

ARPRO ARQUITECTOS INGENIEROS S.A.

Contratante / Comitente - Demandante

C.

EQUIPOS Y TERRATEST S.A.S.

Contratista - Demandado

**DICTAMEN PERICIAL SOBRE LA CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN PROFUNDA
DEL PROYECTO COMPLEJO EMPRESARIAL CONNECTA80 FASE 1**

**CENTRO DE ARBITRAJE Y CONCILIACIÓN
CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ**

06 de noviembre de 2024

Bernardo Gamboa
Ricardo Abril
Álvaro Díaz



TABLA DE CONTENIDO

<u>1. INTRODUCCIÓN</u>	<u>5</u>
1.1. OBJETO Y ALCANCE DEL DICTAMEN	5
1.2. METODOLOGÍA E INFORMACIÓN UTILIZADA.....	6
1.3. TÉRMINOS UTILIZADOS	7
1.4. SOBRE LOS AUTORES DEL DICTAMEN Y SU EXPERIENCIA.....	11
1.5. DECLARACIÓN DE INDEPENDENCIA	13
<u>2. RESUMEN EJECUTIVO</u>	<u>19</u>
2.1. SOBRE LAS OBLIGACIONES TÉCNICAS DE LAS PARTES	19
2.2. SOBRE LA NORMATIVIDAD PARA CIMENTACIONES PROFUNDAS	20
2.3. SOBRE LAS CONDICIONES DE SUBSUELO ENCONTRADAS	21
2.4. SOBRE LA RATA DE SUMINISTRO DE CONCRETO	21
2.5. SOBRE LOS DEFECTOS DE CALIDAD ENCONTRADOS EN LOS ELEMENTOS EJECUTADOS POR EYT...22	
2.6. SOBRE LOS CONTROLES DE CALIDAD REALIZADOS POR EYT EN LOS ELEMENTOS CON DEFECTOS .24	
2.7. ANÁLISIS CAUSA EFECTO DE PATOLOGÍAS PRESENTES EN LOS ELEMENTOS CON DEFECTOS DE CALIDAD	25
2.8. LOS COSTOS, DAÑOS Y PERJUICIOS POR LOS INCUMPLIMIENTOS DE EYT	26
<u>3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....</u>	<u>27</u>
<u>4. OBLIGACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS Y TERRATEST S.A.S.....</u>	<u>29</u>
4.1. EL OBJETO Y EL ALCANCE DE LOS TRABAJOS DE EYT	29
4.2. LAS PRINCIPALES OBLIGACIONES DE LAS PARTES PARA LOS TRABAJOS DE CIMENTACIÓN	32
4.2.1. OBLIGACIONES DE EQUIPOS Y TERRATEST	32
4.2.2. OBLIGACIONES DE ARPRO	35
4.2.3. OBLIGACIONES DE PAYC.....	37
<u>5. LA NORMATIVA PARA CIMENTACIONES PROFUNDAS APLICABLE</u>	<u>38</u>
5.1. CONCLUSIONES	38
<u>6. LAS CONDICIONES DEL SUBSUELO ENCONTRADAS EN EL ÁREA DEL PROYECTO</u>	<u>40</u>
6.1. CONCLUSIONES	46

7. LA RATA DE SUMINISTRO DE CONCRETO ESTABLECIDA.....	47
7.1. ¿QUÉ ES LA RATA DE SUMINISTRO DEL CONCRETO?	48
7.2. DE QUE DEPENDE LA RATA DE SUMINISTRO DEL CONCRETO	50
7.3. CÓMO FUE EL SUMINISTRO DEL CONCRETO PARA LA CIMENTACIÓN DEL PROYECTO	51
8. LOS DEFECTOS DE CALIDAD ENCONTRADOS EN LAS CIMENTACIONES	52
8.1. GENERALIDADES DE LOS PROCESOS DE EJECUCIÓN EN CIMENTACIONES PROFUNDAS CON DEFECTOS DE CALIDAD	52
8.1.1. ETAPA DE PRECONSTRUCCIÓN	52
8.1.1.1. CONCRETO TREMIE	53
8.1.1.2. REFUERZO	55
8.1.2. PROCESOS CONSTRUCTIVOS	58
8.1.3. CONCLUSIONES	69
8.2. DESVIACIONES EN LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS IMPLEMENTADOS POR EYT	70
8.2.1. CONCLUSIONES	71
8.3. LOS ELEMENTOS EJECUTADOS POR EYT CON DEFECTOS DE CALIDAD	72
8.3.1. DEFECTOS DE CALIDAD EN VIGAS GUÍA.....	72
8.3.2. DEFECTOS DE CALIDAD EN PANTALLAS, PANTALONES, BARRETES Y PILOTES.....	72
8.3.3. CONCLUSIONES	80
9. EL CONTROL DE CALIDAD DE LA CIEMENTACIÓN PROFUNDA Y LOS DEFECTOS QUE SE PRESENTARON	82
9.1. DURANTE LA EXCAVACIÓN	82
9.2. DESPUÉS DE LA CONSTRUCCIÓN	86
9.3. CONCLUSIONES	90
10. ANÁLISIS CAUSA – EFECTO DE LAS PATOLOGÍAS QUE PRESENTARON ALGUNOS ELEMENTOS DE LA CIMENTACIÓN PROFUNDA	92
10.1. ANÁLISIS DE BARRETES	92
10.1.1. BARRETE # BC – 75 – C1:	92
10.1.2. BARRETE NO BC – 84 – C1:	95
10.2. ANÁLISIS PILOTES	97
10.2.1. PILOTE # PL – 24 – C1.....	98
10.2.2. PILOTE # PL – 51 – 01.....	100
10.3. ANÁLISIS DE PANTALLAS	102
10.3.1. PANTALLA # MP – 92 – T1	102

10.3.2. PANTALLA # MP – 98 – T4	105
10.4. ANÁLISIS DE PANTALONES	107
10.4.1. PANTALÓN 94-T3	107
10.4.2. PANTALÓN 110-T10	110
10.5. CONCLUSIONES	112
<u>11. ANÁLISIS DE MAYORES COSTOS, DAÑOS Y PERJUICIOS ASOCIADOS A LOS INCUMPLIMIENTOS DE EYT</u>	<u>115</u>
11.1. COSTOS INCURRIDOS DE OTROS CONTRATISTAS PARA LAS REPARACIONES DE LAS OBRAS EJECUTADAS POR EYT.....	117
11.2. OTROS COSTOS INDIRECTOS INCURRIDOS.....	120
11.2.1. ANÁLISIS Y CÁLCULO DE COSTOS INDIRECTOS	121
11.2.2. COSTO PROMEDIO MENSUAL DE PAYC	123
11.2.3. COSTO PROMEDIO MENSUAL DE ARPRO	125
11.2.4. COSTO PROMEDIO MENSUAL DE LA GERENCIA DEL PROYECTO	126
11.2.5. COSTO PROMEDIO MENSUAL TOTAL DE OTROS COSTOS INCURRIDOS POR TERRRANUM.....	126
11.3. CONCLUSIONES	127
<u>13. LISTADO DE ANEXOS</u>	<u>128</u>
<u>14. LISTADO DE APENDICES</u>	<u>131</u>
<u>15. LISTA DE TABLAS</u>	<u>133</u>
<u>16. LISTA DE FIGURAS.....</u>	<u>134</u>

1. INTRODUCCIÓN

1. Este Dictamen fue preparado por Global Project Strategy SAS (en adelante “GPS”) por solicitud de ARPRO ARQUITECTOS INGENIEROS S.A. (en adelante “ARPRO”), bajo la dirección del Ingeniero Bernardo Gamboa, con la participación de los ingenieros Álvaro Díaz y Ricardo Abril expertos técnicos de GPS y el apoyo de un equipo interdisciplinario de GPS. ARPRO fue contratada por TERRANUM DESARROLLO S.A.S. (en adelante “TERRANUM”) bajo la modalidad de Administración Delegada, contrato CTO-TD-MAKRO-035 del 16 de octubre de 2020,¹ para la gestión de la construcción del Complejo Empresarial Connecta 80, en Bogotá, Colombia.
2. Para la construcción del Complejo Empresarial Connecta 80, las siguientes son las fases en las que se dividió la construcción:
 - Fase 1A: Construcción de tres (3) sótanos y tres (3) pisos de comercio.
 - Fase 1B: Construcción de la Nueva Tienda MAKRO.
 - Fase 1C: Construcción de la torre de oficinas.
 - Fase 1D: construcción del *dock (muelles de cargue y descargue)* de la Nueva Tienda Makro.
3. Para la construcción de una parte de la Fase 1A, ARPRO contrató a la empresa EQUIPOS Y TERRATEST S.A.S. (en adelante “EYT”), Contrato No. 2100009 (en adelante el “Contrato”),² suscrito el 05 de abril de 2021, cuyo Objeto es la “Ejecución Cimentación Profunda Del Complejo Empresarial Connecta 80”, (en adelante el “Proyecto”)
4. Durante el proceso de la construcción de la cimentación profunda, se presentaron defectos y problemas de calidad en algunos elementos estructurales como pilotes, barretes, pantallas y pantalones, los cuales le han representado a TERRANUM incurrir en trabajos adicionales para reparaciones,^{3, 4} el costo de la atención de estos, además del impacto en los tiempos de ejecución del Proyecto que incidió el cumplimiento de obligaciones con terceros.
5. Este Dictamen contiene una opinión técnica independiente sobre las causas de los defectos de calidad que se presentaron durante la construcción de la cimentación profunda y el impacto en costos generado.

1.1. OBJETO Y ALCANCE DEL DICTAMEN

6. El Dictamen tiene como objetivo realizar el análisis técnico para presentar una opinión independiente sobre la relación causa-efecto de los eventos de defectos de calidad que tuvo EYT durante la ejecución del Proyecto y la entrega de las obras a su cargo.

¹ Anexo GPS-001. Contrato No. CTO-TD-MAKRO-035 del 16 de octubre de 2020.

² Anexo GPS-002. Contrato Equipos y Terratest No 2100009 del 05 de abril de 2021.

³ Si bien quien incurrió en el costo fue Terranum, GPS ha sido informada por ARPRO y TERRANUM acerca de la existencia de una cesión de derechos por parte de Terranum a Arpro del derecho a la indemnización de los mencionados costos

⁴ Anexo GPS-015. Cesión de Derechos de TERRANUM a ARPRO.

7. Además, tiene como objetivo determinar el impacto generado por los defectos de calidad que tuvo EYT, dentro de los que se incluye mayores costos, daños y perjuicios a TERRANUM.
8. Para cumplir con el objeto del Dictamen, GPS realizó un análisis técnico de los elementos de la cimentación profunda que presentaron defectos de calidad, emitiendo conclusiones.

1.2. METODOLOGÍA E INFORMACIÓN UTILIZADA

9. GPS tuvo acceso a la documentación contemporánea contractual, relacionada con los defectos en la calidad de la construcción de las cimentaciones profundas, así como la generada durante la ejecución de las obras. Esta información fue recopilada a partir del expediente documental que se le solicitó a ARPRO y a TERRANUM, para elaboración del presente Dictamen.
10. GPS analizó la información suministrada de la Cimentación del Proyecto tales como las hojas de vida de cada elemento (Pilotes, Barretes, Pantallas y Pantalones), donde se registró la información de los procesos constructivos, los controles de calidad realizados y el registro fotográfico de los defectos de calidad encontrados en los elementos ejecutados por EYT. Este análisis se contrastó con normas internacionales y guías de buenas prácticas aplicables a la construcción de este tipo de obras.
11. Adicionalmente, como parte de la metodología, GPS sostuvo reuniones técnicas con personal de TERRANUM, ARPRO y PAYC (Firma de Interventoría delegada para el Proyecto), para conocer de primera mano los aspectos más relevantes que se presentaron durante la construcción y que de alguna forma, tuvieron incidencia en los defectos en la calidad de algunos de los elementos de la cimentación Profunda.
12. Para generar las conclusiones sobre el análisis causa-efecto de los problemas de calidad que tuvo EYT en la construcción de algunos elementos de la cimentación profunda, GPS revisó la información técnica disponible de los procesos constructivos de 162 elementos que presentaron defectos de calidad, así como las comunicaciones entre las partes, actas de reunión y Comités de Obra, informes de calidad realizado a los elementos, informes técnicos emitido por externos, entre otros.
13. Para la elaboración del Dictamen se consultaron, entre otros los siguientes documentos:
 - Documentos del proceso de selección.
 - Propuesta técnica y comercial presentada por EQUIPOS Y TERRATEST S.A.S.
 - Contrato celebrado entre ARPRO S.A.S y EQUIPOS Y TERRATEST S.A.S.
 - Contrato celebrado entre TERRANUM y PAYC S.A.S.
 - Órdenes de compra entre ARPRO S.A.S y ARGOS.
 - Actas de comités de aclaraciones estructurales.
 - Actas de comités de contratistas.

