

**ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL SOTERRAMIENTO  
DE LA CARRERA 27 EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA, PARA EL USO  
DEL SITM**

**ADRIANA KATHERINE GIL MACHUCA  
CHRISTIAN ORLANDO VILLAMIZAR MEZA**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2013**

**ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL SOTERRAMIENTO  
DE LA CARRERA 27 EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA, PARA EL USO  
DEL SITM**

**ADRIANA KATHERINE GIL MACHUCA**

**CHRISTIAN ORLANDO VILLAMIZAR MEZA**

**Trabajo de Grado presentado como Requisito parcial para optar por el título  
de Ingeniero Civil**

**Director:**

**Ph.D. ÁLVARO VIVIESCAS JAIMES**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2013**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco infinitamente a Dios por iluminarme, llenarme de bendiciones, fortaleza y sabiduría, por darme la oportunidad de vivir esta gran experiencia con la cual doy un paso más para cumplir con mis sueños.

A mis padres, por esa palabra de aliento en momentos difíciles y esa mirada de amor que me motiva a seguir adelante, por compartir mis triunfos y sentirlos como propios, a mis hermanos que a veces sin entender me escuchaban y sabían en que momento necesitaba ese abrazo confortante, a ellos gracias por ser el motor que me motiva a ser cada día mejor.

En general a toda mi familia, mis abuelitos, mi tío Iván, mi tía Julia, mi prima Mayra, sin ustedes no hubiera sido posible traer esta alegría a nuestra casa. A Christian mi compañero de proyecto, que más que un compañero fue mi amigo, mi apoyo, mi consejero gracias a ti por tu esfuerzo y dedicación.

A mis amigos que más que amigos se convirtieron en mis hermanos, Mafe que vivió conmigo cada momento de alegría y de tristeza, cada decepción y cada triunfo, sobrepasamos cada obstáculo y acá están los resultados de nuestros esfuerzos, me alegra saber que cuento contigo un abrazo gigante de agradecimiento.

A mis compañeros de carrera, gracias por compartir momentos inolvidables y experiencias únicas que nos forjan y nos ayudan a crecer.

**ADRIANA KATHERINE GIL MACHUCA**

## AGRADECIMIENTOS

*El primer lugar en mi vida siempre ha sido para Dios, por eso a Él mi agradecimiento más grande y profundo, por hacerme entender que todo en la vida tiene sacrificios y que no hay satisfacción más grande que cumplir las metas de su mano, sé que sin su ayuda, sin su sabiduría nada hubiera podido ser igual. Gracias a Dios porque no sólo me puso en este camino sino que hoy me permite culminarlo. A mi madre, ser ejemplar que siempre veía mis alegrías como propias, que siempre buscó corregirme cuando lo necesité y hoy se lo agradezco, ahora entiendo que su esfuerzo, no es otra cosa que la muestra más pura del amor. A mi padre, que aunque ya no está conmigo, me dejó el legado y la enseñanza que cuando las cosas se hacen con el corazón y con rectitud no hay forma de que salgan mal. A mi hermana Karol por siempre estar pendiente de mí, por preguntar aunque a veces ni entendiera mis respuestas, siempre me escuchó. A mi tía Yolanda y al resto de mi familia porque todos han aportado a mi vida y a mi carrera algo muy importante, de diferentes formas, pero siempre ahí, siempre orgullosos de mis triunfos y de mis aciertos, soy afortunado de tenerlos. A ti Adriana, por ser mi compañera en éste último escalón, gracias por el esfuerzo y la dedicación que ahora se ven reflejados en esta meta conseguida. A mis amigos de toda la vida y a los que fueron llegando en el transcurso de mi carrera, gracias por compartir y vivir conmigo mis alegrías, tristezas, aciertos.*

CHRISTIAN ORLANDO VILLAMIZAR MEZA

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	16
1. ALCANCE	19
2. MÉTODOS CONSTRUCTIVOS PARA SOTERRAMIENTOS DE VÍAS	20
2.1 TÚNEL EXCAVADO CON TUNELADORA	20
2.1.1 Procedimiento ejecutivo	22
2.2 TÚNEL A CIELO ABIERTO	24
2.2.1 Método “Bottom-up”	25
2.2.2 Método “Top-down”	26
3. ANTECEDENTES	29
3.1 ANTECEDENTES REGIONALES: PROYECTO CONSTRUCCIÓN DEL PARQUE INTERCAMBIADOR NEOMUNDO	29
3.2. Antecedentes nacionales: Avenida Colombia	31
3.3. ANTECEDENTES MUNDIALES: SOTERRAMIENTO DE LA M-30	33
4. INFORMACIÓN SECUNDARIA DEL CORREDOR EN ESTUDIO	35
4.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA DEL PROYECTO CONSTRUCCIÓN DEL PARQUE INTERCAMBIADOR VIAL NEOMUNDO”	35
4.2. INFORMACIÓN GEOTÉCNICA YA EXISTENTE DEL CORREDOR VIAL EN ESTUDIO	35
4.3. INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA YA EXISTENTE DE LA CARRERA 27.	37
4.4. CATASTRO REDES AMB	38
4.5. CATASTRO REDES DE ALCANTARILLADO	38
4.6. DISEÑO PREEXISTENTE DE PAVIMENTO CONCRETO RÍGIDO PARA METROLINEA	39
5. DISEÑO DEL CORREDOR VIAL.	42
5.1. PERFIL DE LA VÍA	43

5.2. SECCIONES TRANSVERSALES	44
5.3 DIAGRAMA DE MASAS	46
6. ALTERNATIVAS PROPUESTAS	48
6.1 CONCRETO PREFABRICADO	48
6.2. CONCRETO FABRICADO IN SITU	49
7. SECCIÓN TIPO	53
7.1. DISEÑO DE MUROS DE CONTENCIÓN	53
7.2 DETERMINACIÓN Y ESPECIFICACIÓN PAVIMENTO RÍGIDO LOSA INFERIOR (SOTERRADO) Y PAVIMENTO FLEXIBLE LOSA SUPERIOR	54
7.3. SISTEMA DE PÓRTICOS RESISTENTE	55
7.4 DISEÑO DE ESTACIONES	56
8. PRESUPUESTO	57
9. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PROPUESTAS	58
10. CONCLUSIONES	60
11. AGRADECIMIENTOS	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
BIBLIOGRAFIA	64
ANEXOS	66

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Tuneladora tipo TBM.	21
Figura 2. Perforación inicial	22
Figura 3. Dovelas ejecutadas por tuneladora.	22
Figura 4. Instalación soporte vertical.	27
Figura 5. Excavación en el interior del túnel.	27
Figura 6. Construcción losa inferior y acabados.	28
Figura 7. Nivel-1 del Intercambiador Neomundo.	30
Figura 8. Nivel+0 del Intercambiador Neomundo.	31
Figura 9. Nivel+1 del Intercambiador Neomundo.	31
Figura 10. Render: Hundimiento Av. Colombia.	32
Figura 11. M-30 antes del soterramiento.	33
Figura 12. M-30 después del soterramiento.	33
Figura 13. Detalle junta transversal.	40
Figura 14. Detalle de junta longitudinal.	40
Figura 15. Tabla de pendientes máximas en %.	44
Figura 16. Perfil de vía existente y soterrada.	44
Figura 17. Ancho de zona o derecho de vía.	44
Figura 18. Ancho de calzada en metros.	45
Figura 19. Bombeo de calzada.	45
Figura 20. Secciones transversales.	46
Figura 21. Resultado final diagrama de masas.	47
Figura 22. Sección transversal muro tipo.	54
Figura 24. Esquema pavimento flexible [cm].	55
Figura 25. Modelo sistema de pórticos resistente.	55
Figura 26. Solución sección transversal tipo.	56

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Resumen presupuesto.	57

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO A. Descripción geotécnica de los puntos elegidos.	66
ANEXO B. Topografía	69
ANEXO C. Catastro acueducto.	70
ANEXO D. Catastro alcantarillado.	71
ANEXO E. Diseño Corredor Vial AutoCAD.	72
ANEXO F. Estación tipo	74
ANEXO G. Presupuesto Final.	76

## RESUMEN

**Título** ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL SOTERRAMIENTO DE LA CARRERA 27 EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA, PARA EL USO DEL SITM.

**Autor** Adriana Katherine Gil Machuca\*\*  
Christian Orlando Villamizar Meza

**Palabras claves** Soterramiento, Movilidad, Prefactibilidad, Túnel a cielo abierto, Proceso constructivo, Análisis económico.

### Descripción

Este trabajo presenta un análisis técnico y económico para un posible soterramiento vial de la carrera 27, entre la avenida Quebradaseca y la calle 56 de la ciudad de Bucaramanga, para el uso del Sistema Integrado de Transporte Masivo (Metrolínea). El estudio se realizó utilizando información secundaria existente en la ciudad y apoyándose en algunos antecedentes regionales, nacionales y mundiales. El objetivo primordial es determinar, a nivel de prefactibilidad, si es posible implementar dicha alternativa como solución a los problemas de movilidad que se presentan en la ciudad.

La metodología implementada comenzó con la recopilación de toda la información secundaria, como lo fue la topografía existente, la distribución de redes de servicios públicos que se encuentran soterradas como el sistema de acueducto y alcantarillado, estudios de suelos y algunos análisis económicos de proyectos similares. El siguiente paso fue definir una sección transversal tipo que cumpliera con las necesidades requeridas, en la cual se identificarán elementos tales como el pavimento inferior o soterrado, los muros de contención, el sistema de pórticos encargado de soportar las cargas y la capa de pavimento superior. Por último definimos 2 métodos constructivos que podrían ser ejecutados y elegimos el más viable, para así llegar a una conclusión final a nivel de prefactibilidad.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad De Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela De Ingeniería Civil. Director: Ph.D. Álvaro Viviescas Jaimes

## ABSTRACT

**Title** Technical and economic feasibility study for underground road of the 27th Street in Bucaramanga City, to make use of the ISMT.\*

**Author** Adriana Katherine Gil Machuca\*\*  
Christian Orlando Villamizar Meza

**Key words** Burial, Mobility, Prefeasibility, Cut and cover tunnel, Constructive process, Economic analysis.

### Description

This paper presents a technical and economic analysis for a possible underground road of the 27th Street between Quebradaseca Avenue and 56th Street in the city of Bucaramanga, to make use of the Integrated System of Massive Transit (Metrolinea). The study was conducted using secondary information on the city and relying on some regional, national and global incidents. The primary objective is to determine, at the prefeasibility level, if it is possible to implement this alternative as a solution to the mobility problems that occur in the city. The methodology implemented started with the collection of all the secondary information such as the existing topography, the distribution of utility networks that are buried such as water and sewage system, soil studies and some economic analysis of similar projects. The next step was to define a cross section type that meets the required needs and in which elements such as the bottom or buried pavement, retaining walls and, the porches system responsible for supporting the loads and the upper pavement layer will be identified. Finally we define two construction methods that could be executed and chose the most viable, in order to reach a final conclusion at the prefeasibility level.

---

\* Work degree

\*\* Faculty of Engineering physicomechanical. Civil Engineering School. Directed Ph.D. Álvaro Viviescas Jaimes

## INTRODUCCIÓN

Desde hace unos años se viene presentando un fenómeno a nivel mundial, una urbanización sin precedentes. Lo cual conlleva a un desmejoramiento en la calidad de vida, por contaminación, factores sociales, pero sobre todo por el aumento del tráfico vehicular particular. La gran diferencia radica en que la cultura que se tiene en los países desarrollados permite tomar medidas que ayuden a contrarrestar este sobre-poblamiento causado por la migración hacia las ciudades. Se aproxima una gran crisis sobre los ciudadanos habitantes de los centros urbanos. Como van las cosas en el planeta, en el 2050, el mundo estará inundado de automóviles, ya que existirán 2.100 millones de vehículos privados andando por el poco espacio público que se da en las ciudades. En ese futuro, cada ciudad podría extenderse por kilómetros y kilómetros, pero aun así, las personas vivirían lejos de sus trabajos, de sus sitios de estudio y de sitios donde realicen sus actividades cotidianas. El resultado de esto: tediosos viajes en sus respectivos vehículos, por lo tanto, más trancones, más neurosis y más reclusión de los ciudadanos en sus viviendas.

Hay que reconocer que el transporte no es un fin, sino un medio. Es decir, no basta con abrir más campo o expandirse más, si no se comprende que detrás de cada movilización hay una necesidad y que tal vez reordenando el lugar donde se ubican las necesidades de las personas se encuentre la solución para la problemática. Las ciudades tienen que redoblar la creatividad para financiar y poner en marcha amplias redes de transporte público (de acuerdo a sus recursos) y espacios públicos seguros para peatones y ciclistas (sin eso, no habrá como lograr que más gente se baje del carro y disfrute las calles). Se debe pensar al ordenar el transporte, en ordenar la ciudad y viceversa. También hay que fortalecer los mecanismos que incentiven la construcción de ciudades densas, con

edificios altos, expandir las ciudades verticalmente, atenuar la obsesión por las autopistas y pensar en infraestructuras que atiendan a las necesidades de todos.

