INFORME RESUMEN EJECUTIVO DE LA CONSULTORÍA REALIZADA EN EL EDIFICIO CITY CENTER UBICADO EN EL DISTRITO DE BARRANCABERMEJA, SANTANDER

ELABORADO POR:

INGECONSULTA SAS

PRESENTADO A:

DISTRITO DE BARRANCABERMEJA

BARRANCABERMEJA – SANTANDER

OCTUBRE DE 2023

Contrato N. 4056-23:	Cumplimiento a lo ordenado dentro de la acción popular adelantada por el juzgado primero administrativo oral del circuito de Barrancabermeja radicado 680813333001-2015-00159-00 del 20/10/2022; promovido por defensoría del pueblo-regional magdalena medio contra distrito especial de Barrancabermeja y la comercializadora superestrellas S.A.S
Informe:	Informe resumen ejecutivo de la consultoría realizada en el edificio City Center ubicado en el distrito de Barrancabermeja, Santander

CONTROL DE CAMBIOS				
VERSIÓN	**FECHA**	**DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO**	**ELABORÓ**	**FIRMA**
1	30/10/2023	Versión inicial	Ing. Hernán Flórez Olivares, Msc.TP: 25202-31164 CND	

TABLA DE CONTENIDO

1. GENERALIDADES 6
1.1 Introducción 6
1.2 Localización 6
1.3 Objetivos 7
1.3.1 Objetivo General 7
1.3.2 Objetivos Específicos 7
1.4 Alcance 8
1.5 Metodología 8
2. TRABAJOS DE CAMPO Y ENSAYOS DE LABORATORIO 9
2.1 Trabajos de campo 9
2.1.1. Levantamiento topográfico 9
2.1.2. Levantamiento estructural 11
2.1.3. Extracción de Núcleos D=3.7'', rotura del núcleo y resane 12
2.1.4. Regatas de verificación y resane 13
2.1.5. Ensayo de esclerómetro digital 13
2.1.6. Apiques de exploración y adecuación del sitio 14
2.1.7. Localización de refuerzo mediante ensayo no destructivo (ferroscan) por elemento o zona hasta de 1,0 x 1,0 m" 14
2.1.8. Sondeo mecánico-Incluye ensayo SPT y extracción muestras con Shelby 15
2.2 Ensayos de laboratorio 17
2.2.1. Determinación de la resistencia del concreto 17
2.2.2. Propiedades índices de los suelos (Granulometría por Tamizado-Limites de consistencia-Humedad) 18
2.2.3. Peso unitario 19
2.2.4. Gravedad especifica 19
2.2.5. Ensayo compresión inconfinada 20
2.2.6. Ensayo de corte directo 20
3. ANÁLISIS GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURAL 21
3.1 Análisis estructural 25
3.2 Análisis geotécnico 29
3.2.1 Análisis de estabilidad 29
4. PROCESO DE DEMOLICIÓN 35
5. PRESUPUESTO Y CANTIDADES DE OBRA 41
6. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 44

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Sondeos realizados en campo. 16
Tabla 2. Resumen de resultados propiedades índice los suelos para el sondeo 1 al 4. 18
Tabla 3. Resumen de resultados de peso unitario. 19

Tabla 4. Resumen resultados gravedad especifica. 19
Tabla 5. Resumen de resultados compresión inconfinada. 20
Tabla 6. Resumen de resultados de corte directo. 20
Tabla 7.Factores de seguridad básicos mínimos directos. 29
Tabla 8. Coeficiente de Balasto. 30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Plano del levantamiento topográfico. *Fuente. Autor.* 10
Figura 2. Plano del levantamiento estructural. *Fuente. Autor.* 11
Figura 3. Plano del levantamiento estructural. Fuente. Autor. 12
Figura 4. Localización de los sondeos. 16
Figura 5. Ubicación de la zona de estudio. *Fuente. Autor.* 24
Figura 6. Modelo 3D etapa de demolición 1. 26
Figura 7. Esfuerzo en miembros para envolvente – Esfuerzos en placas para envolvente. 27
Figura 8. Esfuerzo en miembros para envolvente – Esfuerzos en placas para envolvente. 28
Figura 9. Perfil transversal de estudio *Fuente. Autor.* 31
Figura 10. Resultado de un análisis estático del talud sin muros Fs=0,457. Fuente. Autor 31
Figura 11. Resultado de un análisis estático del talud sin muros Fs=0,625. Fuente. Autor 32
Figura 12. Salida grafica de la deformación del terreno y la pantalla. Fuente. Autor 33
Figura 13. Salida grafica de los desplazamientos en el eje x. Fuente. Autor 33
Figura 14. Salida grafica de los desplazamientos en el eje y. Fuente. Autor 34
Figura 15. Salida grafica de los desplazamientos en el eje totales. Fuente. Autor 34
Figura 16. Detalle plano LEV_CTCNT_01 en el corte A-A'. 35
Figura 17. Detalle plano LEV_CTCNT_02 fase 3. 36
Figura 18. Detalle plano LEV_CTCNT_02 fase 4. 36
Figura 19. Detalle plano LEV_CTCNT_03 fase 5. 37
Figura 20. Detalle plano LEV_CTCNT_03 fase 6. 37
Figura 21. Detalle plano LEV_CTCNT_03 fase 7. 38
Figura 22. Detalle plano LEV_CTCNT_03 Alternativa 1. 38
Figura 23. Detalle plano LEV_CTCNT_04 Alternativa 1. 39
Figura 24. Detalle plano LEV_CTCNT_04 Alternativa 2. 39
Figura 25. Detalle plano LEV_CTCNT_04 Alternativa 2. 39
Figura 26. Detalle plano LEV_CTCNT_04 vista en planta de la reconstrucción del área. 40

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Localización del área de estudio. Fuente. Google Earth. 7
Imagen 2. Evidencia de la topografía. Fuente Autor. 10
Imagen 3. Evidencia de la actividad de extracción de núcleos D=3,7'' 12
Imagen 4. Evidencia de la actividad de regatas de verificación. 13
Imagen 5. Evidencia de la actividad ensayo de esclerómetro digital 14
Imagen 6. Evidencia de la actividad apiques de exploración. 14
Imagen 7. Evidencia de la actividad localización de refuerzo mediante ensayo no destructivo (ferroscan) 15

Imagen 8. Fotografía del trabajo de campo 16
Imagen 9. Registro fotográfico de falla núcleos. 17
Imagen 10. Plano de cimentación del 2019 edificio City Center. *Fuente: Universidad industrial de Santander* 22
Imagen 11. Ubicación de la zona de estudio. Fuente. Autor 24
Imagen 12. Ubicación de la zona de estudio. *Fuente. Autor* 25

1. GENERALIDADES

1.1 Introducción

La firma **Ingeconsulta SAS** realizó un estudio de consultoría para la **Alcaldía de Barrancabermeja** con el objetivo de evaluar los impactos que puede tener la edificación City Center al realizar la demolición de la rampa de acceso al subterráneo, el tanque de almacenamiento de agua subterráneo y las columnas en el área de estudio. Esta evaluación se realizó en cumplimiento de la sentencia emitida por el despacho primero administrativo de Barrancabermeja el 20 de octubre de 2022, bajo el radicado 680813333001-2015-00159-00.

El estudio abarcó el reconocimiento detallado del área de estudio, así como la ejecución de un programa de exploración del subsuelo que incluyó perforaciones cercanas a la rampa de acceso, además de ensayos de campo y de laboratorio. Los resultados obtenidos de esta investigación posibilitaron el análisis geotécnico y estructural de la zona de demolición. Con base en la información recopilada, se elaboró un informe ejecutivo que propone la metodología más apropiada para llevar a cabo la demolición en el área de estudio. Este informe no solo abarca aspectos técnicos, sino que también incluye un presupuesto. Además, se generaron planos del proceso de demolición, proporcionando una guía visual clara para la ejecución de la propuesta.

1.2 Localización

El área de estudio está situada en el sector comercial, en la comuna 1, específicamente en la Carrera 8 No.06-19, en el municipio de Barrancabermeja, en el departamento de Santander. Las coordenadas geográficas precisas del lugar son N7°3'37.05"-W73°52'6.24". En la Imagen 1, se muestra la ubicación en una vista satelital del sitio de estudio, representada mediante un polígono resaltado en rojo.



Imagen 1. Localización del área de estudio. Fuente. Google Earth.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

El objetivo principal del estudio es identificar metodología más apropiada para la demolición de la zona de estudio, para darle cumplimiento a la sentencia emitida por el despacho primero administrativo de Barrancabermeja el 20 de octubre de 2022.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Levantamiento topográfico.
- Levantamiento estructural
- Realización de un programa de exploración geotécnica por medio de sondeos con el fin de extraer muestras alteradas e inalteradas del suelo, para la realización de ensayos de laboratorio.
- Realizar una caracterización geomecánica detallada de los suelos en la zona de estudio.
- Realizar un análisis de la estabilidad del talud.
- Informe de patología
- Modelamiento estructural

- Establecer la metodología más apropiada para la demolición de la zona de estudio.

1.4 Alcance

- Se realizarán las pruebas de campo y laboratorio necesarias para caracterizar el suelo, ya partir de esta información se determinará el perfil del suelo y sus características geomecánicas.
- Se ejecutará un plan de ensayos de laboratorio necesarios para la caracterización y definición de parámetros de resistencia (Análisis granulométrico, límites de consistencia, contenido de humedad, clasificación SUCS, pesos unitarios, gravedad especifica, corte directo y compresión inconfinada).
- Se llevarán a cabo análisis de estabilidad de talud.
- Se establecerá la metodología más apropiada para la demolición de la zona de estudio.

1.5 Metodología

- Recopilación de trabajos de campo y ensayos de laboratorio con el objeto de conocer las características del sitio, definir adecuadamente el perfil del subsuelo y de la estructura.
- Análisis e interpretación de la información recolectada en los ensayos de campo y laboratorio.
- Llevar a cabo análisis geotécnicos y estructurales para identificar la óptima metodología de demolición.
- Elaboración de informe ejecutivo que incluya las recomendaciones pertinentes para la demolición de la rampla, tanque subterráneo y columnas de la zona de estudio.

2. TRABAJOS DE CAMPO Y ENSAYOS DE LABORATORIO

En el presente capítulo, se describen las actividades de campo y los ensayos de laboratorio realizados en el marco de la investigación. Las tareas de campo comprendieron el levantamiento topográfico y estructural, siendo crucial para el análisis de la estabilidad del talud y la evaluación estructural. A continuación, se exponen los ensayos de laboratorio y de campo llevados a cabo en la zona de demolición. Estos ensayos desempeñaron un papel fundamental al proporcionar información geomecánica y estructural detallada de la zona de estudio, contribuyendo así a una comprensión integral de las condiciones del terreno.

2.1 Trabajos de campo

En este capítulo, se exponen en detalle las actividades de campo, que incluyeron la realización del levantamiento topográfico, levantamiento estructural. En el área de estudio, se realizaron cuatro (4) sondeos, de los cuales se extrajeron tanto muestras alteradas como inalteradas del suelo, proporcionando así la caracterización del perfil subsuelo en la zona de estudio.

2.1.1. Levantamiento topográfico

Para realizar el levantamiento topográfico inicialmente se realizó un reconocimiento de campo y se procedió a la ubicación del equipo estación total FOIF RTS 102 y se amarra con coordenadas aproximadas y se procede el levantamiento topográfico general que comprende el área general de la zona de la rampla y su alrededor. Se tuvo en cuenta todas las características en las que se encuentra actualmente el sitio en intervención y se levanta de tal manera que se observe los árboles y la sección de la rampla.