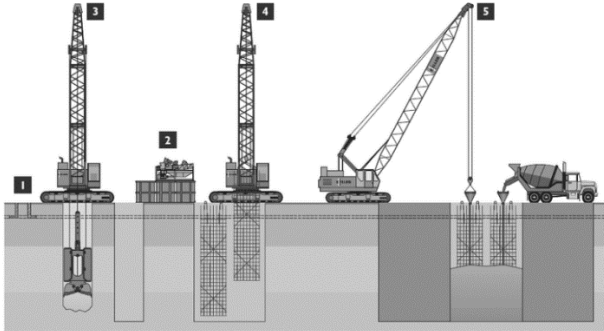
- Actas de comités de obra.
- Actas de comités de elementos contaminados.
- Correspondencia cruzada en la etapa contractual - Elementos con defectos.
- Correspondencia cruzada – correos electrónicos – programación de concreto.
- Correspondencia cruzada – solicitudes de sobrecostos y obras adicionales.
- Informe de ARGOS sobre la trazabilidad del concreto.
- Informes sobre reparaciones.
- Documentos relacionados con las reparaciones (contratos).
- Registro fotográfico.
- Hojas de vida de los elementos con problemas de calidad.
- Resultados de ensayos de integridad en pilotes y barretes (PDA, PIT y CSL).
- Planos y especificaciones técnicas del proyecto.
- Informes de Interventoría.
- Reglamento de Construcciones Sismo – NSR-10.
- Adicional a los documentos mencionados, también se consultó como referencia a las buenas prácticas de ingeniería en la construcción de cimentaciones profundas el siguiente documento que no hace parte del contrato – Guía del Hormigón Tremie en Cimentaciones Profundas – EFFC/DFI. (Edición 2018).

1.3. TÉRMINOS UTILIZADOS

14. A continuación, en la siguiente tabla se presenta el significado de los términos técnicos utilizados en el presente Dictamen.

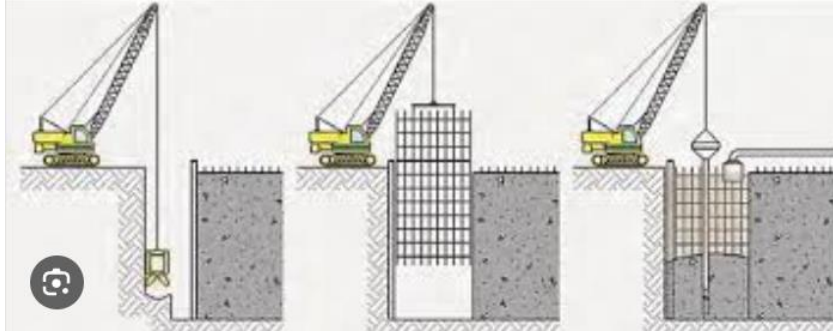
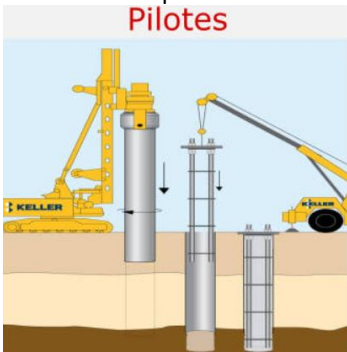
Tabla 1. Términos Utilizados en el Documento.

TÉRMINO	DEFINICIÓN
Adiciones (filler y materiales puzolánicos suplementarios)	Material inorgánico finamente dividido, utilizado en el hormigón para mejorar ciertas propiedades o conseguir propiedades especiales. Comprenden dos tipos principales: Tipo I) Inerte o casi inerte («filler» o relleno). Por ejemplo, polvo de piedra caliza. Tipo II) Hidráulico latente o puzolánico (SCM). Por ejemplo, cenizas volantes o escoria granulada de horno alto
Administración Delegada	La administración delegada es un contrato que se ejecuta por cuenta y riesgo de la entidad que contrata la obra (dueño) y en el cual el contratista es un delegado o representante de aquella.

TÉRMINO	DEFINICIÓN
Aditivo	Componente añadido durante el proceso de mezcla en pequeñas cantidades, comparado con la masa de cemento, para modificar las propiedades del hormigón fresco o endurecido. También conocidos como aditivos químicos.
Barrete	Es un elemento estructural de sección rectangular, que puede actuar como receptor de carga vertical o como contrafuerte. Su ejecución es igual a la del muro pantalla.⁵ Normalmente tienen una sección en I, H, L o T en planta. También se denomina cimentación profunda. 
Bentonita	Arcilla que contiene mineral montmorillonita, usada en fluidos de soporte, bien como una suspensión de bentonita pura o añadida a una solución de polímeros. También se utiliza como componente en hormigón no estructural.
Capa de interfase	Capa que se acumula entre el fluido de soporte y el hormigón, posiblemente formada a partir de material procedente de hormigón disgregado y/o fluido de soporte con partículas del terreno.
Capacidad de llenado	La capacidad del hormigón fresco para fluir y llenar todos los espacios en la excavación.
Capacidad de paso	Capacidad del hormigón fresco para fluir a través de aberturas estrechas, como los espacios entre las barras de armadura de acero, sin segregación ni bloqueo.
Cimentación profunda	Tipo de cimentación que transfiere la carga estructural a través de capas de terreno débil a estratos de capacidad adecuada (pilotes y elementos portantes). En esta guía también se refiere a muros de contención especiales, tales como muros pantalla y pantallas de pilotes secantes.
Conglomerante hidráulico	Material inorgánico o una mezcla de materiales inorgánicos que, cuando se mezcla con agua, forma una pasta que fragua y se endurece por medio de reacciones y procesos de hidratación, y que, después del endurecimiento, conserva su resistencia y estabilidad incluso bajo el agua.
Consistencia*	Movilidad relativa, o capacidad del hormigón fresco para fluir; es decir, un indicador de su trabajabilidad.
Durabilidad	Capacidad de un material (por ejemplo, hormigón) para resistir la acción de la intemperie, el ataque químico, la abrasión, y otras condiciones de servicio.
Ecurrimiento	El resultado del ensayo llevado a cabo según las normas EN 12350-8 o ASTM C1611
Especificación (para el hormigón)	Recopilación final de los requisitos técnicos documentados dados al suministrador de hormigón en términos de prestaciones o composición.
Especificador	Persona u órgano que establece el pliego de condiciones para el hormigón fresco y el endurecido.
Estabilidad	Resistencia del hormigón a la segregación, a la exudación y a la filtración.
Exudación	Forma de segregación en la que una parte del agua de la mezcla tiende a subir a la superficie del hormigón recién colocado.

⁵ Anexo GPS-003. Propuesta Técnica EYT V1. (Página 36)

TÉRMINO	DEFINICIÓN
Filtrado	Mecanismo de separación de sólidos y fluidos de un fluido portante o del hormigón que todavía no ha fraguado, donde el suelo permeable de alrededor, sometido a la presión hidrostática, actúa como un filtro, de forma análoga al filtrado en fluidos de soporte.
Finos	Suma de material sólido en el hormigón fresco con tamaño de partícula menor o igual a 0,125 mm.
Fluidez (capacidad para fluir)	Facilidad de flujo del hormigón fresco cuando no está confinado por un encofrado y/o armadura.
Fluido de soporte	Fluido utilizado durante la excavación para soportar las paredes de una zanja o de un pilote (perforado)
Fundida de Concreto	La fundida de concreto en cimentaciones profundas se refiere al proceso de verter y compactar concreto en elementos estructurales como pilotes, caissons, pilas u otros elementos, para soportar estructuras en suelos con poca capacidad de carga superficial. Este proceso tiene como objetivo garantizar que el concreto llene completamente la excavación o el molde del elemento de cimentación, logrando la resistencia y la estabilidad necesarias.
Hormigón	Material generado a partir de la mezcla de conglomerante, áridos finos y gruesos, y agua, con o sin aditivos y adiciones, que obtiene sus propiedades de dureza a través de la hidratación.
Hormigón fresco	Hormigón que está totalmente mezclado, que conserva la capacidad de flujo, y todavía está en condiciones de ser puesto en obra mediante el método elegido. (Ver hormigón tremie).
Hormigón tremie	Hormigón con la capacidad de lograr la compactación completa debida al peso propio cuando se coloca con tubo tremie en una cimentación profunda, en condiciones sumergidas.
Junta	Encofrado, generalmente de acero u hormigón, colocado en el extremo o extremos de un panel para crear una junta; se puede incorporar un elemento de estanqueidad en la junta.
Manejabilidad del Concreto	Es una característica del concreto fresco que se refiere a la facilidad con la que puede ser mezclado, manejado, transportado, colocado, compactado y terminado sin que pierda su homogeneidad,
Método tremie (hormigón sumergido o método de desplazamiento del lodo)	Método de colocación del hormigón mediante el uso de un tubo tremie, con el fin de evitar la segregación del hormigón y su contaminación por el fluido en el interior de la excavación, donde el tubo tremie, después de la colocación inicial, permanece sumergido en el hormigón previamente colocado y trabajable hasta la finalización del proceso de hormigonado.
Muro pantalla	Es un elemento estructural de sección rectangular excavado por medios mecánicos hasta el nivel especificado en el estudio de suelos. El muro en si es una sucesión de paneles adyacentes que se excavan en forma independiente. Para la estabilización de las paredes durante el proceso de excavación se utiliza un lodo polimérico o bentónico. Cuando se llega a la profundidad especificada se introduce una canasta de refuerzo y posteriormente se vierte concreto por medio de la tubería tremie. También se denomina cimentación profunda.

TÉRMINO	DEFINICIÓN
	
Pantalones	Es un elemento estructural de sección rectangular que hace parte de un muro pantalla. Se diferencia de los demás elementos que conforman un muro pantalla por su mayor longitud. También se denomina cimentación profunda.
Pasta	Parte del hormigón generalmente denominada pasta de cemento, compuesta por finos, agua, adiciones, y aire, sin áridos
Panel	Tramo de un muro pantalla hormigonado como una sola unidad. Puede ser lineal, en forma de T, en forma de L, o de otra configuración.
Pilote perforado (pilote in situ)	Pilote realizado con o sin revestimiento de acero mediante la excavación o perforación de un agujero en el terreno que se llena de hormigón (con o sin armadura). También se denomina cimentación profunda. 
Preconstrucción	Es la fase inicial de un proyecto de construcción que se lleva a cabo antes de comenzar la obra propiamente dicha. Esta etapa incluye todos los procesos de planificación, diseño, permisos y preparación necesarios para garantizar que el proyecto se desarrolle de acuerdo con el presupuesto, el cronograma y las especificaciones técnicas. La preconstrucción es esencial para identificar posibles problemas y optimizar los recursos, minimizando así riesgos y costos adicionales.
Recubrimiento	Distancia entre el exterior de la armadura y la superficie de hormigón más cercana; por ejemplo, la cara exterior de un elemento de cimentación profunda.
Resistencia a la segregación	Capacidad del hormigón de mantener una composición homogénea en su estado fresco.
Retención de flujo	Ver retención de la trabajabilidad.
Retención del asentamiento	Véase retención de la trabajabilidad.
Retención de la trabajabilidad	Mantenimiento de las propiedades especificadas del hormigón fresco, como el flujo y el asentamiento, por la duración especificada.
Sensibilidad	Falta de solidez. (véase solidez)

TÉRMINO	DEFINICIÓN
Separación libre	Espacio mínimo entre barras aisladas de armadura o grupos de barras; es decir, el espacio a través del cual fluye el hormigón.
Solidez (del hormigón fresco)	Capacidad de la mezcla de hormigón de mantener sus propiedades en estado fresco pre y post-hormigonado a pesar de variaciones menores aceptables en la precisión de la dosificación y en las propiedades de las materias primas.
Tensión de fluencia	Esfuerzo de corte necesario para llegar a iniciar el flujo. También denominado “tensión de fluencia estática”
Tixotropía	Tendencia de un material a la pérdida progresiva de la fluidez cuando está en reposo pero que recupera su fluidez cuando se le aplica un esfuerzo de corte
Torta de filtrado (cake)	Formación de material filtrado, tal como bentonita y suelo excavado en suspensión, acumulado en la zona de transición a un medio permeable, por el drenaje del agua debido a la presión.
Trabajabilidad*	Característica del hormigón recién mezclado que determina la facilidad con la que se puede mezclar, colocar, compactar, y acabar.
Tubo tremie / tremie	Tubo en tramos con juntas impermeables, coronado por una tolva.
Vida útil	Periodo en el que una estructura, o parte de ella, puede cumplir su función con previsión de mantenimiento, pero sin que resulte necesario llevar a cabo reparaciones extensas.
Viscosidad	Medida de la capacidad de un líquido para resistir la deformación por esfuerzos cortantes, en concreto la resistencia al flujo del hormigón fresco una vez que el flujo ha comenzado.
*Dentro de las normas europeas, la palabra “consistencia” ha reemplazado a la palabra “trabajabilidad”, pero no sucede lo mismo en EE. UU. En esta guía se aplican las siguientes equivalencias: Consistencia: se mide a partir de ensayos como el de escurrimiento (EN 12350-8). Trabajabilidad: conjunto de características del hormigón fresco, por ejemplo, la capacidad de flujo, de paso y de llenado, incluyendo la consistencia.	

