

**ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA EL COMPONENTE ESTRUCTURAL DEL
SOTERRAMIENTO DE LA CARRERA 27 EN BUCARAMANGA**

**HEBER ABRIL HERNÁNDEZ
CARLOS ALBERTO JIMÉNEZ BARÓN**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2016

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA EL COMPONENTE ESTRUCTURAL DEL
SOTERRAMIENTO DE LA CARRERA 27 EN BUCARAMANGA

HEBER ABRIL HERNÁNDEZ
CARLOS ALBERTO JIMÉNEZ BARÓN

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para obtener por el título de
ingeniero civil

Director:
Ph.D. ÁLVARO VIVIESCAS JAIMES

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA

2016

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero darle gracias a Dios por sus infinitas bendiciones por su misericordia y por permitirme finalizar esta etapa de mi vida, gracias a él por ser luz que guía cada paso de mi vida, por su infinita sabiduría, por permitirme tener a mis padres los cuales son la fundación de este proyecto, agradecimientos a ellos por su apoyo incondicional en cada fase de mi vida, a mis hermanos los cuales son el motivo de continuar en la lucha y no desfallecer, a cada uno de mis compañeros de clase, profesores y amigos que de una u otra manera hicieron parte de este proceso, a mi compañero de proyecto el cual fue uno de los autores intelectuales para que este proceso finalizara con éxito.

Heber abril Hernández

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a mis padres Bernardo y oliva por su amor, sacrificio, comprensión y apoyo incondicional, son el pilar de mi vida, esa palabra de aliento en los malos momentos, esa motivación constante hasta realizar mis metas, ellos forjaron la persona que soy hoy en día.

A mis hermanos que siempre han estado presentes brindándome su afecto, y compañía lo largo de todo este proceso.

A mis familiares que siempre me han aportado sus buenos ánimos y esa motivación que nos ayuda a exigirnos más.

A mis amigos y compañeros, que han aportado su grano de arena que hoy hace posible este logro tan importante, por compartir esos momentos inolvidables,

A mi compañero de proyecto y buen amigo Heber por su apoyo, esfuerzo y dedicación, que hoy podemos ver reflejado.

Carlos Alberto Jiménez Barón

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	16
1. ALCANCE.....	18
2. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	19
3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	21
4. DISEÑO DE LOS COMPONENTES DEL SOTERRAMIENTO.....	22
4.1 DEFINICIÓN DE CARGAS.....	22
4.2 CARGAS DE DISEÑO EVALUADAS	23
4.3 COMBINACIONES DE CARGA.....	24
5. ANÁLISIS SÍSMICO	25
6. CRITERIOS DISEÑO DE LA VIGA	27
6.1 CARGAS PERMANENTES:.....	28
6.2 CARGAS VARIABLES.....	28
6.3 COMBINACIÓN DE CARGA.....	28
6.4 REFUERZO A FLEXIÓN	29
7. CRITERIOS DISEÑO DE MUROS	30
7.1 PRE DIMENSIONAMIENTO.....	30
7.2 PROPIEDADES DEL SUELO Y MATERIALES.	30
7.3 PRESIÓN LATERAL DE SUELOS	31
7.4 ESTABILIDAD GLOBAL.....	31

7.5 SEGURIDAD CONTRA LAS FALLAS ESTRUCTURALES.....	33
7.6 INCREMENTO DINÁMICO DE PRESIÓN POR EL EFECTO SÍSMICO.....	33
8. CRITERIOS DE DISEÑO PARA LA VIGA DE CORONACIÓN.....	35
9. CRITERIOS DE DISEÑO PARA LA LOSA.....	37
9.1 REFUERZO PRINCIPAL.....	38
9.2 REFUERZO DE DISTRIBUCIÓN.....	39
9.3 REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA.....	40
10. PROCESO CONSTRUCTIVO SOTERRADO.....	41
10.1 GENERALIDADES.....	41
10.2 CONSTRUCCIÓN DE MURETE GUÍA.....	41
10.3 CONSTRUCCIÓN DE MUROS PANTALLA.....	42
10.3.1 Excavación.....	42
10.3.2 Colocación de juntas.....	43
10.3.3 Colocación de la armadura de acero.....	43
10.4 VIGA DE CORONACIÓN.....	44
10.5 VIGAS TRANSVERSALES, LOSA Y CARPETA ASFÁLTICA.....	44
10.6 EXCAVACIÓN Y FRESADO DEL RECINTO INTERIOR.....	44
11. SISTEMA CONSTRUCTIVO PREFABRICADO.....	45
11.1 ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	45
12. ANTECEDENTES NACIONALES.....	48
12.1 PROYECTO PARQUES DEL RIO MEDELLÍN.....	48
13. TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LAS DOS ALTERNATIVAS.....	53
14. COSTO EJECUCIÓN DE PROYECTO.....	54

15. OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES 56

16. REFERENCIAS 58

BIBLIOGRAFIA 61

ANEXOS 64

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tramos de ejecución del soterrado	21
Tabla 2. Cargas de diseño permanentes	23
Tabla 3. Vehículo de diseño de 36 toneladas.	23
Tabla 4. Amplificación por cargas dinámicas	23
Tabla 5. Masa de los elementos estructurales.....	25
Tabla 6. Valores para el análisis sísmico NSR-10. [4]	25
Tabla 7. Datos espectro de diseño sísmico para Bucaramanga	26
Tabla 8. Fuerzas sísmicas	26
Tabla 9. Información sobre la viga	29
Tabla 10. Momentos de diseño y el acero requerido por la viga.....	29
Tabla 11. Datos geotécnicos. Del Toro, W (2010) [9]	31
Tabla 12. Esfuerzos sobre el muro	32
Tabla 13. Fuerza pasiva y activa	33
Tabla 14. Refuerzo para el muro.	33
Tabla 15. Esfuerzos sísmicos sobre el muro	34
Tabla 16. Propiedades de la viga.....	35
Tabla 17. Viga coronación chequeos a cortante y torsión	36
Tabla 18. Propiedades y dimensiones de la losa.....	39
Tabla 19. Momentos de diseño y el acero requerido por la losa.....	39
Tabla 20. Dimensiones perfil de acero HEAA 900	45
Tabla 21. Duración proceso constructivo.....	53
Tabla 22. Costos para componente estructural del soterrado in-situ.....	54
Tabla 23. Costos para componente estructural del soterrado prefabricado.....	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la república de Colombia.	19
Figura 2. Mapa del departamento de Santander y su capital Bucaramanga	19
Figura 3. Grafico espectro de diseño sísmico para Bucaramanga	26
Figura 4. Perfil del soterramiento.....	27
Figura 5. Cargas sobre la viga	28
Figura 6. Perfil de solicitaciones sobre el muro	32
Figura 7. Perfil de la losa, apoyos y cargas	38
Figura 8. Proceso constructivo	41
Figura 9. Murete guía [18]	42
Figura 10. Cuchara bivalva [15]	43
Figura 11. Proceso de excavación e izado de mallas en los muros [16].....	43
Figura 12. Corte perfil de acero	46
Figura 13. Paneles para losa prefabricados [19].....	46
Figura 14. Parques del rio Medellín [20]	48
Figura 15. Parques del rio Medellín [20]	49
Figura 16. Sección transversal soterramiento Medellín [21]	50
Figura 17. Antes y después M-30 Madrid [23]	51
Figura 18. Transformación M-30 Madrid [23].....	51
Figura 19 Recuperación del río cheonggyecheon [22].....	52
Figura 20. Río cheonggyecheon [22]	52

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. DISTRIBUCIÓN DE LAS FASES PARA SU EJECUCIÓN.....	64
ANEXO B. DETALLE DESPIECE VIGA	65
ANEXO D. DETALLE DESPIECE VIGA DE CORONACIÓN.....	66
ANEXO E. DETALLE DESPIECE MURO PANTALLA.....	67
ANEXO F. SECCION TRANSVERSAL DEL SOTERRAMIENTO.....	68

RESUMEN

Titulo: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA EL COMPONENTE ESTRUCTURAL DEL SOTERRAMIENTO DE LA CARRERA 27 EN BUCARAMANGA

Autores: Heber Abril Hernández
Carlos Alberto Jiménez Barón

palabras clave: Movilidad, Soterramiento, Prefabricado, Diseño, in-Situ, Proceso constructivo, presupuesto.

El presente estudio se realizó girando en torno a la solución de las problemáticas ocasionadas por el incremento vehicular que afecta la ciudad en cuanto a movilidad y la falta de espacio que impide la expansión de la malla vial existente, lo cual está generando pérdidas en diversos sectores económicos, por ello se propone como solución el soterramiento de gran parte de la carrera 27 entre la avenida quebrada seca y calle 56, con una longitud de 1898 metros, para el uso del sistema integrado de transporte masivo, con base en esto se realizó un diseño de carácter estructural para los elementos de construcción in-situ tales como lo son: muro pantalla, viga y losa, luego se planteó una solución para la alternativa en prefabricado tomando como referencia información otorgada por algunas distribuidoras del país; en cuanto al proceso constructivo se propone el método milanés “Cut and Cover” que permite reducir el área de impacto durante la ejecución de la obra. Para finalizar el estudio técnico se elaboró el análisis de precios unitarios, cantidades de obra y presupuesto con el objetivo de dar a conocer cuál de las dos alternativas es viable desde el punto de vista económico; todo el proceso de diseño y construcción se fundamenta en estudios previos aledaños a la zona a intervenir, en información secundaria, y mapas existentes, además de las normas que rigen la construcción en el país, norma sismo resistente (NSR-10) y Norma Colombiana de Diseño de Puentes (CCP-14).

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Álvaro Viviescas Jaimes

ABSTRACT

Title: STADY OF ALTERNATIVES FOR THE ESTRUCTURAL COMPONENT OF THE 27 STREET UNDERGROUND IN BUCARAMANGA.

Author: Heber Abril Hernández
Carlos Alberto Jiménez Barón

Key words: Mobility, tunneling, Prefabricated, Design, In situ, Building process, Budge.