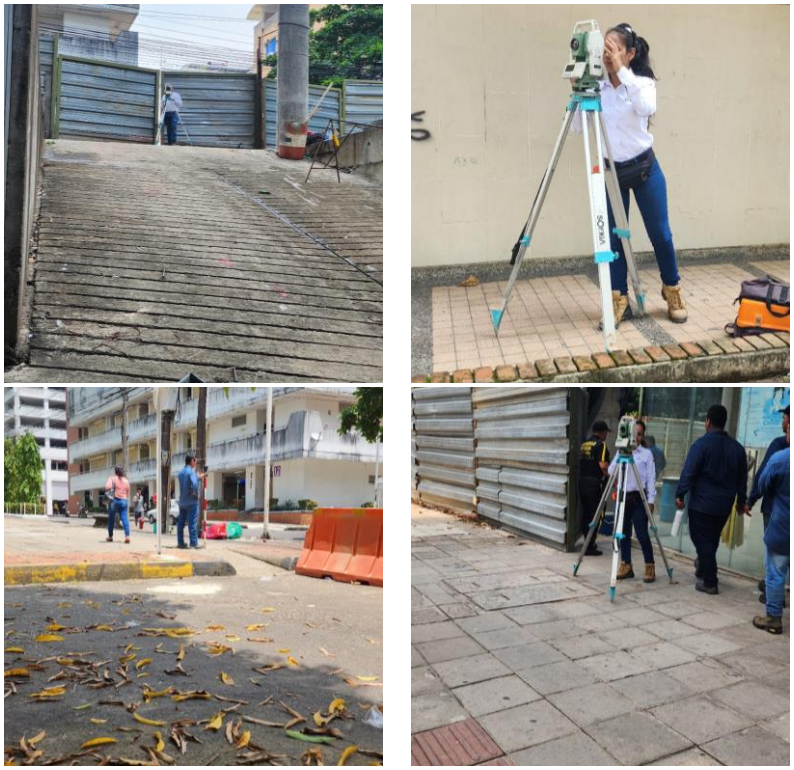


Imagen 2. Evidencia de la topografía. Fuente Autor

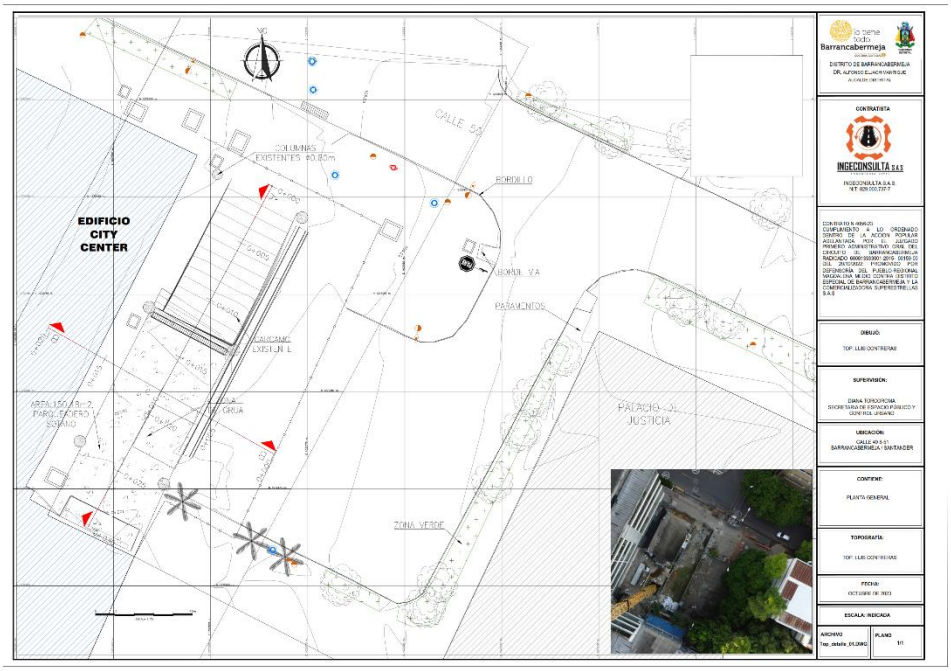


Figura 1. Plano del levantamiento topográfico. *Fuente. Autor.*

2.1.2. Levantamiento estructural

Para realizar el levantamiento estructural se realizaron trabajos de campo como extracción de núcleos D=3,7'', regatas de verificación, ensayo de esclerometría digital, localización de refuerzo mediante ensayo no destructivo con ferroscan y el ensayo del esfuerzo de fluencia, del esfuerzo de rotura y el módulo de elasticidad del acero.

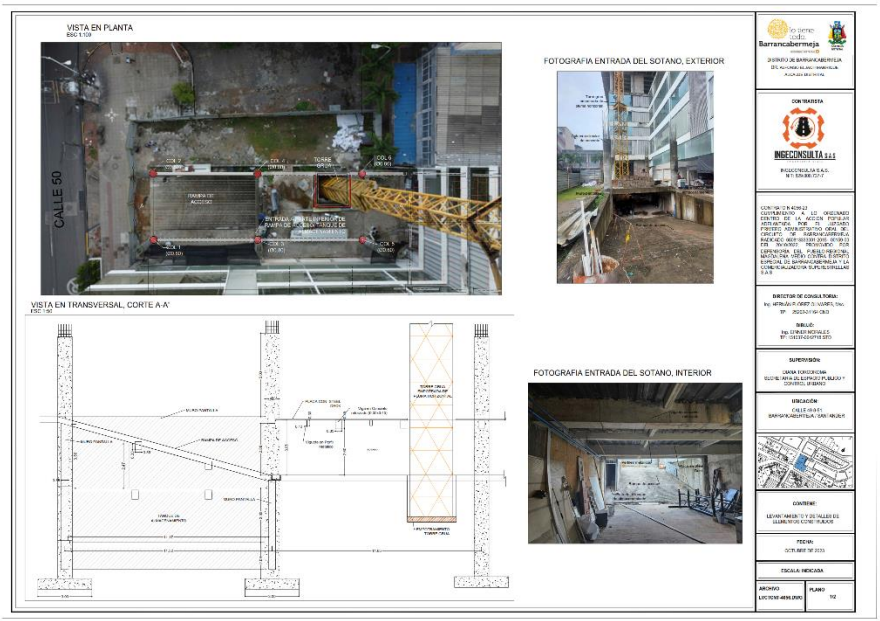


Figura 2. Plano del levantamiento estructural. *Fuente. Autor.*

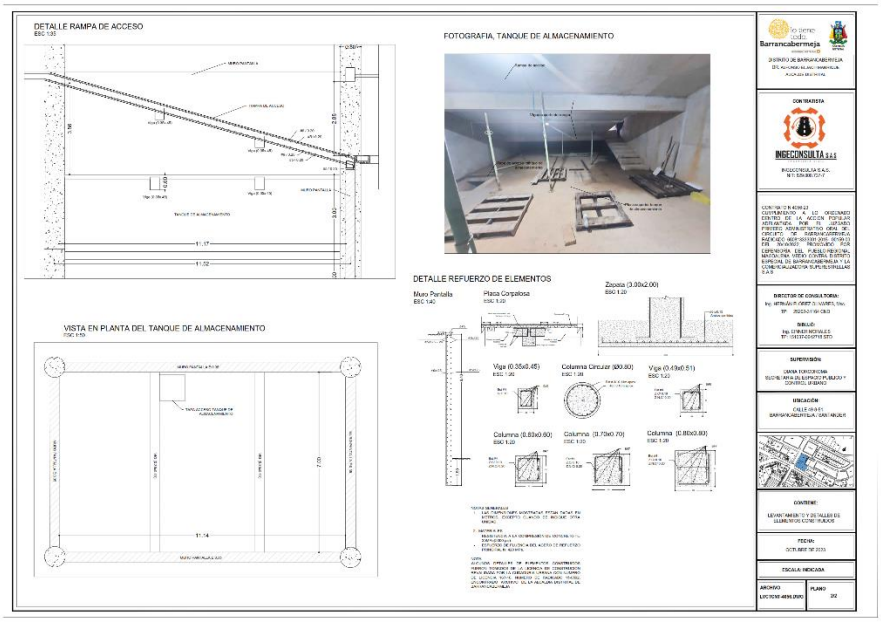


Figura 3. Plano del levantamiento estructural. Fuente. Autor.

2.1.3. Extracción de Núcleos D=3.7'', rotura del núcleo y resane

Se realizaron tres extracciones de núcleos en el muro pantalla que conforman la rampla del subterráneo



Imagen 3. Evidencia de la actividad de extracción de núcleos D=3,7''

2.1.4. Regatas de verificación y resane

Esta prueba consiste en la localización, diámetro y recubrimiento de la armadura de refuerzo, estas pruebas se realizan con el objeto de identificar un patrón de distribución del refuerzo, estimar un diámetro del refuerzo.



Imagen 4. Evidencia de la actividad de regatas de verificación.

2.1.5. Ensayo de esclerómetro digital

Estas pruebas se realizaron con un Esclerómetro Digital para control no destructivo del concreto el cual nos permite estimar la resistencia a la compresión aproximada del concreto, basado en curvas de calibración con alta precisión, de igual forma se emplea para comparar la calidad del concreto entre diferentes áreas de la estructura.



Imagen 5. Evidencia de la actividad ensayo de esclerómetro digital

2.1.6. Apiques de exploración y adecuación del sitio

Se realizo a una profundidad de 1,2 con el fin de inspeccionar la estructura de cimentación.



Imagen 6. Evidencia de la actividad apiques de exploración.

2.1.7. Localización de refuerzo mediante ensayo no destructivo (ferroscan) por elemento o zona hasta de 1,0 x 1,0 m"

Para la estructura en estudio, se efectuaron tomas con escáner ferroscan, esto con el fin de verificar como es la distribución del refuerzo y diámetros del acero de refuerzo.



Imagen 7. Evidencia de la actividad localización de refuerzo mediante ensayo no destructivo (ferroscan)

2.1.8. Sondeo mecánico-Incluye ensayo SPT y extracción muestras con Shelby

Durante este periodo de tiempo se ha adelantado las perforaciones mecánicas y muestreo empleando el tubo partido (Split) permitiendo además la recolección de muestras, principalmente para ensayos de granulometría y propiedades índice y volumétricas, del mismo con shelby. Para esto se han realizado visitas de campo donde se vienen identificando sitios de interés para la exploración y caracterización del suelo.

Sondeo 1



Sondeo 2



Sondeo 3

Sondeo 4

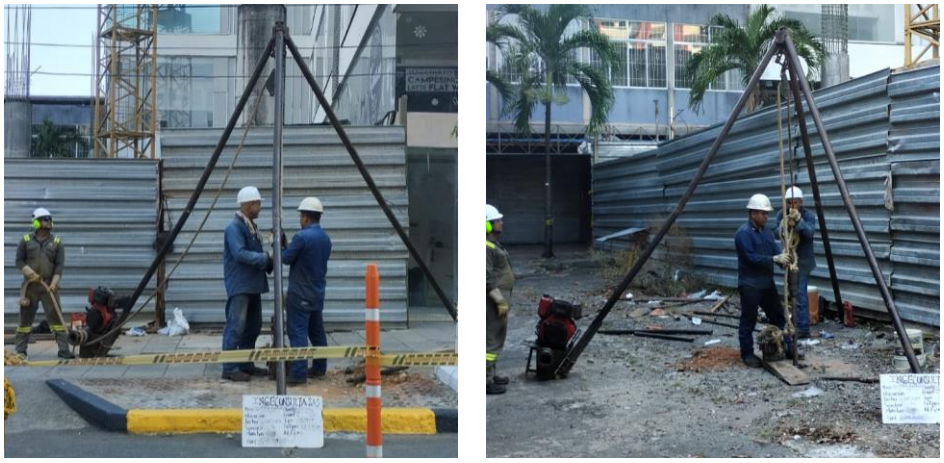


Imagen 8. Fotografía del trabajo de campo

Se realizaron dos sondeos y su localización se puede observar en la Figura 4 y la Tabla 1.

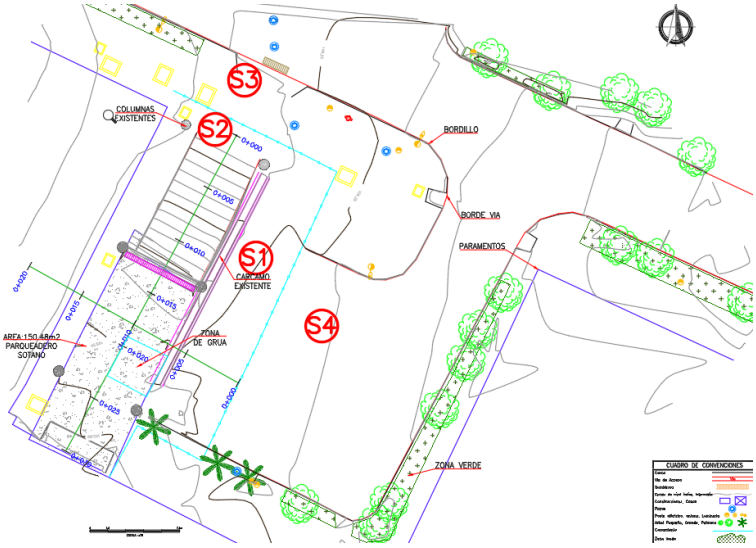


Figura 4. Localización de los sondeos.

Tabla 1. Sondeos realizados en campo.