1.4. SOBRE LOS AUTORES DEL DICTAMEN Y SU EXPERIENCIA

15. Global Project Strategy es una empresa de consultoría de proyectos de ingeniería y construcción, especializada en los sectores de edificaciones, energía, agua y saneamiento, infraestructura vial, portuaria, petróleo y gas. La empresa se dedica a prestar servicios de asesoría técnica para la resolución de disputas, destacando, la preparación, documentación y presentación de análisis de desviaciones en proyectos de construcción, análisis forenses de cronogramas de obra, análisis de atrasos de obra, cambios de alcance, análisis de pérdida de productividad y reclamaciones, tanto en procesos de negociación privada como en litigios y procesos arbitrales. Se incluye como parte integral del presente Dictamen, el Apéndice GPS-A-001⁶ que contiene la información detallada de la experiencia relevante de GPS.
16. El presente Dictamen ha sido elaborado por un equipo multidisciplinario de profesionales pertenecientes a GPS, quienes, bajo la dirección del ingeniero Bernardo Gamboa y con la participación de los Ingenieros Álvaro Díaz y Ricardo Abril expertos de GPS, analizaron desde el

⁶ Apéndice GPS-A-001. Calificaciones Técnicas GPS.

punto de vista técnico, los defectos constructivos evidenciados en los elementos de la cimentación profunda del Proyecto.

17. Bernardo Gamboa⁷ es ingeniero civil, gerente de proyectos y ejecutivo de empresas de ingeniería, construcción, operación y mantenimiento, con más de 30 años de experiencia nacional e internacional. Experto en Gestión de empresas de ingeniería y construcción, Gestión de Proyectos y Resolución de Disputas en Latinoamérica y el Caribe. Ha participado en la Resolución de Disputas en proyectos de ingeniería y construcción relacionadas con extensiones de plazo, variaciones de alcance y la valoración de daños, incluyendo pérdida de productividad. Graduado en Ingeniería Civil en la Universidad de los Andes, con maestría en Gerencia de Proyectos en Northwestern University. Fue miembro activo de la ASCE capítulo Colombia en donde fue su presidente entre el 2014 y el 2015.
18. La dirección de correspondencia del Ingeniero Gamboa en Colombia es: Global Project Strategy S.A.S. - Carrera 16 No 93-11 oficina 301, Edificio Centro Empresarial 93-16, en la ciudad de Bogotá y puede ser contactado en el siguiente número telefónico +57 (601) 7465616 y/o a través de su correo electrónico Bgamboa@gpsconsult.net.
19. Álvaro Díaz⁸ es ingeniero civil, especialista en mecánica de suelos e ingeniería de Cimentación. Tiene más de 43 años de experiencia en diseño, interventoría, asesoría técnica de proyectos hidroeléctricos, mineros, viales, industriales y habitacionales. Como perito en el campo de la geotecnia en Colombia ha participado en varios procesos arbitrales y reclamaciones en Concesiones viales, entre otros.
20. La dirección de correspondencia del Ing. Díaz es: Global Project Strategy SAS - Carrera 16 No 93-11 oficina 301, Edificio Centro Empresarial 93-16, en la ciudad de Bogotá y puede ser contactado en el siguiente número telefónico: +57 601 7465616 y/o a través de su correo electrónico alendiazs55@outlook.com.
21. Ricardo Abril⁹ es ingeniero mecánico, con más de 29 años de experiencia en dirección, supervisión, diseño, planeación, ejecución, seguimiento y control de proyectos de construcción bajo los principios del Project Management Institute (PMI) para sectores tales como el de hidrocarburos, minería, generación eléctrica e infraestructura, a lo largo de 28 proyectos en Colombia, Jamaica y Venezuela. Ha participado como perito en varios procesos arbitrales, en Colombia, México y Perú, en atención y respuesta a reclamos y asesoría en gestión de proyectos, planeación y control, administración de contratos, compras en proyectos de construcción y en coordinación de servicios como ingeniero independiente de algunos Proyectos Viales en Colombia.
22. La dirección de correspondencia del Ingeniero Abril en Colombia es: Global Project Strategy S.A.S. - Carrera 16 No 93-11 oficina 301, Edificio Centro Empresarial 93-16, en la ciudad de Bogotá y

⁷ Apéndice GPS-A-002. CV Bernardo Gamboa.

⁸ Apéndice GPS-A-003. CV Álvaro Díaz.

⁹ Apéndice GPS-A-003A. CV Ricardo Abril.

puede ser contactado en el siguiente número telefónico +57 (601) 7465616 y/o a través de su correo electrónico rabil@gpsconsult.net.

1.5. DECLARACIÓN DE INDEPENDENCIA

23. Declaramos que las opiniones emitidas se han realizado con independencia, y están formadas de acuerdo con prácticas normalmente utilizadas en la industria de la construcción y en nuestros conocimientos y experiencia profesional. Las opiniones se emiten a partir de un análisis técnico de los documentos solicitados por GPS y proporcionados por ARPRO y TERRANUM. En este sentido, declaramos que se ha actuado con independencia respecto de las Partes, sus asesores legales y los Árbitros. Los hechos que aquí se exponen, corresponden a nuestro conocimiento al momento de escribir este Dictamen.
24. Declaramos no hemos sido designados como peritos en ningún proceso por parte de ARPRO y de sus representantes.
25. Declaramos que GPS fue perito de parte en dos procesos arbitrales nacionales en la Cámara de Comercio de Bogotá hace más de tres (3) años, uno sobre una disputa sobre el alcance contractual en un Puerto Fluvial en Colombia y otro, sobre una disputa sobre la liquidación de un proyecto hotelero en Colombia, los cuales tuvieron como apoderados a la Firma Botero Salazar Tobón & Abogados, misma firma que es apoderada de ARPRO.
26. Por otra parte, GPS ha sido designado como perito y ha participado en la elaboración de un dictamen pericial en los últimos cuatro (4) años en los siguientes casos:

Tabla 2. Casos de GPS como Perito o Participación en Peritajes Últimos 4 Años

No.	TIPO	JUZGADO O DESPACHO	NOMBRE DE LAS PARTES		APODERADOS DE LAS PARTES		PARTE QUE REQUIRIÓ PERITAJE	MATERIA DEL DICTAMEN	PAÍS EJECUCIÓN DEL PROYECTO
			DEMANDANTE	DEMANDADO	DEMANDANTE	DEMANDADO			
1	ICC	Centro De Arbitraje Y Conciliación Cámara De Comercio De Bogotá	Yuma Concesionaria S.A.	Agencia Nacional De Infraestructura – Ani-	(Inicialmente) Posse Herrera Ruiz (Posteriormente) Ezequiel Sánchez Herrera, Giovanni Grasselli, Gabriela Sandino, Federico Cabona (Bonelli Erede) Y Fernando Roldan Y Juan Miguel Alvarez. (Roldán Uribe & Alvarez Abogados)	Richard Lorenzo, Juliana De Valdeenebro, María Alejandra Arboleda, Alina Fernández Portela (Hogan Lovells Us Llp) Y Diana Correa (Diana Correa International SAS)	Demandante	Costos	COLOMBIA

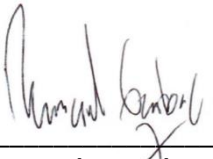
No.	TIPO	JUZGADO O DESPACHO	NOMBRE DE LAS PARTES		APODERADOS DE LAS PARTES		PARTE QUE REQUIRIÓ PERITAJE	MATERIA DEL DICTAMEN	PAÍS EJECUCIÓN DEL PROYECTO
			DEMANDANTE	DEMANDADO	DEMANDANTE	DEMANDADO			
2	ICC	Corte Internacional De Arbitraje De La Cámara De Comercio Internacional	Consortio OHL Río Magdalena	Autopista Río Magdalena S.A.S (ARM)	Garrigues	Zuleta Abogados Asociados Herbert Smith Freehills	Demandante	Liquidación del Contrato por terminación anticipada	COLOMBIA
3	ICC	Corte Internacional De Arbitraje De La Cámara De Comercio Internacional	Aguas Nacionales EPM S.A. E.S.P.	Consortio Aguas De Aburrá Hha -Hyundai Engineering Co. Ltd, Hyundai Engineering & Construction Co, Ltd., Acciona Agua S.A.U.,	Claudia Inés Benavidez Galvis, Maria Angélica Burgos De La Ossa, Jorge Iván Valencia Mora, Juana Martínez Quintero Pablo Durán Bejarano (Baker & Mackenzie S.A.S)	Ximena Zuleta, Andres Fernández De Soto, Paula Vejarano Y Carlos Miranda (Dentons Cárdenas Y Cárdenas)	Demandado	Peritaje Técnico y Económico, Avances y Costos. Réplica de la contraparte.	COLOMBIA
4	CAPUCP	Centro De Arbitraje De La Pontificia Universidad Católica Del Perú	Consortio Vial Del Sur	Provias Nacional Perú	José Steck Navarro Sologuren Paredes Gray – Npg	David Anibal Ortiz Gaspar Procurador Público Adjunto Ministerio De Transportes Y Comunicaciones Del Perú	Demandante	Disrupciones, improductividad y costos	PERÚ
5	CCB	Centro De Arbitraje Y Conciliación De La Cámara De Comercio De Bogotá	Inval Ltda.	Servincluidos Ltda.	Alonso De La Pava Vélez Freire & De La Pava Abogados Asociados	Botero Salazar Tobón Bernardo Salazar Parra	Demandado	Improductividad y Costos	COLOMBIA
6	Ord	Juzgado Sexto Civil Del Circuito De Bogotá	Sociedad Portuaria Puerto Bahía S.A. Patrimonio Autónomo Fidubogotá – Puerto Bahía Cuentas	Compañía Mundial De Seguros S.A., Liberty Seguros S.A. Y Segurexpo - Colombia S.A.	Gamboa Abogados	Por Definirse Proceso En Curso	Demandante	Costos	COLOMBIA
7	AAA	American Arbitration Association	Proenergy Services, Llc	Agilon Energy, Llc	Mccloskey Roberson, Pllc Timothy Mccloskey Thomas Woolley Gail Brownfeld Andrews Myers William Westcott Brittany Cooperrider	King & Spalding Llp Mike Stenglein Matt Vanderberg	Demandado	Costos	USA
8	CCB	Centro De Arbitraje Y Conciliación De La Cámara	Concesionaria Ruta Del Cacao S.A.S.	Agencia Nacional De Infraestructura – Ani-	Arrieta Mantilla Y Asociados Carlos Manzano	Ramiro Parra Rodríguez Parra Rodríguez	Demandante	Alcance	COLOMBIA