The present paper was made around the solution of the vehicular increase problem that affects the City in terms of mobility and shortage of space, which hinder the expansion of the highway network. These problems are generating losses in many economic sectors; for this reason it is proposed the 27 Street tunneling between avenue "Quebrada Seca" and 56 Street as a solution, with a length of 1898 meters, for the use of integrated mass transit system. Based on this it was raised a structural design for the construction elements in-situ, such as diaphragm walls, beams and slabs; it also was raised a solution for the prefabricated alternative, taking as reference the given information of some national distributors. As regards to building process it is proposed the "Cut and Cover" method which allow for reducing the impact areas during the work execution. Finally, it was made the analysis of unitary prices, amounts of materials and budget in order to show what alternative is financially viable. The design and construction process is based in earlier studies related to the area to be treated, secondary information, existing maps, and the norms that govern the construction in Colombia, Standard earthquake resistant (NSR-10) and Norma Bridge Design Colombiana (CPC-14).

*Work degree

** Faculty of Engineering Physicomechanical. Civil Engineering school. Directed: Álvaro Viviescas Jaimes

INTRODUCCIÓN

A través del tiempo se ha observado que la población mundial está en constante crecimiento, debido a ello nuestras ciudades aumentan su tamaño. Uno de los problemas principales que preocupa a la población en general, es el tiempo que se invierte movilizándose dentro del área metropolitana, una solución que se ha llegado a proponer es que los trabajos se sitúen en el lugar de residencia de los habitantes para así disminuir considerablemente la congestión vehicular, la contaminación y así aumentar la productividad.

Bucaramanga se encuentra rodeada por una topografía que limita su expansión horizontal, debido a ello se ha optado por el crecimiento vertical como solución de vivienda, esto está aumentando significativamente la población de la ciudad y con ella el número de automotores, de igual forma existe esta limitación para la ampliación en la malla vial, la cual no ha tenido crecimiento debido al limitado espacio, para tal fin se deberían demoler gran número de edificaciones lo cual sería inviable económicamente. Esto ha causado un gran caos vehicular que impacta negativamente la calidad de vida de los ciudadanos y la productividad.

Con el objetivo de buscar solución a la movilidad en Bucaramanga, se propone como solución que esta evolucione de la misma forma que la vivienda tradicional, es decir con la construcción en altura, que para este caso será con el soterramiento en nuestras vías principales, lo cual proporcionaría una vía propia para el sistema integrado de transporte Metro línea, sin que esta afecte, ni se apodere de carriles del tráfico particular, esto conlleva una prestación de servicio más efectivo y adecuado para la población en general. De igual forma liberara espacio a nivel de superficie para el desarrollo de proyectos que mejoren el espacio público para el bienestar de los ciudadanos que permita el desarrollo de ciclo vías etc.

El presente estudio se enfocará principalmente en elaborar un sistema que mejore las características de movilidad, por medio del soterramiento de la carrera 27, la cual es una vía de gran tráfico en la ciudad, por lo cual se hará un estudio sobre la construcción in situ y una alternativa prefabricada, para tal fin analizaremos el proceso constructivo para las dos alternativas, y los costos causados debido a lo anterior proceso.

1. ALCANCE

Con base en la magnitud del proyecto, la cual es de gran impacto tanto económico, social, ambiental y debido al alcance académico se presentan algunas limitaciones, al no contar directamente con el presupuesto para realizar los diferentes estudios que el proyecto amerita, además del tiempo de ejecución de dichos estudios la cual implicarían un aumento significativo en el avance de los estudios:

- ✓ Diseño del soterrado constara solamente de la vía principal se omitirán los accesos.
- ✓ El diseño estructural se hará en hormigón armado y se regirá por la NSR10
- ✓ El diseño constara solamente de la parte estructural del soterrado se omitirán movimiento de redes, alcantarillado, sistema de alumbrado, ventilación y diseños de carpetas asfálticas.
- ✓ Los elementos prefabricados se propusieron a partir de información de catálogos proporcionados por las diferentes empresas dedicadas al tema. partir de las alternativas disponibles en las diferentes casas de prefabricado que operan en el país.
- ✓ La información geotécnica se tomará de fuentes secundarias; es decir de otros proyectos relacionados con el mismo corredor (mesón de los búcaros).

2. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Figura 1. Mapa de la república de Colombia.



Google maps, (2016) [1]

Bucaramanga se encuentra ubicada en una meseta en la zona montañosa de la cordillera oriental correspondiente al departamento de Santander, el tercero con el PIB más alto en la república de Colombia.

Figura 2. Mapa del departamento de Santander y su capital Bucaramanga

Google maps, (2016) [2]



El proyecto se encuentra localizado en Bucaramanga a lo largo de la carrera 27 entre la quebrada seca y la calle 56 que es uno de los principales corredores viales la ciudad, consta de tres carriles en cada sentido con un ancho promedio de 3,6

metros por carril, El corredor vial será soterrado en su costado occidental con un ancho de 11 metros, la estructura (muros, vigas, losa) del soterrado se diseñara para tráfico de vehículos C-36 y su parte inferior para la circulación del sistema integrado de transporte masivo.

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El trayecto a intervenir tiene una longitud total de 1898 metros, el cual de cara a la planeación del proceso constructivo se decidió dividir en 9 tramos secuenciales, sus longitudes oscilan los 200 metros, la distribución de estos se llevó a cabo de modo que un solo tramo no afectase varias calles principales y de esta forma evitar un mayor impacto en la movilidad de la ciudad durante su ejecución.

Tabla 1. Tramos de ejecución del soterrado

TRAMOS	INICIO	FINAL	LONGITUD
1	Quebrada seca calle 30	Parque de los niños calle 32	228
2	Calle 32	Calle 34	208
3	Calle 34	Calle 36	192
4	Calle 36	Calle 40	195
5	Calle 40	Calle 45	221
6	Calle 45	Parque turbay calle 50	146
7	Parque turbay calle 50	Avenida gonzales valencia	254
8	Avenida gonzales valencia	Carrera 24 con calle 54	228
9	Interceccion crarrera 24 con calle 54	Calle 56	226
TOTAL	AV QUEBADA SECA	CALLE 56	1898

4. DISEÑO DE LOS COMPONENTES DEL SOTERRAMIENTO.

4.1 DEFINICIÓN DE CARGAS

Para el análisis de las estructuras se consideran las cargas definidas en el código colombiano de puentes (INVIAS. 2014). Norma Colombiana de diseño de puentes. Bogotá D.C) [3], (AIS, Asociación colombiana de ingeniería sísmica. (2010). Reglamento colombiano de construcción sismo resistente. Bogotá D.C) [4, 5, 6], estas se definen en permanentes y variables.

- Cargas permanentes: son todas aquellas solicitaciones que actúan sin mayor variación durante toda la vida útil de la estructura.
 - ✓ Peso propio
 - ✓ Empuje de tierras
- Cargas variables: son todas aquellas fuerzas que tienen variaciones significativas con relación a su valor promedio.
 - ✓ Variación térmica
 - ✓ Sismo
 - ✓ Viento
 - ✓ Impacto
 - ✓ Centrifuga
 - ✓ Frenado
- Cargas excepcionales: son aquellas acciones que tienen baja probabilidad de ocurrencia.
 - ✓ Explosiones
 - ✓ Incendios

4.2 CARGAS DE DISEÑO EVALUADAS

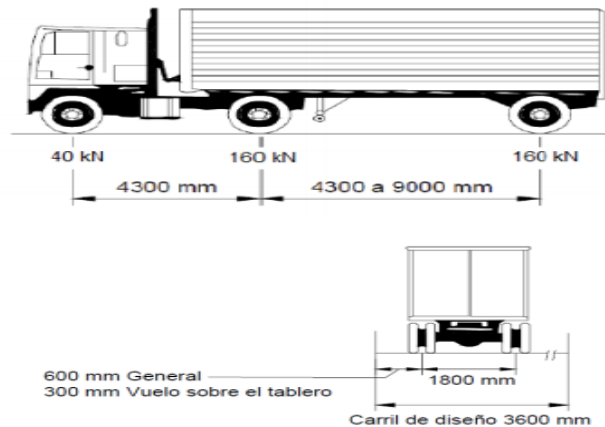
Tabla 2. Cargas de diseño permanentes

Peso de la losa	$5,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
Peso de la carpeta	$1,1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
Peso de la viga	$7,42 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Cargas de diseño variables

- ✓ Camión de diseño

Tabla 3. Vehículo de diseño de 36 toneladas.



Fuente INVIAS (2014). [3]

- ✓ Carga de impacto 33%

Tabla 4. Amplificación por cargas dinámicas

Componente	<i>IM</i>
Juntas de Tablero-Todos los Estados Límite	75%
Todos los demás componentes:	
• Estado Límite de Fatiga y Fractura	15%
• Todos los demás Estados Límite	33%

Fuente INVIAS (2014). [3]

4.3 COMBINACIONES DE CARGA.

Basados en la norma colombiana de diseño de puentes CCP-14, se obtiene la sollicitación total mayorada, para el caso de una estructura con un vehículo especial de diseño 36 toneladas, sin cargas de viento (resistencia II), incluyendo combinación de carga sísmica (evento extremo I). Además de lo descrito Capítulo B.2.4.2 de la NSR-10.

De la tabla 3.4.1-1 INVIAS. (2014). [3].

$$Q = n * \gamma_i * Q_i$$

$$Q = 1,1 * [1,3D + 1,35(LL + IM)]$$

$$Q = 1,43D + 1,49(LL + IM)]$$

$$Q = 1,43D + 1,98LL$$

5. ANÁLISIS SÍSMICO

Teniendo en cuenta la ubicación del proyecto se observa que este se encuentra en una zona de amenaza sísmica alta, por la cual nuestros elementos estructurales tendrán condiciones especiales de diseño. En primer lugar, se hace el análisis sísmico partiendo de un método muy utilizado (fuerza horizontal equivalente) Para ello es necesario hallar el espectro de aceleración. Lo anterior se puede encontrar en los capítulos A.4 y A.2 AIS. (2010) [4] respectivamente. Los resultados de dichos análisis se presentan a continuación.

Tabla 5. Masa de los elementos estructurales.