Un concepto que se viene adoptando en Europa, es el de “Ciudad multidimensional” y el objetivo general del mismo es liberar espacio, por encima del nivel del suelo, para el uso de los ciudadanos, trasladando las infraestructuras debajo del mismo eliminando la mayor parte de las molestias del tráfico y promoviendo los transportes colectivos y sociales. Para conseguirlo la Construcción Subterránea deberá ser segura, no tener ningún impacto apreciable sobre el medio ambiente, y que sea viable económicamente.

Con el aumento del valor de los terrenos disponibles, y el poco espacio que queda libre donde se pueda construir vías, una solución viable para descongestionar las ciudades del tráfico vehicular son los soterramientos, túneles o deprimidos.

En Colombia, desde hace unos años, se tomó un modelo de transporte público, el Sistema Integrado de transporte masivo. Este sistema funcionó en un principio, pero básicamente, por la falta de infraestructura de las ciudades, pasa un momento crítico en donde la demanda supera en cantidades enormes a la oferta de usuarios, y esto genera caos entre la población.

El caso de estudio de nuestro proyecto, la Carrera 27 de la ciudad de Bucaramanga, presenta un problema de tráfico vehicular y que de alguna forma debe ser tratado para evitar el caos que ya se vive en la ciudad. Un sistema de transporte digno, generará un impacto en la población y un gusto a utilizarlo, lo cual pondrá en un segundo plano el uso o la compra de más vehículos particulares y por ende el crecimiento desmedido de vehículos, por eso es importante plantear una solución como la propuesta en este proyecto. Pero una solución no es aumentar la cantidad de buses en el sistema, o ampliar las calles existentes (solución casi imposible por la falta de espacio público), pues el problema

reaparecerá en un futuro. Un soterramiento para la carrera 27 para el uso del SITM ayudará para mejorar la congestión vehicular, quitará la contaminación de la ciudad (visual, ambiental, auditiva) causada por los trancones y el tráfico de los buses de transporte público, transformará la ciudad y la preparará para el futuro, para adoptar las nuevas tecnologías aplicadas en países que van un paso adelante en este aspecto.

Este texto incluirá el estudio técnico y económico del proyecto basado en estudios y en documentación de la ciudad.

## 1. ALCANCE

Teniendo en cuenta el carácter académico del estudio aquí desarrollado, es importante anotar que existieron ciertas limitaciones en su desarrollo. Por una parte, debido a la limitación de recursos económicos no fue posible ni estaba propuesto en el proyecto realizar ningún tipo de ensayo ni levantamientos topográficos. De igual forma, debido a las limitaciones en el tiempo para acometer el proyecto y por ser un estudio a nivel de prefactibilidad, no se definieron de manera puntual algunos detalles como:

- Los estudios geotécnicos se tomaron de manera indirecta y pertenecen a edificaciones ya existentes en 4 puntos del corredor en estudio.
- El diseño de los pavimentos se tomó de fuentes secundarias, específicamente de diseños realizados para Metrolinea.
- Los análisis de precios unitarios se basaron de proyectos similares ejecutados para que fuese posible finalizar en el tiempo estipulado para desarrollar el proyecto de grado en su fase II. Esta simplificación es válida teniendo en cuenta que se trata de un estudio de viabilidad en fase cero.
- No se hizo el diseño del re direccionamiento de las redes de servicios por falta de información concreta y por ser un estudio preliminar.
- Acorde al nivel de análisis utilizado, no se tuvo en cuenta la ventilación que se debe implementar en proyectos por debajo del nivel del suelo.

## **2. MÉTODOS CONSTRUCTIVOS PARA SOTERRAMIENTOS DE VÍAS**

La mayoría de los soterramientos y túneles se construyen para remediar un problema, ya sea de movilidad o un obstáculo natural. El objetivo principal de estos es dar acceso mediante vías de comunicación para transporte urbano (metros), transvases y conducciones (para unir pasos fluviales estrechos) en los cuales los trazados se pueden llegar a efectuar debajo de una montaña o en algunos casos por debajo de la lámina de agua. Los túneles se caracterizan por su trazado y sección, definidos por criterios geométricos de gálibo, pendiente, radio de curvatura y otras consideraciones de cada proyecto. Bajo el punto de vista de ingeniería, los datos más importantes y significativos de un soterramiento o túnel son la sección transversal tipo, el perfil longitudinal, trazado, pendientes, situación de excavaciones adyacentes, boquillas y accesos intermedios.

Existen muchos procesos constructivos para ejecutar un soterramiento, la elección del tipo de proceso constructivo depende de las necesidades que se requieran para el proyecto. Dos de los más importantes tipos de túneles son el Driven tunnel (túnel excavado con tuneladora) que se construye a nivel subterráneo utilizando una tuneladora o una perforadora de túneles en el cual la tierra y la roca se retiran desde el extremo final del túnel y el túnel Cut and cover (Corta y cubre o A cielo abierto) que se construye desde la superficie hacia abajo donde generalmente, los muros y los techos se construyen primero, luego se retira el material y se construye el piso.

### **2.1 TÚNEL EXCAVADO CON TUNELADORA**

Una tuneladora tipo TBM. (Del inglés "Tunnel Boring Machine") es una máquina capaz de excavar túneles a sección completa también permitiendo la instalación de un sostenimiento generalmente compuesto por dovelas prefabricadas de

hormigón. La excavación suele realizarse mediante una cabeza circular giratoria equipada con elementos de corte del terreno y accionada por motores hidráulicos. El material extraído del frente de excavación se transporta al interior de la máquina siendo depositado sobre cintas transportadoras responsables por conducirlo al exterior del túnel.

Figura 1. Tuneladora tipo TBM.



Fuente: [http://www.adif.es/ca\\_ES/img/fichas/TP1\\_Tuneladoras\\_Lote\\_1p.jpg](http://www.adif.es/ca_ES/img/fichas/TP1_Tuneladoras_Lote_1p.jpg)

Este método de excavación y construcción de túneles presenta algunas ventajas respecto a otros. Por un lado, la posibilidad de inyectar mortero continuamente por la cola y la estabilidad del frente de excavación sobre presión dan lugar a menores acomodaciones en el terreno. Con ello, se reducen los asentamientos en la superficie y los riesgos de daños estructurales en zonas urbanas. Por otro lado, el montaje del anillo de dovela bajo la protección de la cola de la tuneladora representa un aporte en el nivel de seguridad de la construcción. Así pues, las tuneladoras de cabeza giratoria permiten la excavación y construcción de túneles en condiciones extremadamente desfavorables en cuanto a la presión del terreno y al nivel freático, aportando a dicho trabajo un mayor nivel de seguridad. Los rendimientos logrados con estas máquinas son elevadísimos si comparados a otros métodos de excavación y construcción de túneles, si bien la rentabilidad de su uso depende de una longitud mínima a excavar. En este contexto, hace falta amortizar el precio de la tuneladora y eclipsar el tiempo que se tarda en diseñar, fabricar, transportar y montar la misma.

Figura 2. Perforación inicial



Fuente: [http://www.diariodenavarra.es/actualidad/20101015/fotos/2010101516064385\\_640.jpg](http://www.diariodenavarra.es/actualidad/20101015/fotos/2010101516064385_640.jpg).

**2.1.1 Procedimiento ejecutivo.** El posicionamiento de las dovelas debe ser seguido, tan pronto como sea posible y en casi todo tipo de terreno, por la inyección de material de relleno en el espacio dejado detrás de la cola de la tuneladora. En terrenos con buena capacidad de sostenimiento propio, la inyección puede ser retrasada aunque debe realizarse antes que ocurra pérdida de estabilidad.

Figura 3. Dovelas ejecutadas por tuneladora.



Fuente: [http://ecomovilidad.net/madrid/files/2009/12/vicalvaro\\_9\\_10\\_98\\_3.jpg](http://ecomovilidad.net/madrid/files/2009/12/vicalvaro_9_10_98_3.jpg)

En algunos suelos arcillosos plásticos, los vacíos dejados se pueden llenar apenas con la manipulación apropiada del escudo de la tuneladora. Así, a lo largo de la excavación y a través de un control correspondiente de la máquina, se aplica una presión de modo que el terreno pueda envolver el escudo y rellenar el hueco anular, quizás con excepción del vacío luego arriba de la dovela clave. El caso es similar en lúgamos líquidos, pero la posibilidad que las presiones horizontales puedan exceder transitoriamente las verticales debe ser considerada. Uno de los suelos más difíciles a través del cual una tuneladora opera es arena y grava justamente porque los hundimientos no pueden ser evitados y la posibilidad de utilizar la tuneladora para presionar el terreno a un lado y llenar los vacíos está totalmente fuera de cuestión.

Después de la mezcla y del transporte del mortero al punto de inyección, solo queda rellenar el hueco anular. Para tanto, hay dos métodos distintos cuya aplicación depende de las características del terreno y del tipo de tuneladora elegido para la excavación. La principal diferencia entre los dos métodos reside básicamente en el momento de la inyección con respecto al avance de la tuneladora. Así, en el método continuo la inyección se hace simultáneamente a la excavación y a partir de la propia tuneladora, mientras que en el método discontinuo la inyección se hace algunos anillos detrás de la tuneladora a partir de orificios practicados en las dovelas.

Al optar por uno de ellos, más que una elección en base a desempeño, hay que tener en cuenta la compatibilidad de cada método de inyección con el terreno. Así, al excavar en formaciones débiles es preferible y más usual optar por el método continuo a fin de disminuir los desplazamientos del suelo. El uso del método discontinuo en estos casos no es conveniente por su propia dinámica de ejecución que permitiría acomodaciones excesivas del terreno alrededor. En formaciones con buena capacidad de sostenimiento, a pesar de no haber restricción a ningún

de los dos métodos, la practica ha consagrado el método discontinuo como el más recomendable.

En cualquier operación de inyección, el control de presiones es vital. Este control es mantenido por las galgas colocadas en la bomba y en el orificio de inyección. Una galga imprecisa, especialmente una que marca a menos, podría resultar en inyección de mortero en áreas desnecesarias o en daño al anillo. El mostrador de cualquier galga en uso debe ser examinado cuidadosamente, pues muchas de ellas requieren un incremento de presión sobre un valor mínimo para iniciar el movimiento de la aguja del indicador. [1].

## **2.2 TÚNEL A CIELO ABIERTO**

El método Cut and cover, que significa "Cortar y cubrir" en español, es un método de construcción de para túneles superficiales o poco profundos donde se excava desde la superficie la totalidad o parte del hueco que ocupa el túnel, se construye el túnel dentro del hueco a cielo abierto y se cubre una vez terminado. Requiere un sistema de sostenimiento fuerte para soportar las cargas del material que cubre el túnel.

Son rápidos y económicos y en Colombia son usados generalmente por su economía. La trinchera cubierta con excavación simplemente entre taludes sería su más sencilla conceptualización y si hay eventualmente alguna capa de agua subterránea podrá ser eliminada mediante pozos o puntos filtrantes, o bien, si el terreno es poco permeable, por electro-consolidación.

Para reducir la excavación puede emplearse el método de los blindajes laterales, muy empleado, en general, en el que se utilizan elementos de concreto, sostenidos por laminas metálicas verticales que antiguamente eran hincadas con

martinetes y que, actualmente, para evitar ruidos, son introducidos y fijados en orificios previamente perforados.

**2.2.1 Método “Bottom-up”.** Se excava a cielo abierto la totalidad del hueco ocupado por el túnel y se construye en el interior. El túnel puede ser de hormigón in situ, hormigón pretensado, arcos pretensados, arcos con acero corrugado y también con ladrillo, que se solía usar al principio.

En el método constructivo de "bottom-up", se excava la superficie mientras se construye el túnel y luego se rellena para restaurar la superficie. En el método bottom-up, el túnel es completado antes de que se rellene y se reincorpore la superficie final.

La secuencia de construcción convencional del método bottom-up es la siguiente:

- a. Instalación temporal de las paredes excavadas
- b. Realizar drenaje de aguas si es requerido
- c. Excavación e instalación de los elementos de soporte de las paredes laterales tales como arriostres o puntales.
- d. Construcción de la estructura del túnel incluyendo el piso.
- e. Completar la construcción de las paredes y el techo del túnel.
- f. Relleno hasta nivel deseado y restauración de la superficie.