No.	TIPO	JUZGADO O DESPACHO	NOMBRE DE LAS PARTES		APODERADOS DE LAS PARTES		PARTE QUE REQUIRIÓ PERITAJE	MATERIA DEL DICTAMEN	PAÍS EJECUCIÓN DEL PROYECTO
			DEMANDANTE	DEMANDADO	DEMANDANTE	DEMANDADO			
		De Comercio De Bucaramanga			Paula Andrea Ramos	Abogados Consultores			
9	LCIA	Corte De Arbitraje Internacional De Londres	Proyecto Ccc Empalme 1, S.A.P.I. De C.V.	Comisión Federal De La Electricidad (Cfe)	Rodrigo Zamora Etcharren	Rafael Serrano Figueroa	Demandante	Costos y Productividad	MÉXICO
10	AMIG COMP	Amigable Componedor Del Contrato De Concesión	Concesionaria Nueva Via Al Mar	Agencia Nacional De Infraestructura – Ani-	Arrieta Mantilla Y Asociados Paula Andrea Ramos Carlos Manzano	Juan Carlos Peña -Ani	Demandante	Alcance	COLOMBIA
11	CCB	Centro De Arbitraje Y Conciliación De La Cámara De Comercio De Bogotá	Procesadora De Cales Procecal Sas	Productos Minerales Calcáreos SA- Promical SA	David Ricardo Araque Quijano Gómez Pinzón Abogados SAS	Alejandro Sanín	Demandante	Costos	COLOMBIA
12	CCC	Centro De Arbitraje Y Conciliación Cámara De Comercio De Cali	Acciona Agua Sau Sucursal Colombia	Empresas Municipales De Cali Eice – Esp.	José Ignacio Leyva Castro Leyva Rendón Abogados	Óscar Ibáñez Parra Ibáñez Asociados Legal Advisors	Demandante	Extensión y Costos	COLOMBIA
13	CAPUCP	Centro De Arbitraje De La Pontificia Universidad Católica Del Perú	Autoridad De Transporte Urbano Para Lima ATU	Consorcio Tren Eléctrico (Conformado Por CNO S.A. Sucursal Del Perú Y Cumbra Perú S.A.)	Procurador Público David Anibal Ortiz Gaspar	Giovanni Priori Posada Miranda & Amado	Demandado	Daños por Defectos de Construcción	PERU
14	ICC	Corte Internacional De Arbitraje De La Cámara De Comercio Internacional	Proc Mina S. De R.L. De C.V.	Gasoducto De Agua Prieta S. De R.L. De C.V.	Dr. Herfried Wöss Wöss Et Partners	Por Definirse Proceso En Curso	Demandante	Extensión y Costos Cambios de Alcance	MÉXICO
15	CCB	Centro De Arbitraje Y Conciliación De La Cámara De Comercio De Bogotá	Transmilenio S.A.	Recaudos Bogotá SAS	Garrigues Alberto Acevedo Rehbein	Weiner Ariza Abogados Weiner Aiza Moreno	Demandante	Revisión Tarifa de Remuneración Concesionario	Colombia
16	AMIG COMP	Amigable Componedor Del Contrato	Consorcio EE Canoas	Empresa De Acueducto De Alcantarillado De Bogotá EAAB	José Ignacio Leyva Castro Leyva Rendón Abogados	Guillermo Augusto Villalba Buitrago	Demandante	Extensión	COLOMBIA
17	AAA	American Arbitration Association	Cordillera Solar I S.A.	Sterling And Wilson Private Ltd. Sucursal Argentina, Sterling And Wilson Solar Ltd., Sterling And Wilson Private Ltd., And	Damien Nyer	Michael J. Donnelly Murtha Cullina Llp	Demandante	Extensión	Argentina

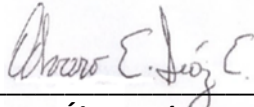
No.	TIPO	JUZGADO O DESPACHO	NOMBRE DE LAS PARTES		APODERADOS DE LAS PARTES		PARTE QUE REQUIRIÓ PERITAJE	MATERIA DEL DICTAMEN	PAÍS EJECUCIÓN DEL PROYECTO
			DEMANDANTE	DEMANDADO	DEMANDANTE	DEMANDADO			
				Shapoorji Pallonji And Company Private Ltd.					
18	CCB	Tribunal Arbitral	OPP Graneles S.A.	Sociedad Portuaria Regional De Buenaventura S.A.	Sergio Rojas Quiñones DLA Piper Martinez Beltrán	Héctor Hernandez Botero Philippi Prieto Carrizo Sa Ferrero Du &Uría	Demandado	Costos	COLOMBIA
19	CCB	Varios Juzgados Administrativo Del Circuito De Medellín	Varios Demandantes	Consorcio CCCI - Camargo Correa Infra Ltda. Sucursal Colombia, Constructora Conconcreto S.A., Coninsa Ramón H S.A. Y Otros	Varios	Natalia Tobón Posse Herrera Ruiz (PHR) Laura Zapata Londoño Y Arango Abogados Simón De Zubiría José Vicente Blanco Abogados (JVB)	Demandado	Reparación Directa	COLOMBIA
20	AMIG COMP	Amigable Compondor Del Contrato	Concesionario Autopista Urabá S.A.S	Agencia Nacional De Infraestructura – ANI-	José Ignacio Leyva Castro Leyva Rendón Abogados	Nerly Rocio Pinzón Flórez	Demandante	Alcance	COLOMBIA
21	CAPUCP	Centro De Análisis Y Resolución De Conflictos De La Pontificia Universidad Católica Del Perú	Operadora Ecológica Del Titicaca S.A.C (OPETI)	Ministerio De Vivienda, Construcción Y Saneamiento Del Perú (MVCS)	Sebastián Basombrío Philippi Prieto Carrizo Sa Ferrero Du &Uría	Por Definirse	Demandante	Extensión	Perú
22	CCB	Tribunal Arbitral	Fomento De Catalizadoras (Foca) SAS	Unión Temporal IJP	Carlos Alfonso Lopez Arroyo	Antonio Pabón Santander, Pabón Abogados	Demandado	Costos	COLOMBIA
23	CCI	Corte Internacional De Arbitraje De La Cámara De Comercio Internacional	Consorcio Constructor POB	Perimetral Oriental De Bogotá SAS	Jonathan Hutt Matt Evans Luke Newman Taylor Wessing Llp	Por Definirse	Demandante	Costos	COLOMBIA

No.	TIPO	JUZGADO O DESPACHO	NOMBRE DE LAS PARTES		APODERADOS DE LAS PARTES		PARTE QUE REQUIRIÓ PERITAJE	MATERIA DEL DICTAMEN	PAÍS EJECUCIÓN DEL PROYECTO
			DEMANDANTE	DEMANDADO	DEMANDANTE	DEMANDADO			
24	CIADI	Centro Internacional de Arreglo de Diferencias Relativas a Inversiones	APM Terminals Callao S.A.	República del Perú	Luis Alfonso Navarro, Miranda & Amado	José García Rebolledo, Foley Hoag LLP	Demandante	Valoración de la Remediación de los Pasivos Ambientales del Terminal Norte del Callao	PERÚ
25	CCI	Corte Internacional De Arbitraje De La Cámara De Comercio Internacional	CCC Empalme I, S.A.P.I. de C.V.	Cerrey, S.A. de C.V.	Jorge Jiménez Arana Dentons-López Velarde	Rodrigo Zamora Etcharren Galicia Abogados, SC	Demandante	Costos	MÉXICO
26	CCB	Centro De Arbitraje Y Conciliación Cámara De Comercio De Bogotá	GreenYellow Energía de Colombia S.A.S.	Termotasajero Dos S.A. ESP	Juan Camilo Duque Gomez, Estudio Legal	Andres Nossa Lesmes, Cuatrecasas	Demandado	Alcance	COLOMBIA
27	CAPUCP	Centro De Análisis Y Resolución De Conflictos De La Pontificia Universidad Católica Del Perú	Construcciones del Titicaca S.A.C.- COTISAC	Ahorro de Energía y Mantenimineto Industrial S.A.C - ADEMINSAC	Giovanni Priori Posada, Rafael Rocca Marin Miranda & Amado Abogados	Alberto Jesús Reyna Barandiarán	Demandante	Alcance y costos	PERÚ
28	ICSID	SPT Legal	The Williams Companies International Holdings B.V., WilPro Energy Services (El Furrial) Limited and WilPro Energy Services (Pigap II) Limited	The Bolivarian Republic of Venezuela	KING & SPALDING	SPT Legal Leopoldo Sarria	Demandado	Expropiación	VENEZUELA
29	CCB	Centro De Arbitraje Y Conciliación Cámara De Comercio De Bogotá	Concesión Santa Marta Parahuachón S.A.	Agencia Nacional De Infraestructura - ANI-	Fernando Roldán & Juan Miguel Álvarez Roldan Uribe &Álvarez	Abogados Internos de la ANI	Demandante	Alcance	COLOMBIA
30	CAPUCP	Centro De Arbitraje De La Pontificia Universidad Católica Del Perú	Consorcio Vial Del Sur	Provias Nacional Perú	José Steck Navarro Sologuren Paredes Gray - Npg	David Aníbal Ortiz Gaspar Procurador Público Adjunto Ministerio De Transportes Y Comunicaciones Del Perú	Demandante	Costos	PERÚ

27. Manifestamos que en los últimos diez (10) años no hemos realizado publicaciones relacionadas con la materia del Dictamen.
28. También manifestamos que la compañía y las personas que estuvieron involucradas en la elaboración del presente dictamen, no se encuentran incursas en ninguna de las causales de inhabilidad del artículo 50 del Código General del Proceso.
29. De manera conjunta, declaramos que, los estudios, métodos, análisis e investigaciones efectuados para el presente Dictamen no son diferentes a los que han utilizado en procesos anteriores que versen sobre la misma materia o similar.
30. Asimismo, declaramos que los estudios, métodos, análisis e investigaciones efectuados no son diferentes a los que utilizan en el ejercicio regular de su profesión.
31. En constancia de las declaraciones efectuadas, se firma el presente documento en la ciudad de Bogotá, D.C, el día 06 de noviembre de 2024.



Bernardo Gamboa



Álvaro Díaz



Ricardo Abril

2. RESUMEN EJECUTIVO

32. TERRANUM contrató como administrador delegado a ARPRO para la construcción del Proyecto “Complejo Empresarial Connecta80 Fase 1” y este a su vez, suscribió un contrato para la ejecución de la cimentación profunda de la Fase 1A, el 5 de abril de 2021 con EYT,¹⁰
33. Durante la ejecución de las actividades de construcción de la cimentación profunda, se presentaron defectos y problemas de calidad en algunos elementos construidos por EYT. Producto del análisis de la información por parte de GPS, se identificaron inconsistencias respecto al tamaño máximo del agregado del concreto, en función de la separación del refuerzo de los elementos, determinado en el diseño de la cimentación. Además existieron deficientes controles de calidad durante la ejecución de las obras e incidencias en los defectos de calidad por las metodologías constructivas implementadas.

2.1. SOBRE LAS OBLIGACIONES TÉCNICAS DE LAS PARTES

34. Como constructor experto en este tipo de cimentaciones, EYT era el responsable de ejecutar las obras de cimentación cumpliendo con las especificaciones y características descritas en el Contrato y sus Anexos,¹¹ así como los lineamientos técnicos establecidos en el diseño y las mejores prácticas para la construcción de cimentaciones profundas.
35. Además, EYT debía garantizar la correcta ejecución de pilotes, barretes, pantallas y pantalones, utilizando polímeros biodegradables y asegurando un vaciado continuo de concreto conforme a las normas NSR-10 y normas internacionales EN1536/EN1538, cumpliendo con parámetros de verticalidad de los elementos, el suministro de uniones de acero, la realización de ensayos de calidad según las especificaciones del ANEXO 7 el Contrato.¹² Además, debía gestionar la programación del concreto y mantener las vías de acceso operativas para el trabajo continuo de maquinaria.¹³
36. Por su parte ARPRO, suministraría el acero y el concreto para la ejecución de las obras de acuerdo con características tales como rata de suministro no inferior a 35 m³/h, asentamiento de la mezcla de 8 +/-1 y/o manejabilidad por todo el tiempo del hormigonado del elemento y tamaño máximo del agregado adecuado, según las especificaciones técnicas indicadas en el ANEXO 2.¹⁴ EYT era el responsable de elegir el tamaño máximo del agregado.