Masa muro [kg]	82656
Masa losa [kg]	24288
Masa viga [kg]	15271.2
Masa carpeta [kg]	5060
Masa total [kg]	127245
altura [m]	6.15
Ta [sg]	0.1914

Tabla 6. Valores para el análisis sísmico NSR-10. [4]

Aa	0.25
Fa	1.15
I	1.5
Av.	0.25
Fv.	1.55
To	0.13478261
Tc	0.64695652
TL	3.72
Tipo de suelo	C

Tabla 7. Datos espectro de diseño sísmico para Bucaramanga

T(s)	SD	SV	Sa (g)
0	0	0	1.0781
0.05	0.0006	0.0840	1.0781
0.1	0.0026	0.1681	1.0781
0.1913	0.0097	0.3217	1.0781
0.2	0.0106	0.3363	1.0781
0.25	0.01671	0.4204	1.0781
0.3	0.02406	0.5045	1.0781
0.35	0.03275	0.5886	1.0781
0.4	0.04278	0.6727	1.0781
0.45	0.05414	0.7568	1.0781
0.5	0.06684	0.8409	1.0781
0.55	0.08088	0.9250	1.0781
0.6	0.09625	1.0091	1.0781
0.65	0.11334	1.0869	1.0730

Figura 3. Grafico espectro de diseño sísmico para Bucaramanga

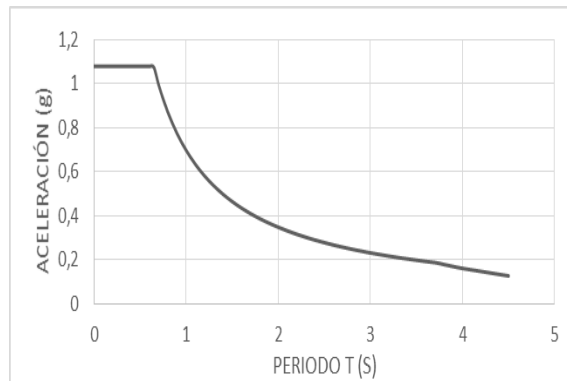


Tabla 8. Fuerzas sísmicas

VS [KN]	1345,6
FX [KN]	1345,6

6. CRITERIOS DISEÑO DE LA VIGA

Teniendo en cuenta las cargas a las que va a ser solicitada nuestra estructura y los diferentes eventos que pueden afectarla, se diseña el elemento que va a ser el encargado de soportar dichas solicitaciones, para ello se parte de la premisa de un pórtico soportando el peso del tablero y las cargas vivas generadas por el tránsito vehicular ver figura 6.

Figura 4. Perfil del soterramiento



Fuente.<http://www.bloquesautocad.com/descargas/vehiculos/terrestres/terrestres.htm>

- Luz de diseño=10,8 metros
- $F'c = 28\text{Mpa}$
- $\gamma = 2400 \text{ kg/m}^3$
- Altura de la viga:

$$H = 1,1 * \left(0,15 + \frac{L}{18}\right) = 1,1 * \left(0,15 * \frac{10,8}{18}\right) \text{ AASTHO}$$

$$H = 0,825 = 0,9 \text{ metros}$$

- El ancho de placa, efectivo como T no debe exceder $\frac{1}{4}$ de la luz de la viga.

$$\text{Ancho efectivo} = \frac{10,8}{4} = 2,7 \text{ es menor } 1,5$$

1,5 es el ancho efectivo de la losa.

6.1 CARGAS PERMANENTES: ver tabla 2

6.2 CARGAS VARIABLES

- Cargas de diseño [viva] CCP-14 Capitulo 3.6.1.2.2
- Carga de impacto

$$\%I = \frac{16}{L + 40} = 0,32 \text{ POR NORMA } 33\%$$

6.3 COMBINACIÓN DE CARGA.

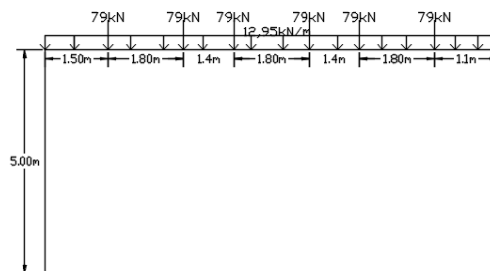
$$Q = n * \gamma_i * Q_i$$

$$Q = 1,1 * [1,3D + 1,35(LL + IM)]$$

$$Q = 1,43D + 1,49(LL + IM)]$$

$$Q = 1,43D + 1,98LL$$

Figura 5. Cargas sobre la viga



6.4 REFUERZO A FLEXIÓN

Tabla 9. Información sobre la viga

DATOS	
Altura total [mm]	900
Altura efectiva d [mm]	830
Recubrimiento [mm]	70
base [mm]	350
Módulo de elasticidad [Mpa]	2,00E+05
fy [Mpa]	420
f'c [Mpa]	35
β_1	0,8
Γ	0,85
Φ	0,9
Ξ_s	0,005

Tabla 10. Momentos de diseño y el acero requerido por la viga

Mu KN-m	As Requerido mm ²	As Suministrado mm ²
900 (-)	3103	3176
1380(+)	5008	5100
900(-)	3103	3176

La viga requirió diseño a torsión y cortante combinado para la cual se distribuyeron 99 estribos numero 4 cada 10 cm para un cortante de 700 kN.

7. CRITERIOS DISEÑO DE MUROS

Son estructuras tipo flexible cuya función es soportar la presión generada por los suelos, su influencia estabilizadora genera gran parte de las deformaciones en flexión, este también soporta todos los esfuerzos aplicados sobre la superestructura y los transmite al suelo. Torres R.A. (2008) [7]

7.1 PRE DIMENSIONAMIENTO

Para el dimensionamiento del muro pantalla las recomendaciones sugieren usar un espesor de $E = \frac{H}{20}$ siendo H la altura del muro, En este caso el espesor se ve afectado por las cargas portantes en su corona y la deflexión generada por estas lleva a tomar un espesor de mayores dimensiones. Estos espesores pueden estar en el rango entre 45cm y 150cm que son los anchos comerciales para las cucharas bivalvas. Sanhueza C. X. (2008). [8]

7.2 PROPIEDADES DEL SUELO Y MATERIALES.

El suelo a intervenir está constituido en su mayoría por limos rojos del abanico de Bucaramanga, algunas de sus propiedades para su análisis de estabilidad se observan en la tabla 9.

Tabla 11. Datos geotécnicos. Del Toro, W (2010) [9]

sobrecarga en el terreno	39,2	$\frac{\text{kN}}{\text{m}}$
Angulo de fricción	30	grados
cohesión del suelo	98,1	$\frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
peso específico del suelo	18	$\frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
Capacidad de carga	294,3	$\frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

7.3 PRESIÓN LATERAL DE SUELOS

En los muros pantalla la profundidad de empotramiento del muro para evitar volcamiento se define por medio de la sumatoria de las cargas transversales tales como los esfuerzos pasivos, activos, sísmicos y externos las culés deben ser iguales a cero. INVIAS. (2014). [3]

7.4 ESTABILIDAD GLOBAL

Se deben aplicar los requisitos del artículo 11.6.2.3 [3], el elemento vertical se debe diseñar de tal forma que soporte todos los esfuerzos producidos por el empuje del suelo, las sobrecargas en los terrenos adyacentes, las fuerzas axiales y momentos debido a la parte superior de la superestructura. Para la longitud de empotramiento del muro se deben tener en cuenta los posibles planos de falla que pueden afectar y debilitar los esfuerzos pasivos y de esta forma afectar la estabilidad del muro. INVIAS. (2014). [3]

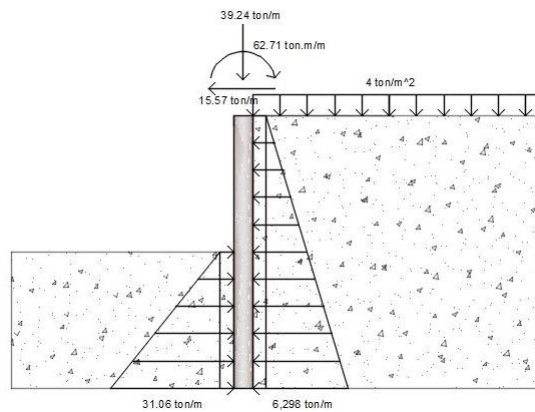
El cálculo de los coeficientes de presión se realiza como se muestra a continuación, debido a que el nivel freático y el estrato rocoso se encuentran a mayor profundidad que la de intervención por lo tanto no se tiene en cuenta.

$$K_o = 1 - \sin \phi$$

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

$$K_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi}$$

Figura 6. Perfil de solicitaciones sobre el muro



Análisis de esfuerzos según la profundidad a lo largo de la profundidad del muro.

Tabla 12. Esfuerzos sobre el muro

Profundidad respecto a la rasante	$\sigma_a \frac{KN}{m^2}$	$\sigma_p \frac{KN}{m^2}$
0	1,7	-
1	7,6	-
2	13,5	-
3	19,5	-
4	25,4	-
5	31,4	37,6
6	37,3	91,6
7	43,2	145,6
8	49,2	199,6
9	55,1	253,6
10	61,1	307,6
Fuerza $\frac{1}{3}$ de la base	314,1	517,9

Por seguridad la fuerza pasiva reduce en un factor de 0,6

Tabla 13. Fuerza pasiva y activa

Fuerza	Valor
Pa	317,82 kN/m
Pp	508,96 kN/m

7.5 SEGURIDAD CONTRA LAS FALLAS ESTRUCTURALES

Los muros con cargas axiales deben diseñarse de acuerdo a los capítulos C.14.2 y C.14.3, el refuerzo mínimo vertical y horizontal debe cumplir con las disposiciones de C.14.3.2 y C.14.3.3 a no ser que el cortante predomine. Los muros pantalla son constantes tanto en su ancho como longitud y se suelen utilizar juntas verticales para evitar la transferencia de corte y momento entre secciones adyacentes. AIS. (2010).

Tabla 14. Refuerzo para el muro.

