s.f.). *RED CULTURAL DEL BANCO DE LA REPÚBLICA EN COLOMBIA*. Obtenido de http://www.banrepcultural.org/biblioteca-virtual/credencial-historia/numero-257/ferrocarriles-en-colombia-1836-1930

BOGOTÁ, A. M. (2017). SOMOS UN TERRITORIO. *CATILLA DE INTEGRACIÓN REGIONAL*. Bogotá.

Bogotá., M. d. (2017). *metrodebogota*. Obtenido de http://www.metrodebogota.gov.co/que-es-metro

CASTILLA, Y. D. (2018-I). INNOVACIONES TECNOLÓGICAS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE FERREO DE PASAJEROS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BOSTON Y ASPECTOS PARA EL DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE FERREO EN BOGOTÁ . Bogotá, Colombia: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA .

Consorcio Ibines Férreo. (2017).

CONSORIO APYPSA-ARDANUY. (2012). *Estudio para la elaboración del marco normativo ferreo colombiano enfocado en factores técnicos de diseño, construcción, mantenimiento, operación, control y aspectos de seguridad.* Bogotá: MINISTERIO DE TRANSPORTE.

CONSTRUDATA. (2018). *CONSTRUDATA.* Obtenido de http://www.construdata.com/BancoMedios/Documentos%20PDF/urbanismo%20construdata166.pdf

CUERVO, L. (2017). Bogotá: nacimiento de una metrópoli, La originalidad del proceso de concentración urbana en Colombia en el siglo XX. *Universidad del Rosario*.

DEFINICIÓN ABC. (s.f.). Obtenido de https://www.definicionabc.com/general/pasajero.php

ERTMS. (2017). *THE EUROPEAN RAIL TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEM*. Obtenido de http://www.ertms.net/?page_id=58

EURAIL. (s.f.). *EURAIL*. Obtenido de https://www.eurail.com/es/inspirese/trenes-en-europa/trenes-de-alta-velocidad/tgv?gclid=Cj0KCQjwkd3VBRDzARIsAAdGzMD7mMwZWR_cArcQ9e7mAA9b1pGF1fb58ScwT3yl4zE5gzMP74B3MP4aArPyEALw_wcB

FINANCIERA DE DESARROLLO NACIONAL. (2016). *ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA DEL TRAMO 1 DE LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO DE BOGOTÁ.* BOGOTÁ.

GEOSOLUCIONES. (2018). *GEOSOLUCIONES*. Obtenido de GEOSOLUCIONES: http://www.geosoluciones.cl/global-mapper/

GREIFF, J. A. (s.f.). *RED CULTURAL DEL BANCO DE LA REPUBLICA EN COLOMBIA*. Obtenido de BANREPCULTURAL: http://www.banrepcultural.org/biblioteca-virtual/credencial-historia/numero-257/ferrocarriles-en-colombia-1836-1930

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. (2018). *www.igac.gov.co*. Obtenido de www.igac.gov.co: http://datos.igac.gov.co/datasets/red-geod%C3%A9sica-nacional-geodesia-igac/data

JIMENEZ, M. A. (2010). MOVILIDAD EN BOGOTÁ: PROBLEMAS Y CONSECUENCIAS. *NORMAL SUPERIOS MONTESSORI*, 168-172.

KOHON, J. (s.f.). DESAFÍOS DEL TRANSPORTE FERROVIARIO DE CARGA EN COLOMBIA. BID.

LA OTRA OPINION. (s.f.). *laotraopinion.net*. Obtenido de http://laotraopinion.net/medios-de-transporte/ferrocarriles-en-colombia/

Lara, Y. A. (2013). La implementacion del Sistama Integrado de Transporte Público (SITP) de Bogotá y sus retos a futuro. *Udistrital*.

MENDOZA, M. (31 de ENERO de 2017). ¿QUÉ ES MOVILIDAD URBANA? MEXICO.

MINISTERIO DE CULTURA. (s.f.). *MINISTERIO DE CULTURA DE COLOMBIA*. Obtenido de http://www.mincultura.gov.co/prensa/publicaciones/Paginas/La-creatividad-y-la-historia-se-juntan-en-la-Estaci%C3%B3n-de-la-Sabana--con-el-%E2%80%9CTren-de-la-memoria%E2%80%9D.aspx

MINISTERIO DE TRANSPOTE. (2013). *MANUAL DE NORMATIVIDAD FERREA.* MIINISTERIO DE TRANSPOTE.