¹⁰ Anexo GPS-002. Contrato Equipos y Terratest No 2100009 del 05 de abril de 2021.

¹¹ Anexo GPS-002. Contrato Equipos y Terratest No 2100009 del 05 de abril de 2021 – Anexo 2 – Documentos y Condiciones de Contratación.

¹² El Anexo 7 del Contrato esta contenido dentro de los planos CD_CNN80_F1_S_SH_XX_002 y 003.DWG (5 planos).

¹³ Anexo GPS-002. Contrato Equipos y Terratest No 2100009 del 05 de abril de 2021– Anexo 2 – Documentos y Condiciones de Contratación. (Página 21).

¹⁴ Anexo GPS-002. Contrato Equipos y Terratest No 2100009 del 05 de abril de 2021– Anexo 2 – Documentos y Condiciones de Contratación. (Página 21).

37. ARPRO contrato con Argos el suministro de concreto según las especificaciones y como se evidencia en las órdenes de compra No 007 del 15 de marzo de 2021 y 047 del 02 de febrero de 2022,¹⁵ referenciadas en el capítulo “4.2.2 – De ARPRO”.
38. Al conocerse la densidad del refuerzo (espaciamiento) y la resistencia del concreto a compresión del elemento a hormigonar, la responsabilidad de elegir el tamaño máximo del agregado para concreto entre (1/2” o 1”) a ser utilizado en la mezcla, recaía sobre EYT.
39. EYT en ningún momento manifestó su desacuerdo o sus observaciones sobre el espaciamiento del refuerzo indicado en el diseño de la cimentación, ni del diseño de la mezcla del concreto, para construir la cimentación profunda con todos los elementos que la componen dentro de su alcance y cumpliendo los estándares de calidad suscritos en el Contrato, partiendo de la base que en la etapa de preconstrucción y previo a la firma del Acta de Inicio, EYT conoció la normatividad vigente en Colombia (NSR-10), los diseños de cada elemento de la cimentación del Proyecto, las especificaciones técnicas aplicables, los diseños de las mezclas de concreto y los estudios de suelos (características del subsuelo) que estaban a su disposición.¹⁶

2.2. SOBRE LA NORMATIVIDAD PARA CIMENTACIONES PROFUNDAS

40. Para el Proyecto, la norma aplicable era la NSR-10 para diseños estructurales y geotécnicos. Sin embargo, y tal como se establece en el “Anexo 2 del Contrato No 2100009 Documentos y condiciones de Contratación” EYT debía utilizar para llevar el control de calidad de los elementos las normas europeas EN1536 y EN1538,¹⁷ como fue mencionado en el Contrato.

“El CONTRATISTA deberá llevar el control de calidad y la trazabilidad del producto mediante la implementación de un programa de ensayos de laboratorio conforme lo establece en el ANEXO 7. planos y especificaciones, la NSR-10, las normas internacionales o norma europea EN1536 y EN1538 en lo referente a ejecución de Pilotes, Barretes y Pantallas y demás normas vigentes en construcción de edificaciones, además deberá entregar mensualmente un informe de control de calidad y trazabilidad del producto en el cual se indiquen los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio efectuados a los diferentes materiales (salvo el concreto y acero) o insumos utilizados.”¹⁸

41. Adicionalmente, existen guías de apoyo que indican buenas prácticas en la construcción de cimentaciones profundas como lo es la “GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS (edición de 2018)”,¹⁹ la cual sugiere una serie de recomendaciones que son

¹⁵ Apéndice GPS-A-004. Órdenes de compra concreto Argos.

¹⁶ Anexo GPS-005. Acta de inicio del 23 de abril de 2021.

¹⁷ Anexo GPS-002. Contrato Equipos y Terratest No 2100009 del 05 de abril de 2021– Anexo 2 – Documentos y Condiciones de Contratación (9.1 – Control de Calidad y Trazabilidad del Producto) (Página 25)

¹⁸ Anexo GPS-002. Contrato Equipos y Terratest No 2100009 del 05 de abril de 2021, Numeral 9.1. (Página 25).

¹⁹ Anexo GPS-029. Documento “GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS” segunda Edición 2018.

esenciales para garantizar la calidad y la conformidad en la construcción de las cimentaciones profundas. En la elaboración de estas guías participó EYT.

42. Durante la revisión de diseño y ejecución de los trabajos, EYT nunca manifestó alguna condición que le pudiera afectar la calidad de las obras, lo cual como Contratista y coautor en la elaboración de la “GUIA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS” (edición de 2018), tenía toda la propiedad y experiencia para haber manifestado cualquier condición que afectara el Proyecto.

2.3. SOBRE LAS CONDICIONES DE SUBSUELO ENCONTRADAS

43. El análisis del subsuelo realizado por la firma de ingeniería Espinosa y Restrepo (en adelante “EYR”) en las tres (3) campañas de perforación en el área del Proyecto ejecutadas en febrero de 2022, agosto a septiembre de 2013 y abril a mayo de 2018, , reveló que el suelo está compuesto principalmente por arcillas limosas y limos arcillosos, con intercalaciones de arenas limosas lacustres, mostrando una capacidad portante baja a media.²⁰ El nivel freático se encontró entre 2.0 m y 3.0 m de profundidad.²¹
44. Se identificó además la presencia de turba en varios sondeos, destacando en el sondeo 8 de la segunda campaña, donde se reportó un estrato de turba con lentes de arena limosa entre 58 y 61 m.
45. En la tercera campaña, se encontraron materiales orgánicos en los sondeos 1 y 2, con variaciones en la profundidad y consistencia.
46. Finalmente, se constató un relleno en el lote del Proyecto, con espesores entre 0.60 y 5.50 m, que incluye capas de asfalto, recebo, limo orgánico, arcilla y escombros. En una exploración adicional de 2021, se observaron rellenos en los parqueaderos con espesores de 1.0 a 1.5 m, compuestos por secuencias similares de materiales, incluyendo ceniza y rajón.
47. El estudio de suelos con toda la información fue suministrado a EYT previo a la firma del Contrato.

2.4. SOBRE LA RATA DE SUMINISTRO DE CONCRETO

48. Durante la construcción de los elementos se presentaron eventos de obra como las demoras en el inicio de la descarga de concreto, además de inconvenientes técnicos en el proceso constructivo de EYT, que ocasionaron la ruptura del ciclo de suministro y en algunos casos, el no suministro de concreto con la rata de suministro esperada.

²⁰ Anexo GPS-006. Estudio de Suelos de EYR del 28 de septiembre de 2020.

²¹ Anexo GPS-007. Documento Registro de Piezómetro.

49. Se establecieron diferentes valores de ratas de suministro de concreto, como lo son en el Contrato suscrito entre ARPRO y EYT,²² en las especificaciones del concreto solicitadas por ARPRO y PAYC a Argos²³ y la propuesta técnica de EYT,²⁴ con los siguientes valores (35-30-25 m3/hora respectivamente). De los cuales, en pocas ocasiones se cumplió con dichos valores, producto de inconvenientes técnicos en obra y relacionados en el capítulo “7.2 – De que Depende la Rata de Suministro del Concreto”.
50. El suministro del concreto para la cimentación del Proyecto fue constante a pesar de las demoras en la descarga de concreto y el incumplimiento por parte de EYT en cuanto a el tiempo de permanencia en obra de 45 min de cada mixer.²⁵

2.5. SOBRE LOS DEFECTOS DE CALIDAD ENCONTRADOS EN LOS ELEMENTOS EJECUTADOS POR EYT

51. Algunos defectos constructivos en los Proyectos se generan por determinaciones durante la etapa de preconstrucción, previa al inicio de las actividades constructivas. Estas tienen que ver con la revisión por parte del constructor sobre las condiciones del diseño estructural, las que deben ser tenidas en cuenta en los procesos constructivos de los elementos del Proyecto, tales como el diseño de las mezclas de concreto a utilizar y la disposición del refuerzo diseñado para las estructuras de la cimentación, con lo cual le permite definir el tamaño máximo de agregado que se debe manejar.
52. Otros defectos de calidad son atribuibles a los procesos constructivos implementados durante la ejecución de las obras.
53. De acuerdo con el estudio realizado por la firma DS CONCRETOS SAS al diseño de concreto de 5000 PSI de la planta de Puente Aranda, y ordenado por ARGOS, se concluyó que no debieron utilizarse mezclas de concreto con Tamaño Máximo Nominal 1” en la construcción de la cimentación del Proyecto.²⁶
54. Para cumplir con las recomendaciones de la guía EFFC/DFI para una separación entre barras de 90 mm el concreto tremie a utilizar en el hormigonado de los elementos debía tener un tamaño máximo nominal de 12.7 mm (1/2”) o 19.1 mm (3/4”).²⁷

²² Anexo GPS-002. Contrato Equipos y Terratest No 2100009 del 05 de abril de 2021– Anexo 2 – Documentos y Condiciones de Contratación. (NO INCLUIDO EN EL ALCANCE - 10.16)

²³Anexo GPS-009. Estudio Trazabilidad del Concreto Suministrado para la Cimentación Profunda del Proyecto “Complejo Empresarial Connecta 80 en Bogotá D.C. del 15 de agosto de 2021.

²⁴Anexo GPS-003. Propuesta Técnica EYT V1. (Página 78)

²⁵Anexo GPS-009. Estudio Trazabilidad del Concreto Suministrado para la Cimentación Profunda del Proyecto “Complejo Empresarial Connecta 80 en Bogotá D.C. del 15 de agosto de 2021. (Página 21)

²⁶ Anexo GPS-009. Estudio Trazabilidad del Concreto Suministrado para la Cimentación Profunda del Proyecto “Complejo Empresarial Connecta 80 en Bogotá D.C. del 15 de agosto de 2021. (página 20)

²⁷ Anexo GPS-009. Estudio TRAZABILIDAD DEL CONCRETO SUMINISTRADO PARA LA CIMENTACIÓN PROFUNDA DEL PROYECTO “COMPLEJO EMPRESARIAL CONNECTA 80 EN BOGOTA D.C. del 15 de agosto de 2021. (Página 22)

55. La separación del refuerzo de los elementos del Proyecto, se ajustan a lo dispuesto en la Norma NSR-10 de obligatorio cumplimiento para construcciones sismorresistentes en Colombia. Sin embargo, la separación del refuerzo en función del tamaño máximo del agregado en algunos casos es menor a la recomendada en otras normas como la española (EN 1536:2000 y 1538:2000) y/o la recomendada en la GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS”, de la cual participó EYT en su elaboración.
56. Teniendo en cuenta la congestión de acero que se presenta en los barretes que tienen embebido el refuerzo de columnas, EYT como experto y conocedor de las normas NSR-10, españolas y las recomendaciones de la GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS”, una vez conoció las condiciones de la ejecución de los trabajos, debió solicitar que la mezcla del concreto para estos elementos, fuera con una grava fina (1/2”) para facilitar el flujo del concreto a través del refuerzo.
57. Por otra parte, según el análisis realizado por GPS en algunos elementos que presentaron anomalías en la calidad, GPS pudo identificar que los eventos que más afectaron la calidad de los elementos estuvieron relacionados con las demoras en obra para descargar el concreto (62.96%), la profundidad del tubo tremie (27.78%) y la selección del tipo de mezclas (20.37%). La viscosidad de los lodos poliméricos, aunque tiene un porcentaje alto de incumplimiento (44,44%) no tiene la misma incidencia que tienen las 3 primeras en los defectos que presentan los elementos.

Tabla 3. Resultados del Análisis de los Eventos que afectaron la Calidad de los Elementos de la Cimentación..

TIPO DE ELEMENTO	CANTIDAD DE ELEMENTOS	PROFUNDIDAD DEL TUBO TREMIE	TAPONAMIENTO DEL TUBO TREMIE	CALIDAD CANASTAS DE REFUERZO	CONTINUIDAD DEL ELEMENTO	CONTAMINACIÓN DEL CONCRETO	SELECCIÓN DEL TIPO DE MEZCLA	VISCOSIDAD LODOS POLIMÉRICOS	DEMORA EN OBRA PARA DESCARGAR EL CONCRETO	LOGÍSTICA SUMINISTRO CONCRETO
BARRETE	25	9	1	6	7	6	3	8	20	1
PANTALLA	71	31	4	5	-	1	25	29	51	-
PANTALÓN	38	3	1	22	2	2	5	9	29	-
PILOTE	28	2	-	1	6	-	-	26	2	2
TOTAL, GENERAL	162	45	6	34	15	9	33	72	102	3
	100%	27,78 %	3,70 %	20.99 %	9,26 %	5,56 %	20,37 %	44.44 %	62.96 %	1,85 %

58. También, se logró identificar que las demoras para descargar el concreto de las mixers, dentro de las actividades de construcción a cargo de EYT, se originaron en algunos casos en una o varias de las siguientes causas:
- Taponamiento de la tubería tremie.
 - Retiro parcial (corte) de la tubería tremie.