ARMADO	BARRAS
Vertical trasdós	#11 cada 14cm
Vertical intradós	#11 cada 28 cm
Horizontal trasdós e intradós	#7 cada 20 cm
Rigidizador vertical	4#11
Rigidizador horizontal	4#11

7.6 INCREMENTO DINÁMICO DE PRESIÓN POR EL EFECTO SÍSMICO

Los sismos producen efectos dinámicos que generan empujes de tierra debido a la inercia del muro y el relleno, estas se determinan analizando la masa de tierra que se apoya directamente sobre los trasdós de los muros. Torres, S. A, (2008)

El incremento dinámico por el empuje activo y pasivo en el diseño se hizo por medio de la formulación propuesta por monobe-okabe, el efecto producido por el sismo se considera como una cuña invertida con su centro de gravedad a 2/3 de base, los

puntos de aplicación diferencian a las cargas dinámicas de las estáticas. Torres R.A. (2008). [7]

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos\theta \cos^2\beta \cos(\delta + \beta + \theta)} \times \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi + \delta) \text{sen}(\phi - \theta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cos(i - \beta)}} \right]^{-2}$$

$$K_{PE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta + \beta)}{\cos\theta \cos^2\beta \cos(\delta - \beta + \theta)} \times \left[1 - \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi - \delta) \text{sen}(\phi - \theta + i)}{\cos(\delta - \beta + \theta) \cos(i - \beta)}} \right]^{-2}$$

donde:

E_{AE} = fuerza activa del suelo (kN)

g = aceleración de la gravedad (m/s^2)

γ = densidad del suelo (kg/m^3)

H = altura de la cara de suelo (m)

ϕ = ángulo de fricción del suelo

$$\theta = \text{arc tan} \left[\frac{k_h}{(1 - k_v)} \right]$$

δ = ángulo de fricción entre el suelo y el estribo

k_h = coeficiente de aceleración horizontal

k_v = coeficiente de aceleración vertical

i = ángulo de inclinación del relleno

β = pendiente de la cara de suelo

Tabla 15. Esfuerzos sísmicos sobre el muro

Angulo de fricción entre el suelo y el estribo	Activo 15 grados Pasivo 20 grados
Coeficiente de aceleración	Kh 0,3 Kv 0,15
Inclinación de la cuña de falla	Activo 60 grados Pasivo 30 grados
Angulo de fricción θ	30 19,44
Pendiente de la cara de suelo	0
Angulo de inclinación del relleno	0
Angulo de fricción suelo y estribo	15
Kae	0,63
Kpe	3,41
ΔE_{ad} a $\frac{2}{3}$ de la base	237,15 $\frac{kN}{m^2}$
ΔE_{pd} a $\frac{2}{3}$ de la base	81,02625 $\frac{kN}{m^2}$

8. CRITERIOS DE DISEÑO PARA LA VIGA DE CORONACIÓN

Esta es una estructura robusta encargada de garantizar el empotramiento de las vigas transversales en los muros pantalla y soportar la torsión generada por las mismas, tiene un espesor igual al del muro lo cual es 70 cm con una altura de un metro. Su construcción se ejecuta luego del descabezado de los muros el cual se encarga de remover las impurezas en el concreto de la parte superior, su armadura se posiciona de tal forma que abarque los aceros ahora expuestos de los muros.

Tabla 16. Propiedades de la viga.

viga coronación		
Altura total	1000	mm
Altura efectiva d	934,6	mm
Recubrimiento	40	mm
base	700	mm
Módulo de elasticidad	2,00E+05	Mpa
Fy = Fyt	420	Mpa
f'c	28	Mpa
β_1	0,8	-
γ	0,85	-
ϕ	0,85	-
Estribos numero	4	-
Área estribo	199	mm ²
λ	1	-

Tabla 17. Viga coronación chequeos a cortante y torsión

Vu	382,6	kN
Vc	588,5	kN

Requiere diseño a torsión		
Tu	676,9	kN-m
T calculado	47,5	kN-m
At/s	2,02	$\frac{\text{mm}^2}{\text{mm}}$
At	199	mm ²
At suministrado	5/8"	-
Separación	90	mm
ϕT_n	739,4	kN-m
Ph/8	378,65	kN-m
Al requerido	6697,9	mm ²

9. CRITERIOS DE DISEÑO PARA LA LOSA

Este elemento es uno de los componentes más críticos de la estructura ya que se encarga de soportar y distribuir las cargas que generan los vehículos durante toda la vida útil de dicha estructura, es por ello que se definen unos criterios de diseño para garantizar seguridad y tranquilidad a la población en el momento de su uso. Los criterios de diseño se basan en los estados límites de resistencia mencionados en la NSR-10 como lo son: estado límite de servicio, estado límite de resistencia y los estados límites relacionados con eventos extremos.

Para el diseño de la placa en primer lugar se estableció la geometría de la misma con ello se realizó el previo dimensionamiento cumpliendo con los requisitos que exige la norma colombiana CCP-14 y NSR-10.

Dimensiones de la placa

- Ancho de la placa 11,5 metros
- Separación entre apoyos (s) 2 metros. CCP-14 9.7.2.3
- Espesor de la placa 0,22 metros

Espesor de la losa: min 175 mm. CCP-14 Capitulo 9.7.1.1

$$t = \frac{1,2 * (s + 3,05)}{30} = 0,202 \text{ mm}$$

- Espesor de la carpeta asfáltica 0,05 metros
- Ancho de los apoyos 0,35 metros

En principio el análisis consiste en tomar una franja paralela a la dirección de tránsito la cual se carga con el camión de diseño de 36 toneladas, con el fin de obtener las sollicitaciones que dichas cargas pueden generar a la estructura, estos resultados se obtuvieron mediante el software sap-2000; esta franja equivalente E se halla de acuerdo a lo descrito en A.4.2.2.2.1 del código nacional de diseño de puentes.

Cargas de diseño permanente. Ver tabla 2

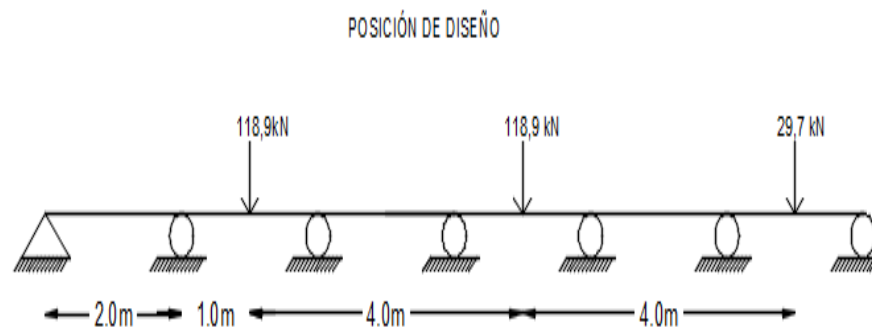
Cargas de diseño variables. Ver sección 6.2

Anchos de franja equivalente para puentes tipo losa

- $E = [1,2 + 0,06S]$
- $E = [1,2 + 0,06 * 2] = 1,32m$

$$carga = \frac{16ton * 9,81}{1,32} = 118kN$$

Figura 7. Perfil de la losa, apoyos y cargas



9.1 REFUERZO PRINCIPAL

Momento de diseño 117,033 kN-m

Tabla 18. Propiedades y dimensiones de la losa

INFORMACIÓN DE LA LOSA	
Altura total [mm]	220
Altura efectiva d [mm]	180
Recubrimiento [mm]	40
base [mm]	1000
Módulo de elasticidad [Mpa]	2,00E+05
fy [Mpa]	420
f'c [Mpa]	35
β_1	0,85
Γ	0,85
Φ	0,9
Es	0,005

Tabla 19. Momentos de diseño y el acero requerido por la losa

Mu KN-m	As Requerido mm^2	As Suministrado mm^2
117,033	1855,004547	1988

Para nuestra losa el refuerzo principal paralelo al tráfico consta de 7 barras # 6 por metro lineal, tanto en la cara superior como inferior, con una separación de 120 mm.

9.2 REFUERZO DE DISTRIBUCIÓN

Debido a que el refuerzo principal es paralelo al tráfico la armadura de distribución está dada por:

$$\frac{1750}{\sqrt{s}} \leq 50\% \text{ CCP-14 capítulo 9.7.3.2, donde S es la separación entre apoyos.}$$

Acero suministrado es el 40% del refuerzo de la armadura principal, en este caso 796 mm^2 que equivalen a 4 barras # 5 por metro lineal, con una separación de 230 mm.

9.3 REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

El refuerzo para este caso está definido en CCP-14 capítulo 2.3.3.6.2 donde $A_s = 0,75 * b * h / f_y$ simplificando obtenemos $A_s = 0,0018 * b * h$ este valor se puede evidenciar en la NSR-10 C-7.12.2.1; Reemplazando obtenemos que el acero a suministrar es: 396 mm^2 , 6 barras # 3 por metro lineal, con una separación de 180 mm en ambas direcciones de la cara superior.

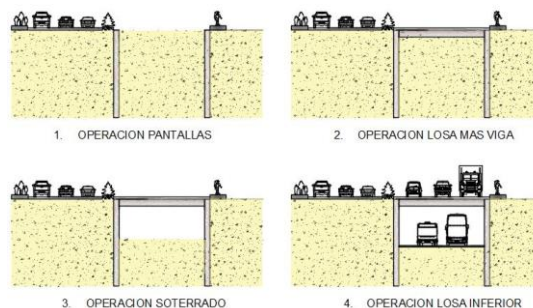
10. PROCESO CONSTRUCTIVO SOTERRADO

10.1 GENERALIDADES

Para la elaboración de este proyecto se optó por el sistema constructivo “milanés cut and cover” (corta y cubre) más específicamente el método top- down el cual se inicia con la construcción de muros verticales los cuales al ser cubiertos dejan entre si una sección resguardada que puede ser excavada posteriormente para dar paso al nuevo corredor.

Este método se puede dividir en dos etapas principales, en primer lugar tenemos la excavación y construcción de las muros-pantalla verticales lo cuales deben quedar hasta la profundidad necesaria para el diseño ya que estos van a delimitar la geometría de la sección, y en segundo lugar tenemos la elaboración de las vigas y losas superiores los cuales resguardan la zona de trabajo inferior la cual debe ser excavada y limpiada para poder construir la losa que servirá como el corredor vial para el SITM.

Figura 8. Proceso constructivo

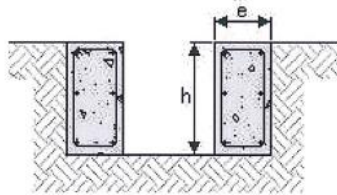


10.2 CONSTRUCCIÓN DE MURETE GUÍA

Los muretes guía cumplen la función de guiar la cuchara bivalva durante la excavación y evitar que la misma genere deslizamientos al golpear los extremos de la excavación, esta se compone de una pareja de elementos lineales de forma

rectangular elaborados en concreto para su diseño se dan las siguientes recomendaciones. *Callejas, F.I. (2011).*

Figura 9. Murete guía [18]



Para la construcción del murete guía se dan las siguientes recomendaciones.