Algunas ventajas del método Bottom-up son:

- Es una forma convencional de construcción de fácil entendimiento de los constructores.
- Impermeabilización puede ser colocada por fuera de la estructura.
- El interior de la excavación es fácilmente accesible.
- Drenajes pueden ser instalados por fuera de estructura para canalizar las aguas y sacarlas de la estructura.

Algunas desventajas del método bottom-up son:

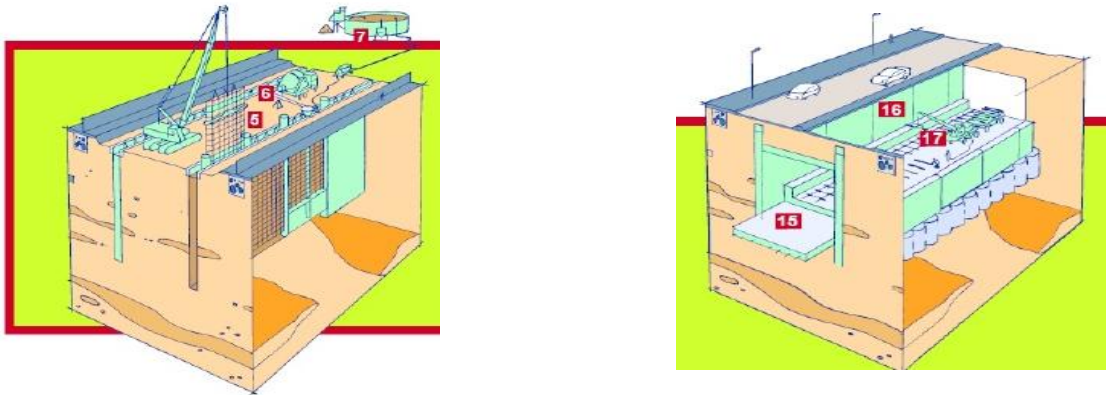
- La superficie no puede ser restaurada hasta que se complete toda la construcción.
- Requiere estructuras temporales de soporte.
- Puede requerir la evacuación de aguas lo que podría tener efectos en la estructura alrededor.

**2.2.2 Método “Top-down”.** Este método se encuentra en auge para la construcción de túneles en el interior de las ciudades. Requiere poca maquinaria especializada, apenas más de la utilizada en la construcción convencional de sótanos. En la superficie, desde la calle, se ejecutan las paredes del túnel cavando una zanja que se hormigón para formar muros pantalla o una hilera de pilotes. Cuando las paredes están terminadas se ejecuta la losa superior, que se apoya en las paredes, excavando sólo el hueco que ocupa la losa y apoyándola durante su construcción contra el terreno. Cuando la losa y las paredes están terminadas, puede reconstruirse la superficie mientras continúan los trabajos en el interior del túnel. La tierra del interior del túnel no se extrae hasta esta fase, en la que como los elementos portantes del túnel están ya construidos se puede excavar con retroexcavadoras. Cuando se ha excavado hasta el nivel adecuado se ejecuta la contra bóveda, losa generalmente de hormigón que hace de suelo del túnel. Se pueden crear losas intermedias para realizar túneles de varias plantas.

A continuación se describe bien el proceso constructivo. [2].

- Instalación de las paredes de soporte.

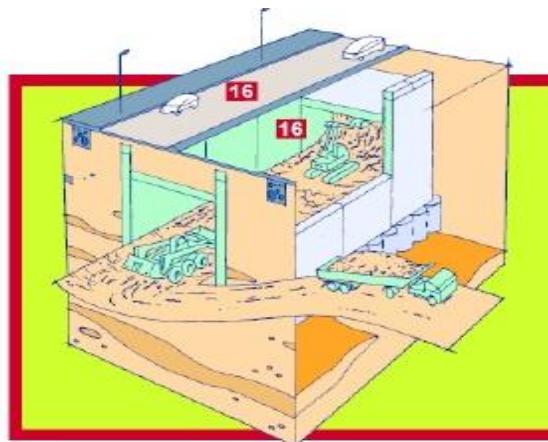
Figura 4. Instalación soporte vertical.



Fuente: <http://htmlimg2.scribdassets.com/460s69mrwg1svubt/images/2-e26cb066e8.jpg>

- Drenaje de aguas si es requerido.
- Excavación hasta el nivel inferior de la losa superior, y construcción de la misma.
- Excavación en el interior del túnel hasta el nivel inferior del piso del túnel.

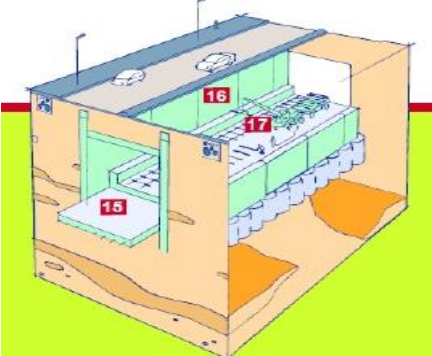
Figura 5. Excavación en el interior del túnel.



Fuente: <http://htmlimg1.scribdassets.com/460s69mrwg1svubt/images/3-69b42c0735.jpg>

- Construcción del piso del túnel y realización de los acabados interiores.

Figura 6. Construcción losa inferior y acabados.



Fuente: [http://htmlimg1.scribdassets.com/460s6\\_9mrwg1svubt/images/4-beaf37b78c.jpg](http://htmlimg1.scribdassets.com/460s6_9mrwg1svubt/images/4-beaf37b78c.jpg)

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1 ANTECEDENTES REGIONALES: PROYECTO CONSTRUCCIÓN DEL PARQUE INTERCAMBIADOR NEOMUNDO

Este proyecto fue desarrollado en el sector oriental de la ciudad, este proyecto tiene como objetivo principal lograr disminuir la congestión que se generaba después del puente La flora debido al tránsito en sentido norte-sur. Sobre esta intersección confluyen dos importantes arterias urbanas y metropolitanas como son la Transversal Oriental Metropolitana y la Calle 93, que a su vez comunica con la Autopista a Floridablanca. Entre los principales referentes del sector se encuentran C.C El cacique, almacenes Éxito, el Colegio Instituto Caldas, la comuna 16 (El Tejar) y el Parque Interactivo de la Ciencia y la Tecnología, NEMUNDO. El costo total de este proyecto fue de \$57.000.000.000.

El proyecto también buscaba cumplir otro tipo de necesidades que la ciudad requería para mejorar su calidad de vida.

- **Conectividad metropolitana:**

Busca quitarle tráfico al corredor de conectividad entre el norte y el sur del Área Metropolitana de Bucaramanga denominada Autopista a Floridablanca, la cual se encuentra en un nivel de servicio que corresponde a velocidad reducida con formación de largas colas de vehículos e imposibilidad de efectuar adelantamientos.

- **Crecimiento poblacional:**

Bucaramanga, como los demás municipios del área metropolitana, se ha convertido en núcleos de rápido crecimiento demográfico de todo el Departamento de Santander. Este crecimiento poblacional se ve reflejado en los desarrollos

habitacionales del sector de influencia directa del parque intersección, lo que incrementa la demanda de estructuras viales.

- **Recuperación de áreas estratégicas y de patrimonio de la ciudad:**

La localización del proyecto Parque Intercambiador Vial Neomundo permite recuperar e integrar espacios deportivos y educativos importantes para la ciudad como son el estadio de atletismo Luís Enrique Figueroa Rey y el Parque Interactivo de la Ciencia y la Tecnología de Bucaramanga NEOMUNDO.

**Solución implementada:**

Se implementó un parque intercambiador de a tres niveles.

En el nivel N-1 se dispone de dos deprimidos, el primero comunica el Occidente con el Oriente y el Norte, y el segundo comunica el Oriente con el Norte con unas velocidades de diseño de 40Km/h y un Ancho de Calzada de 8 m en sentido Occidente-Norte Occidente-Oriente y de 7.5m en sentido Oriente-Norte.

Figura 7. Nivel-1 del Intercambiador Neomundo.



Fuente: Página del SECOP.

En el nivel N+0 pasan las vías a nivel correspondientes a la Transversal Oriental Metropolitana de Norte a Sur y la vía que comunica el flujo vehicular que proviene del viaducto la Flora y se dirige a la autopista a Floridablanca.

Figura 8. Nivel+0 del Intercambiador Neomundo.



Fuente: Página del SECOP.

En el nivel N+1 se soluciona la comunicación en el sentido Oriente-Occidente y Oriente-sur a través de una plazoleta que permite el paso vehicular con una velocidad de diseño de 20 Km/h con el paso peatonal que comunica las diferentes estructuras de servicio construidas para la recreación, cultura y el comercio del sector.

Figura 9. Nivel+1 del Intercambiador Neomundo.



Fuente: Página del SECOP.

### **3.2. Antecedentes nacionales: Avenida Colombia**

En Cali, hace unos meses se inauguró la “Avenida Colombia” la cual es el túnel urbano más grande de Colombia, pero a comparación del soterramiento de la carrera 27 propuesto, esta avenida buscaba descongestionar el antiguo corredor de la Avenida Colombia y darle espacio público para el uso de los habitantes de la ciudad implementando el término ciudades multidimensionales manejado en países Europeos.

El túnel se construyó a partir del hundimiento de la avenida Colombia, que va paralela al río Cali. La depresión parte de la zona aledaña al Hotel Intercontinental y termina en la Ermita, ícono de la ciudad que aparece en todas las postales. Tiene en total 980 metros.

Figura 10. Render: Hundimiento Av. Colombia.



Fuente: Página [www.hechoencali.com](http://www.hechoencali.com)

El túnel consta de cuatro carriles de 3,40 metros de ancho cada uno, con una altura para el paso de automotores o galibo de 4,5 metros. Además, cuenta con todos los elementos de seguridad que una obra de esta calidad demanda, como pantallas disipadoras de ruido, muros acústicos y extractores de gases, que pueda generar el paso vehicular constante.

Además sobre el túnel de la Avenida Colombia se construyó el mayor Bulevar urbano de la región, con cerca de 12 mil metros cuadrados para el disfrute de la comunidad. Los peatones cuentan con un espacio público al frente del río Cali. Hay 72 bancas sin espaldar con madera, 15 bancas sin espaldar sin madera, así como bancas con espaldar madera, en un área de 70,31 metros cuadrados de bancas con espaldar madera. El Bulevar también tiene 87,5 bancas en chimenea y 44,58 metros cuadrados de bancas islas. El costo total de la avenida Colombia fue de \$61.000.000.000.

### 3.3. ANTECEDENTES MUNDIALES: SOTERRAMIENTO DE LA M-30

El proyecto de soterramiento de la M-30 en la ciudad de Madrid, tuvo como objetivo la recuperación de las áreas ocupadas por una autopista urbana que discurría en superficie a lo largo de sendos márgenes del río Manzanares, de forma que pudieran recuperarse y ajardinarse esos márgenes del río, así como eliminar la contaminación acústica que sufrían los habitantes del entorno.

Figura 11. M-30 antes del soterramiento.



Fuente: Artículo “Soterramiento de la M-30” de GINPROSA.

Figura 12. M-30 después del soterramiento.



Fuente: Artículo “Soterramiento de la M-30” de GINPROSA.

La solución adoptada consiste en soterrar las calzadas de la M-30 que discurren en las márgenes del río, manteniendo una situación en planta similar a la anterior, estableciendo dicho soterramiento lo más superficial posible consiguiéndose así

una mayor facilidad constructiva y, por tanto, un menor impacto en el entorno durante la fase de construcción. [3].

## **4. INFORMACIÓN SECUNDARIA DEL CORREDOR EN ESTUDIO**

Para poder realizar este documento y empalmar el tema con buen enfoque y buena aproximación fue necesario basarnos en información secundaria de proyectos similares, de estudios ya realizados sobre nuestro corredor vial (carrera 27 de Bucaramanga) y de diseños existentes en ejecución de proyectos similares.

### **4.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA DEL PROYECTO “CONSTRUCCIÓN DEL PARQUE INTERCAMBIADOR VIAL NEOMUNDO”**

Este proyecto fue ejecutado en la ciudad de Bucaramanga en el año 2011 y muestra el gran progreso que tuvo la ciudad valiéndose de nuevas tecnologías y adoptando un nuevo enfoque en el aspecto de solucionar la movilidad de los ciudadanos, soterrar la vía en 3 niveles por el método “cut and cover” hace que se asemeje al proyecto propuesto en este documento, y por tanto nos permite tomar información necesaria como APU’S de algunos ítems.

### **4.2. INFORMACIÓN GEOTÉCNICA YA EXISTENTE DEL CORREDOR VIAL EN ESTUDIO**

Uno de los aspectos más importantes que se debe tener en cuenta para un proyecto de esta magnitud es la información geotécnica de los suelos adyacentes a este, que nos lleva a la identificar si el suelo es competente para la ejecución y si no lo es qué medidas adoptar para reforzarlo.