- Dificultades en el desplazamiento de las mixers por el mal estado de los accesos para la colocación del concreto en el elemento y dificultades en la movilidad de las mixers por el desorden en el acopio de equipos y materiales utilizados por EYT.
 - Demoras en el retiro de los lodos poliméricos y la recirculación de estos para remover material en suspensión.
 - Demoras en la instalación de las canastas de refuerzo, actividad previa al hormigonado.
 - Por efecto de la mayor expansión, aumentó el tiempo de espera de los mixers en la obra por pedidos no planeados.
 - Demoras en la entrega del elemento a fundir por parte de EYT.
 - Iniciar la colocación del concreto sin asegurar la cantidad mínima del volumen requerido.
 - Demora en el lavado de las llantas de las mixers antes de salir de la obra.
59. Finalmente, los resultados del análisis realizado por GPS identificaron que el principal defecto constructivo encontrado en los elementos de la cimentación del Proyecto fue la *“inclusión/contaminación del concreto”* con un 52%, seguido por el *acolchado o exposición de aceros* con un 28% y la presencia de *vacíos internos en la estructura* con un 19%.
60. Vale la pena indicar que contrario a lo que menciona EYT en el sentido de que parte de los retrasos en la descarga del concreto y otras mencionadas anteriormente como el estado de los accesos, dificultades en la movilidad de las mixers y desorden en el acopio de equipos y materiales utilizados por EYT, era porque no contaban con áreas disponibles en el Proyecto, se observó que EYT conocía la fecha de entrega de las diferentes áreas del predio y de acuerdo con estas presentó una actualización de:²⁸
- La secuencia constructiva (movimiento de los equipos).
 - Los sitios de acopio de materiales y equipos.
 - La localización de las vías industriales. El enfoque de la actualización no era otro que el de evitar demoras en los procesos constructivos teniendo en cuenta los espacios disponibles y las fechas de entrega de las diferentes áreas.

2.6. SOBRE LOS CONTROLES DE CALIDAD REALIZADOS POR EYT EN LOS ELEMENTOS CON DEFECTOS

61. De los ensayos recomendados en la *“GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS”*, para los concretos tremie, en el Proyecto Connecta 80, tan solo se especificó el de asentamiento, el cual fue verificado en cada viaje de concreto que llegó a la obra antes de hormigonar un elemento.

²⁸ Anexo GPS-010. Comunicación EYT 708-PR-20137-2021 del 13 de agosto de 2021.

62. De acuerdo con las recomendaciones de la *“GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS”* se observó que lo establecido para el control de calidad de las mezclas por parte de EYT para el concreto tipo tremie utilizado, no incluía todas las pruebas recomendadas.
63. EYT como experto en la construcción de cimentaciones profundas y responsable del control de calidad de las Cimentaciones y Terratest como coautor de las *“GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS”*, debieron informar sobre los requisitos que no se estaban teniendo en cuenta en los concretos fabricados por ARGOS para que cumplieran con el estándar recomendado en la *“GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS”*. Tal es el caso del ensayo VSI (Visual Stability Index), que garantiza la homogeneidad y calidad de la mezcla durante la instalación, detectando previo a la aplicación, fenómenos en el concreto como la segregación del agregado grueso, exudación del agua o separación de los componentes. La segregación del concreto afecta la fluidez de este ocasionando vacíos en la estructura y /o contaminación.
64. Con base en los resultados de los ensayos de control de calidad (pruebas de integridad y resistencia del concreto) y en los defectos observados en algunos elementos (vacíos y contaminación del concreto) por recomendación del ingeniero estructural se demolieron y repararon los elementos con anomalías (barretes, columnas, pilotes y pantallas) en los 3 sótanos del Proyecto.

2.7. ANÁLISIS CAUSA EFECTO DE PATOLOGÍAS PRESENTES EN LOS ELEMENTOS CON DEFECTOS DE CALIDAD

65. Existe una gran variedad de condiciones de diseño que deben ser consideradas en el control de calidad en la construcción de elementos de una cimentación profunda. Para el caso del Proyecto Connecta 80, las más relevantes tienen que ver con lo establecido en el diseño, en cuanto a la separación del acero de refuerzo y su relación con el tamaño máximo del agregado de las mezclas de concreto, así como la manejabilidad del concreto en la que se define la rata de suministro del concreto. Estas causas traen como principal efecto:
- La segregación del concreto.
 - La creación de vacíos en los elementos que tienen en su interior el refuerzo de columnas.
 - El bajo o nulo recubrimiento de las canastas de refuerzo.
 - La contaminación del concreto.
66. Como quedó establecido en el Contrato, la programación y selección de la mezcla a utilizar en cada caso era de EYT, teniendo en cuenta la condición de la separación del refuerzo definida en el diseño, era de responsabilidad de EYT definir el tamaño máximo de agregado, para tener un control de calidad efectivo.

67. Los continuos retrasos presentados en las descargas de los viajes de concreto²⁹ conducen a bajas tasas de suministro lo que, a su vez incide en los defectos de calidad encontrados en los elementos, como lo indico EYT en la propuesta técnica.³⁰

2.8. LOS COSTOS, DAÑOS Y PERJUICIOS POR LOS INCUMPLIMIENTOS DE EYT

68. Teniendo en cuenta los defectos de calidad encontrados posterior a la ejecución de los elementos de la cimentación profunda del Proyecto y en la medida que se avanzaba con la excavación de los sótanos, y ante la negativa de EYT de realizar algunas reparaciones de elementos,³¹ con el fin de no poner en riesgo la estabilidad de la estructura y el avance de las obras, ARPRO contrató por cuenta de TERRANUM reparaciones de los elementos, con cargo a la retención contractual de EYT.³²
69. La no atención oportuna de las respectivas reparaciones por parte de EYT, generó afectaciones al Proyecto, en el programa de obra establecido, además, el retraso en el inicio de las obras posteriores a la cimentación profunda de acuerdo con el proceso constructivo establecido, así como la entrega de la nueva tienda a Makro, cliente final de TERRANUM.
70. Los costos de reparación incurridos por TERRANUM tienen un valor total de COP\$ 3.766.518.859, correspondiente al pago de actividades de reparación ejecutada por los contratistas, además de ensayos adicionales, alquiler de equipos y materiales requeridos para las reparaciones. Adicionalmente, se presentaron unos costos indirectos de recursos de PAYC, ARPRO y **TERRANUM** por un valor de COP\$ 932.213.418, para un total de **COP\$ 4.698.732.277**.

²⁹ Anexo GPS-011. Acta de Reunión del 02 de agosto de 2022. (Página 4)

³⁰ Anexo GPS-003. Propuesta Técnica V1. (Página 51)

³¹ Anexo GPS-012. Comunicación 033-GE-20137-2023 del 20 de junio de 2023. (Página 1).

³² Anexo GPS-013. Comunicación CONN-317-2022 del 21 de abril de 2022. (Página 1)

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

71. El Proyecto denominado “Complejo Empresarial CONNECTA80 FASE 1”, consiste en el desarrollo integral de un edificio de uso para oficinas a ejecutarse en una sola etapa. El Proyecto está ubicado en la zona Norte de la ciudad de Bogotá en la localidad de Engativá en la Avenida Carrera 72 No 81B-13, y comprende un lote con un área de 1.299,44 m² y con un esquema básico de implantación (EIB)³³ aprobado por 12.674,93 m² de construcción.³⁴
72. La estructura organizacional principal para la ejecución del Proyecto en particular para las obras de cimentación era la siguiente:

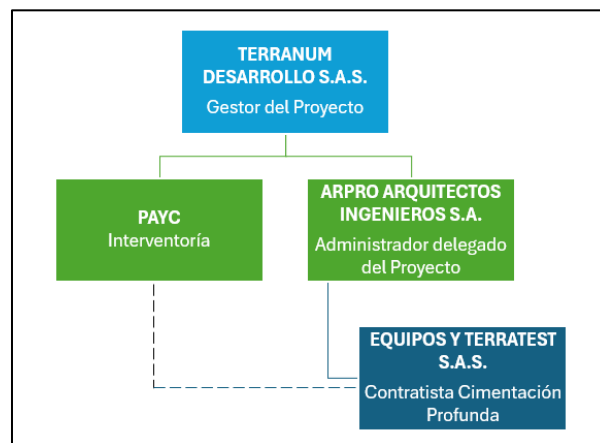


Figura 1. Organigrama principal de la cimentación del Proyecto Connecta80.

73. Según el estudio de Suelos, este Proyecto, presenta en su diseño, tres torres de 19 pisos, una tienda Makro de un piso, una plataforma de un piso y zona comercial de tres pisos,³⁵ con tres (3) sótanos para parqueaderos con un acceso vehicular por la calle 93 B con carrera 19.³⁶

³³ (EIB) – Se refiere a la representación gráfica que muestra la disposición general de un Proyecto dentro de un terreno específico.

³⁴ Anexo GPS-014. Pliego de Licitación PLS 01– Requisito de Licitación Instrucciones para los proponentes. (página 8).

³⁵ Anexo GPS-006. Estudio de Suelos del Proyecto Connecta 80 del 28 de septiembre de 2020.

³⁶ Anexo GPS-014. Pliego de Licitación PLS 01– Requisito de Licitación Instrucciones para los proponentes. (página 8)



Figura 2. Panorámica Localización del Proyecto Connecta80. (Fuente Estudio de Suelos del 28 de septiembre de 2020)

4. OBLIGACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS Y TERRATEST S.A.S.

74. En este capítulo, GPS realiza una breve descripción del Proyecto indicando de manera concisa la optimización realizada al diseño y menciona las obligaciones establecidas en el Contrato de EYT, como contexto sobre la disputa relacionada con los incumplimientos y atrasos identificados en la ejecución del Proyecto.

4.1. EL OBJETO Y EL ALCANCE DE LOS TRABAJOS DE EYT

75. ARPRO como administrador delegado del Proyecto, suscribió con EYT el Contrato No 2100009 del 05 de abril de 2021,³⁷ bajo la modalidad de precio unitario fijo, para la “EJECUCIÓN DE CIMENTACIÓN PROFUNDA COMPLEJO EMPRESARIAL CONNECTA 80”.
76. En este Contrato, se estableció lo siguiente:
- “CLÁUSULA PRIMERA. OBJETO: El CONTRATISTA, en forma independiente y con plena autonomía técnica, financiera y administrativa, se obliga para con **EL CONTRATANTE** a la ejecución de la cimentación profunda para el complejo empresarial Connecta 80 para el **PROYECTO**, bajo la modalidad de Precio Unitario Fijo, lo anterior de acuerdo con las especificaciones contenidas en los **ANEXOS 2 y 3** los cuales hacen parte integral del presente **CONTRATO**. (...)”*
77. Para el objeto del Contrato y, las condiciones generales acordadas entre las Partes, se estableció un valor total inicial de \$ 12.996.213.606 COP incluyendo IVA.
78. El alcance de los trabajos comprendía la construcción de 55 Pilotes constructivos y 155 pilotes definitivos, 122 Barretes y Pantalones y 611 ml de Pantallas, según lo indicado en el anexo de pliegos de cimentación profunda y como se resalta en la siguiente figura.³⁸

³⁷ Anexo GPS-002. Contrato Equipos y Terratest No 2100009 del 05 de abril de 2021. (Página 2)

³⁸ Anexo GPS-017. Documento Alcance Cimentación CONNECTA80. (Página 3).