Perforación	Coordenadas		Profundidad (m)
	Norte	Oeste	
Sondeo 1	N7°3'36,83"	W73°52'6,29"	5.00
Sondeo 2	N7°3'37,00"	W73°52'6,35"	3.65
Sondeo 3	N7°3'37,24"	W73°52'6,52"	10.75
Sondeo 4	N7°3'36,73"	W73°52'6,07"	10.6

Fuente. Autor

2.2 Ensayos de laboratorio

Se extrajeron tres núcleos de concreto para realizaron el ensayo de compresión axial y las muestras de suelos llevadas al laboratorio fueron ensayadas según las normas del Instituto Nacional de Vías, para análisis granulométrico, límite líquido, límite plástico de los suelos, humedad, peso unitario, gravedad específica, compresión inconfinada y corte directo.

2.2.1. Determinación de la resistencia del concreto

Se realizaron un total de tres (3) ensayos de compresión axial de núcleos. Cada uno de los núcleos fue extraído cuidadosamente de los elementos estructurales en las zonas donde no existiera refuerzo de acuerdo con la información suministrada por el ferroscan. Posteriormente fueron llevados a un laboratorio para la realización del ensayo, teniendo resultados de resistencia a la compresión en promedio de 5344 PSI y con falla tipo 3 para los tres núcleos.



Imagen 9. Registro fotográfico de falla núcleos.

2.2.2. Propiedades índices de los suelos (Granulometría por Tamizado-Limites de consistencia-Humedad)

Las muestras llevadas al laboratorio fueron ensayadas según las normas del Instituto Nacional de Vías INV E-123, INV E-125 e INV E-126, para análisis granulométrico, límite líquido, límite plástico y humedad de los suelos, respectivamente. En la Tabla 2, se presentan a manera de resumen los resultados de los diferentes ensayos de laboratorio de las propiedades índices de los suelos como contenido de humedad, límites de consistencia, granulometría efectuados para cada sondeo.

Tabla 2. Resumen de resultados propiedades índice los suelos para el sondeo 1 al 4.

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)				LITOLOGIA		GRADACIÓN (%)			LIMITES DE CONSISTENCIA			
No	De		a	Prom.	Descripción	SUCS	Grava	Arena	Finos	w	L.L	L.P	I.P
Sondeo 1	0.00	-	0.50	0.25	Grava arcillosa	GC	47.40	37.37	15.23	13.12			
	0.50	-	1.50	1.00	Arena arcillosa	SC	30.70	47.96	21.34	12.57	26.01	17.09	8.92
	1.50	-	2.50	2.00	Grava arcillosa	GC	41.01	38.16	20.83	11.67	30.84	20.56	10.28
	2.50	-	4.00	3.25	Grava arcillosa	GC	30.23	22.61	47.16	29.66	32.98	21.66	11.32
	4.00	-	5.00	4.50	Arena arcillosa	SC	33.75	41.90	24.35	13.78	34.33	14.72	19.61
Sondeo 2	0	-	0.5	0.25	Grava arcillosa	GC	37.23	33.54	29.22	10.37			
	0.5	-	1.4	0.95	Arena arcillosa	SC	26.61	35.76	37.63	23.17	35.24	22.3	12.94
	1.4	-	1.85	1.625	Arena arcillosa	SC	33.75	34.24	32.02	17.06	32.83	16.96	15.87
	1.85	-	2.75	2.3	Arena arcillosa	SC	0.32	60.41	39.28	15.56	31.79	20.9	10.88
	2.75	-	3.65	3.2	Arena arcillosa	SC	34.97	36.38	28.65	17.23	30.41	20.29	10.12
Sondeo 3	0	-	0.5	0.25	Grava arcillosa	GC	57.53	29.71	12.76	11.8			
	0.5	-	1.4	0.95	Grava arcillosa	GC	28.28	24.02	47.70	23.17	35.24	22.3	12.94
	1.4	-	1.85	1.625	Grava arcillosa	GC	33.57	25.67	40.76	10.56	40.05	23.76	16.29
	1.85	-	2.75	2.3	Arena arcillosa	SC	33.52	34.86	31.62	13.63	37.26	21.3	15.95
	2.75	-	4.45	3.6	Arena arcillosa	SC	23.32	37.53	39.14	14.62	26.91	15.77	11.13
	4.45	-	5.3	4.9	Grava arcillosa	GC	44.08	28.46	27.46	14.67	42.51	20.73	21.78
Sondeo 4	0.12	-	0.7	0.41	Grava arcillosa	GC	53.04	33.33	13.63	11.63			
	0.7	-	1.6	1.15	Arena arcillosa	SC	28.08	31.83	40.09	20.98	36.22	20.21	16.01
	1.6	-	2.5	2.05	Arena arcillosa	SC	27.83	30.05	42.12	19.52	36.52	19.48	17.03
	2.05	-	2.95	2.5	Arena arcillosa	SC	18.07	34.61	47.32	18.67	34.88	16.3	18.58

Fuente. Autor

2.2.3. Peso unitario

El peso unitario es definido como la masa por unidad de volumen. El peso unitario del suelo varía de acuerdo con el contenido de agua que este contenga, que son: húmedo (no saturado), saturado y seco. El peso unitario húmedo, es definido como el peso de la masa de suelo en estado no saturado por unidad de volumen, donde los vacíos del suelo contienen tanto agua como aire, que será:El peso unitario seco, se define como el peso de suelo sin contenido de agua por unidad de volumen. En la Tabla 3, se presenta el resumen de los resultados obtenidos en laboratorio para dicho ensayo.

Tabla 3. Resumen de resultados de peso unitario.

SONDEO	No. MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)		SUCS	PESO UNITARIO (kN/m^3)	
		DE	A		Húmedo	Seco
Sondeo 2	2	0.70	1.60	SC	22.17	18.01
Sondeo 4	2Y3	0.70	1.60	SC	23.99	20.03

Fuente. Autor

2.2.4. Gravedad especifica

La gravedad especifica de las partículas sólidas del suelo, es la relación que hay entre la masa de un cierto volumen de solidos a una temperatura dada y la masa del mismo volumen de agua destilada y libre de gas a igual temperatura. Para hallar el valor de gravedad especifica se realizó el ensayo mencionado en la norma INVE 128-13.

En la Tabla 4, se muestra un resumen de los ensayos realizados para peso específico,

Tabla 4. Resumen resultados gravedad especifica.

Sondeo	Muestra	Profundidad		SUCS	Peso Específico
		De (m)	A (m)		
Sondeo 2	6Y7	2.75	3.65	SC	2.67
Sondeo 4	5Y6	2.05	2.95	SC	2.69

Fuente. Autor

2.2.5. Ensayo compresión inconfinada

La compresión simple es un ensayo derivado del ensayo triaxial en el cual se someten esfuerzos verticales con la deformación controlada sin confinamiento lateral y tiene por finalidad determinar la resistencia a la compresión no confinada (qu), de un cilindro de suelo cohesivo o semi-cohesivo. Esta se emplea también para calificar la consistencia del suelo como muy blanda, blanda, mediana, firme, muy firme y dura. En la Tabla 5, se presenta en manera de resumen los resultados del ensayo de compresión inconfinada.

Tabla 5. Resumen de resultados compresión inconfinada.

Sondeo	Profundidad (m)		Resistencia Compresión Inconfinada qu (kg/cm^2)	Resistencia al Corte No drenada Cu (kg/cm^2)	Consistencia
	DE	A			
Sondeo 1	0.50	1.50	0.429	0.215	Blanda
Sondeo 3	0.50	1.40	0.215	0.107	Muy blanda

Fuente. Autor

2.2.6. Ensayo de corte directo

La determinación de la resistencia al corte se realizó con el ensayo de Corte Directo (CD), según la norma INVE 154-13 (Determinación de la resistencia al corte, método corte directo consolidado drenado). En este ensayo se aplica la presión normal, se humedece la muestra del suelo hasta finalizar la consolidación primaria y a continuación se procede a la rotura de la muestra a una velocidad constante de deformación. Con este ensayo se obtienen los parámetros resistentes de Cohesión (c') y Ángulo de Fricción (Φ').

En la Tabla 6, se presentan a manera de resumen los resultados del ensayo de corte efectuado para el desarrollo del presente estudio.

Tabla 6. Resumen de resultados de corte directo.

Sondeo	Profundidad (m)	Φ	Cohesión drenada kPa
Sondeo 1	0.50-1.50	24.19	4.54
Sondeo 2	0.50-1.40	24.54	5.21

Fuente. Autor

3. ANÁLISIS GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURAL

El 20 de octubre de 2022, el despacho administrativo de Barrancabermeja emitió una sentencia que ordena a la Comercializadora Súper Estrellas S.A.S llevar a cabo varias acciones con respecto a las instalaciones ubicadas en el edificio City Center, las cuales se encuentran en un área de espacio público. Estas acciones incluyen:

- La demolición de la rampa de acceso al subterráneo.
- La demolición del tanque de almacenamiento de agua subterráneo.
- La demolición de las columnas ubicadas en el área del edificio City Center, que están en espacio público.

Además, se exige que la Comercializadora Súper Estrellas S.A.S realice lo siguiente:

- Llevar a cabo el cubrimiento total de la excavación que se realizó en el espacio público.
- Restituir la plazoleta que fue intervenida como parte de la demolición y excavación.

Es relevante subrayar que la sentencia incluye la expectativa de que todas estas obras se ejecuten con el propósito de restituir el bien en cuestión a condiciones equivalentes o incluso superiores a las que tenía previo a su ocupación e intervención.

Hay que tener en cuenta que el edificio City Center fue concebido en 2013 con un proyecto de construcción de veinticinco (25) pisos. En ese momento, la estructura existente contaba con cinco (5) pisos y los estudios iniciales apuntaban a una estructura de aproximadamente quince (15) pisos. Hernán David Flórez Olivares realizó un estudio de suelos para la Comercializadora Súper Estrellas S.A.S. para la futura edificación.

Posteriormente, en 2017, la firma Torres Ingeniería llevó a cabo un estudio de suelos para evaluar la funcionalidad de la cimentación existente. Este estudio concluyó, a través de los apiques realizados en las zapatas de la edificación, que estas estaban unidas mediante vigas de amarre como sistema de cimentación, con un total de 62 zapatas, como se puede apreciar en la Imagen 10.

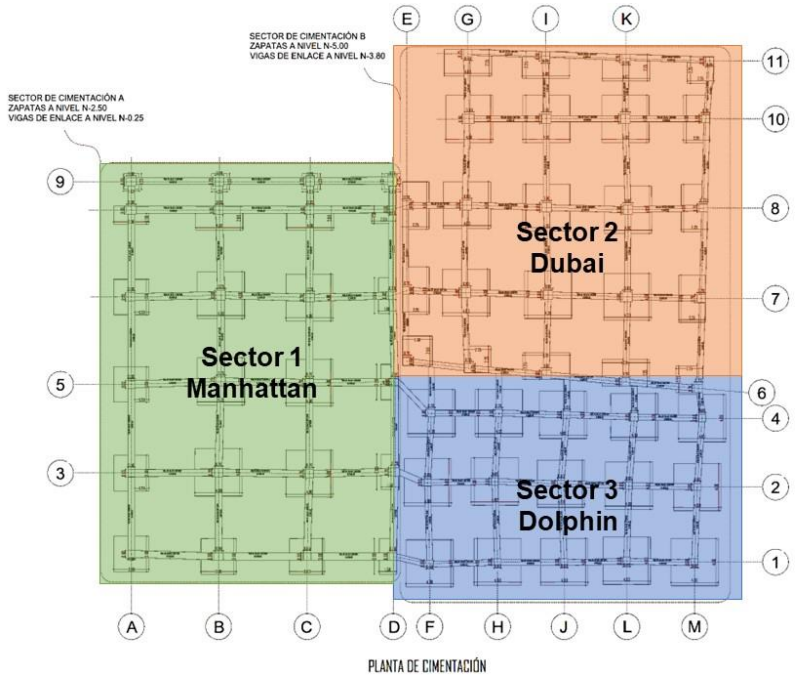


Imagen 10. Plano de cimentación del 2019 edificio City Center. *Fuente: Universidad industrial de Santander*

Es importante señalar que, aunque el proyecto del City Center se refiere a nivel arquitectónico como una sola edificación, desde una perspectiva geotécnica y estructural, en realidad se trata de tres edificaciones independientes: el edificio Manhattan, el Dubai y el Dolphin. Estas edificaciones tienen sistemas de cimentación y estructuras independientes hasta el cuarto piso, donde se proyectó una unificación de los diferentes edificios mediante una sola losa.