Debido a la falta de información de la ciudad de Bucaramanga, nos basamos en estudios indirectos en cuatro puntos específicos del corredor vial, dichos estudios fueron adquiridos gracias a la diligencia del ingeniero Jaime Suarez un conocedor del tema y experto ingeniero geotecnista.

Los estudios de suelos encontrados fueron para la construcción de edificaciones alrededor del corredor vial y cada estudio contaba con alrededor de 3 sondeos, los puntos en los cuales nos enfocamos fueron:

- Carrera 27 #30- 31 Clínica Comuneros
- Carrera 27 #37-38 Movimiento Misionero Mundial
- Carrera 27 A #48-48
- Carrera 27 #55-29

Se seleccionó un perfil tipo y un número de golpes de penetración estándar para todos los sondeos de cada punto. Y se evaluaron los parámetros efectivos de resistencia  $c'$   $f'$  mediante los datos de SPT (número de golpes/pie) evaluados por el método empleado por el ingeniero Alvaro J. González G. de la Universidad Nacional de Colombia y su artículo “ESTIMATIVOS DE PARAMETROS EFECTIVOS DE RESISTENCIA CON EL SPT” [4].

Con este método se encontraron los parámetros de resistencia de cada suelo, el ángulo de fricción y la cohesión los cuales fueron usados para el cálculo de muros de voladizo y la altura máxima de excavación sin refuerzo. Los estudios geotécnicos, los cálculos de este método y los muros de voladizo o de contención se adjuntaron en anexos vía magnética.

Con el estudio de estos sondeos se concluyó que el suelo de la carrera 27 es apto para la ejecución del soterramiento y que no se presentarán problemas de asentamientos en las zonas aledañas al corredor vial ni tampoco se presentarán problemas en la excavación.

En el anexo 1 se presenta un perfil descriptivo de cada punto que se tuvo en cuenta.

### **4.3. INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA YA EXISTENTE DE LA CARRERA 27.**

La ciudad de Bucaramanga cuenta con un Plan de Ordenamiento Territorial (POT), a su vez este plan clasifica las vías de la ciudad en dos tipos:

Las vías llamadas Arterias Tipo y las vías de la Red local del municipio.

#### **Vías Arteria tipo**

Las Vías de Arteria Tipo están divididas: en Vías Tipo V-0. Tienen una sección transversal mayor de 60 metros. Vías Tipo V-1. Tienen una sección transversal entre 60m y 40 m. Vías Tipo V-2. Tiene entre 30 m y 40 m de sección transversal. Vías Tipo V-3. Tienen entre 25 m y 30 m de sección transversal. Entre las vías de arteria tipo podemos encontrar:

Carrera 27: Es del tipo V-2. Conocida también como Avenida Prospero Pinzón, cruza la ciudad de Norte a Sur. Inicia en la Universidad Industrial de Santander y cruza la ciudad de norte a sur. En el sector de la puerta del sol está ubicado el intercambiador del mismo nombre de donde se desprenden vías hacia la autopista a Floridablanca y una continuación de la carrera 27 continua hasta el sector entre los barrios la Victoria y la Sallé donde se convierte en la Autopista a Girón y Lebrija de esta vía se inicia la Carretera a Barrancabermeja.

El sector de estudio para ese proyecto es sobre la carrera 27 iniciando en la avenida quebrada seca y terminando en la calle 56.

Para el control de pendientes, y conocer el volumen de excavación del corredor vial que se propondrá es necesario tener un mapa de curvas de nivel o un plano topográfico y que preferiblemente tenga la nomenclatura de la ciudad para facilitar la ubicación del corredor vial de interés.

En el anexo 2 se puede encontrar la topografía encontrada para el corredor de estudio.

#### **4.4. CATASTRO REDES AMB**

Información obtenida directamente del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga gracias al Ingeniero William Ibáñez, ingeniero Jefe de operaciones del Acueducto.

Se encontrará el detalle de diámetros, profundidad, pendiente, etc. de la tubería que atraviesa el corredor vial y la ubicación, válvulas y todos los elementos de la red del acueducto que se deberán trasladar debido a la afectación que tendrán en la ejecución del proyecto.

En el anexo 3 se encuentra el Catastro de redes del acueducto en el sector de estudio.

#### **4.5. CATASTRO REDES DE ALCANTARILLADO**

La información dada a continuación se obtuvo directamente de la Empresa Pública de Alcantarillado de Santander (EMPAS), en condiciones de confiabilidad y para uso exclusivamente académico.

El objetivo principal de obtener esta información es tener una idea de cómo está la distribución de la tubería y pozos de alcantarillado a través y a los alrededores del corredor vial que se está estudiando, esto con el fin de hacer una apreciación superficial de las modificaciones y del traslado de este sistema en el momento de la ejecución del proyecto. En este documento solo se nombrará y se aclarará que este aspecto se debe tener en cuenta en el futuro inmediato del proyecto.

En el anexo 4 se puede apreciar el Catastro de redes del alcantarillado del corredor en estudio.

#### **4.6. DISEÑO PREEXISTENTE DE PAVIMENTO CONCRETO RÍGIDO PARA METROLINEA**

Basados en las especificaciones técnicas de la etapa de construcción de Metrolinea anexo b tenemos los diseños necesarios para el cálculo de cantidades de obra aproximado de la losa de concreto y espacios reglamentarios, no se van a tener en cuenta todas las especificaciones de este anexo debido a que nuestro proyecto solo abarca un estudio de prefactibilidad.

A nivel general estas especificaciones se rigen por la NTC y el Manual de Diseño Geométrico para Carreteras.

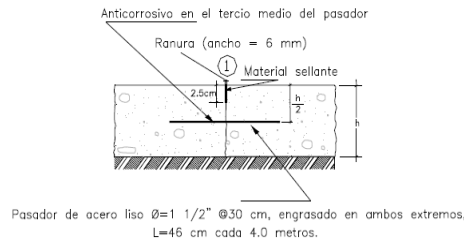
##### **Estructura de pavimento:**

En estas especificaciones encontramos las dimensiones a las que se sugiere fabricar las losas de concreto 4m x3, 5m con espesor variante entre 23 y 30 cm, por defecto tomamos un espesor de 25 cm. También se encuentra el detalle de las juntas de dilatación transversal y longitudinalmente.

Juntas transversales: Pasadores de acero liso de 1-1/2" de diámetro cada 30 cm con longitud de 46 cm.

Figura 13. Detalle junta transversal.

Figura 1. Junta Transversal



JUNTA TRANSVERSAL CON PASADORES

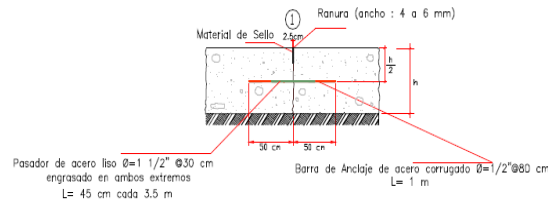
Fuente: Equipo Técnico. Sistema Integrado de Transporte Masivo Metropolitano. Universidad Industrial de Santander. (Ver Planos Detalles Pavimentos en Concreto Hidráulico)

Fuente: Especificaciones técnicas de la etapa de construcción de Metrolínea anexo b.

Junta longitudinal: Pasadores en acero corrugado de 1-1/2" de diámetro cada 30 cm con longitud de 45 cm y pasadores de acero corrugado de 1/2" cada 80 cm con longitud de 1m.

Figura 14. Detalle de junta longitudinal.

Figura 2. Junta Longitudinal



JUNTA LONGITUDINAL PARA PAVIMENTO

Fuente: Equipo Técnico Sistema Integrado de Transporte Masivo Metropolitano. Universidad Industrial de Santander. (Ver Planos Detalles Pavimentos en Concreto Hidráulico).

Fuente: Especificaciones técnicas de la etapa de construcción de Metrolínea anexo b.

El espesor de la base y de la subbase fue sacado por aproximación basado en promedios de espesor en suelos con propiedades similares del sector y en base a los espesores tomados para la elaboración del carril de Metrolínea en la carrera 27, esto aclarando que no serán los diseños definitivos y que se decidió hacer de esta forma debido a la falta de tiempo y presupuesto para realizar sondeos de transporte para un diseño específico de pavimento y porque es para un cálculo aproximado de la cantidad de este material y concluir un presupuesto final.

Espesor subbase granular: 0,2 m

Espesor base granular: 0,15 m

## 5. DISEÑO DEL CORREDOR VIAL.

Para facilitar este diseño se trabajó en el programa **AutoCAD Metric 2013** con programado para trabajar en unidades MK, creándose el perfil, la sección transversal, la banca, el corredor vial y el diagrama de masas de la nueva vía que se propone en el proyecto y que pasara justamente 6m por debajo de la vía existente, cumpliendo con todos los parámetros necesarios de los cuales se hablara detalladamente a continuación.

Antes de entrar en detalle con la información obtenida por el programa cabe mencionar que aparte de la topografía del sector en estudio, fue necesaria otra información como el ancho de la calzada, de las bermas, y del espacio público requerido, todo teniendo en cuenta El Manual de Diseño Geométrico de Carreteras [5].

- Ancho del carril: se tomó como autopista de una calzada con un carril en cada sentido: 3,65m.
- Ancho de la berma: debido a la falta de información para vías soterradas y aún más para vías usadas específicamente para el uso del transporte masivo, se tomó un ancho de berma de 2m basándose en el Manual de Diseño geométrico.
- Anden: según el Manual de Diseño Geométrico para Carreteras numeral 7.2.4.3 el ancho de anden reglamentario para tules o soterramientos es de 0,75 a ambos lados, y de 1m si el andén es solo por un lado, en nuestro caso tomamos como ancho mínimo 1,3m debido a que van a haber sitios de paradas y posible mente se va presenciar gran cantidad de usuarios utilizando el servicio.

Es pertinente anotar que el área requerida para satisfacer las anteriores dimensiones no se puede ocupar bajo ninguna circunstancia por equipos o instalaciones de servicio, para las cuales se requieran áreas adicionales.

La superficie de rodadura debe ser de un material no inflamable.

Se debe buscar al máximo mantener el mismo tipo de sección en toda la longitud del túnel

Bajo ninguna circunstancia se permitirá la disminución de la sección transversal.

Para el diseño de esta vía soterrada se tuvo en cuenta una velocidad de diseño de 100 kph debido a lo estipulado en el Manual de Diseño Geométrico para Carreteras.

Se controló que los valores de las entretagencias estuvieran dentro de los rangos permitidos.

Lo que se buscó al trabajar en este programa fue obtener de manera más exacta y más detallada el cálculo del volumen de excavación, y la sección transversal de la vía soterrada. [6]

## **5.1. PERFIL DE LA VÍA**

Es necesario aclarar que este documento no tiene el procedimiento detallado que se llevó a cabo para la obtención de datos arrojados en AutoCAD Metric 2013.

La subrasante sobre la cual se trabajó quedó 6 metros por debajo del perfil de la vía existente y en este punto los parámetros que se tuvieron que controlar fueron las pendientes máximas y mínimas mediante la tabla mostrada a continuación:

Figura 15. Tabla de pendientes máximas en %.

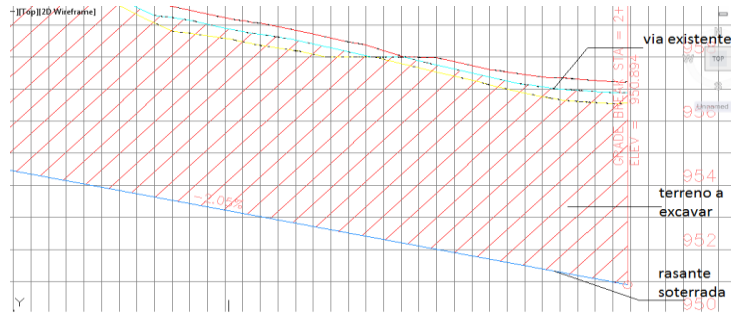
Tabla 4.1.  
Pendiente Media Máxima del corredor de ruta (%) en función de la Velocidad de Diseño del Tramo homogéneo ( $V_{TR}$ )

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO $V_{TR}$ (km/h)									
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	-	-	-	-	-	6	6	6	5	5
Primaria de una calzada	-	-	-	-	7	7	6	6	5	-
Secundaria	-	-	7	7	7	7	6	-	-	-
Terciaria	7	7	7	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Manual de Diseño Geométrico para Carreteras.

La pendiente máxima con la que se trabajo es de 5%.

Figura 16. Perfil de vía existente y soterrada.