- Se debe hacer una excavación preliminar con la profundidad de murete guía y buscar un suelo lo suficientemente firme de tal forma que se pueda evitar derrumbes debido a las cargas que este debe soportar, de no contar con un suelo competente se debe remplazar el estrato o anclar el murete guía.
- Se debe diseñar con una altura entre 0,8m y 1,5m, que sea capaz de resistir las cargas a las cuales se verá sometido, si el suelo tiene una resistencia baja se debe tomar una sección alta para el murete guía.
- Se deben colocar aceros longitudinales y estribos para evitar su rotura frente a los golpes que se vea sometido a manos de la excavadora.

10.3 CONSTRUCCIÓN DE MUROS PANTALLA

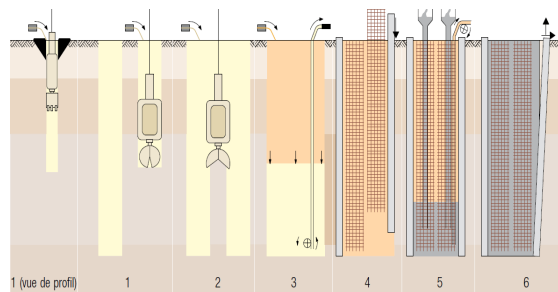
10.3.1 Excavación. La pantalla a construir será de 10 metros de profundidad por 0,7 metros de espesor, la excavación se debe llevar 40 cm por debajo del dimensionado para evitar que al posicionar la malla esta entre en contacto con el suelo.

Figura 10. Cuchara bivalva [15]



10.3.2 Colocación de juntas. Las juntas son tubos metálicos los cuales sirven como encofrados y delimitan los paneles durante su fraguado, estos deben estar bien fijados ya que soportaran la presión generada por el concreto.

Figura 11. Proceso de excavación e izado de mallas en los muros [16]



10.3.3 Colocación de la armadura de acero. La armadura se debe poseionar colgándola sobre las vigas guía con el objetivo de que no toque el suelo y quede centrada, el hormigonado se hace mediante una tubería tremie para poder iniciar el proceso de abajo hacia arriba, luego del fraguado se fracturan los muros guía y se procede a descabezar los muros para eliminar el hormigón con impurezas y descubrir armaduras. Callejas, F. I. (2011).

10.4 VIGA DE CORONACIÓN

Esta es una viga longitudinal que se ejecuta sobre los aceros expuestos del muro luego del descabezado por lo general se le da una altura de 1 metro, en esta se deben dejar anclajes que le permitirán formar continuidad con la estructura superior.

10.5 VIGAS TRANSVERSALES, LOSA Y CARPETA ASFÁLTICA

Una vez el muro pantalla a fraguado se procede armar los encofrados para las vigas estos no necesitan puntales ya que se pueden colocar directamente sobre el suelo, luego se procede a la instalación de las respectivas armaduras para luego poder fundir las vigas.

Una vez estas hayan alcanzado una resistencia optima se procede a armar formaletas y aceros para la construcción de las losas, para luego terminar con una carpeta asfáltica para optimizar la comodidad al desplazarse en la vía.

10.6 EXCAVACIÓN Y FRESADO DEL RECINTO INTERIOR

Ahora se procede a la excavación y remoción del material interno, para luego dar paso a la limpieza y fresado de las caras de los muros y vigas expuestos, por último, se da paso a la compactación del suelo y a la construcción de la carpeta inferior la cual servirá para el tráfico del S.I.M.T.

11. SISTEMA CONSTRUCTIVO PREFABRICADO

En nuestra región siempre ha primado la manera tradicional de construcción la cual hace parte de muchos años de estudio e investigación, pero a medida que el tiempo pasa surgen nuevas ideas y soluciones a diferentes problemas que afectan a la comunidad, por ello es necesario implantar nuevos modelos que se ajusten al lugar y que logren mitigar al máximo la contaminación. En cuanto a ello surge la idea de implantar un sistema que sea más óptimo en cuanto a diseño y ejecución; ello genera mayor efectividad en cuanto a su ejecución lo cual es un aspecto importante para países en vía de desarrollo.

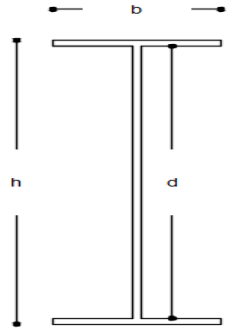
11.1 ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Para el caso de la viga se propone un perfil cuya denominación es HEAA900 el elemento prefabricado puede soportar las cargas de diseño contempladas anteriormente, las dimensiones se pueden observar en la tabla 17.

Tabla 20. Dimensiones perfil de acero HEAA 900

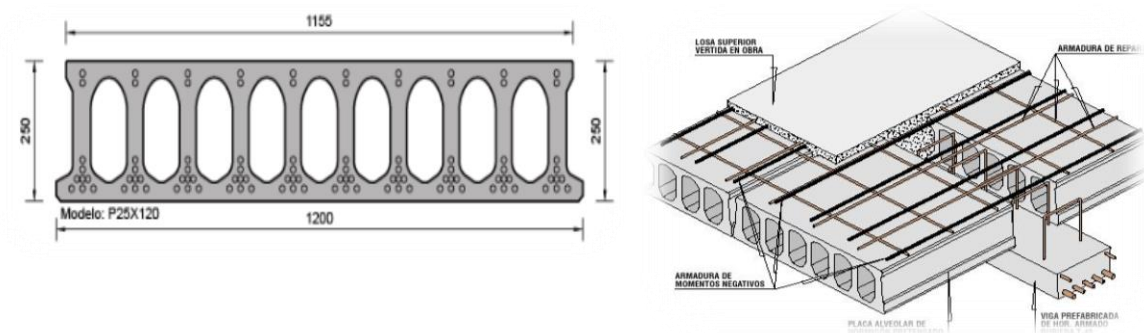
DENOMINACIÓN		HEAA 900
Altura	h	870
	s	15
Ala	b	300
	t	20
Distancias	r	30
	c	830
	d	770

Figura 12. Corte perfil de acero



Se propusieron losas de placas alveolares con un espesor de 25 cm y un ancho de 120 cm las cuales pueden soportar un Momento flector último de hasta $135 \left(\frac{\text{kN}\cdot\text{m}}{\text{m}}\right)$, a estas se les aplicara una capa de concreto de 5cm con malla electro soldada lo cual aportara un refuerzo a compresión y rigidizara los paneles.

Figura 13. Paneles para losa prefabricados [19]



11.2 CONSTRUCCIÓN

Es un aspecto importante dentro de la ejecución de una obra ya que una buena planificación de dicho proceso optimiza tiempos reduce riesgos y disminuye costos, todo proceso constructivo involucra mano de obra, materiales y equipos o maquinaria.

La mano de obra juega un papel importante ya que está relacionado directamente con el avance y ejecución del proyecto es por ello que cada trabajador debe estar capacitado para llevar a cabo cada tarea asignada con el menor tiempo posible, pero garantizando calidad y estética en dicha labor.

En cuanto a los materiales están determinados por: calidad, estética, costo, resistencia ante agentes externos.

La maquinaria que hacen parte de la construcción del proyecto a gran escala son: retro excavadoras, cargadores, grúas, volquetas y todo tipo de camiones para transporte de elementos estructurales; materiales tales como: acero, concreto, asfalto, zika top 122. En cuanto a la instalación de las secciones prefabricadas tales como vigas y losas se iniciará el proceso una vez el muro in-situ esté listo para resistir cargas.

12. ANTECEDENTES NACIONALES

12.1 PROYECTO PARQUES DEL RIO MEDELLÍN

Este proyecto se encuentra ubicado en Antioquia uno de los departamentos con mayor perspectiva en cuanto al desarrollo social de nuestro país, el proyecto parques del rio de Medellín busca mejorar el espacio público, movilidad y así enriquecer la calidad de los ciudadanos.

Este proyecto se encuentra comprometido con la parte ambiental al plantear como solución soterrar la vía con el fin de reducir los sonidos que producen los automotores además de los gases contaminantes que repercuten la salud de los ciudadanos.

Figura 14. Parques del rio Medellín [20]



Parques del rio tiene como componentes principales la parte urbanística, ambiental y de movilidad, con ello se busca generar un corredor biológico para más de 150 especies vegetales y 90 especies de aves. Desde el punto de vista urbanístico se

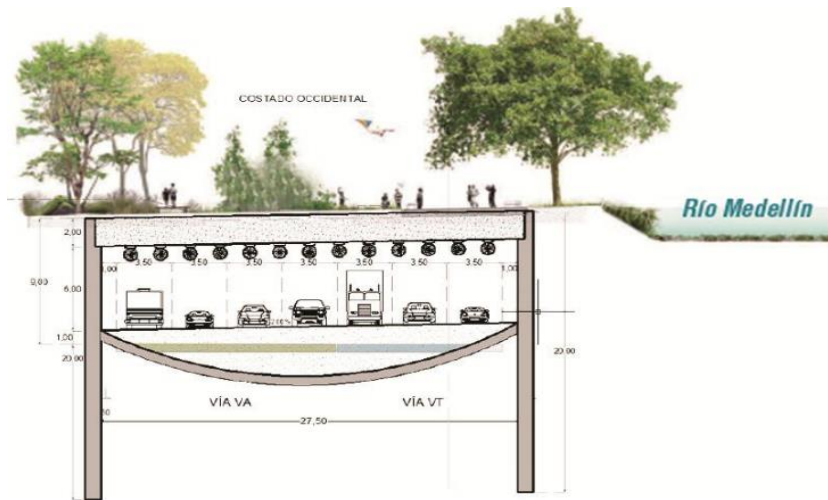
podrán edificar hasta 22 millones de metros cuadrados lo cual las empresas privadas empiezan a hacer parte de ello y así generar empleo lo cual es uno de los aspectos más importantes en una sociedad. En cuanto al componente de movilidad se disminuirán los tiempos de recorrido entre diferentes puntos de la ciudad tanto vehicular como los sistemas de transporte no convencionales.

Figura 15. Parques del río Medellín [20]



El proyecto parques del río busca evitar a toda costa la conexión de vehículos con la parte natural y recreativa de la ciudad es por ello que se propone soterrar para la primera etapa 922 metros de longitud con un ancho de 7 carriles, 3750 metros con un de ancho 6 carriles de vías a nivel y 1816 metros con dos carriles para vías de servicio. El tramo inicia en la biblioteca pública piloto hasta la estación de metro Medellín.