La edificación comenzó a utilizarse en 2013, después de haber permanecido desocupada durante 10 años. La cimentación consta de zapatas aisladas con vigas de amarre, un total de 58 zapatas, además de 1 eje adicional de 4 zapatas que no aparece en el plano oficial del proyecto. Este eje de zapatas se encuentra en el área del antiguo edificio Manhattan. Los materiales de construcción han experimentado un proceso de consolidación debido a la antigüedad del edificio.

El área de estudio se ubica en el sector comercial, en la comuna 1, específicamente por la entrada de la calle 50 del edificio City Center el cual tiene su dirección es Carrera 8 No. 06-19, en el municipio de Barrancabermeja, Santander. La Alcaldía de Barrancabermeja busca determinar la viabilidad de llevar a cabo la demolición de la rampa, el tanque subterráneo y las columnas. Esto se debe a que la demolición de los muros que componen el tanque subterráneo podría potencialmente desestabilizar el talud y tener un impacto en la integridad de la estructura del edificio City Center, lo que podría manifestarse en forma de fisuras y el deterioro de la estructura.

En la Figura 5, en el lado izquierdo, se muestra una vista en planta de la zona de estudio, destacada por un polígono sombreado en rojo. Esta área está compuesta por seis (6) columnas, una rampa de acceso subterráneo y un tanque de agua subterráneo. En la figura de la derecha, se aprecia una vista transversal de la rampa y el tanque subterráneo.

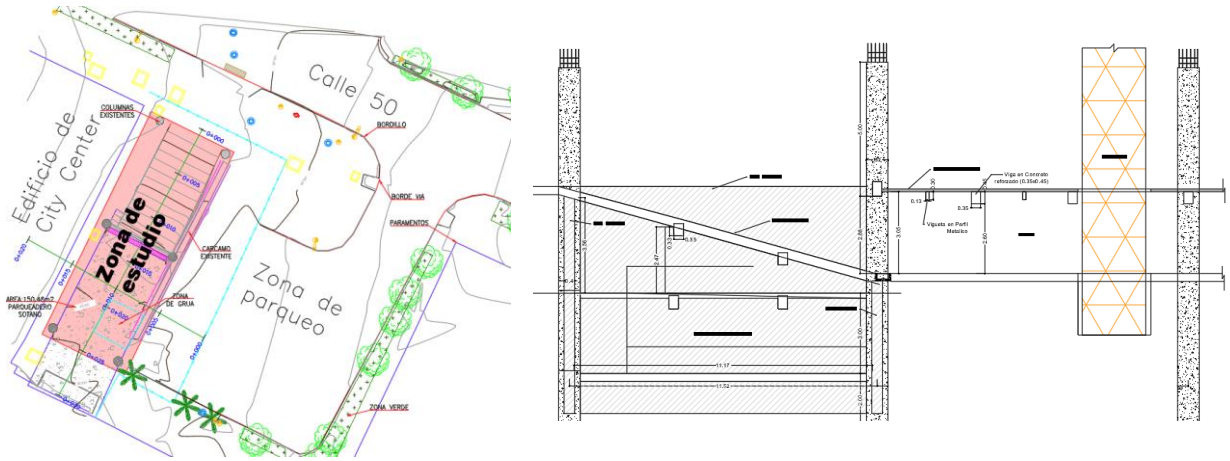


Figura 5. Ubicación de la zona de estudio. *Fuente. Autor.*

En la Imagen 11, se señala por medio de una flecha punteada el edificio de City Center y con flecha rellena la ubicación de las columnas y la zona de estudio.

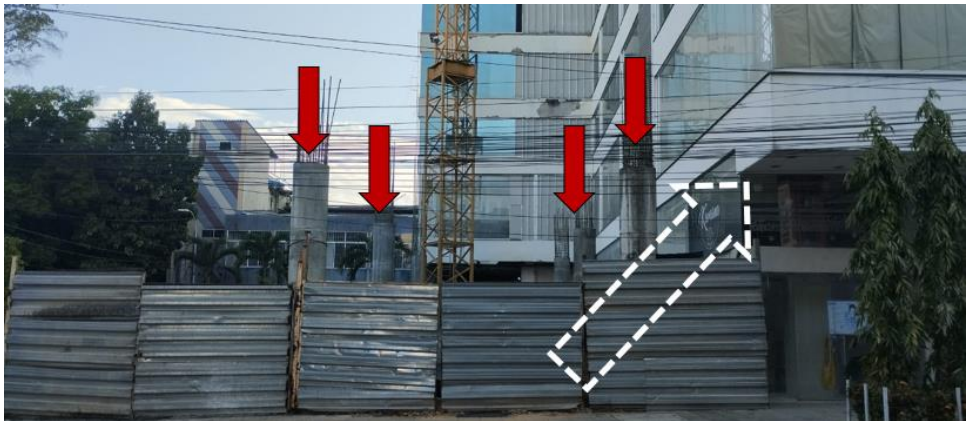


Imagen 11. Ubicación de la zona de estudio. Fuente. Autor

En la Imagen 12, en la imagen izquierda, se indica con una flecha roja la ubicación de la rampa de acceso al área subterránea, y con una flecha punteada, se muestra la puerta de las escaleras que conducen a la zona donde se encuentra el tanque subterráneo. Mientras que, en la imagen derecha, se destaca con una flecha la entrada al tanque subterráneo, como se aprecia en la última imagen, las paredes del tanque subterráneo están conformadas por muros pantalla.



Imagen 12. Ubicación de la zona de estudio. *Fuente. Autor*

Por consiguiente, para llevar a cabo la demolición de la rampa de acceso al subterráneo, del tanque de almacenamiento de agua subterráneo y las columnas situadas en el área pública del edificio City Center, es imperativo realizar un análisis geotécnico y estructural, el cual se llevará a cabo de la siguiente manera:

3.1 Análisis estructural

En la modelación estructural, se realizado el análisis con el fin de valorar el nivel de esfuerzos internos y los desplazamientos sísmicos de la estructura en donde se llevara a cabo la demolición, se elaboró un modelo tridimensional. El modelo se elabora utilizando elementos finitos Frame y Shell. Los elementos finitos Frame son utilizados para modelar vigas y columnas, para considerar la cubierta se usarán los elementos tipo Shell.

Considerando el tipo de cimentación, la rigidez y capacidad de los suelos que sirven de apoyo a la misma, se considera para efectos del modelo que los elementos se encuentran empotrados en la base.

El sistema estructural contempla pórticos resistentes a momentos en concreto reforzado que resisten la totalidad de las fuerzas sísmicas, cargas verticales como peso propio, carga muerta y carga viva, las cuales tienen la responsabilidad de soportar el 100% de las cargas

gravitacionales y el 100% de las cargas sísmicas. Además, se utilizan muros en concreto reforzado biapoyados para verificar las solicitaciones por la carga realizada por el empuje del suelo.

Análisis de la etapa de demolición 1:

Esta etapa comprende la eliminación total de la rampa de acceso al sótano, la cual tiene un peso aproximado de 50 ton, es necesario realizar un nuevo modelamiento con el fin de determinar si dicho peso afecta de alguna manera las condiciones de carga de los elementos del sótano.



Figura 6. Modelo 3D etapa de demolición 1.

Nuevamente se revisa las condiciones de esfuerzos a los cuales están siendo sometidos los elementos ya que se espera que estos sean un poco menos representativos debido a la falta de las vigas y placa que componían a la rampa de acceso, es de aclarar, que las condiciones de empuje del suelo se mantienen similares, pero las cargas que podrían aparecer, en el caso de la ocurrencia de un sismo disminuyen debido a la disminución de la masa de la estructura.

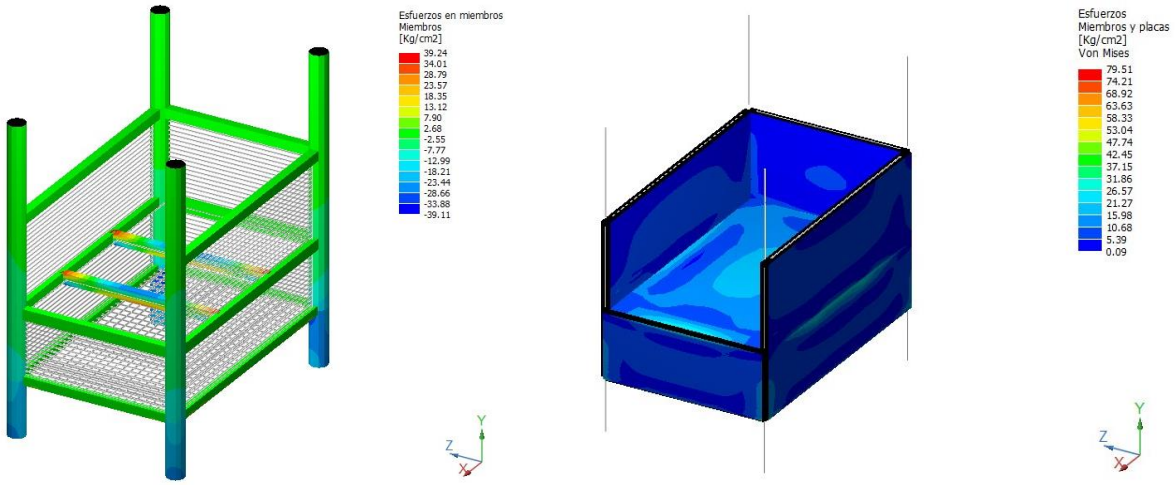


Figura 7. Esfuerzo en miembros para envolvente – Esfuerzos en placas para envolvente.

Se puede apreciar el aumento de los desplazamientos máximos sobre los ejes de la estructura, lo cual demuestra que las vigas de la rampa funcionaban como puntales que ayudaban a restringir el movimiento de la edificación, sin embargo, aun así, estos movimientos traslacionales no son suficientes para general algún tipo de inestabilidad durante el proceso de demolición de la rampa.

Análisis de la etapa de demolición 2:

El segundo análisis que se realizó fue contemplando la demolición de la tapa superior del tanque de agua potable ubicado debajo de la rampa de acceso al sótano, en la cual se espera que las presiones laterales sobre los muros de concreto reforzado de 40 cm de espesor ejerzan un mayor trabajo sobre los muros y de igual manera se presenten mayores desplazamientos debido a la altura de estos.

Al realizarse el análisis de la estructura se puede verificar que la estructura presenta esfuerzos más representativos para la estructural pero aun así estos esfuerzos internos dentro de los elementos de concreto (vigas, muros y columnas) no son lo suficientemente particulares para producir patologías en la estructura analizada que conforma el tanque subterráneo.

Es de aclarar que solo se realizará la demolición de los dos elementos viga presentes en la placa del tanque, así mismo también se eliminará la placa de concreto que se encuentra apoyada sobre dichas vigas, por ningún motivo deberán verse demolerse las vigas de concreto perimetrales que están embebidas dentro del muro de contención ya que puede producir inestabilidad en el muro.

Se muestran a continuación los resultados del análisis de esfuerzos internos de los elementos una vez sea realizada la demolición de la tapa de tanque.

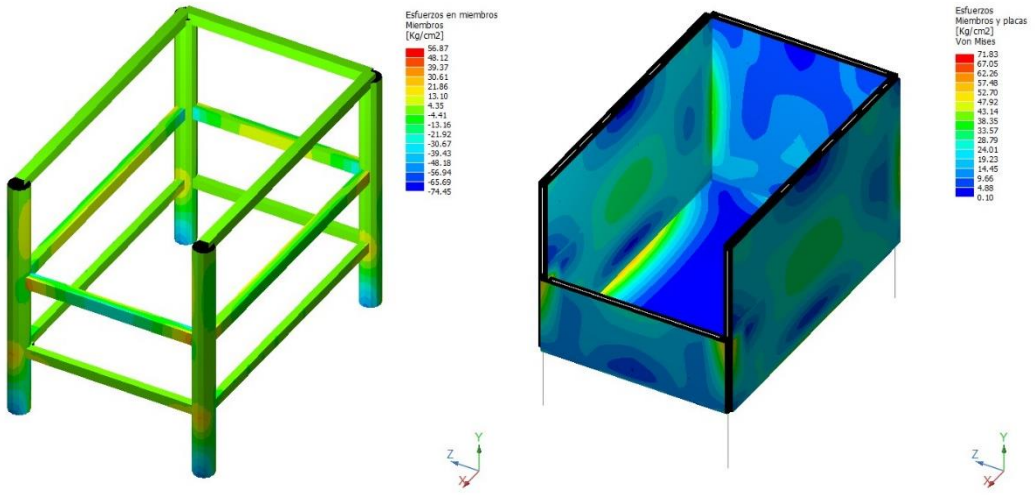


Figura 8. Esfuerzo en miembros para envolvente – Esfuerzos en placas para envolvente.