MOBILITY WORDSENSING. (s.f.). *BOGOTÁ TAKES CITY MOBILITY MANAGEMENT TO THE NEXT LEVEL ++*. WORLDSENSING. Obtenido de WORDSENSING.

MORRISON, A. (5 de October de 2006). *TRANZ*. Obtenido de http://www.tramz.com/co/bg/b/be.html

Motoa, F. (16 de Junio de 2017). Más transporte público no alivia la congestión. *EL TIEMPO*.

NIETO, C. E. (2011). EL FERROCARRIL EN COLOMBIA Y LA BUSQUEDA DE UN PAIS. págs. 62-75.

PINA, G. R. (18 de Noviembre de 2017). Miles de extremeños piden en Madrid un tren de calidad para su comunidad. *EL PAIS*.

PLANOS DE METRO. (2018). Obtenido de http://planosdemetro.blogspot.com/2010/05/boston.html

RAILWAY GAZETTE. (10 de FEB de 2014). *RAILWAY GAZETTE.* Obtenido de COLOMBIAN RAILWAY REVIVAL GETS UNDERWAY: http://www.railwaygazette.com/news/news/cs-america/single-view/view/colombian-railway-revival-gets-underway.html

Redacción Bogotá. (30 de OCT de 2018). Hasta hora y media puede tardar un habitante de la Sabana en llegar a Bogotá. *EL ESPECTADOR*, págs. https://www.elespectador.com/noticias/bogota/hasta-hora-y-media-puede-tardar-un-habitante-de-la-sabana-en-llegar-bogota-articulo-821103.

REVISTA SEMANA. (2012). CINCO CLAVES PARA MEJORAR LA MOVILIDAD EN BOGOTÁ. *SEMANA*.

ROA, M. C. (11 de enero de 2017). *www.eltiempo.com*. Obtenido de http://www.eltiempo.com/bogota/asi-es-el-proyecto-del-tren-de-cercanias-de-cundinamarca-y-bogota-49817

RODRÍGUEZ, M. A. (Junio de 2010). *SISTEMA EUROPEO DE GESTIÓN DEL TRÁFICO FERROVIARIO, ERTMS-N1, PARA LÍNEAS CONVENCIONALES*. Madrid, España.

SANTAFE, R. (1 de Junio de 2017). *www.radiosantafe.com*. Obtenido de http://www.radiosantafe.com/2017/06/01/bogota-tiene-un-atraso-de-mas-de-una-decada-en-temas-de-movilidad/

SECTRA. (s.f.). MANUAL DE RECOMENDACION DE DISEÑO PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTA FERROVIARIA. Santiago, Chile.

Silva Aparicio, L. (2010). El impacto del transporte en el ordenamiento de la ciudad: el caso de Transmilenio en Bogotá. *Territorios*, 48-49.

SITP. (2015). *SITP.* Obtenido de SITP: http://www.sitp.gov.co/Publicaciones/modos_alternativos_sitp/proyectos_de_tren_ligero

somoscundinamarca.weebly.com. (s.f.). Obtenido de http://somoscundinamarca.weebly.com/la-sabana-de-bogotaacute.html

TIEMPO, R. E. (11 de Enero de 2017). Esras son las características que tendría el tren de cercanías. *EL TIEMPO*.

TRANSPORTE PERÚ. (18 de Febrero de 2011). *TRANSPORTE PERÚ*. Obtenido de https://transporteperu.wordpress.com/2011/02/18/%C2%BFcomo-funciona-un-tren-electrico/

TURISTREN. (s.f.). *TURISTREN*. Obtenido de http://www.turistren.com.co/?page_id=17

UNIVERSIDAD DISTRITAL. (s.f.). *Revista Universidad Distrital*. Obtenido de https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/tecges/article/view/5649/7191

URBANO, I. D. (s.f.). *www.institutodeestudiosurbanos.info*. Obtenido de https://www.institutodeestudiosurbanos.info/endatos/0100/0120/01211.htm

Vivir, R. (10 de Mayo de 2015). Los 10 principios del transporte urbano sostenible. *EL ESPECTADOR*.