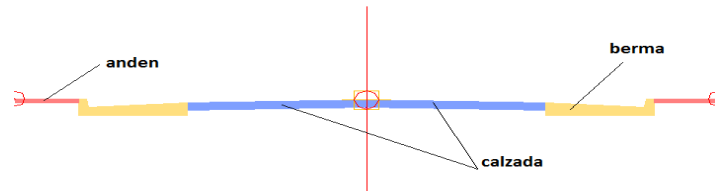


Fuente: Elaboración propia AutoCAD Metric 2013.

## 5.2. SECCIONES TRANSVERSALES

Se obtuvieron secciones transversales cada 20 metros de distancia y se generó teniendo en cuenta las características del ancho de zona o derecho de vía.

Figura 17. Ancho de zona o derecho de vía.



Fuente: Elaboración propia AutoCAD Metric 2013.

La calzada es la parte destinada a la circulación de los vehículos, para llevar a cabo este documento en este caso se creó dependiendo de la siguiente tabla:

Figura 18. Ancho de calzada en metros.

Tabla 5.2.  
Ancho de calzada (metros)

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO (V <sub>TR</sub> ) (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Ondulado	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Montañoso	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
Primaria de una calzada	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-
	Ondulado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
	Escarpado	-	-	-	-	7.00	7.00	7.00	-	-	-
Secundaria	Plano	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-	-	-
	Ondulado	-	-	-	7.00	7.30	7.30	7.30	-	-	-
	Montañoso	-	-	6.60	7.00	7.00	7.00	-	-	-	-
Terciaria	Plano	-	-	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	-	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	6.00	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Manual de diseño geométrico para carreteras.

Se trabajó con un bombeo del 2% acorde a la tabla a continuación:

Figura 19. Bombeo de calzada.

Tabla 5.3.  
Bombeo de la calzada

TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA	BOMBEO (%)
Superficie de concreto hidráulico o asfáltico	2
Tratamientos superficiales	2 – 3
Superficie de tierra o grava	2 – 4

Fuente: Manual de diseño geométrico para carreteras.

La berma es la faja comprendida entre el borde de la calzada y la cuneta. Cumple cuatro funciones básicas:

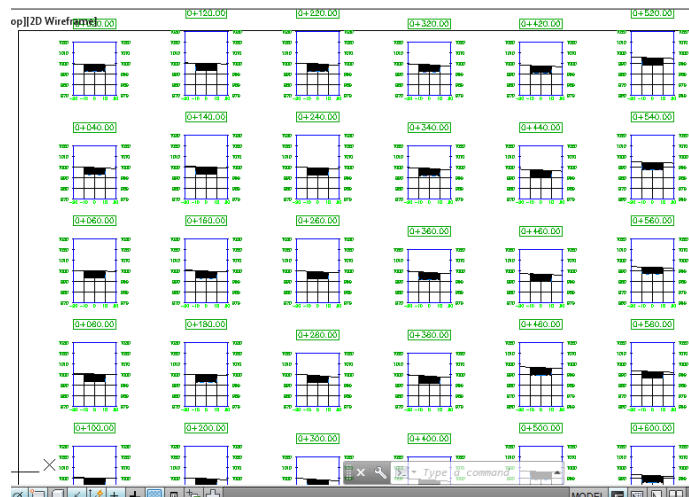
- Proporciona protección al pavimento y a sus capas inferiores, que de otro modo se verían afectadas por la erosión y la inestabilidad.
- Permite detenciones ocasionales de los vehículos
- Asegura una luz libre lateral que actúa psicológicamente sobre los conductores aumentando de este modo la capacidad de la vía.

- Ofrece espacio adicional para maniobras de emergencia aumentando la seguridad.

Para efectos del proyecto se diseñó con una berma de 2 metros.

El siguiente grafico es una muestra de unas de las secciones transversales de nuestro proyecto, en Anexo 5 se encontrara el proyecto en el programa elaborado:

Figura 20. Secciones transversales.

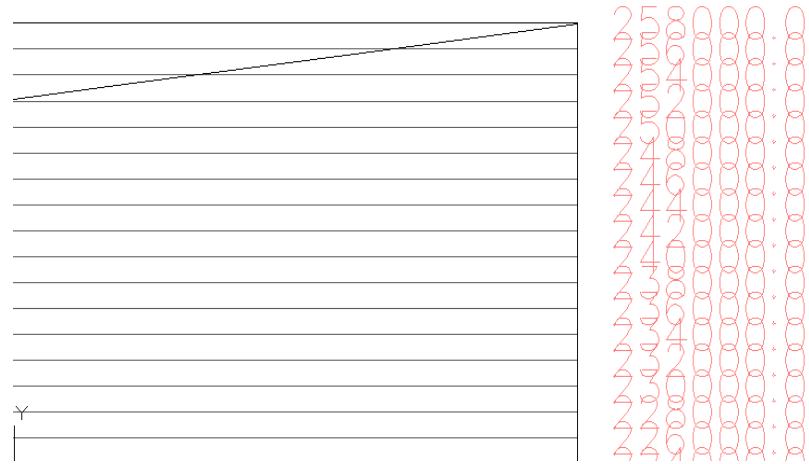


Fuente: Elaboración propia AutoCAD Metric 2013

### 5.3 DIAGRAMA DE MASAS

Finalmente este es el último paso para obtener el volumen o cantidad de tierra total que se debe excavar o rellenar, en nuestro caso solo será necesaria la excavación ya que la vía es soterrada.

Figura 21. Resultado final diagrama de masas.



Fuente: Elaboración propia AutoCAD Metric 2013

En total como se puede observar en la figura 19 el total de volumen a excavar es de 258000 metros cúbicos de tierra.

## **6. ALTERNATIVAS PROPUESTAS**

Este proyecto se basa exactamente en dos procesos constructivos, los cuales se escogieron y se consultaron teniendo en cuenta varios aspectos, como lo son:

- El tiempo: factor importante en el momento de ejecutar cualquier obra civil, y más aún debido a que el proyecto se llevara a cabo en una de las vías más importantes de la ciudad, lo cual significa que debe ser ejecutado en el menor tiempo posible y sin que cause gran alteración en el tránsito vehicular.
- El presupuesto: la falta de recursos en nuestro país es el factor que más influye para que los proyectos que solucionan muchos aspectos como lo es la movilidad se estancuen o ni siquiera alcancen a darse a conocer, por eso es tan importante que así como encuentre solución a la problemática planteada, el proyecto sea viable económicamente y sea justificada la inversión.

Teniendo en cuenta los factores anteriores, en este proyecto se toma como alternativa para solucionar la problemática de movilidad de nuestra ciudad la construcción de un subterráneo para uso exclusivo de Metrolinea. Este capítulo se basara exclusivamente en el estudio de las dos alternativas de proceso constructivo que se plantearon: con concreto prefabricado y con concreto producido in situ.

### **6.1 CONCRETO PREFABRICADO**

Los muros prefabricados de concreto son aquellos realizados total o parcialmente en un proceso industrial, por industrias especializadas, son elementos construidos en serie, que dependiendo de los requerimientos de la obra, tienen distintos tamaños, formas y espesores.

Una de las principales ventajas de trabajar con muros prefabricados es el ahorro que tiene debido a la reducción del tiempo de ejecución de la obra, el gasto un poco más elevado de mencionado muro prefabricado se ve equilibrado con el ahorro en personal requerido y en el tiempo.

Su punto débil se encuentra en las uniones de los elementos, ya que cuando son sometidos a fuerzas laterales puede ocurrir un desacople de los mismos si no están correctamente unidos.

Los muros prefabricados se clasifican según su diseño estructural:

- ✓ Muros prefabricados empotrados
- ✓ Muros de pantallas prefabricadas y zapatas in situ
- ✓ Muros completamente prefabricados
- ✓ Muros de pantalla aligerada

## **6.2. CONCRETO FABRICADO IN SITU**

Este es el método convencional, el más conocido y mediante el cual se ejecutan la mayor cantidad de obras en el país.

Sus características principales se basan en su continuidad, en ver la estructura fabricada como un todo, en su capacidad portante y en una mezcla monolítica y resistente.

La mezcla es una masa plástica húmeda que debe ser contenida mediante formaleta, que es la encargada de darle una forma proyectada definitiva

Las fases constructivas del concreto in situ son:

- ✓ Amasado
- ✓ Vertido
- ✓ Fraguado
- ✓ Curado

Para al final obtener una mezcla resistente según los diseños, que trabaje correctamente y que cumpla con los estándares de construcción, se debe tener sumo cuidado en cada uno de los pasos, sin modificar su orden ni omitir ninguno.

A continuación un listado de las actividades que basados en el proyecto del Parque Intercambiador de Neomundo se tendrán en cuenta para el cálculo de cantidades de obra y del presupuesto, dejando claro que los diseños, y los valores son aproximados teniendo en cuenta el incremento de precios que se genera anualmente, los márgenes de error que genera el trabajar con en un proyecto diferente con ubicación diferente, por tratarse de un estudio académico y de prefactibilidad, etc.

En frente de cada actividad va a estar la unidad de medida por la cual se sugiere evaluar. [7]

## 1. Preliminares

- 1.1. Localización y replanteo [m2]
- 1.2. Cerramiento en tela verde [ml]
- 1.3. Valla informativa [und]
- 1.4. Demolición de concreto [m2]

## 2. Movimiento de tierra

- 2.2. Excavación en material común [m3]
- 2.3. Relleno con material de sitio [m3]

2.4. Retiro de sobrantes (escombros) [m3]

3. Traslado de redes

3.1. Redes de acueducto [ml]

3.2. Redes de alcantarillado [ml].

4. Estructuras en concreto

4.1. Concreto de limpieza (Solado) [m2]

4.2. Zapatas  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> [m3]

4.3. Muros de contención [m3]

4.4. Sistema de pórticos

4.4.1. Vigas [m3]

4.4.2. Columnas [m3]

4.5. Placa de concreto [m3]

4.6. Acero de refuerzo  $f_y=420$  Mpa

5. Urbanismo

5.1. Sardinell [ml]

5.2. Anden [m2]

6. Pavimentación

6.1. Nivelación y compactación subrasante [m2]

6.2. Súbase granular [m3]

6.3. Base granular [m3]

6.4. Concreto 4000 psi para pavimento inferior [m3]

6.5. Carpeta asfáltica [m3]

7. Señalización

8. Iluminación

9. Acabados

## 10. Estaciones

## **7. SECCIÓN TIPO**

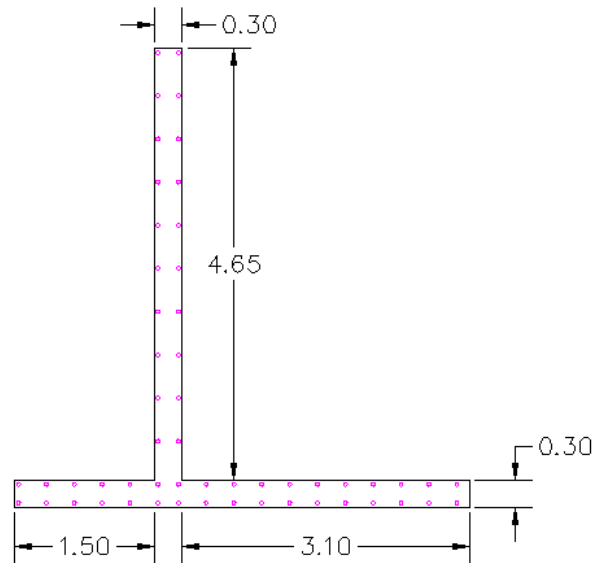
Es necesario aclarar que el fin de este proyecto no es el de encontrar los diseños definitivos para el soterramiento, solo un diseño básico para el cálculo aproximado de cantidades de obra y de presupuesto.

### **7.1. DISEÑO DE MUROS DE CONTENCIÓN**

Una vez obtenido los parámetros de resistencia de cada suelo, se definió un perfil geotécnico tipo por cada punto para realizar el diseño de los muros de contención teniendo en cuenta que las fuerzas que intervienen serían el peso propio, la componente normal de las presiones en la cimentación, las subpresiones, las fuerzas sísmicas y las fuerzas externas. Estas últimas dependen de las sobrecargas que se den en el suelo. La cimentación de las edificaciones aledañas y su profundidad tendrían una repercusión inmediata en este cálculo. Se tomó una sobrecarga de 2 [ton/m<sup>2</sup>] para casas de 2 pisos, una de 5 [ton/m<sup>2</sup>] para edificios de 5 pisos y una de 10 [ton/m<sup>2</sup>] para estructuras de más de 10 pisos.

Por último, teniendo 3 diseños en cada punto donde se tenía información geotécnica, se decidió por un muro tipo para realizar el cálculo de cantidades.