3.2 Análisis geotécnico

En una primera fase, se proporciona una descripción del perfil del terreno encontrado. A continuación, se realiza un análisis de estabilidad general excluyendo los muros que componen el tanque subterráneo. Posteriormente, se lleva a cabo un análisis reintegrando únicamente los muros. Finalmente, se realiza un análisis mediante el método de elementos finitos para evaluar las deformaciones en conjunto de los muros pantalla y las zapatas del edificio City Center.

3.2.1 Análisis de estabilidad

En el estudio de suelos y análisis geotécnico se realizó el análisis del talud ubicado en el sótano entre la rampla del acceso subterráneo y el tanque de agua subterráneo que se encuentra ubicado en el edificio City Center, del Municipio de Barrancabermeja, Departamento de Santander con la finalidad de evaluar la estabilidad al demoler los muros que conforman el tanque subterráneo.

Factores de seguridad empleados en los análisis de estabilidad: Los factores de seguridad empleados fueron los prescritos por la NSR-10 tabla H.6.9-1, los cuales se pueden observar en la Tabla 7.

Tabla 7. Factores de seguridad básicos mínimos directos.

	FSBM		FSBUM	
Condición	**Diseño**	**Construcción**	**Diseño**	**Construcción**
Carga Muerta + Carga Viva Normal	1,5	1,25	1,8	1,4
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	1,25	1,1	1,4	1,15
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo estatico	1,1	1	No se permite	No se permite
Taludes – Condición estática y agua subterránea normal	1,5	1,25	1,8	1,4
Taludes – Condición seudo-estática y agua subterránea normal y coeficiente sísmico de diseño	1,05	1	No se permite	No se permite

Fuente. NSR-10 tabla H.2.4-1.

Considerando los eventos detonantes y los requerimientos de la NSR-10 se establecieron dos escenarios de análisis de estabilidad.

1. Condición estática sin obras de estabilidad
2. Condición estática con obras de estabilidad

Estos escenarios para cumplir con los requerimientos de la NSR-10 deben cumplir con los siguientes factores de seguridad de la Tabla 7.

Para llevar a cabo los análisis de sobrecargas generadas por el edificio City Center, se emplearán los cálculos generados a partir del estudio de suelos realizado por la firma Torres Ingeniería en 2017. Estos cálculos se basan en la carga que reciben las zapatas del sector 1 de Manhattan, específicamente de los ejes B-7, C-7, B-8, C-8, B-9 y C-9, como se ilustra en la Imagen 10. Es relevante señalar que estas zapatas cuentan con una profundidad de cimentación de 3.60 metros, y las cargas correspondientes a cada zapata se detallan en la Tabla 8.

Tabla 8. Coeficiente de Balasto.

Zapata	Carga KN (WL+WD)	Esfuerzo Total [Kpa]	Asentamiento [m]	Ks [Ton/m3]
B-7	18936	1184	0.230	514.6
B-8	19346	1209	0.180	671.7
B-9	15365	1921	0.170	1129.8
C-9	14368	1796	0.090	1995.6
C-8	18277	1142	0.190	601.2
C-7	18161	1135	0.200	567.5

Fuente. Torres ingeniería, 2017.

En la Figura 9 se puede observar el perfil transversal del sitio de estudio en el cual se desarrolla el modelo.

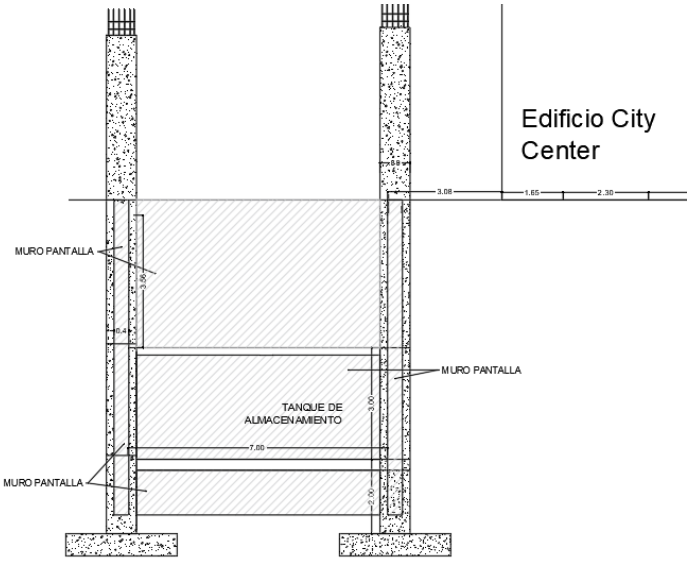


Figura 9. Perfil transversal de estudio *Fuente. Autor.*

Análisis de estabilidad global

En la Figura 10 se observa el resultado del análisis de estabilidad para el perfil transversal sin muros, en el Anexo 5 se puede observar la memoria de cálculos. El análisis de factor de seguridad bajo condiciones estáticas dio como resultado Fs=0,457 menor al Fs=1,5 indicado por la NSR-10 en la Tabla 7, no cumple.

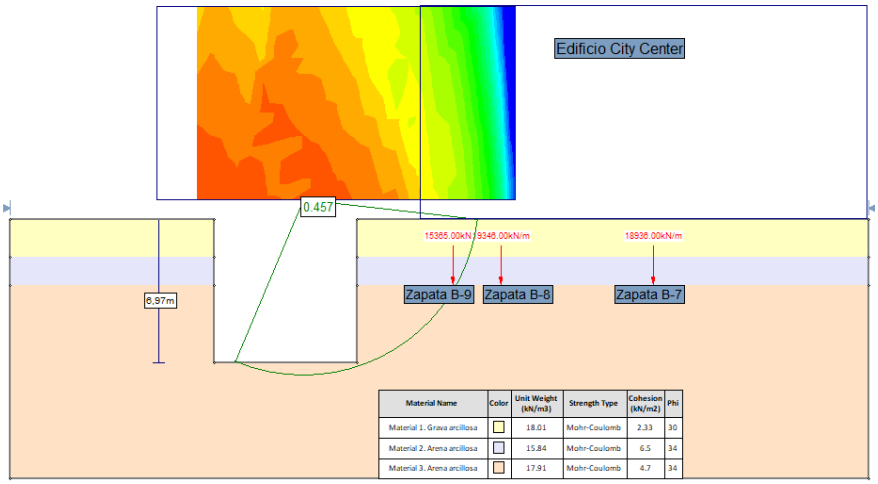


Figura 10. Resultado de un análisis estático del talud sin muros Fs=0,457. Fuente. Autor

En la Figura 11 se observa el resultado del análisis de estabilidad para el perfil transversal con muros, en el Anexo 5 se puede observar la memoria de cálculos. El análisis de factor de seguridad bajo condiciones estáticas dio como resultado Fs=0,625 menor al Fs=1,5 indicado por la NSR-10 en la Tabla 7, no cumple.

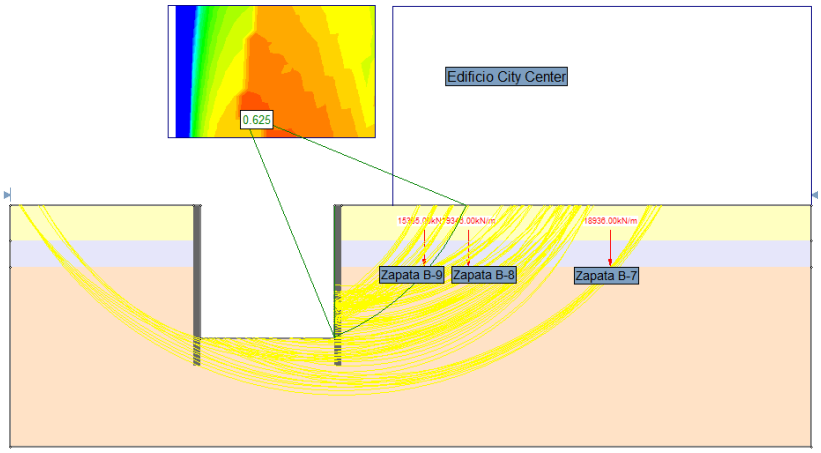


Figura 11. Resultado de un análisis estático del talud sin muros Fs=0,625. Fuente. Autor

Debido a la necesidad de demoler la estructura que conforma la rampa subterránea, incluyendo el tanque subterráneo con sus placas y muros de concreto, es fundamental considerar que esta operación podría provocar desplazamientos en el terreno circundante, lo que a su vez podría resultar en asentamientos en las zapatas del edificio City Center. Estos asentamientos pueden generar daños adversos funcionales y estéticos a la construcción del edificio; es por ello que estimar previamente las deflexiones en el sistema de contención y asentamientos en áreas vecinas durante el proceso de demolición. En este informe se presentan los resultados del caso de demoler todas las placas de concreto que conforman el tanque subterráneo por medio del software Plaxis adoptando el criterio elementos finitos que permiten evaluar los asentamientos de las zapatas B-7, B-8 y B-9.

A continuación, se puede observar los modelos de calculo que se han empleado durante la simulación numérica con el programa de cálculo Plaxis, junto las salidas graficas de los

resultados correspondientes a las mallas deformadas, en las cuales se pueden apreciar los desplazamientos tanto de las pantallas como del terreno. El escenario a considerar implica la conservación de los muros pantalla, mientras se procede a demoler todas las placas y la rampa que componen la zona de estudio.

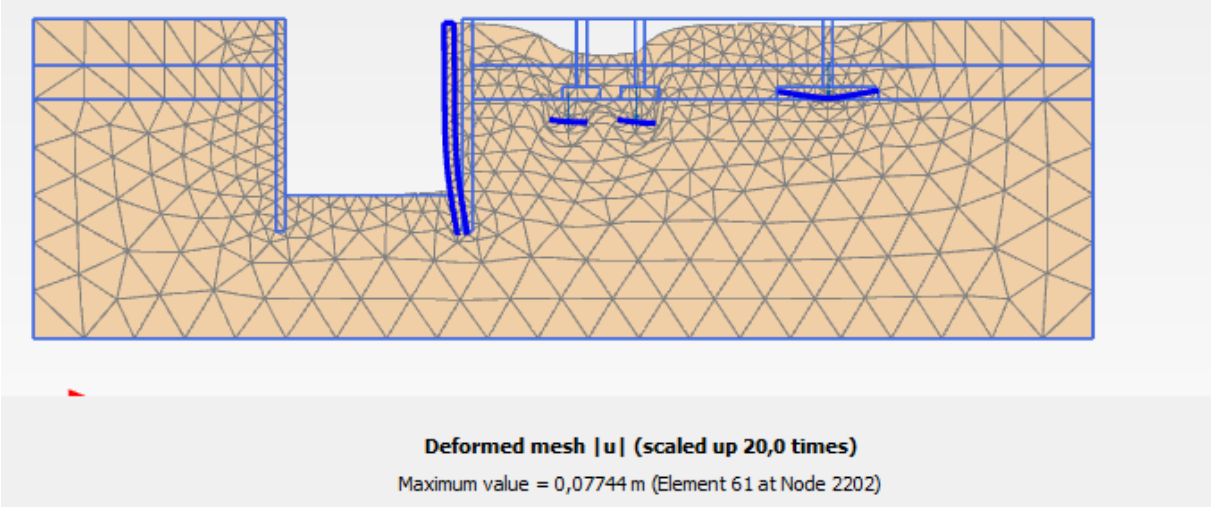


Figura 12. Salida grafica de la deformación del terreno y la pantalla. Fuente. Autor