ANEXO PLEGOS CIMENTACION PROFUNDA								
1.0 PILOTES								
DESCRIPCION DE ACTIVIDAD	CANTIDAD DE ELEMENTOS (UND)	DIAMETRO (m)	LONGITUD EXCAVACION (m)	LONGITUD HORMIGON (m)			UNIDAD	CANTIDAD (m3)
PILOTES CONSTRUCTIVOS DIAM 0.80m	55	0.8	63.5	63.5			m3	3492.50
PILOTES DEFINITIVOS DIAM 1.00m	27	1.0	63.0	52.0			m3	1755.00
PILOTES DEFINITIVOS DIAM 0.90m	19	0.9	66.4	53.4			m3	1261.60
PILOTES DEFINITIVOS DIAM 0.80m	109	0.8	63.5	50.5			m3	6921.50
TOTAL	210							13430.60
1.2 BARRITES Y PANTALONES								
DESCRIPCION DE ACTIVIDAD	CANTIDAD DE ELEMENTOS (UND)	LONG A (m)	LONG B (m)	LONGITUD EXCAVACION (m)	LONGITUD HORMIGON (m)	Volumen hormigon(m3)	UNIDAD	CANTIDAD (m3)
BARRITE 0.6 x 2.5	28	0.6	2.5	83.0	70.0	2940.0	m3	3486.00
BARRITE 0.6 x 2.8	2	0.6	2.8	83.0	70.0	235.2	m3	278.88
BARRITE 0.7 x 2.8	2	0.7	2.8	83.0	70.0	274.4	m3	325.36
BARRITE 0.7 x 3.0	2	0.7	3.0	83.0	70.0	294.0	m3	348.60
BARRITE 0.8 x 2.5	50	0.8	2.5	83.0	70.0	3430.0	m3	4095.00
BARRITE 0.8 x 2.8	35	0.8	2.8	83.0	70.0	3438.0	m3	4095.60
BARRITE 0.8 x 3.0	2	0.8	3.0	83.0	70.0	336.0	m3	398.40
PANTALONES		0.6	2.5	62.0	62.0	3813.0	m3	3813.00
TOTAL	122							16817.44
1.3 PANTALLAS								
DESCRIPCION DE ACTIVIDAD	CANTIDAD DE ELEMENTOS (UND)	LONG A (m)	LONG B (m)	LONGITUD EXCAVACION (m)	LONGITUD HORMIGON (m)	Volumen hormigon(m3)	UNIDAD	CANTIDAD (m3)
PANTALLA TIPO 3	1	110.00	0.6	21.60	21.60	6609.60	m3	6609.60
PANTALLA TIPO 2	1	101.00	0.6	24.60	19.60	1187.76	m3	1490.76
TOTAL	2							8100.36
1.4 OTROS								
DESCRIPCION DE ACTIVIDAD							UNIDAD	CANTIDAD
MANEJO Y AMARRE DE HIERRO							kg	24843.25.13
PRELUCOS							Und	210
UNDA GUJA							m3	827
PLATAFORMA DE OPERACIONES 4x40 Inc descapote y Mantenimiento							m3	8800

Figura 3. Relación de cantidades de elementos de la Cimentación Profunda del Proyecto.

79. Con posterioridad al inicio de los trabajos, en junio de 2021 se realizaron pruebas de carga (PDA) a 3 pilotes, obteniendo resultados satisfactorios que permitieron optimizar la cimentación, disminuyendo la cantidad total de elementos (Pilotes, Barretes, Pantallas y Pantalones), como se relaciona en la siguiente figura.³⁹

ELEMENTOS	PLANOS VERSIÓN 1		PLANOS VERSIÓN 9	
	Descripción	Cantidad	Descripción	Cantidad
BARRETES	2.50 m x 0.60 m	56	2.50 m x 0.60 m	44
	3.00 m x 0.60 m	18	3.00 m x 0.60 m	29
	3.00 m x 0.80 m	14	3.00 m x 0.80 m	1
	2.50 m x 0.80 m	5	2.50 m x 0.80 m	0
			3.40 m x 1.00 m	4
			2.80 m x 0.80 m	4
	Total	93	Total	82
PANTALONES		43		44
PANTALLAS		95		97
PILOTES			D = 0.60 m	30
	D = 0.80 m	159	D = 0.80 m	134
	D = 0.90 m	25	D = 0.90 m	27
	D = 1.0 m	24	D = 1 m	12
	Total	208	Total	203

Figura 4. Cantidades (reducción) de Elementos según Versiones de Planos⁴⁰

³⁹ Anexo GPS-034. Documento Segundo Comité Interno Terratest-Arpro-Terranum-PAYC “Elementos Contaminados de Cimentación Profunda 26-julio-2022” (Página 12).

⁴⁰ Fuente Interventoría (PAYC) archivo trazabilidad elementos de concreto.

80. De acuerdo con lo anterior, se realizaron ajustes al diseño de la cimentación del Proyecto respecto a la ubicación y la cantidad total de elementos, tal como se indica en la siguiente figura:⁴¹

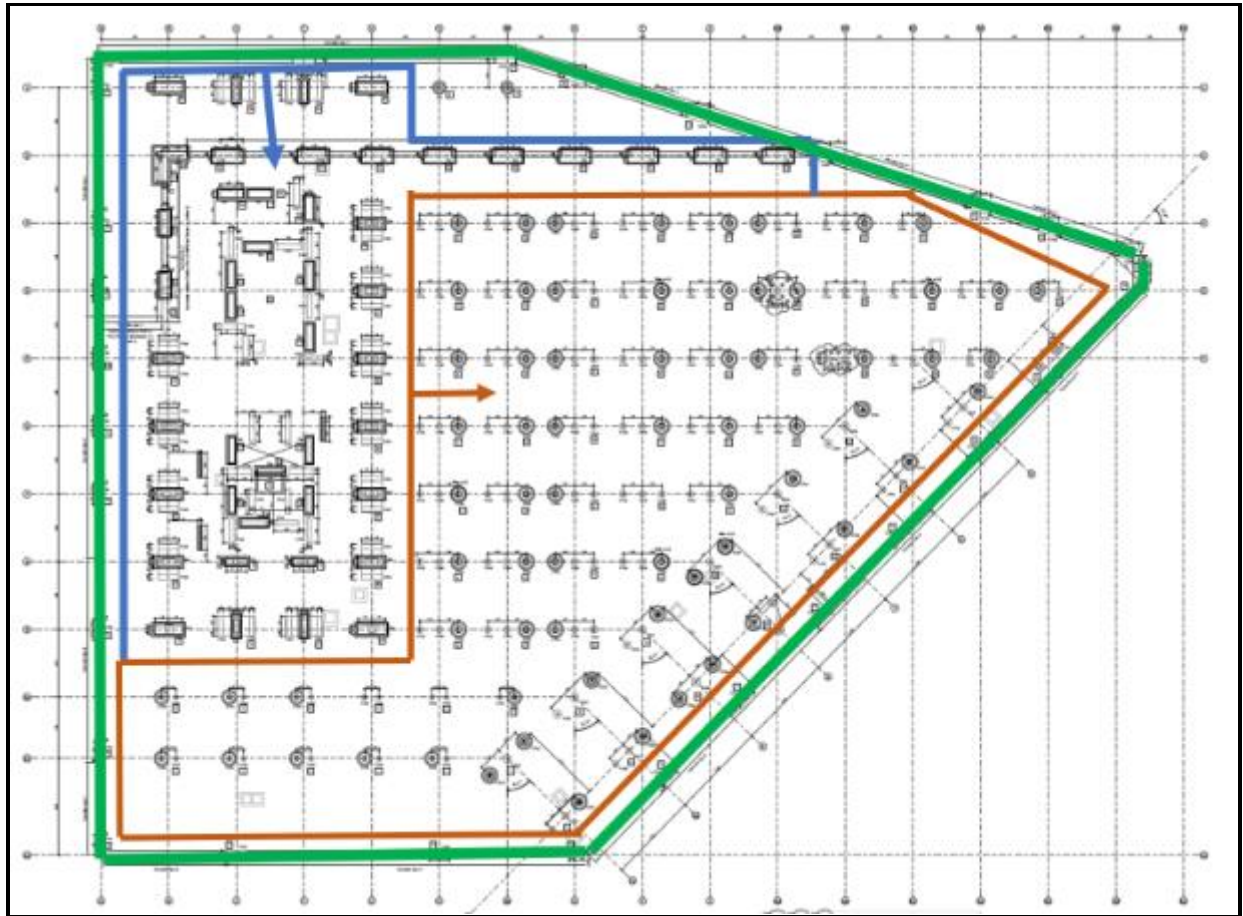


Figura 5. Planta Localización de Pilotes, Barretes, Pantallas y Pantalones.

81. En la figura anterior se puede observar la configuración de la cimentación resultante de los ajustes del diseño, la cual para facilidad de identificación se clasifica y se muestra en colores:
- La cimentación de la tienda MAKRO sería construida sobre pilotes (Polígono **café**).
 - La cimentación de las torres sobre barretes (polígono **azul**).
 - Para la construcción de los 3 niveles de sótanos se construiría una pantalla en el perímetro del Proyecto. (polígono **verde**).

⁴¹ Anexo GPS-004. Plano CD_CNN80_F1_S_FP_B3_002 Ver 17.

82. En resumen, el alcance del contrato entre ARPRO y EYT cambió a la construcción de 203 Pilotes, 82 Barretes y 141 Pantalones y Pantallas.⁴²

4.2. LAS PRINCIPALES OBLIGACIONES DE LAS PARTES PARA LOS TRABAJOS DE CIMENTACIÓN

83. Teniendo en cuenta las características del Contrato, se presenta en la siguiente tabla un resumen de la información general de este.

Tabla 4. Datos generales del objeto del Contrato.

DESCRIPCIÓN	ARPRO - TERRATEST
Objeto del Contrato:	EJECUCIÓN DE CIMENTACIÓN PROFUNDA COMPLEJO EMPRESARIAL CONNECTA 80
Contrato No.	2100009 ⁴³
Fecha del Contrato	5 de abril de 2021.
Plazo total	250 días calendario. (8,33 meses)
Fecha de inicio (Acta de Inicio)	23 de abril de 2021.
Fecha final Estimada	15 de diciembre de 2021.

84. A continuación, se indican las obligaciones de carácter técnico acordadas entre las partes, así como de la Interventoría tal como se menciona a continuación:

4.2.1. Obligaciones de Equipos y Terratest

85. En el Contrato en la Clausula segunda “Obligaciones del Contratista”, quedó establecido que EYT se comprometía a:
- “Ejecutar a entera satisfacción de **EL CONTRATANTE** los trabajos a que se compromete en las especificaciones y las características descritas en el presente **CONTRATO** y sus anexos, así como cumplir con los lineamientos técnicos establecidos por **EL CONTRATANTE** e implementar las actividades, planes de acción, ensayos y pruebas que requiera el mismo
 - Todos los materiales y los trabajos que a juicio de **EL CONTRATANTE** no estén de acuerdo con las especificaciones y planos o que sean de algún modo inaceptables, serán rechazados por **EL CONTRATANTE**, y **EL CONTRATISTA** se obliga a removerlos de la obra. En este caso **EL CONTRATISTA** será informado por escrito para que proceda con el retiro de materiales y obras rechazadas y con el reemplazo oportuno de los mismos, de forma tal que se garantice el cumplimiento del objeto de este **CONTRATO** en la forma y tiempo aquí establecido. **EL CONTRATANTE** no reconocerán pagos por trabajos defectuosos, o trabajos de mala calidad,

⁴² Anexo GPS-004. Plano CD_CNN80_F1_S_FP_B3_002 Ver 17.

⁴³ Anexo GPS-002. Contrato Equipos y Terratest No 2100009 del 05 de abril de 2021.

por lo tanto, **EL CONTRATISTA** deberá reponer o rehacer a su costa y riesgo los trabajos o materiales suministrados por **EL CONTRATISTA** conforme el alcance del presente **CONTRATO**, antes de recibir los pagos correspondientes. En caso que **EL CONTRATISTA** se negare a corregir los trabajos defectuosos o a reponer las partes que no satisfagan las especificaciones, calidad o condiciones pactadas, no se le harán efectivos los pagos, se le descontarán los gastos por demolición, reparación o reposición, y se le aplicarán las sanciones establecidas en el presente contrato, sin perjuicio de hacer efectivas las Pólizas, siempre y cuando se demuestre que los trabajos defectuosos son por causas imputables al **CONTRATISTA**, lo cual no exime a **EL CONTRATISTA** realice la trazabilidad respectiva acorde al proceso establecido.