Figura 16. Sección transversal soterramiento Medellín [21]



REMODELACIÓN DE LA M-30 EN MADRID

El soterramiento de la M-30 cuenta con una longitud de 3.347 m, de los cuales 1.666 m consisten en una autopista de tres carriles en cada sentido, que enlazan con el by-pass sur y otras dos de dos carriles, que van al nudo sur.

Para la ejecución se optó por el sistema constructivo “cut & cover”, el cual está conformado por muros pantalla de 1 m de espesor, junto con losas aligeradas en hormigón armado y pretensado, están cuentan con cantos de espesores alrededor de 0,8 y 1,5, la sección transversal está conformada por dos aceras de mantenimientos en los costados con un ancho de 0,5 m, 2 bermas de 0,75 m y entre 3 y 5 carriles de 3,5 m.

Figura 17. Antes y después M-30 Madrid [23]



El tronco principal del hundimiento o túnel, cuenta con iluminación continua mientras en los ramales de conexión esta es discontinua, y este también cuenta con todos los reglamentos de seguridad que rigen en Europa tales como 12 salidas de emergencia y un sistema que ayuda a filtra el aire expulsándolo al exterior e importando nuevo, también cuenta con óptimos sistemas de saneamiento y colectores de tormenta que proporcionan agua e impiden que las impurezas caigan al rio manzanares. [23]

Figura 18. Transformación M-30 Madrid [23]



también contribuye significativamente a la mejora medioambiental. [23]

LA RECUPERACIÓN DEL RÍO CHEONGGYECHEON

En el año de 1999 Seúl inicia a gestionar una nueva iniciativa para depurar las autopistas dándole paso a parques, zonas verdes y darle resurgimiento a un rio

Cheonggye el cual había sido tunelado y sepultado en la zona tiempo antes. Fuera de esto la autopista se encontraba en un estado deplorable con un costo de mantenimiento exorbitante, escasa ventilación y contaminación ambiental. [22]

Figura 19 Recuperación del río cheonggyecheon [22]



El Alcalde Lee Myung Bak en un radical y revolucionario acto, promovió y lidero el proyecto de regeneración sustentable para recuperar el rio, el cual todas sus aguas serán tratadas y purificadas, se demolerán las autopistas para dar paso a una nueva zona verde con un área de 400 hectáreas con una longitud de 8 km y 80 m de ancho, para dar paso al nuevo cauce del rio. [22]

Figura 20. Río cheonggyecheon [22]



13. TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LAS DOS ALTERNATIVAS

Tabla 21. Duración proceso constructivo.

FASES DE CONSTRUCCION	IN SITU	PREFABRICADO
	TIEMPO DE EJECUCION MES	
1	3,323	2,3261
2	3,188	2,29536
3	3,09	2,07957
4	3,108	2,11344
5	3,27	2,4525
6	2,812	1,9684
7	3,502	2,34634
8	3,323	2,3261
9	3,309	2,28321
TOTAL	28,9	20,2

14. COSTO EJECUCIÓN DE PROYECTO.

Tabla 22. Costos para componente estructural del soterrado in-situ.

Item	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial
Preliminares				
Localizacion	Mes	29	6733049	193911805
Cerramiento	M1	4119	18127	74664059
Señalización	Uni	100	240000	24000000
Demolicion	M2	22770	6523	148540835
remocion escombros	M3	5693	7851	44691199
				\$485.807.897
Movimiento de tierra				
Exc. Viga guia	M3	3188	8227	26227927
Exc. Muro	M3	29222	46800	1367587822
Exc. Viga	M3	20493	8626	176775413
Exc. subterranea	M3	112713	26902	3032165254
remocion	M3	165616	8346	1382314369
				\$5.985.070.785
Estructuras				
Concreto de limpieza	M3	1139	315585	359299203
Viga guia	M3	664	601393	399406618
Muro pantalla	M3	26565	774111	20564593918
Viga	M1	3228	411364	4215104913
Losa	M2	4509	254510	5215751390
				\$30.754.156.043
Pavimentos				
Niv. Y compactacion	M2	20493	3329	68222276
Base granular	M3	4099	103450	424006874
Concreto 4000 PSI	M3	4099	717400	2940382128
Carpeta asfaltica	M3	2120	510659	1082597080
				\$4.515.208.357
Subtotal				\$41.740.243.082
AIU 35%				\$14.609.085.079
Total				\$56.349.328.160

Tabla 23. Costos para componente estructural del soterrado prefabricado

Item	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial
Preliminares				
Localizacion	Mes	28,8	6733048,784	193911805
Cerramiento	M1	4119,01	18127	74664058,57
Señalizacion	Uni	100	240000	24000000
Demolicion	M2	22770,36	6523	148540835,1
remocion escombros	M3	5692,59	7851	44691198,83
				\$485.807.897
Movimiento de tierra				
Exc. Viga guia	M3	3187,8504	8227	26227926,92
Exc. Muro	M3	29221,962	46800	1367587822
Exc. Viga	M3	20493,324	8626	176775412,8
Exc. subterranea	M3	112713,282	26902	3032165254
remocion	M3	165616,4184	8346	1382314369
				\$5.985.070.785
Estructuras				
Concreto de limpieza	M3	1138,518	315585	359299203
Viga guia	M3	664,1355	668743,2667	444136143,8
Muro pantalla	M3	26565,42	774111,3793	20564593918
Viga	Kg	2066410,17	4.800	9918768816
Losa	M2	20872,83	357000	7451600310
Apoyos neopreno	Unidad	1898	325000	616850000
Sika top 122	M2	3130,9245	89000	278652280,5
				\$39.633.900.671
Pavimentos				
Niv. Y compactacion	M2	20493,324	3329	68222275,6
Base granular	M3	4098,6648	103450	424006873,6
Concreto 4000 PSI	M3	4098,6648	717.400	2940382128
Carpeta asfaltica	M3	2120	510659	1082597080
				\$4.515.208.357
Subtotal				\$50.619.987.710
AIU 35%				\$17.716.995.699
Total				\$68.336.983.409

15. OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

A partir de estudios de suelos anteriormente realizados en las zonas aledañas para construcción de obras de infraestructura, se observa que son suelos con alta capacidad portante, por ende, se puede llevar a cabo la ejecución de grandes proyectos como lo es el soterramiento de la carrera 27.

Para las dos alternativas se tuvo en cuenta un diseño en común, el cual es el muro pantalla (in-situ), esto conlleva a obtener resultados más eficientes, debido a que un muro prefabricado genera mayores costos en cuanto a su transporte e izado, además que la interacción entre el suelo-muro se vería afectada al disminuir las fuerzas de contacto laterales, a consecuencia de ello se debería aumentar sección o profundizar más lo cual sería totalmente inviable.

De acuerdo al estudio realizado se observa que el costo del soterramiento para la alternativa in situ tiene un valor de 56 mil millones de pesos para el componente estructural, la cual tiene una diferencia alrededor de los 12 mil millones de pesos con respecto al prefabricado siendo esta ultima la más costosa.

Del presente proyecto se puede concluir que los sistemas de construcción prefabricada frente a la construcción in situ aumento el valor de la estructura en un 19%, pero aumento el rendimiento de su ejecución alrededor de un 30%, debido a esto se optaría por esta opción, ya que al reducir la duración de la misma se puede evitar una gran cantidad de pérdidas y efectos negativos debido al cierre de una vía tan importante para la ciudad.

Se optó por el diseño de muros pantalla ya que estos funcionan a su vez como cimentación evitando la construcción de zapatas para las cuales se tendrían que

hacer excavaciones preliminares y trabajos a cielo abierto lo cual entorpece la ejecución por causa de lluvias y el aumento de la zona de impacto.

El método constructivo planteado milanés “cut and cover” brinda grandes ventajas a la hora de su ejecución ya que es un método que permite construir los elementos estructurales de manera ordenada y su mayor provecho radica en que una vez ejecutado se puede habilitar la movilidad sobre el soterrado para luego excavar bajo el sistema estructural.

El estudio realizado en este proyecto se basó mayoritariamente en el componente estructural, lo cual presenta un alcance muy restringido para el análisis de una obra de esta envergadura, ya que no se tiene en cuenta el traslado de las redes de alcantarillado y eléctricas, como el manejo del espacio público, lo cual representa uno de los mayores costos en su construcción.

16. REFERENCIAS

- [1] Google maps. (Consulta 2 de febrero del 2016) Mapa de la republica de Colombia. Recuperado de <https://www.google.it/maps/@4.1019452,-71.1684861,6z>. Disponible en web.
- [2] Google maps. (Consulta 2 de febrero del 2016) Mapa del departamento de Santander y su capital Bucaramanga. Recuperado de <https://www.google.it/maps/@7.1192899,-73.1679978,13z>. Disponible en web.
- [3] INVIAS. (2014). Norma Colombiana de diseño de puentes-LRFD. CCP-2014. Bogotá.
- [4] AIS. Asociación colombiana de ingeniería sísmica. (2010). Requisitos generales de diseño y construcción (capitulo A). Segunda edición. Bogotá D.C.
- [5] AIS. Asociación colombiana de ingeniería sísmica. (2010). Cargas (capitulo B). Segunda edición. Bogotá D.C.
- [6] AIS. Asociación colombiana de ingeniería sísmica. (2010). Concreto estructural (capitulo C). Segunda edición. Bogotá D.C.
- [7] Torres R.A. (2008). Análisis y diseño de muros de contención de concreto armado. Venezuela universidad de los andes.
- [8] Sanhueza C. X. (2008). Criterios y parámetros de diseño para pantallas continuas en Madrid. Tesis doctoral. Madrid.

- [9] Del toro, W. (2010). Intercambiador Av. Quebrada seca con carrera 27. Estudio de suelos. Bucaramanga, Colombia.
- [10] Carreño M, N y Sánchez A, A. (2010). Estudio de las características mecánicas de mezclas de suelo-neumático triturado. Bucaramanga, Colombia.
- [11] Callejas F, I. (2011). Procedimiento constructivo de muro pantalla. México D, F.
- [12] Trujillo J, E. (2009). Diseño de puentes de concreto. Segunda edición. Bucaramanga, Colombia.
- [13] Pereles P. (2011). Hormigón armado tomo uno. Primera edición. Bogotá, Colombia. Editorial Nobuko.
- [14] Braja M. DAS. (2015). Fundamentos de ingeniería geotécnica. Cuarta edición. Sacramento, california. Editorial Cengage learning.
- [15] (Consulta 2 de abril del 2016) Maquinara para excavación de muros pantalla. <http://geojuanjo.blogspot.com.co/2011/03/disenode-muros-pantalla-2-fase-de.html>. Disponible en web.
- [16] (Consulta 2 de abril del 2016) Proceso de excavación e izado de mallas en los muros. <http://www.cstc.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bbriccontact&pag=Contact40&art=608>. Disponible en web.
- [17] Gil A, K y Villamizar C, O. (2013). Estudio de viabilidad técnica y económica del soterramiento de la carrera 27 en la ciudad de Bucaramanga, para el uso del SITM. Bucaramanga, Colombia.