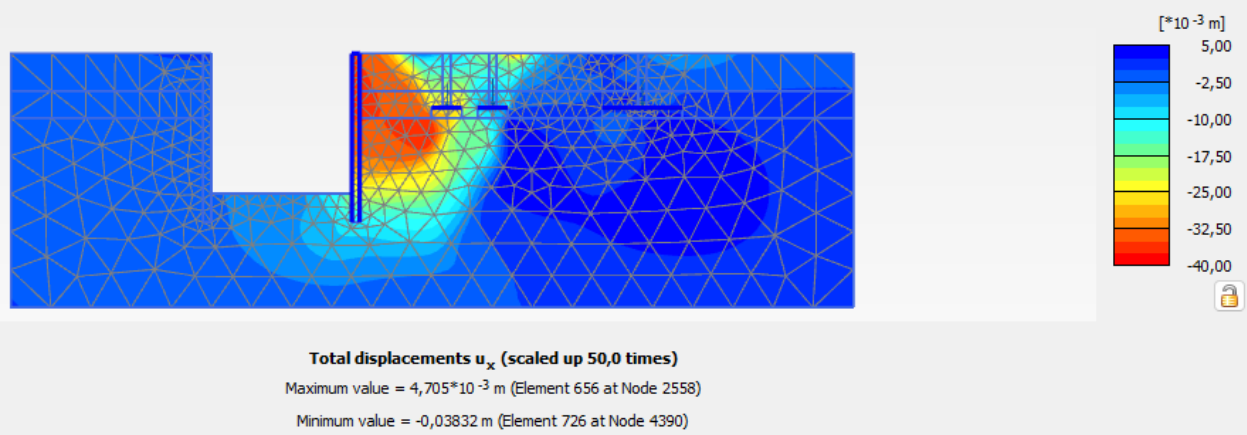


Figura 13. Salida grafica de los desplazamientos en el eje x. Fuente. Autor

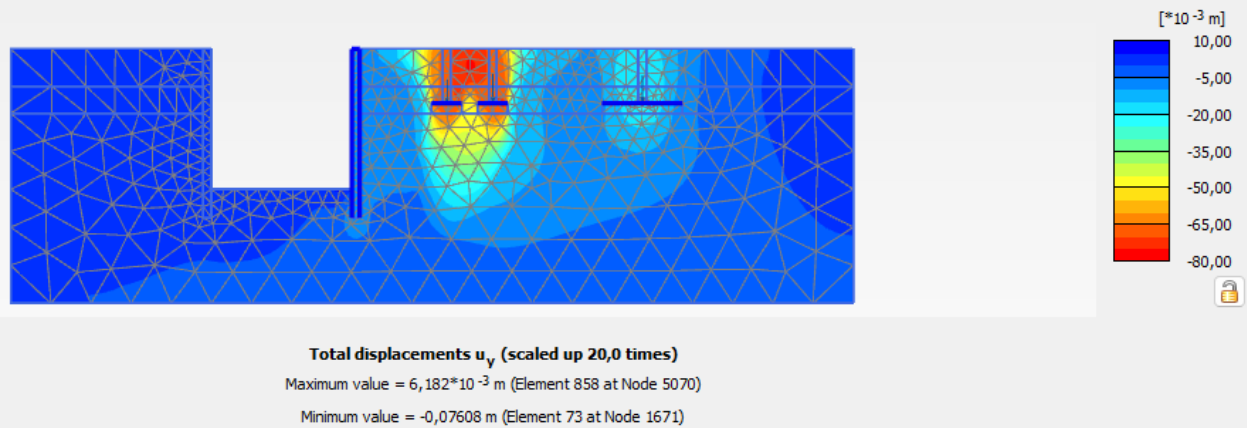


Figura 14. Salida grafica de los desplazamientos en el eje y. Fuente. Autor

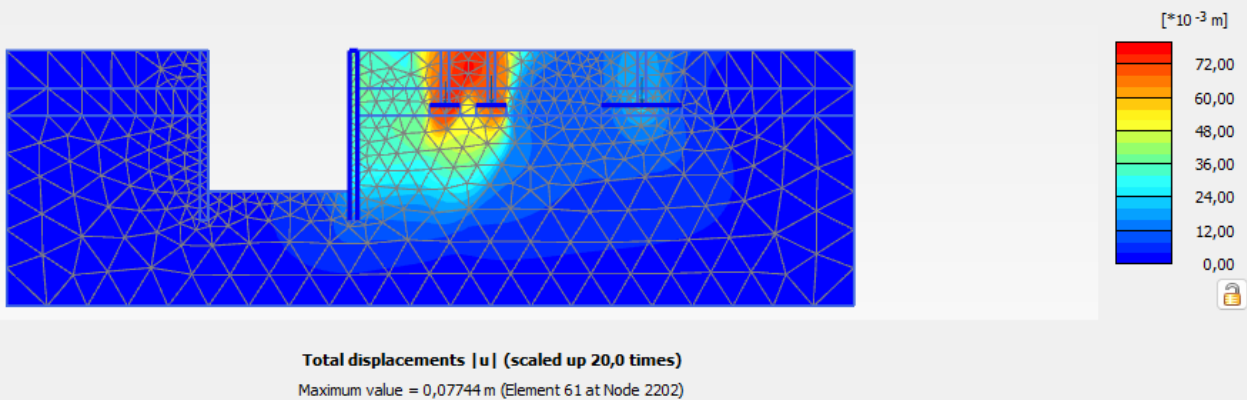


Figura 15. Salida grafica de los desplazamientos en el eje totales. Fuente. Autor

Teniendo en cuenta la evaluación previa de la estabilidad del talud sin los muros (véase Figura 10), el cual se concluyó que no es estable, y el análisis mediante el método de elementos finitos con los muros pantalla, pero excluyendo las placas que componen el tanque subterráneo, destinado a estudiar los desplazamientos en el muro pantalla y al mismo tiempo, examinar las afectaciones en el terreno circundante, se determinó que las zapatas del edificio City Center presentan asentamientos de 7,7 cm.

4. PROCESO DE DEMOLICIÓN

Los pasos para la demolición se contemplan a continuación:

1. Corte a nivel de piso de columnas circulares con diámetro de 0.80m de concreto reforzado (ver detalles de columna en plano LEV_CTCNT_01). La columna 5 y 6, puede o no, de acuerdo con el constructor y la interventoría, ser demolidas posterior al retiro de la torre grúa.

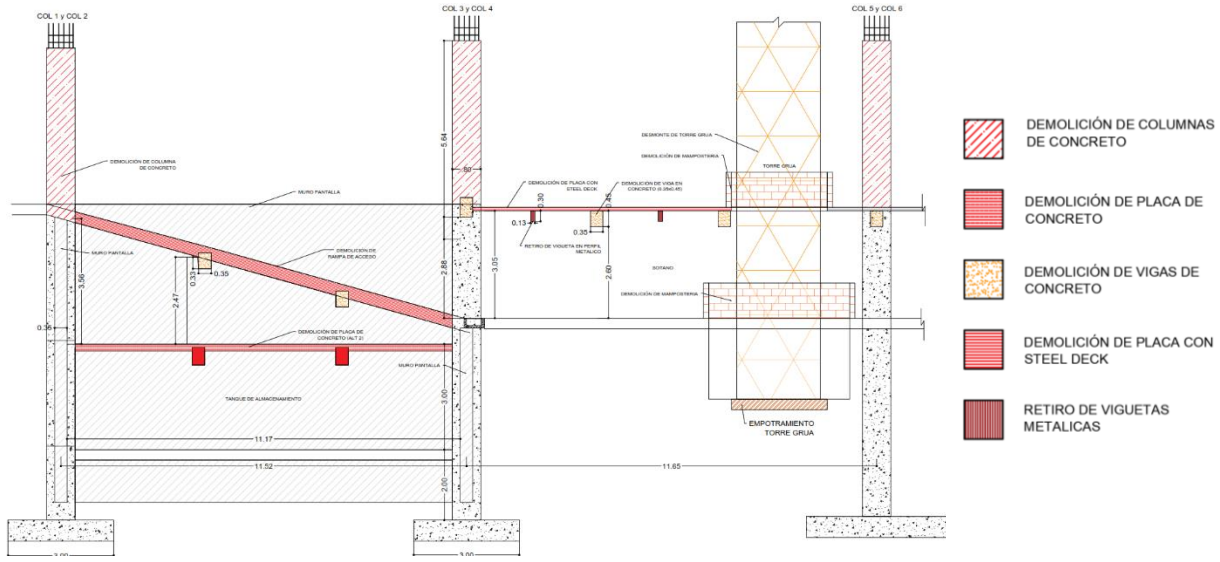


Figura 16. Detalle plano LEV_CTCNT_01 en el corte A-A'.

2. Desmantelamiento de torre grúa a nivel de empotramiento, se requiere personal especializado para ello.

3. Demolición de muros de mampostería perimetrales a la torre grúa.

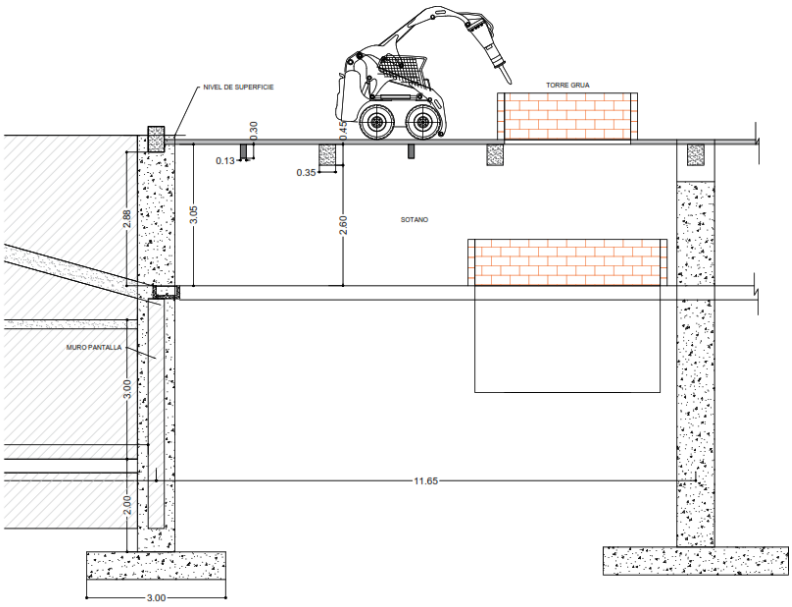


Figura 17. Detalle plano LEV_CTCNT_02 fase 3.

4. Relleno granular de material seleccionado para hueco de torre grúa.

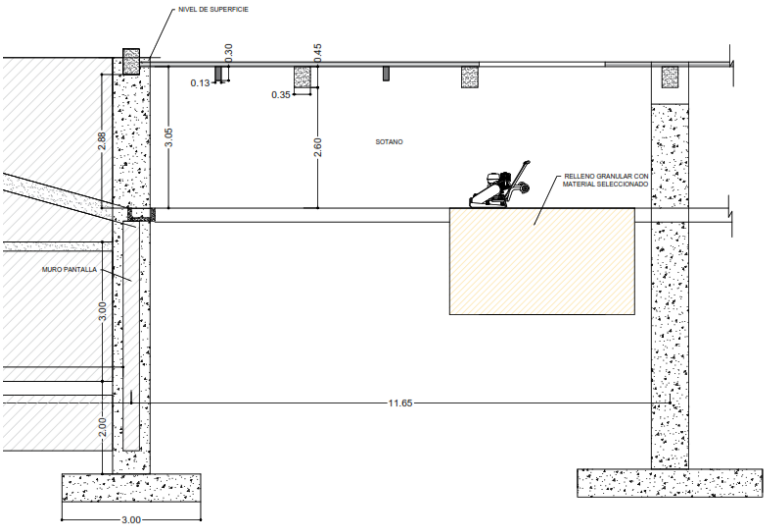


Figura 18. Detalle plano LEV_CTCNT_02 fase 4.

5. Desmantelamiento de placa metálica Steel Deck, incluye demolición de vigas de apoyo y perimetrales.

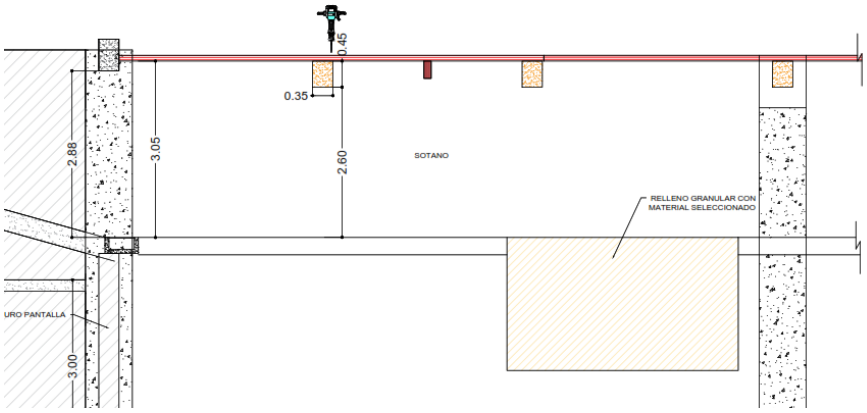


Figura 19. Detalle plano LEV_CTCNT_03 fase 5.

6. Se sugiere la construcción de un muro de contención tipo cantiléver. Sin embargo, para efectos de la metodología del proceso de demolición, se plantea provisionalmente la construcción de un cerramiento en mampostería doble con revestimiento impermeabilizado en ambos lados. Esto se debe a que el alcance técnico no abarca el diseño estructural y geotécnico del muro de contención cantiléver.