Figura 22. Sección transversal muro tipo.

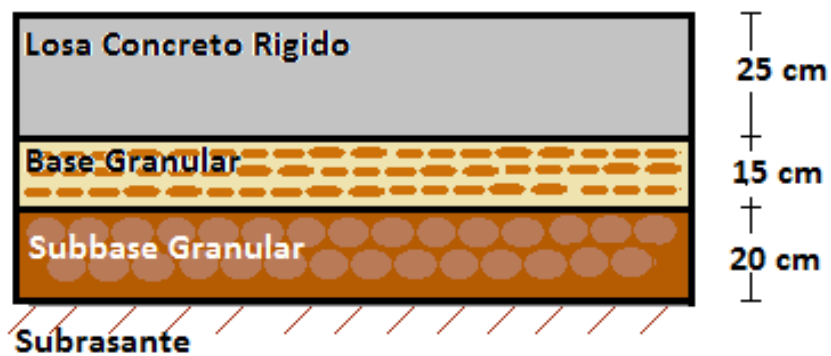


Fuente: Elaboración propia

## 7.2 DETERMINACIÓN Y ESPECIFICACIÓN PAVIMENTO RÍGIDO LOSA INFERIOR (SOTERRADO) Y PAVIMENTO FLEXIBLE LOSA SUPERIOR

Pavimento rígido (losa inferior):

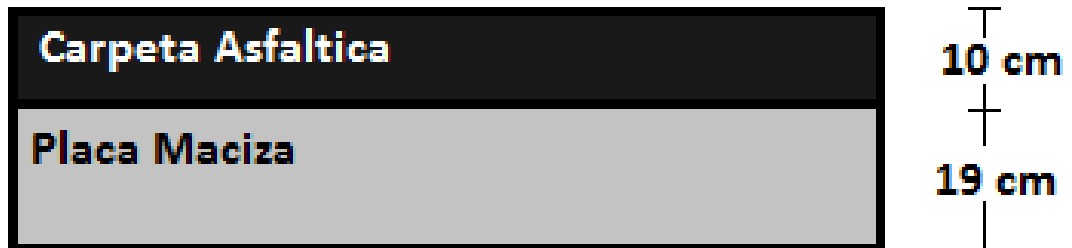
Figura 23. Esquema pavimento rígido [cm].



Fuente: Elaboración propia.

Pavimento flexible (losa superior):

Figura 24. Esquema pavimento flexible [cm].



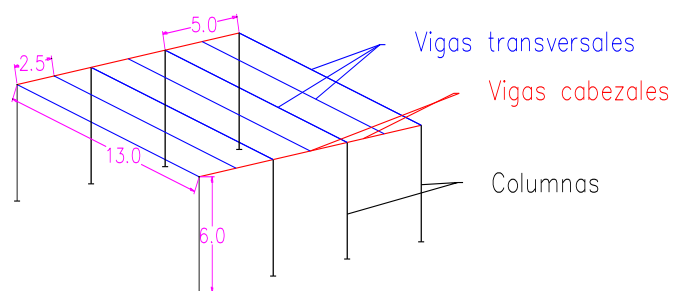
Fuente: Elaboración propia.

### 7.3. SISTEMA DE PÓRTICOS RESISTENTE

La solución estructural elegida consta de una superestructura compuesta por una placa y vigas transversales de luces de 13 metros como el manual de Puentes de placa y viga del Ministerio de obras públicas indica. [8].

Además de eso se diseñaron las vigas cabezales de 40x105 [cm] y las columnas de 40x40 [cm] del sistema de pórticos. Los despieces se adjuntan en anexos magnéticos.

Figura 25. Modelo sistema de pórticos resistente.



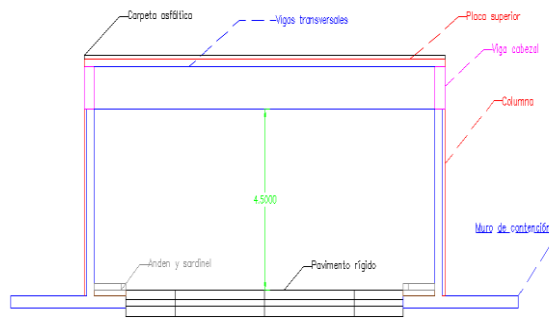
Fuente: Elaboración propia.

## 7.4 DISEÑO DE ESTACIONES

Se decidió hacer una estación tipo excavada por un solo lado del corredor vial. Las estaciones estarán ubicadas donde se encuentran las actuales paradas de Metrolinea. El esquema de cada estación se adjunta en el Anexo 6.

## 8.5 Esquema de la solución implementada

Figura 26. Solución sección transversal tipo.



Fuente: Elaboración propia.

## 8. PRESUPUESTO

Para la elaboración del presupuesto se utilizaron precios de referencia de obras similares. Una fuente importante fue el Parque Intercambiador Neomundo, de donde se utilizaron varios precios y fueron actualizados al 2013. El presupuesto obtenido se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1. Resumen presupuesto.

	Descripción	Valor parcial
1.	Preliminares	\$ 993.310.138,62
2.	Movimiento de tierra	\$ 5.483.209.950,80
3.	Traslado de redes	\$ 19.690.220.000,00
4.	Estructuras en concreto	\$ 29.998.748.296,68
5.	Urbanismo	\$ 486.205.852,00
6.	Pavimentación	\$ 6.015.408.017,49
7.	Señalización	\$ 330.000.000,00
8.	Iluminación	\$ 2.200.000.000,00
9.	Acabados	\$ 5.500.000.000,00
10.	Estaciones	\$ 784.117.234,56

<b>Total costos directos</b>	<b>\$ 71.481.219.490,15</b>
<b>AIU (35%)</b>	<b>\$ 25.018.426.821,55</b>
<b>Total costos directos + AIU</b>	<b>\$ 96.499.646.311,70</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

En el anexo 7 se adjunta todo el presupuesto de la obra.

## 9. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PROPUESTAS

Después de la ejecución del presente documento, del estudio de la información recopilada, teniendo en cuenta cada uno de los aspectos mencionados no solo de la parte técnica sino también de la parte económica es necesario llegar a una conclusión que deje como resultado una solución concreta a la problemática de movilidad planteada, que sea viable, se ajuste a la ciudad y traiga beneficios a la población.

Recordando que las dos opciones de proceso constructivo propuestas para ejecutar la solución son el concreto prefabricado y la fabricación de concreto in situ, se decide formular el presupuesto y las cantidades de obra ajustadas a la segunda alternativa, **fabricación de concreto in situ**.

A pesar de los grandes beneficios que trae el concreto prefabricado, de los cuales se habló cuando se explicó el proceso, como la reducción del tiempo en ejecución y el ahorro de personal, el concreto prefabricado necesita un cuidado especial en el momento de armar la estructura, que implica un equipo e instrumentos adecuados para el buen funcionamiento de este, aparte del elevado costo que tiene el material y el cual repercutiría al costo total del proyecto, que pondría en riesgo la viabilidad económica del mismo. Mientras que la fabricación in situ, aunque su tiempo de ejecución es un poco más alto, es el método tradicional más económico y por ende más usado en nuestro entorno, el aspecto del tiempo se puede contrarrestar aumentando el número de trabajadores, de tal manera que se logre satisfacer las necesidades presentes y futuras a la ejecución del proyecto, lo dicho anteriormente como parte de la solución rápida que necesita la ciudad para mejorar en el tan tormentoso tema de la falta de vías de comunicación dentro de la misma.

Se podría llegar a pensar en una fusión de procesos constructivos, en los cuales algunos ítems o algunos elementos del proyecto sean en concreto prefabricado y otros en concreto in situ, pero se necesitaría un análisis de costos más profundo y más detallado para lograr clasificar los ítems pertenecientes a cada grupo.

La solución no es únicamente cuestión de crear nuevas vías sino brindar un mejor servicio a la comunidad dándole la oportunidad a los habitantes de la ciudad de salir a caminar por las calles brindándoles espacios seguros y cómodos, que usen el sistema de transporte masivo de manera voluntaria, porque este brinde un buen servicio y no por necesidad. Esto con el fin no solo de mejorar la armonía de la ciudadanía si no también el buen aspecto y causar un impacto de manera positiva ante gran proyecto.

## 10. CONCLUSIONES

Podemos concluir que la solución planteada por el estudio realizado es viable económicamente, con un valor aproximado de 96 mil millones de pesos, es una cifra acorde a la magnitud del proyecto y que en comparación con obras similares ejecutadas en la ciudad y en el país pero en menor cantidad, con menor uso y menor magnitud como lo son el puente Gómez Ortiz con un valor de 44 mil millones, el Intercambiador de Neomundo con un costo total de 57 mil millones, la avenida Colombia en Cali con un valor de 61 mil millones, no arroja un resultado escandaloso y es un presupuesto que puede ser solicitado por el municipio.

Técnicamente hablando se puede llegar a la conclusión de que es completamente factible realizar el soterramiento en esta parte de la ciudad, de acuerdo a los estudios de suelos y a las opiniones de varios expertos en el tema, como se puede comprobar en este documento, en el momento de excavar no se presentarían asentamientos en las edificaciones aledañas, ni se presenta un nivel freático superficial.

Este proyecto deja la puerta abierta a cada uno de los capítulos presentes, de donde se generaran muchas más opciones de proyectos ejecutables y de estudio a nivel académico, como lo son un estudio detallado de los muros de contención, el re direccionamiento de las redes de acueducto y alcantarillado, un sistema estructural más específico que genere mejores y más baratos resultados, un estudio de movilidad que arroje resultados concretos de cómo mejoraría la ciudad con este proyecto, un diseño para la ventilación del hundimiento, entre otras.

Este trabajo servirá como trampolín hacia el avance, no solo de la ciudad de Bucaramanga sino del país, el impacto que causará será tan positivo que seguramente Bucaramanga no será la única ciudad en adoptar la solución de vías

soterradas, mejorando así muchos aspectos no solo a nivel de infraestructura sino también a nivel cultural y social, abriendo la mente y las puertas para adoptar nuevas tecnologías y nuevas soluciones innovadoras.

A pesar de las limitaciones, no solo a nivel de tiempo y de presupuesto, sino también por falta de información, documentación extraviada y confidencialidad de muchos documentos necesarios para llevar a cabo este proyecto, se logró ejecutar a cabalidad y satisfactoriamente llegando a la conclusión deseada y aprobando la prefactibilidad en todo sentido de un soterramiento por la carrera 27 de la ciudad de Bucaramanga para uso exclusivo del Sistema Integral de Transporte Masivo de Bucaramanga Metrolinea.

## **11. AGRADECIMIENTOS**

Al finalizar este proyecto de grado no hay otra cosa en que pensar sino en agradecer profundamente a Dios por habernos permitido llevarlo a cabo con éxito y darnos la sabiduría y paciencia precisa para lograr terminarlo. Agradecer también al Ingeniero PhD. Álvaro Viviescas por su dedicación, tiempo, paciencia y esmero para sacar adelante tan importante proyecto, no solo para lograr el paso anhelado por todo estudiante al graduarse, sino también por el gran aporte que es este para el municipio y para la población en sí. Sin él, este proyecto no habría sido llevado a cabo.

Para finalizar agradecemos a nuestras familias por el apoyo brindado, no solo en la parte económica sino también en la parte emocional, ya que nunca dudaron de nuestras capacidades y siempre encontramos en ellos una voz de aliento y de apoyo, que en momentos difíciles o de decepción por no lograr las cosas como se tenían planeadas, estuvieron para nosotros.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Sergio Henrique Pialarissi Cavalaro. Aspectos tecnológicos de túneles construidos con tuneladora y dovelas prefabricadas de hormigón, Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona 2009.

[2] Descripción del método Cut and Cover para túnel.  
<http://es.scribd.com/doc/105516436/Cut-and-Cover>

[3] GINPROSA. Soterramiento de la M-30.

[4] Álvaro J. González G. Estimativos de parámetros efectivos de resistencia con el SPT. X jornadas geotécnicas de la ingeniería en Colombia.1999.

[5] Instituto Nacional de Vías. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. 2008.

[6] AutoCAD Metric 2013. Corredor vial soterrado. Elaboración propia.

[7] SECOP. Análisis de precios unitarios. Proyecto: Parque intercambiador Neomundo. <https://www.contratos.gov.co>

[8] Ministerio de obras públicas, Puentes de placa y viga, Tomo VI, Página 7.