[18] (Consulta 7 de mayo del 2016) Murete guía.
https://www.google.com.co/search?q=muro+guia&espv=2&biw=1517&bih=714&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjP39LKtKXOAhUrxoMKHdTzCgQ_AUIBigB&dpr=0.9#imgrc=5ZdmWcvCSmQDaM%3A . Disponible en web.

[19] (Consulta 7 de mayo del 2016) paneles para losa prefabricada.
<http://www.herrepucz.com/hormigon/losetas.html>.
<http://www.prefabricadosaljema.com/default.asp?id=p1> Disponible en web.

[20] (Consulta 7 de mayo del 2016) imagen parques del rio Medellin.
<https://www.google.com.co/?ion=1&espv=2#q=parques%20del%20rio%20medellin>
Disponible en web.

[21] (Consulta 7 de mayo del 2016) sección transversal soterramiento parques del rio Medellín. <http://www.elpalpitar.com/noticias/2015/09/metro-de-medellin-firmo-convenio-con-parques-del-rio/>
Disponible en web

[22] (Consulta 6 de mayo del 2016) la recuperación del río cheonggyecheon.
<http://www.plataformaurbana.cl/archive/2008/02/17/la-recuperacion-del-rio-cheonggyecheon-una-excusa-perfecta-para-hacer-ciudad/>
Disponible en web.

[23] (Consulta 6 de mayo del 2016) ciudad Fcc.
<http://www.ciudadfcc.com/es/-/soterramiento-de-la-m-30>. Disponible en web.

BIBLIOGRAFIA

AIS. Asociación colombiana de ingeniería sísmica. (2010). Cargas (capítulo B). Segunda edición. Bogotá D.C.

AIS. Asociación colombiana de ingeniería sísmica. (2010). Concreto estructural (capítulo C). Segunda edición. Bogotá D.C.

AIS. Asociación colombiana de ingeniería sísmica. (2010). Requisitos generales de diseño y construcción (capítulo A). Segunda edición. Bogotá D.C.

Braja M. DAS. (2015). Fundamentos de ingeniería geotécnica. Cuarta edición. Sacramento, California. Editorial Cengage Learning.

Callejas F, I. (2011). Procedimiento constructivo de muro pantalla. México D, F.

Carreño M, N y Sánchez A, A. (2010). Estudio de las características mecánicas de mezclas de suelo-neumático triturado. Bucaramanga, Colombia.

Consulta 2 de abril del 2016) Maquinaria para excavación de muros pantalla.
<http://geojuanjo.blogspot.com.co/2011/03/diseño-de-muros-pantalla-2-fase-de.html>

Consulta 2 de abril del 2016) Proceso de excavación e izado de mallas en los muros.
<http://www.cstc.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bbriccontact&pag=Contact40&art=608> .

Consulta 6 de mayo del 2016) ciudad Fcc. <http://www.ciudadfcc.com/es/-/soterramiento-de-la-m-30>.

Consulta 6 de mayo del 2016) la recuperación del río cheonggyecheon.
<http://www.plataformaurbana.cl/archive/2008/02/17/la-recuperacion-del-rio-cheonggyecheon-una-excusa-perfecta-para-hacer-ciudad/>

Consulta 7 de mayo del 2016) imagen parques del rio Medellin.
<https://www.google.com.co/?ion=1&espv=2#q=parques%20del%20rio%20medellin>

Consulta 7 de mayo del 2016) Murete guía https://www.google.com.co/search?q=muro+guia&espv=2&biw=1517&bih=714&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjP39LKtKXOAhUrxoMKHdTzCgQ_AUIBigB&dpr=0.9#imgrc=5ZdmWcvCSmQDaM%3A .

Consulta 7 de mayo del 2016) paneles para losa prefabricada.
<http://www.herrepucz.com/hormigon/losetas.html>.

Consulta 7 de mayo del 2016) paneles para losa prefabricada.
<http://www.prefabricadosaljema.com/default.asp?id=p1>

Consulta 7 de mayo del 2016) sección transversal soterramiento parques del rio Medellín. <http://www.elpalpitar.com/noticias/2015/09/metro-de-medellin-firmo-convenio-con-parques-del-rio/>

Del toro, W. (2010). Intercambiador Av. Quebrada seca con carrera 27. Estudio de suelos. Bucaramanga, Colombia.

Gil A, K y Villamizar C, O. (2013). Estudio de viabilidad técnica y económica del soterramiento de la carrera 27 en la ciudad de Bucaramanga, para el uso del SITM. Bucaramanga, Colombia.

Google maps. (Consulta 2 de febrero del 2016) Mapa de la republica de Colombia. Recuperado de <https://www.google.it/maps/@4.1019452,-71.1684861,6z>. Disponible en web.

Google maps. (Consulta 2 de febrero del 2016) Mapa del departamento de Santander y su capital Bucaramanga. Recuperado de <https://www.google.it/maps/@7.1192899,-73.1679978,13z>. Disponible en web.

INVIAS. (2014). Norma Colombiana de diseño de puentes-LRFD. CCP-2014. Bogotá.

Pereles P. (2011). Hormigón armado tomo uno. Primera edición. Bogotá, Colombia. Editorial Nobuko.

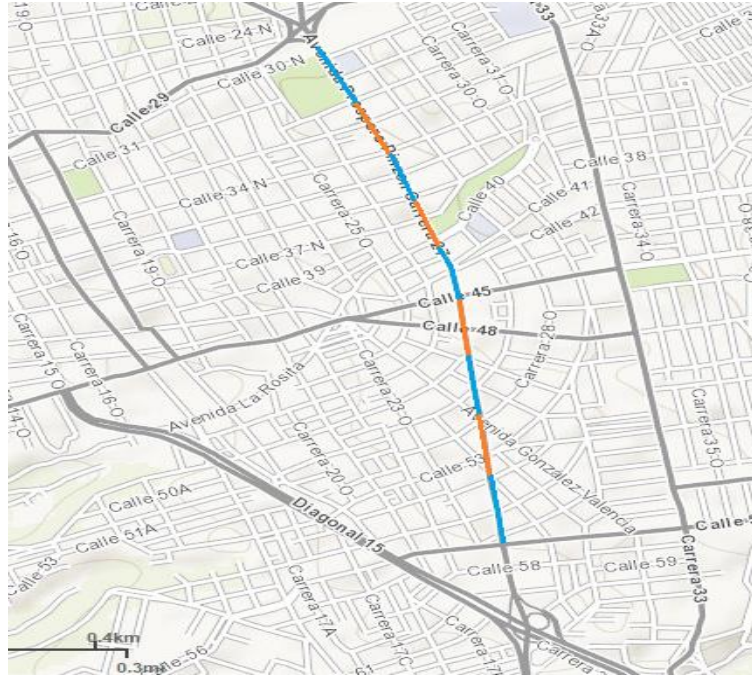
Sanhueza C. X. (2008). Criterios y parámetros de diseño para pantallas continuas en Madrid. Tesis doctoral. Madrid.

Torres R.A. (2008). Análisis y diseño de muros de contención de concreto armado. Venezuela universidad de los andes.

Trujillo J, E. (2009). Diseño de puentes de concreto. Segunda edición. Bucaramanga, Colombia.