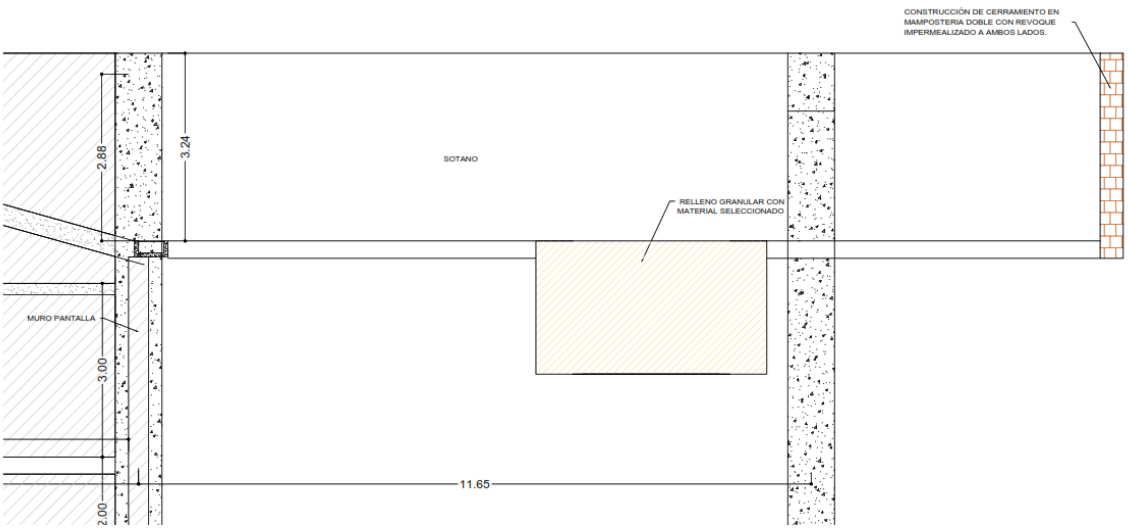


Figura 20. Detalle plano LEV_CTCNT_03 fase 6.

7. Demolición de escalera y relleno del área del sótano, de modo que se pueda usar como rampa temporal.

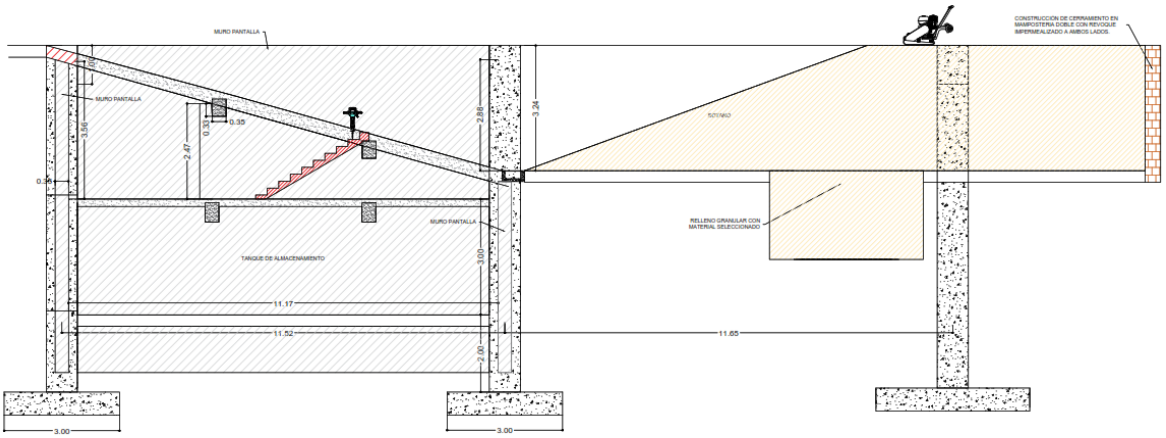


Figura 21. Detalle plano LEV_CTCNT_03 fase 7.

Alternativa 1.

1. se hace la demolición de la rampa de acceso.

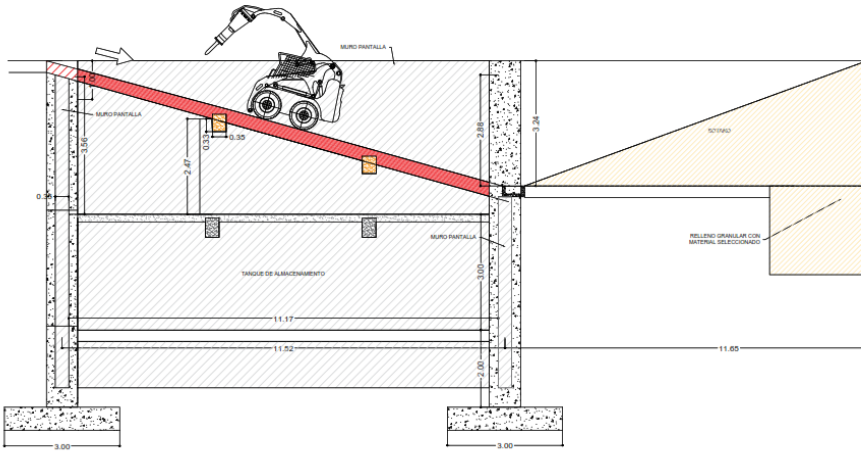


Figura 22. Detalle plano LEV_CTCNT_03 Alternativa 1.

2. Se procede a rellenar sobre la placa del tanque de almacenamiento hasta alcanzar la superficie.

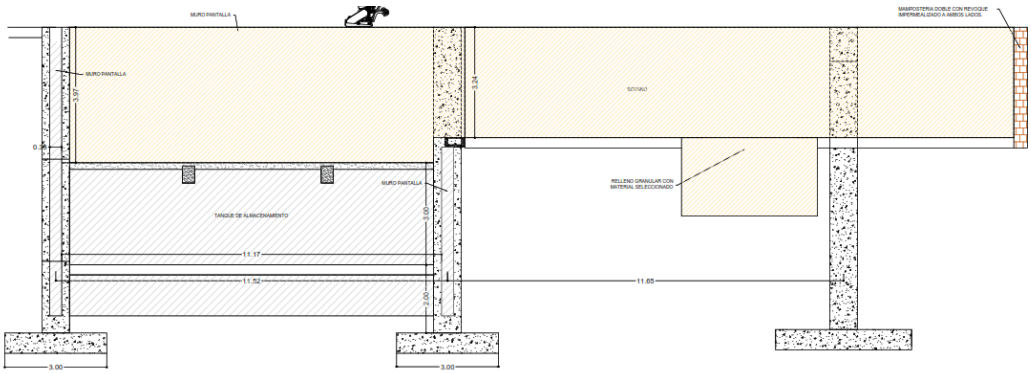


Figura 23. Detalle plano LEV_CTCNT_04 Alternativa 1.

Alternativa 2

1. Se hace demolición de la rampa de acceso y placa superior del tanque de almacenamiento.

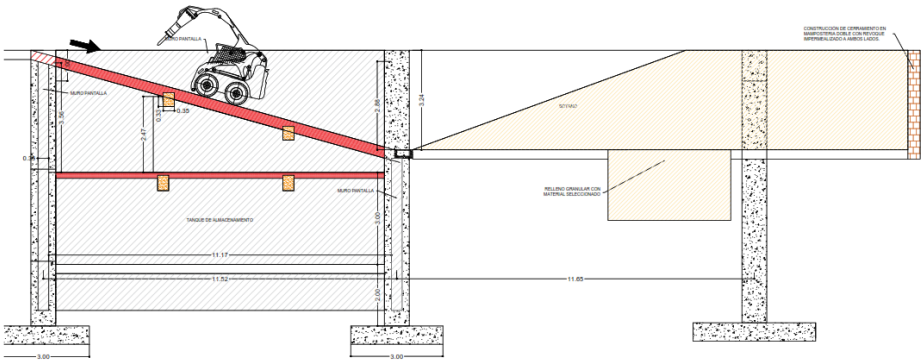


Figura 24. Detalle plano LEV_CTCNT_04 Alternativa 2.

2. Se rellena hasta alcanzar la superficie.

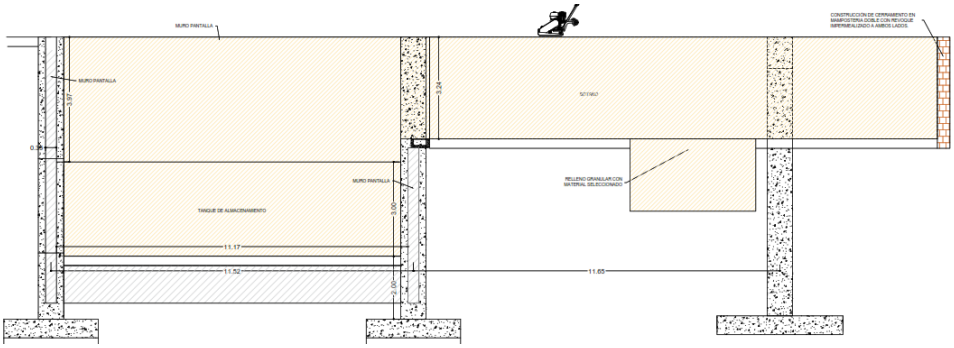


Figura 25. Detalle plano LEV_CTCNT_04 Alternativa 2.

10. Habilitación del espacio público a condiciones iniciales.

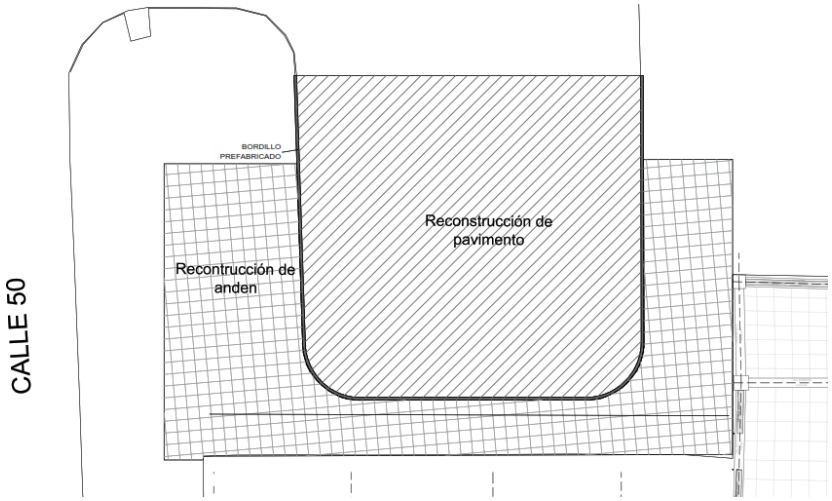


Figura 26. Detalle plano LEV_CTCNT_04 vista en planta de la reconstrucción del área.

5. PRESUPUESTO Y CANTIDADES DE OBRA

Se presupuesta y cuantifica las cantidades de obra para el proceso de demolición de la rampa de acceso y placa superior del tanque de almacenamiento del edificio City Center del Distrito de Barrancabermeja, en el departamento de Santander.

Para la deducción de las cantidades de obra, se tuvo en cuenta los planos generales resultado de los diferentes análisis efectuados en desarrollado en el presente estudio. Dentro del alcance, el presupuesto es realizado para el caso de demolición alternativa 1, se propuso de manera preliminar un muro de mampostería doble como cerramiento a la entrada del parqueadero, pero se recomienda sea construido un muro de contención en concreto con su debido estudio y diseño, teniendo en cuenta que dentro del alcance del estudio este no se contempla.

En el presupuesto general de construcción. Se presenta la memoria de cantidades de obra. La información de Lista de Precios Básicos, Jornales y Equipos fueron consultados con ferreterías, distribuidores, contratistas y empresas del Municipio de Barrancabermeja.

Con base a la información recopilada se dedujeron los precios, los cuales se considerado con las cantidades de obra a efectuar, conforman el presupuesto del proyecto.

También se consultaron listas de análisis unitarios con que cuentan diferentes dependencias del Municipio de Barrancabermeja, se discriminaron tres rubros principales: Equipos y Herramientas, Materiales y Mano de obra.