## BIBLIOGRAFIA

- ALCALDIA DE SANTIAGO DE CALI, Hundimiento Avenida Colombia (En línea; <http://www.cali.gov.co/publicaciones.php?id=34269>, (2013)
- ANALES DE INGENIERIA No. 921, SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS (2012) Urbanismo. Artículo: CIUDAD VS. CARROS por Jorge Enrique Franco, Ex Director de Tránsito de Bogotá.
- Beijing's traffic solution: Underground tunnels; <http://www.thehindu.com/news/international/beijings-traffic-solution-underground-tunnels/article1097665.ece>, (2013).
- BOSCH, Carlos. LA CIUDAD MULTIDIMENSIONAL. Integrando un entorno multifuncional y sostenible. En CONAMA, Congreso Nacional del Medio Ambiente. España.
- Diseño de Muros; <http://www.civil.cicloides.com/muros/4.6.2/>, (2013).
- Estructuras subterráneas para ciudades densamente pobladas; <http://www.globalskm.com/Insights/Achieve-Magazine/Issue4-2009-Esp/article3.aspx>, (2013).
- GALABRU, Paul. Cimentación y túneles (2004). Tratado de procedimientos generales de construcción. Barcelona, España.
- Muros Prefabricados; <http://es.scribd.com/doc/20610339/MUROS-PREFABRICADOS>, (2013).

- New tunnel option for UK traffic blackspot; <http://www.tunneltalk.com/Tunnel-safety-Mar12-UK-Brynglas-new-tunnel-solution.php>, (2013).
- Soluciones inteligentes para el tráfico de hoy y del mañana; <https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/mobility/Documents/traffic.pdf>, (2013)
- Transporte Inteligente Como Mejorar La Movilidad en Las Ciudades Transporte Inteligente Como Mejorar La Movilidad en Las Ciudades; <http://es.scribd.com/doc/145590416/Transporte-Inteligente-Como-Mejorar-La-Movilidad-en-Las-CiudadesTransporte-Inteligente-Como-Mejorar-La-Movilidad-en-Las-Ciudades>. (2013)

## ANEXOS

### ANEXO A. Descripción geotécnica de los puntos elegidos.

#### Carrera 27 #30-31 Clínica Comuneros

Profundidad [m]		Suelo	Limitaciones geotécnicas
Desde	Hasta		
0	Variable de 0.3 a 2	Rellenos sin compactar y suelos orgánicos compuestos por arenas limosas gruesa, gradadas, sueltas, húmedas, permeables, poco resistentes, color marrón y rojo, con trozos de ladrillo y gravas de tamaño grueso, color blanco, con pintas negras.	Sueltos. No competentes para la cimentación de estructuras
Variable de 0.3 a 2	Profundidades no determinadas mayores a 5	Suelos aluviales compuestos por arenas limosas, medias y gruesas, gradadas, densas, resistentes, permeables, color rojo y bloques de areniscas friables de grano medio color amarillo, con gravas de tamaño grueso color blanco.	Aluviales. Competentes para la cimentación de estructuras

Fuente: Ingeniero Jaime Suárez.

#### Carrera 27 #37-38 Movimiento Misionero

		Suelo	Limitaciones geotécnicas
Desde	Hasta		
0	Variable de 1-4 [m]	Relleno sin compactar, compuesto por arenas limosas de baja resistencia, con trozos de concreto y ladrillo rojo.	Suelo suelto. No es competente para la cimentación de estructuras.
Variable de 1 a 4	Variable de 4-6.5 [m]	Suelos aluviales pertenecientes a la formación limos rojos de Bucaramanga, compuestos por limos arenosos y arenas muy resistentes.	Suelos recomendables para cimentación de estructuras.

		Suelo	Limitaciones geotécnicas
Desde	Hasta		
Variable de 3-6.5 [m]	Profundidades no determinadas	Bloques de arenisca de grano medio a fino, de muy alta resistencia, en matriz limo arenosa, color amarillo claro.	Suelo muy competente para la cimentación de estructuras.

### Carrera 27 A #48-48

Profundidad [m]		Suelo	Limitaciones geotécnicas
Desde	Hasta		
0	1 a 2.1	Suelos sueltos compuestos por arenas arcillosas y limosas, finas, muy sueltas, algo plásticas, poco resistentes, color marrón oscuro, orgánicas.	Sueltos. No competentes para la cimentación de estructuras
1 a 2.1	3 a 4	Suelos aluviales compuestos por arenas limosas finas, gradadas, densas y limos arenosos, húmedos, resistentes, color marrón, rojo y amarillo, con gravas medias de areniscas friables, de grano medio, color rojo y amarillo.	Aluvial. Competentes para cimentación de estructuras.
3 a 4	7	Suelos aluviales compuestos por bloques de areniscas friables, de grano medio, densas, color gris claro, marrón y amarillo, en matriz limo-arenosa, color rojo y amarillo claro.	Aluvial. Competentes para cimentación de estructuras.
7	8.2	Suelos aluviales compuestos por arenas limo-arcillosas, medias, gradadas, densas, húmedas, resistentes, color rojo con gravas muy friables de areniscas de grano medio color amarillo.	Aluvial. Competentes para cimentación de estructuras.
8.2	9.5	Suelos aluviales compuestos por bloques de areniscas cuarzosas de grano fino, densas, color amarillo, en matriz limosa, húmeda, algo plástica, color amarillo y marrón claro.	Aluvial. Competentes para cimentación de estructuras.
9.5	10.5	Suelos aluviales compuestos por limos, duros, poco	Aluvial. Competentes para

Profundidad [m]		Suelo	Limitaciones geotécnicas
Desde	Hasta		
		plásticos, muy húmedos, resistentes, color amarillo claro, con gravas de areniscas color marrón claro.	cimentación de estructuras.
10.5	> 11.5	Suelos aluviales compuestos por bloques de areniscas de grano fino, densas, friables, color marrón claro y amarillo, en matriz limosa, húmeda, algo plástica, color amarillo.	Aluvial. Competentes para cimentación de estructuras.

### Carrera 27 #55-49

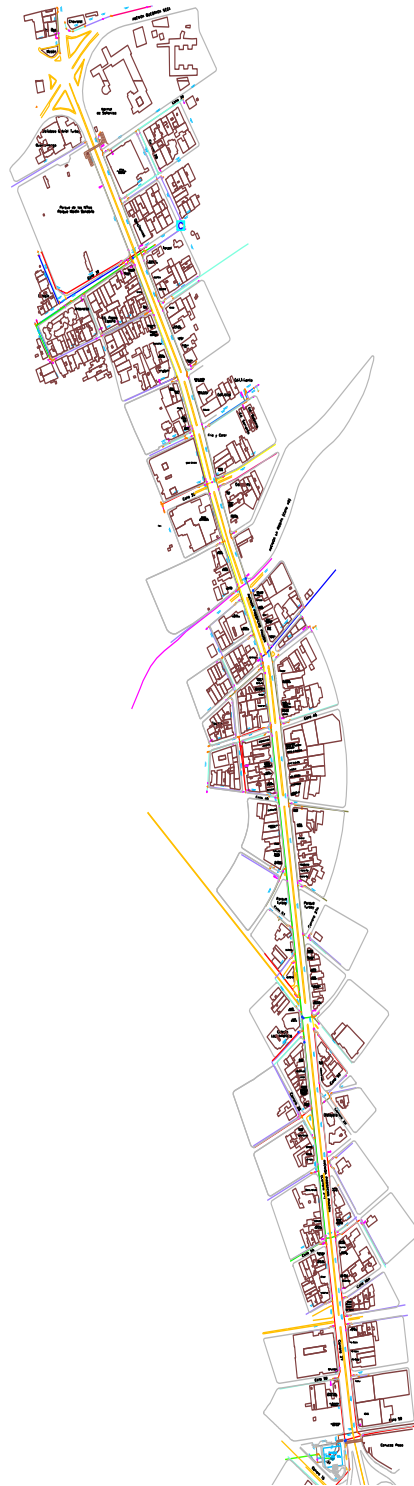
Profundidad [m]		Suelo	Limitaciones geotécnicas
Desde	Hasta		
0	Variable de 0.8 a 1.5	Suelos sueltos compuestos por limos, algo húmedos, poco permeables, firmes, algo resistentes, color marrón.	Sueltos. No competentes para la cimentación de estructuras
Variable de 0.8 a 1.5	Profundidades no determinadas mayores de 6.5	Suelos aluviales compuestos por limos, húmedos, poco permeables, poco plásticos, duros, resistentes, color rojo y blanco con algo de bloques medios de areniscas blancas cuarzosas.	Suelos aluviales. Competentes para la cimentación de estructuras

## ANEXO B. Topografía



Fuente: Ingeniero Álvaro Viviescas.

## ANEXO C. Catastro acueducto.



Fuente: AMB Ingeniero William Ibáñez.

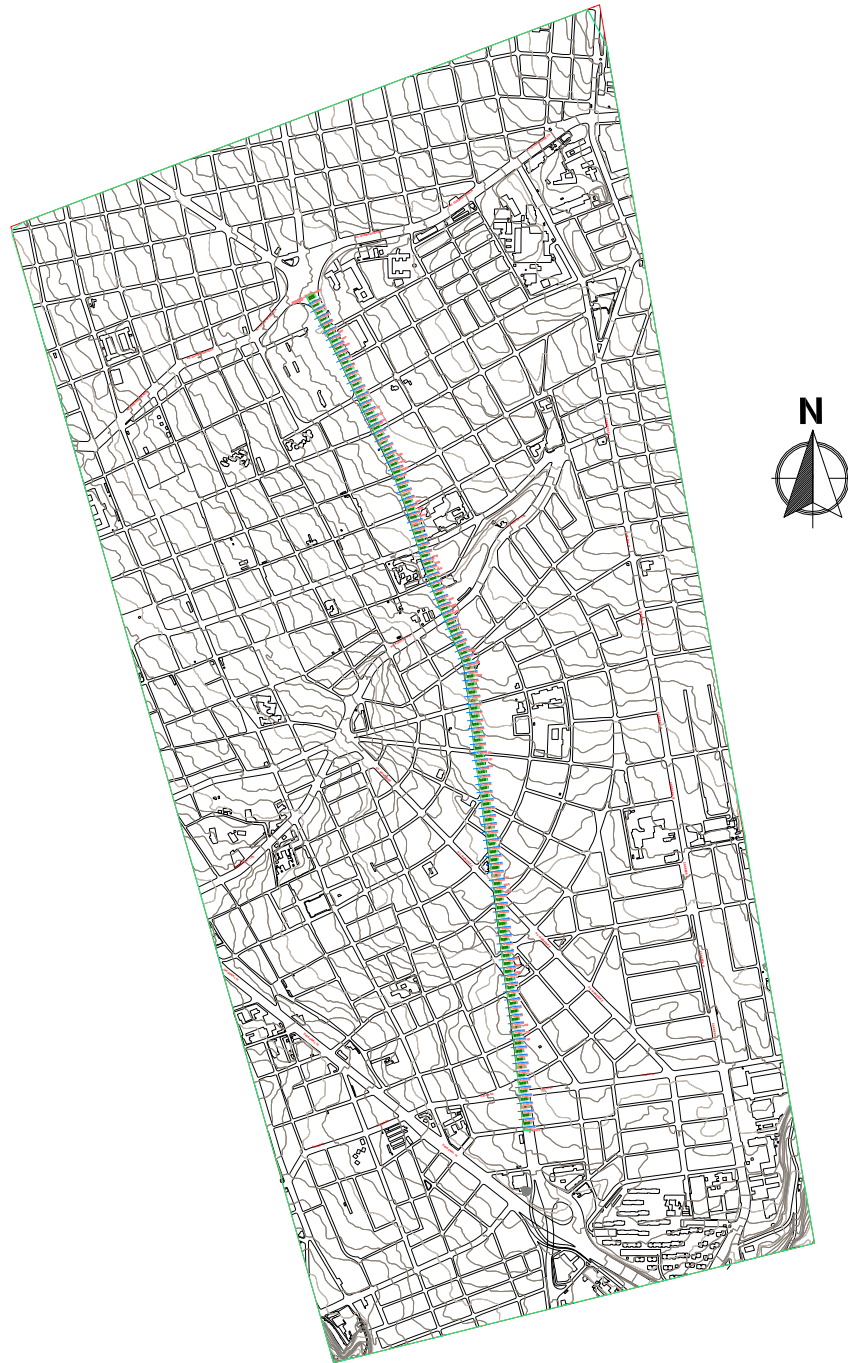
## ANEXO D. Catastro alcantarillado.