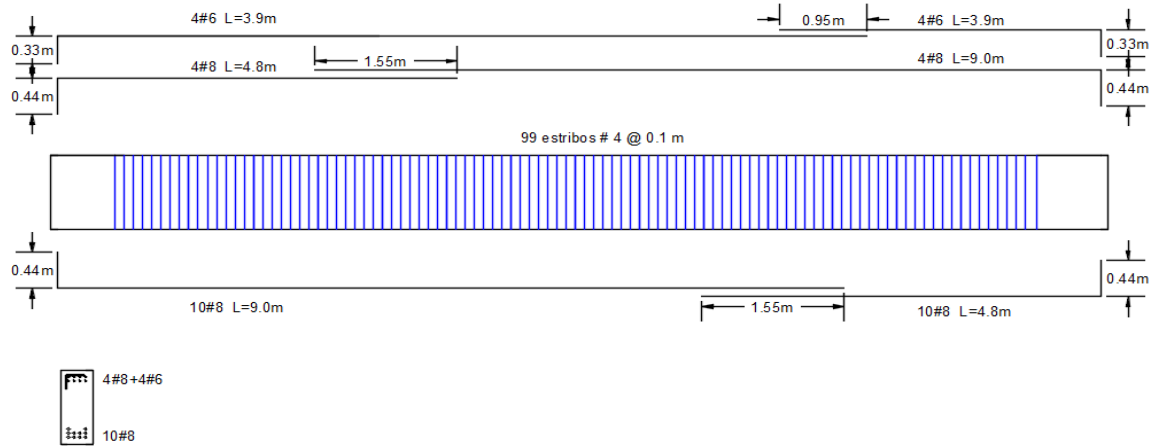
ANEXOS

ANEXO A. DISTRIBUCIÓN DE LAS FASES PARA SU EJECUCIÓN



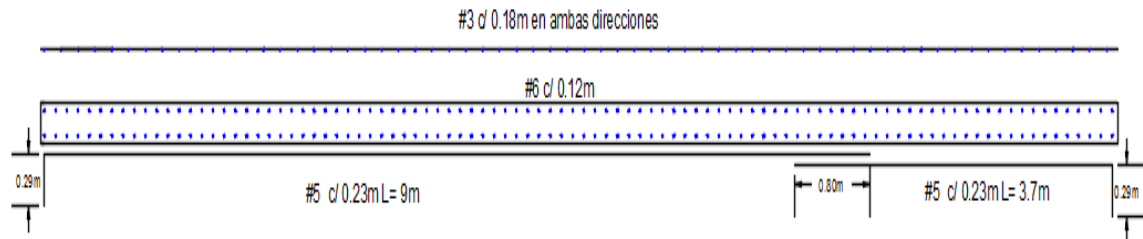
Fuente google maps

ANEXO B. DETALLE DESPIECE VIGA



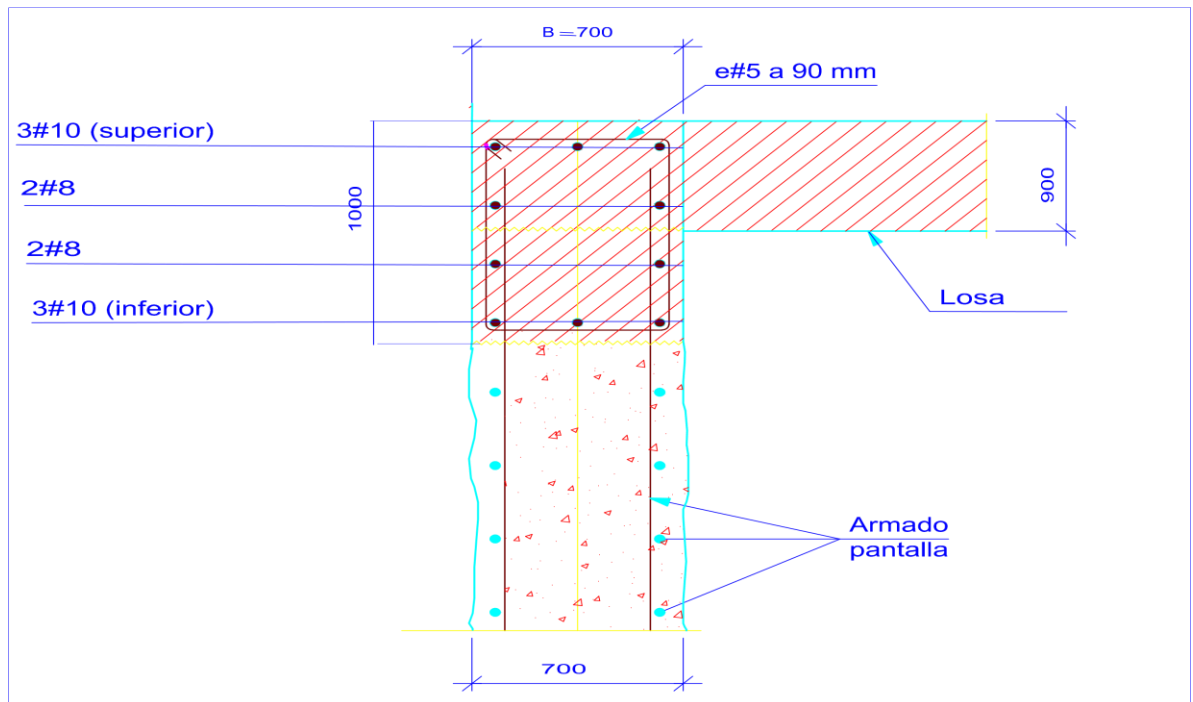
Fuente autoría propia

ANEXO C. DETALLE DESPIECE LOSA



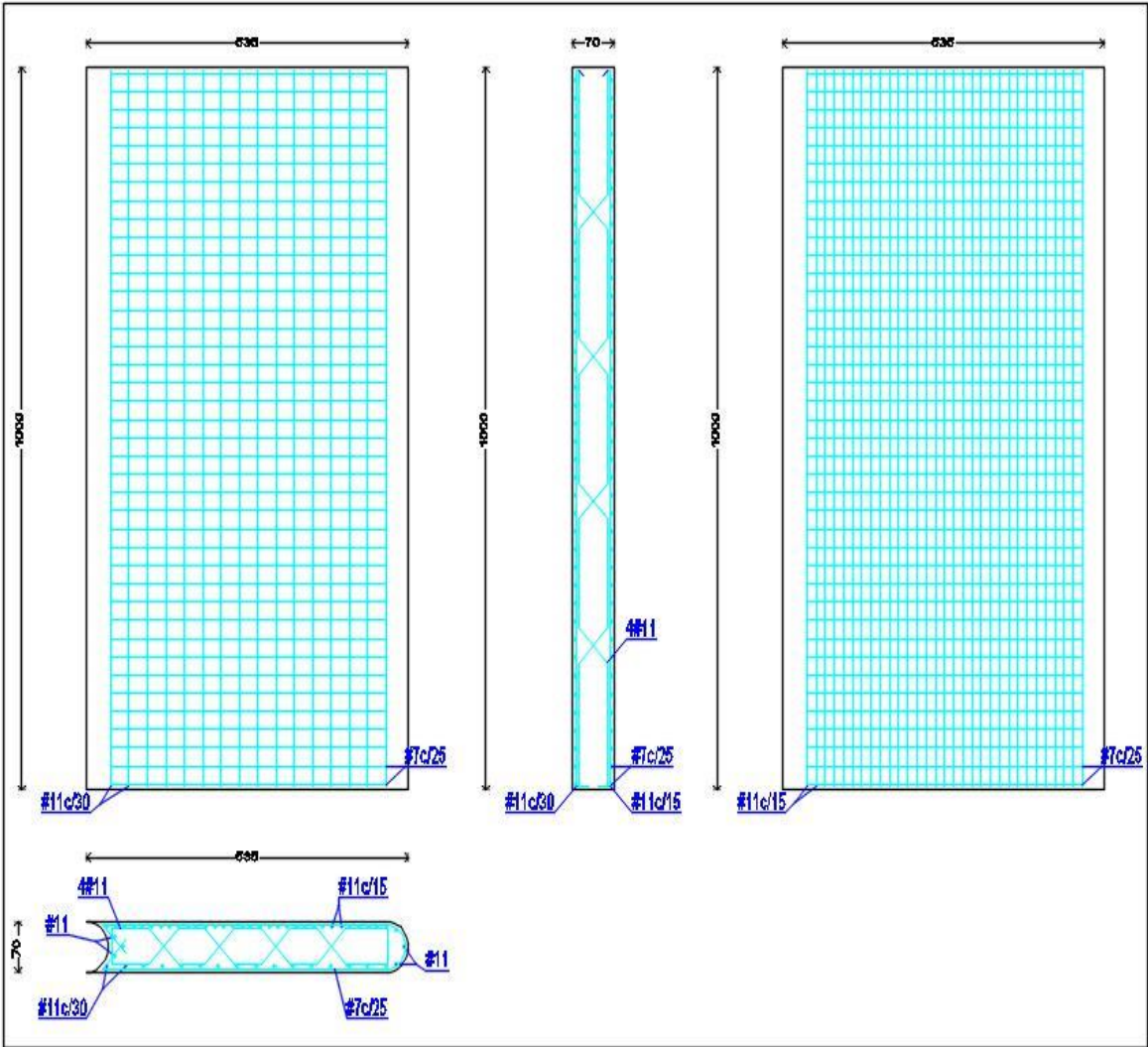
Fuente autoría propia

ANEXO D. DETALLE DESPIECE VIGA DE CORONACIÓN



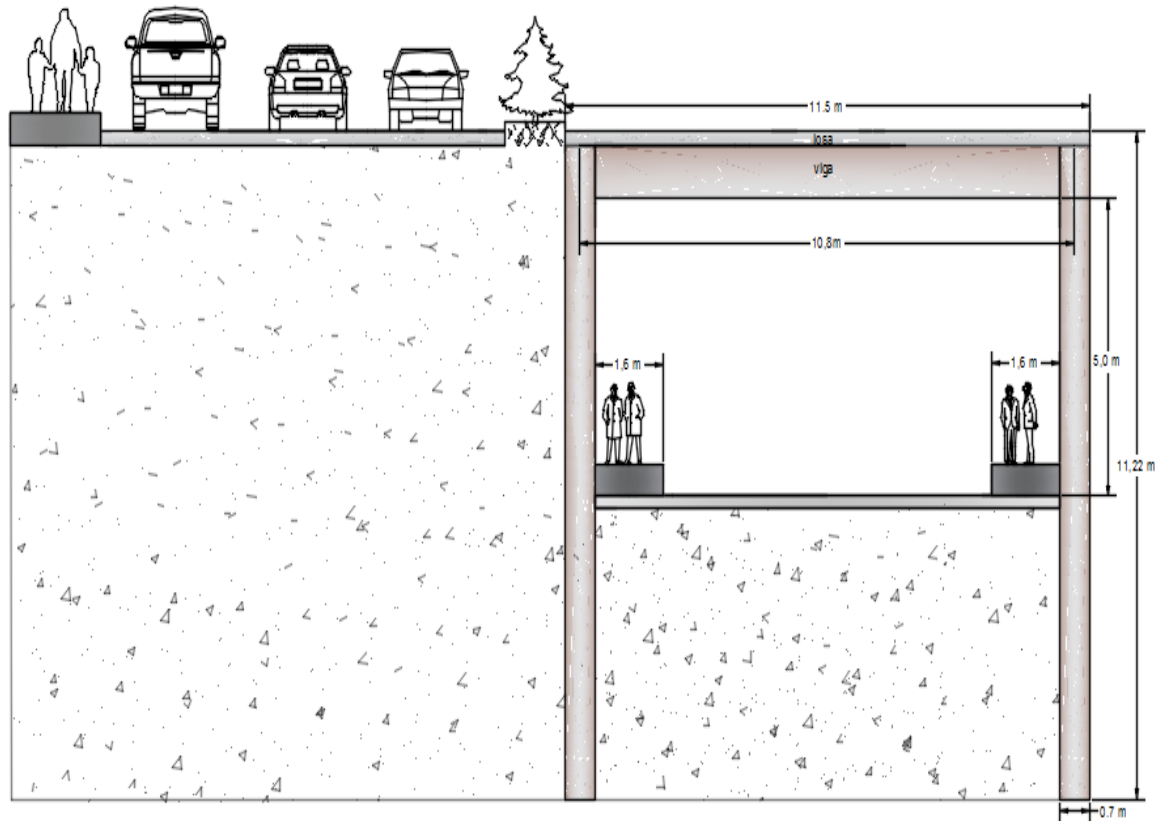
Fuente autoría propia

ANEXO E. DETALLE DESPIECE MURO PANTALLA



Fuente autoría propia

ANEXO F. SECCION TRANSVERSAL DEL SOTERRAMIENTO



Fuente bloques de vehículos y personas

www.bloquesautocad.com/descargas/vehiculos/terrestres/terrestres.htm

ensamblado en AutoCAD autoría propia