PRESUPUESTO DE OBRA ALTERNATIVA 1					
ITEM	ACTIVIDADES	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/PARCIAL
1	PRELIMINARES				$ 27.994.687,56
1.01	LIMPIEZA Y ADECUACIÓN DEL AREA	M2	318,20	$ 5.873,00	$ 1.868.788,60
1.02	DESMONTE DE TORRE GRUA	UND	1,00	$ 25.000.000,00	$ 25.000.000,00
1.03	PARALES METALICOS PARA ENTIBAMIENTO	M2	29,88	$ 37.680,69	$ 1.125.898,96
2	DEMOLICIONES				$ 45.630.773,44
2.01	DEMOLICIÓN DE COLUMNAS DE CONCRETO	M3	34,20	$ 341.673,00	$ 11.685.216,60
2.02	DEMOLICIÓN DE PLACA DE CONCRETO	M3	30,14	$ 267.505,00	$ 8.062.600,70
2.03	DEMOLICION DE VIGAS EN CONCRETO	M3	6,62	$ 267.505,00	$ 1.770.883,10
2.04	DEMOLICIÓN DE PLACA DE CONCRETO CON STEEL DECK	M2	119,20	$ 49.751,00	$ 5.930.319,20
2.05	DEMOLICIÓN DE MUROS EN CONCRETO	M2	8,58	$ 84.798,00	$ 727.566,84
2.06	DEMOLICIÓN DE MAMPOSTERIA	GLB	1,00	$ 857.571,00	$ 857.571,00
2.07	DEMOLICIÓN DEL PAVIMENTO EXISTENTE	M2	203,00	$ 35.732,00	$ 7.253.596,00
2.08	DEMOLICIÓN DE ANDEN EXISTENTE	M2	157,00	$ 36.380,00	$ 5.711.660,00
2.09	RETIRO DE MATERIAL SOBRANTE Y ESCOMBROS	M3-km	2837,00	$ 1.280,00	$ 3.631.360,00
3	MOVIMIENTO DE TIERRA				$ 79.724.736,00
3.01	RELLENO CON MATERIAL SELECCIONADO, COMPACTADO AL 90% PROCTOR	M3	728,00	$ 109.512,00	$ 79.724.736,00
4	RESTAURACIÓN DEL ESPACIÓ PUBLICO				$ 140.355.919,50
4.01	SUMINISTRO Y COMPACTACIÓN DE SUBBASE GRANULAR e=10cm	M2	894,00	$ 109.512,00	$ 97.903.728,00
4.02	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BORDILLO PREFABRICADO DE CONCRETO 50x20x35CM (Inlcuye mortero de pega)	ML	54,00	$ 86.449,00	$ 4.668.246,00
4.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE LOSETA PREFABRICADO EN CONCRETO DE 40X40X6CM COLOR GRIS PARA EL ANDÉN	M2	256,00	$ 15.340,00	$ 3.927.040,00
4.04	PAVIMENTO DE MEZCLA BITUMINOSA CONTINUA EN CALIENTE e=10cm	M3	31,90	$ 1.023.695,00	$ 32.655.870,50
4.05	RIEGO DE IMPRIMACION CON EMULSION ASFALTICA CRL -1	M2	319,00	$ 3.765,00	$ 1.201.035,00
TOTAL COSTO DIRECTO					$ 293.706.116,50
				ADMINISTRACION 29%	$ 85.174.774,00
				IMPREVISTOS 1%	$ 2.937.061,00
				UTILIDAD 5%	$ 14.685.306,00
				AIU	$ 102.797.141,00
SUBTOTAL BASICO OBRAS (A)					$ 396.503.257,50
				PLAN DE MANEJO AMBIETAL	$ 21.650.000,00
TOTAL PROYECTO					$ 418.153.257,50

Se presupuesta y cuantifica las cantidades de obra para el proceso de demolición de la rampa de acceso y placa superior del tanque de almacenamiento del edificio City Center del Distrito de Barrancabermeja, en el departamento de Santander.

Para la deducción de las cantidades de obra, se tuvo en cuenta los planos generales resultado de los diferentes análisis efectuados en desarrollado en el presente estudio. Dentro del alcance, el presupuesto es realizado para el caso de demolición alternativa 2, se propuso de manera preliminar un muro de mampostería doble como cerramiento a la entrada del parqueadero, pero se recomienda sea construido un muro de contención en concreto con su debido estudio y diseño, teniendo en cuenta que dentro del alcance del estudio este no se contempla.

En el presupuesto general de construcción. Se presenta la memoria de cantidades de obra. La información de Lista de Precios Básicos, Jornales y Equipos fueron consultados con ferreterías, distribuidores, contratistas y empresas del Municipio de Barrancabermeja.

Con base a la información recopilada se dedujeron los precios, los cuales se considerado con las cantidades de obra a efectuar, conforman el presupuesto del proyecto.

También se consultaron listas de análisis unitarios con que cuentan diferentes dependencias del Municipio de Barrancabermeja, se discriminaron tres rubros principales: Equipos y Herramientas, Materiales y Mano de obra.

PRESUPUESTO DE OBRA ALTERNATIVA 2					
ITEM	ACTIVIDADES	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNITARIO	V/PARCIAL
1	PRELIMINARES				$ 27.994.687,56
1.01	LIMPIEZA Y ADECUACIÓN DEL AREA	M2	318,20	$ 5.873,00	$ 1.868.788,60
1.02	DESMONTE DE TORRE GRUA	UND	1,00	$ 25.000.000,00	$ 25.000.000,00
1.03	PARALES METALICOS PARA ENTIBAMIENTO	M2	29,88	$ 37.680,69	$ 1.125.898,96
2	DEMOLICIONES				$ 50.993.769,99
2.01	DEMOLICIÓN DE COLUMNAS DE CONCRETO	M3	34,20	$ 341.673,00	$ 11.685.216,60
2.02	DEMOLICIÓN DE PLACA DE CONCRETO	M3	45,77	$ 267.505,00	$ 12.243.703,85
2.03	DEMOLICION DE VIGAS EN CONCRETO	M3	8,82	$ 267.505,00	$ 2.359.394,10
2.04	DEMOLICIÓN DE PLACA DE CONCRETO CON STEEL DECK	M2	119,20	$ 49.751,00	$ 5.930.319,20
2.05	DEMOLICIÓN DE MUROS EN CONCRETO	M2	8,58	$ 84.798,00	$ 727.566,84
2.06	DEMOLICIÓN DE MAMPOSTERIA	GLB	1,00	$ 857.571,00	$ 857.571,00
2.07	DEMOLICIÓN DEL PAVIMENTO EXISTENTE	M2	203,00	$ 35.732,00	$ 7.253.596,00
2.08	DEMOLICIÓN DE ANDEN EXISTENTE	M2	157,00	$ 36.380,00	$ 5.711.660,00
2.09	RETIRO DE MATERIAL SOBRANTE Y ESCOMBROS	M3-km	3300,58	$ 1.280,00	$ 4.224.742,40
3	MOVIMIENTO DE TIERRA				$ 104.255.424,00
3.01	RELLENO CON MATERIAL SELECCIONADO, COMPACTADO AL 90% PROCTOR	M3	952,00	$ 109.512,00	$ 104.255.424,00
4	RESTAURACIÓN DEL ESPACIÓ PUBLICO				$ 140.355.919,50
4.01	SUMINISTRO Y COMPACTACIÓN DE SUBBASE GRANULAR e=10cm	M2	894,00	$ 109.512,00	$ 97.903.728,00
4.02	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BORDILLO PREFABRICADO DE CONCRETO 50x20x35CM (Inlcuye mortero de pega)	ML	54,00	$ 86.449,00	$ 4.668.246,00
4.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE LOSETA PREFABRICADO EN CONCRETO DE 40X40X6CM COLOR GRIS PARA EL ANDÉN	M2	256,00	$ 15.340,00	$ 3.927.040,00
4.04	PAVIMENTO DE MEZCLA BITUMINOSA CONTINUA EN CALIENTE e=10cm	M3	31,90	$ 1.023.695,00	$ 32.655.870,50
4.05	RIEGO DE IMPRIMACION CON EMULSION ASFALTICA CRL -1	M2	319,00	$ 3.765,00	$ 1.201.035,00
TOTAL COSTO DIRECTO					$ 323.599.801,05
				ADMINISTRACION 29%	$ 93.843.942,00
				IMPREVISTOS 1%	$ 3.235.998,00
				UTILIDAD 5%	$ 16.179.990,00
				AIU	$ 113.259.930,00
SUBTOTAL BASICO OBRAS (A)					$ 436.859.731,05
				PLAN DE MANEJO AMBIETAL	$ 21.650.000,00
TOTAL PROYECTO					$ 458.509.731,05

6. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para realizar el análisis de la afectación que puede tener la edificación City Center al realizar la demolición de la rampa de acceso al subterráneo, el tanque de almacenamiento de agua subterráneo y las columnas en el área de estudio (véase Imagen 4 y Imagen 5), se dio inicio con actividades de campo y los ensayos de laboratorio, para tener el conocimiento de las propiedades y características de los elementos presentes en el área de demolición. La recopilación de estos datos constituye una sólida base de información que permitió realizar un modelamiento detallado de la estructura y comprender las características geomecánicas del subsuelo en el sitio del proyecto para realizar el análisis geotécnico correspondiente, esta información se revela como una herramienta para la toma de decisiones informadas en relación con cualquier planificación y ejecución de un procedimiento de demolición adecuado, asegurando que todas las acciones emprendidas estén respaldadas por un entendimiento profundo de la integridad estructural y las características de los materiales utilizados en la edificación.

Se dio inicio con el análisis estructural de la zona del tanque de almacenamiento de agua subterráneo, junto los muros y columnas que conforman esa zona con el fin de valorar el nivel de esfuerzos internos y los desplazamientos sísmicos de la estructura en donde se llevara a cabo la demolición, se elaboró un modelo tridimensional (véase Figura 1). El modelo se elabora utilizando elementos finitos Frame y Shell. El análisis estructural se realizó para dos etapas de la demolición las cuales son las más críticas, la primera etapa consiste en la demolición de la rampa y la segunda etapa la demolición de la placa superior que conforma el tanque subterráneo, en este análisis se verifico que en la segunda etapa de demolición la estructura presenta esfuerzos más representativos para la estructural, pero aun así estos esfuerzos internos dentro de los elementos de concreto (vigas, muros y columnas) no son lo suficientemente particulares para producir patologías en la estructura analizada que conforma el tanque subterráneo. Sin embargo,

teniendo en cuenta las deformaciones que se producen en el muro pantalla que colinda con el edificio City Center, es fundamental considerar que esta operación podría provocar desplazamientos en el terreno circundante, lo que a su vez podría resultar en asentamientos en las zapatas del edificio City Center. Estos asentamientos pueden generar daños adversos funcionales y estéticos a la construcción del edificio; es por ello que estimar previamente las deflexiones en el sistema de contención y asentamientos en áreas vecinas durante el proceso de demolición, es por este motivo que se llevó a cabo un análisis geotécnico. Este análisis incluyó la descripción del perfil del terreno, un análisis de estabilidad general excluyendo los muros del tanque subterráneo, la reintegración únicamente de los muros, y finalmente, un análisis mediante el método de elementos finitos para evaluar las deformaciones en conjunto de los muros pantalla y las zapatas del edificio City Center.

Considerando el análisis geotécnico realizado mediante el método de elementos finitos, enfocado en los muros pantalla, pero excluyendo las placas que constituyen el tanque subterráneo, destinado a evaluar los desplazamientos en el muro pantalla y simultáneamente examinar las posibles afectaciones en el terreno circundante, se concluyó que la demolición de la placa superior del tanque subterráneo, sin un apuntalamiento adecuado entre los muros a un nivel de 3,56 metros, podría ocasionar asentamientos significativos en el edificio City Center. Esta probabilidad se atribuye al tamaño de la estructura, su configuración irregular y la presencia de una cimentación desigual, como se ilustra en la Imagen 3. Las deformaciones en los muros pantalla, sin la presencia de las placas que conforman el tanque subterráneo, incrementan el factor de falla y las deformaciones que experimenta el edificio, resultando en asentamientos diferenciales que podrían traducirse en daños funcionales y estéticos en el edificio City Center.

Es decir, entre más demoliciones se realicen, más deformaciones va sufrir el muro pantalla que conforma el tanque subterráneo por lo que existe más posibilidades de movimientos

en los suelos, y asentamientos en las zapatas adyacentes al muro, lo cual puede provocar fisuramiento y daños en la estructura, por lo que se recomienda, mantener los muros pantalla y las placas inferior y superior que conforman el tanque subterráneo.

Se aconseja iniciar la demolición por las columnas expuestas a la intemperie, seguida del desmantelamiento de la placa Steel Deck y la demolición de la escalera. Se presentan dos alternativas para la demolición de la zona de estudio, evitando generar presiones que puedan comprometer la estabilidad de los muros de contención, hay que tener en cuenta que para las dos propuestas se cumple el objetivo de la sentencia el cual es la restitución del bien en cuestión a condiciones equivalentes al previo a su ocupación e intervención.