Fuente: EMPAS

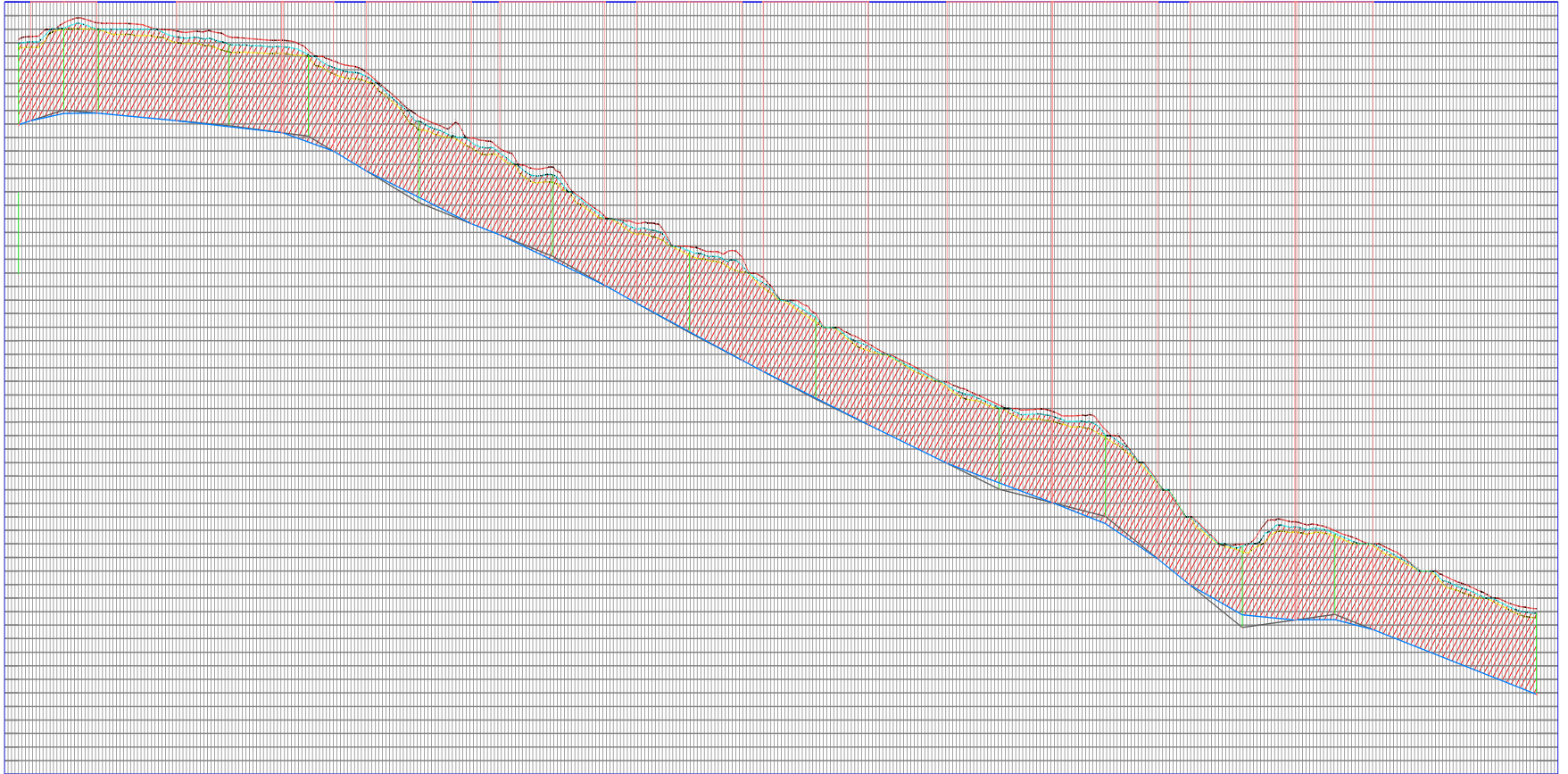
## ANEXO E. Diseño Corredor Vial AutoCAD.

### Corredor Vial.



Fuente: Elaboración Propia

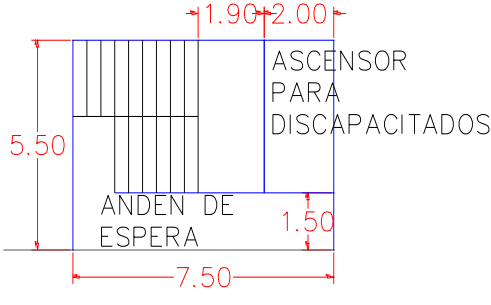
## Perfil de la Vía.



**ANEXO F. Estación tipo**

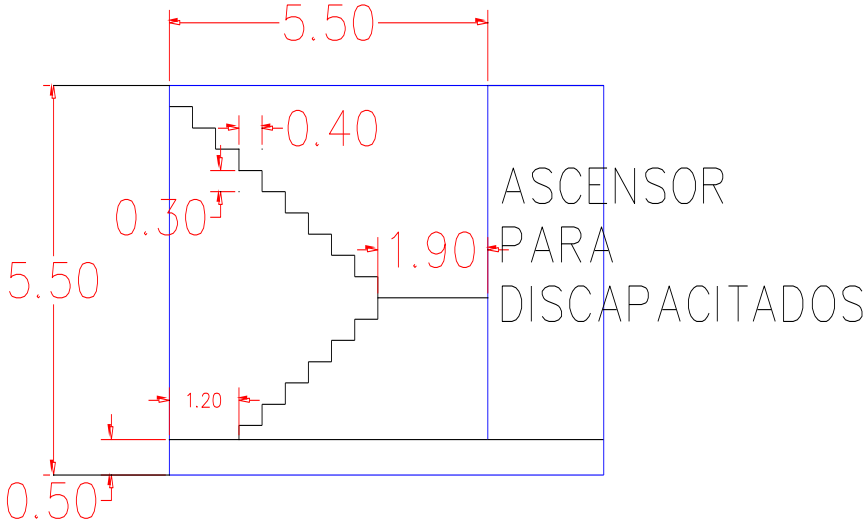
**Planta superior**

ESTACIÓN TIPO – PLANTA SUPERIOR



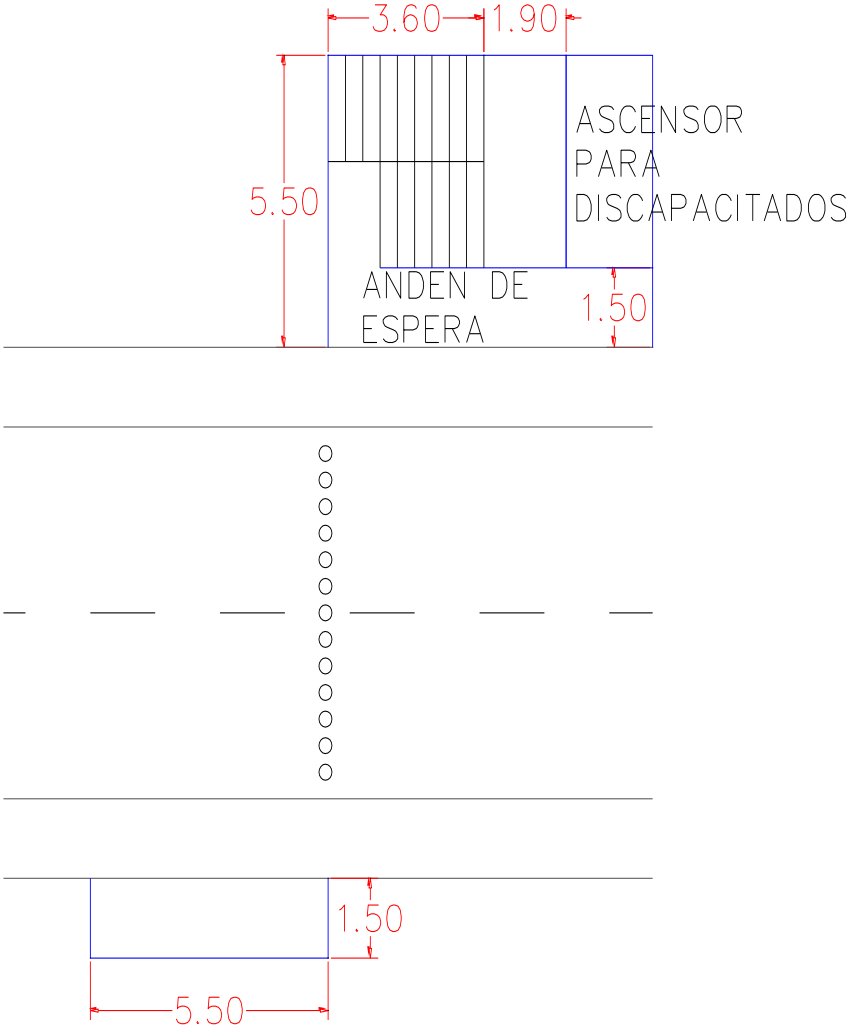
Fuente: Elaboración propia.

**Perfil.**



ESTACIÓN TIPO – PERFIL

**Planta inferior.**



ESTACIÓN TIPO – PLANTA INFERIOR

## ANEXO G. Presupuesto Final.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
<b>1. Preliminares</b>					
1.1	Localización y replanteo	M2	36000	\$ 6.539,84	\$ 235.434.184,62
1.2	Cerramiento en tela verde	ML	4060	\$ 129.662,50	\$ 526.429.750,00
1.3	Valla informativa	UND	1	\$ 490.204,00	\$ 490.204,00
1.4	Demolición de estructuras en concreto	M2	29000	\$ 7.964,00	\$ 230.956.000,00
<b>Subtotal</b>					<b>\$ 993.310.138,62</b>
<b>2. Movimiento de tierra</b>					
2.1	Excavación	M3	258000	\$ 7.375,65	\$ 1.902.917.484,13
2.2	Relleno con material de sitio	M3	33000	\$ 12.343,71	\$ 407.342.466,67
2.3	Retiro de sobrantes	M3	225000	\$ 14.102,00	\$ 3.172.950.000,00
<b>Subtotal</b>					<b>\$ 5.483.209.950,80</b>
<b>3. Traslado de redes</b>					
3.1	Redes de acueducto	ML	2016	\$ 3.850.000,00	\$ 7.761.600.000,00
3.2	Redes de alcantarillado	ML	2168,84	\$ 5.500.000,00	\$ 11.928.620.000,00
<b>Subtotal</b>					<b>\$ 19.690.220.000,00</b>
<b>4. Estructuras en concreto</b>					
4.1	Concreto de limpieza (Solado)	M2	19281,5	\$ 40.715,77	\$ 785.061.054,98
4.2	Zapatas	M3	5784,45	\$ 773.025,44	\$ 4.471.526.993,75
4.3	Muros de contención	M3	5489,325	\$ 970.974,30	\$ 5.329.993.516,61
<b>4.4 Sistema aporticado</b>					
4.4.1	Vigas	M3	4810,4	\$ 1.040.651,27	\$ 5.005.948.871,50
4.4.2	Columnas	M3	595,2	\$ 981.370,13	\$ 584.111.501,18
4.5	Placa de concreto	M3	4940	\$ 1.011.004,80	\$ 4.994.363.700,86
4.6	Acero de refuerzo	KG	2232328	\$ 3.954,50	\$ 8.827.742.657,80
<b>Subtotal</b>					<b>\$ 29.998.748.296,68</b>
<b>5. Urbanismo</b>					
5.1	Sardinell	ML	4000	\$ 61.013,27	\$ 244.053.084,00
5.2	Anden	M2	5200	\$ 46.567,84	\$ 242.152.768,00
<b>Subtotal</b>					<b>\$ 486.205.852,00</b>

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
<b>6. Pavimentación</b>					
6.1	Nivel y comp. De subrasante	M2	22600	\$ 3.329,48	\$ 75.246.248,00
6.2	Subbase granular	M3	4520	\$ 84.801,20	\$ 383.301.424,00
6.3	Base granular	M3	3390	\$ 103.133,80	\$ 349.623.582,00
6.4	Concreto 4000 PSI para Pav.	M3	5650	\$ 717.371,11	\$ 4.053.146.777,78
6.5	Carpeta asfáltica	M3	2260	\$ 510.659,29	\$ 1.154.089.985,71
<b>Subtotal</b>					<b>\$ 6.015.408.017,49</b>

7.	<b>Señalización</b>	GLOBAL		\$ 330.000.000,00	\$ 330.000.000,00
8.	<b>Iluminación</b>	GLOBAL		\$ 2.200.000.000,00	\$ 2.200.000.000,00
9.	<b>Acabados</b>	GLOBAL		\$ 5.500.000.000,00	\$ 5.500.000.000,00
10.	<b>Estaciones</b>	UNIDAD	5	\$ 156.823.446,91	\$ 784.117.234,56

**TOTAL COSTOS DIRECTOS \$ 71.481.219.490,15**  
**AIU (35%) \$ 25.018.426.821,55**  
**TOTAL COSTO DIRECTO + AIU \$ 96.499.646.311,70**

Fuente: Elaboración propia.