- **PARÁGRAFO SEXTO. EL CONTRATISTA (...)** En el evento en que se presenten anomalías en la Obra con posterioridad a su entrega, que sean atribuibles al proceso constructivo, materiales (exceptuando concreto y acero) y equipos empleados por **EL CONTRATISTA** para la construcción de la Obra, **EL CONTRATISTA** deberá reparar el daño o anomalía causado a su costo y riesgo. Por lo tanto, el Contratista deberá atender cualquier solicitud de **EL CONTRATANTE** cuando le informen sobre algún daño o mal funcionamiento de la Obra a más tardar en el plazo pactado por LAS PARTES -para cada caso- posterior a la fecha de la solicitud respectiva por parte de **EL CONTRATANTE**.”

86. Adicionalmente, según el documento “Anexo 2 del Contrato No 2100009 Documentos y Condiciones de Contratación” adjunto al Contrato de EYT, se mencionan entre otras las siguientes obligaciones:⁴⁴

- “Las excavaciones de los pilotes se mantendrán llenas de polímeros biodegradables, que serán reemplazados por el concreto mediante embudos tipo Tremie de acuerdo al anexo 7. planos y especificaciones.....”
- Suministro de polímeros de última generación que no generen ningún residuo que afecte el medio ambiente y acorde a ANEXO 7. planos y especificaciones técnicas (...)
- El **CONTRATISTA** (EYT) debe garantizar que no se presente discontinuidad alguna por efecto de intermitencia en el vaciado del concreto o por efecto de erosión del terreno que no permita el vaciado continuo de este material (hormigueros, juntas frías), así como también deberá evitar el desplome de estos elementos y que no se presenten fallas en los niveles de los pilotes, Con el fin de cumplir este aparte, será indispensable el suministro de concreto (rata 35m³/h) idóneo y continuo con la manejabilidad y propiedades requeridas.
- Localización y replanteo: comisión topográfica permanente, El **CONTRATANTE** entrega los puntos de ejes principales, pero la ubicación de cada pilote es responsabilidad directa del **CONTRATISTA**.
- El **CONTRATISTA** suministrará e instalará las uniones para el acero, alambre. Además de los accesorios como separadores y soldaduras.

⁴⁴ Anexo GPS-002. Contrato Equipos y Terratest No 2100009 del 05 de abril de 2021– Anexo 2 – Documentos y Condiciones de Contratación. (Página 21)

- *Colocación del concreto, será responsabilidad del CONTRATISTA (EYT) El suministro de acero de refuerzo figurado será responsabilidad del CONTRATANTE (ARPRO). Las Actividades de armado de parrillas, manejo e instalación en cada elemento, son a cargo del CONTRATISTA (...)*
- *El CONTRATISTA (EYT) será el responsable de los ensayos de pruebas PIT (15 pactadas) para los pilotes y barretes ejecutados. No obstante, cualquier elemento fundido que presente dudas será sometido a una prueba adicional.*
- *Verticalidad de los elementos no superior al 1.5%, Barretes 1%.*
- *El CONTRATISTA (EYT) mantendrá dentro de las instalaciones de la obra la cantidad de materiales necesarios para la ejecución oportuna y continuada de los trabajos y usará métodos que aseguren una calidad satisfactoria de los trabajos y su terminación en los plazos previstos.*
- *El CONTRATISTA (EYT) es responsable de los siguientes materiales y actividades: Suministro de barrera impermeable (en los módulos que se excaven con junta), que mejora la estanqueidad de las pantallas, el caudal admisible es de 0.5L/ m2 visto día de media anual (según norma francesa NPF11-221-21)*
- *La programación del concreto es responsabilidad del CONTRATISTA (EYT), tanto en cantidad como en tiempos, los cuales deben ser informados al CONTRATANTE (ARPRO) para que el mismo con base en dichas instrucciones lo programe.*
- *La unión de las parrillas es responsabilidad del CONTRATISTA.*
- *El CONTRATISTA deberá llevar el control de calidad y la trazabilidad del producto mediante la implementación de un programa de ensayos de laboratorio conforme lo establece en el ANEXO 7. planos y especificaciones, la NSR-10, las normas internacionales o norma europea EN1536 y EN1538 en lo referente a ejecución de Pilotes, Barretes y Pantallas y demás normas vigentes en construcción de edificaciones, además deberá entregar mensualmente un informe de control de calidad y trazabilidad del producto en el cual se indiquen los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio efectuados a los diferentes materiales (salvo el concreto y acero) o insumos utilizados.*
- *Mantener las vías de acceso debidamente explanadas, niveladas, drenadas, afirmadas, conservadas y aseadas de tal manera que permitan el trabajo normal y continuo de la maquinaria y circulación de camiones de concreto y volquetas.”*

87. Partiendo de los párrafos anteriores extraídas del Contrato⁴⁵ y del Anexo 2⁴⁶, se observa que, al conocerse la densidad del refuerzo (espaciamiento) y la resistencia del concreto a compresión

⁴⁵ Anexo GPS-002. Contrato Equipos y Terratest No 2100009 del 05 de abril de 2021.

⁴⁶ Anexo GPS-002. Contrato Equipos y Terratest No 2100009 del 05 de abril de 2021– Anexo 2 – Documentos y Condiciones de Contratación. (Página 21)

del elemento a hormigonar, la responsabilidad de elegir el tamaño máximo del agregado para concreto entre (1/2" o 1") a ser utilizado en la mezcla, era de EYT.

88. Por otro lado en el Acta de Inicio,⁴⁷ no se observa que EYT haya manifestado su desacuerdo y/o su incapacidad para construir la cimentación profunda con todos los elementos que la componen dentro de su alcance y cumpliendo los estándares de calidad suscritos en el Contrato, partiendo de la base que en la etapa preconstrucción y previo a la firma del Acta de Inicio, EYT conoció la normatividad vigente en Colombia (NSR-10), los diseños de cada elemento de la cimentación del Proyecto, las especificaciones técnicas aplicables y los diseños de las mezclas de concreto que estaban a su disposición y el estudio de suelos (características del subsuelo).
89. Como comentario final, en la propuesta técnica realizada por EYT a ARPRO, se establecieron además de los procedimientos constructivos para cada elemento, la programación propuesta de ejecución de las obras y la gestión de calidad, con la aprobación de ARPRO.⁴⁸

4.2.2. OBLIGACIONES DE ARPRO

90. En el Contrato en la Clausula tercera "*Obligaciones del Contratante*", quedó establecido que técnicamente ARPRO se comprometía a:
- Garantizar el acceso al lugar de trabajo, y proporcionar la información necesaria cuando fuera solicitada. También, debía cumplir con todas las obligaciones inherentes al Contrato y las que la legislación vigente exigía.
 - De igual manera, quedo establecido que ARPRO suministraría en el sitio acordado con EYT, el concreto según planos y especificaciones necesario para la debida ejecución de los trabajos, el cual debía contar con las siguientes características:⁴⁹
 - Rata de suministro promedio no inferior a 35m3/hora.
 - Asentamiento de la mezcla, medida en cono abrams de 8 +/-1" y/o manejabilidad de la mezcla por todo el tiempo de hormigonado del elemento.
 - Tamaño máximo del agregado adecuado.
91. En línea con lo anterior mencionado, ARPRO como responsable del suministro del concreto para la construcción de las cimentaciones profundas, subcontrató con CEMENTOS ARGOS el suministro de dicho concreto
92. Con base en lo anterior, ARPRO acordó con CEMENTOS ARGOS el suministro de concreto según las especificaciones que se evidencian en las órdenes de compra de la siguiente figura.⁵⁰

⁴⁷ Anexo GPS-005. Acta de inicio de obra del 23 de abril de 2021.

⁴⁸ Anexo GPS-002. Contrato Equipos y Terratest No 2100009 del 05 de abril de 2021, Página 2.

⁴⁹ Anexo GPS-002. Contrato Equipos y Terratest No 2100009 del 05 de abril de 2021 – Anexo 2, Página 26.

⁵⁰ Apéndice GPS – A – 004. Órdenes de compra concreto Argos.

ARPRO ARQUITECTOS INGENIEROS S. A.
NIT. 860.067.697-1
BOGOTA



Fecha: 15 de marzo de 2021

ORDEN DE COMPRA No. 007

Proveedor: CEMENTOS ARGOS S. A.
Nit: 890.100.251-0
Dirección: VIA 40 LAS FLORES
Ciudad: BARRANQUILLA

Teléfono: 018000 5 27467
Correo: jcuervo@argos.com.co
Contacto: Jackeline Cuervo
Forma de pago: facturas a 30 días

Obra: COMPLEJO EMPRESARIAL CONNECTA 80
Dirección obra: Avenida Carrera 72 No 81 B - 13 (Parqueadero Makro)
Fecha de Entrega: 31 de diciembre de 2021

Teléfono: 3003956731
Ciudad: Bogotá

Cód.	Descripción	UND	Cant.	Vr. Unitario	% Desc.	% IVA	Total
	Concreto tremie 3500 psi Asent. (8" +/- 1") Grava Común	M3	29,828.40	312,683.70		19	9,326,854,477.08
	Concreto tremie 5000 psi Asent. (8" +/- 1") Grava Común	M3	1,930.80	345,842.00		19	667,751,733.60
	Concreto tremie 6000 psi Asent. (8" +/- 1") Grava Común	M3	3,846.00	367,558.80		19	1,413,631,144.80
	Concreto 3000 Asent. (6" +/- 1") Grava común	M3	850.00	291,550.00		19	247,817,500.00
	Mortero Fluido 850 PSI	M3	2,658.48	254,898.00		19	677,641,235.04
	Manejabilidad extendida 4-6 horas	M3	14,324.40	11,515.00		19	164,945,466.00
	Manejabilidad extendida 2-4 horas	M3	21,280.80	10,000.00		19	212,808,000.00

ARPRO ARQUITECTOS INGENIEROS S. A.
NIT. 860.067.697-1
BOGOTA



Fecha: 2 de febrero de 2022

ORDEN DE COMPRA No. 047

Proveedor: CEMENTOS ARGOS S. A.
Nit: 890.100.251-0
Dirección: VIA 40 LAS FLORES
Ciudad: BARRANQUILLA

Teléfono: 018000 5 27467
Correo: jcuervo@argos.com.co
Contacto: Jackeline Cuervo
Forma de pago: Anticipos parciales

Obra: COMPLEJO EMPRESARIAL CONNECTA 80 - ADMINISTRATIVOS
Dirección obra: Avenida Carrera 72 No 81 B - 13 (Parqueadero Makro)
Fecha de Entrega: 30 de junio de 2022

Teléfono: 3003956731
Ciudad: Bogotá

Cód.	Descripción	UND	Cant.	Vr. Unitario	% Desc.	% IVA	Total
	C. TREMIE 3500PSI TM 1"	M3	1,279.00	333,008.00		19	425,917,232.00
	C. TREMIE 5000PSI TM 1"	M3	2,770.00	368,322.00		19	1,020,251,940.00
	C. TREMIE 6000PSI TM 1"	M3	512.00	391,450.00		19	200,422,400.00
	MANTENIBILIDAD DE 4-6 HORAS	M3	4,859.97	12,725.00		19	59,656,097.75

Figura 6. Órdenes de Compra 007 y 047 para el suministro de Concreto de la Cimentación del Proyecto.

Nota: Cuando CEMENTOS ARGOS menciona grava común se refiere a un agregado grueso que tiene un tamaño máximo nominal de 1" (25.4 mm) y cuando se refiere a grava fina se refiere a un agregado que tiene un tamaño máximo nominal de 1/2" (12.7 mm).

93. En el proceso del suministro de concreto EYT era el responsable de elegir el tamaño máximo del agregado, como se muestra en la siguiente figura extraída de los planos del Proyecto.⁵¹

TAMAÑO DEL AGREGADO DEL CONCRETO

Es responsabilidad del constructor verificar los recubrimientos, así como la congestión del acero de refuerzo de los diferentes elementos estructurales antes de pedir el concreto; ya que existen elementos con recubrimientos menores y zonas de congestión de acero de refuerzo que exigen que el tamaño el agregado grueso sea menor a lo convencional.

Para proyectos con placa de transición es obligatorio que esta placa siempre se funda con concreto de gravilla fina.

Figura 7. Tamaño máximo del agregado por el Constructor

94. Al igual que el suministro de concreto, dentro de las obligaciones de ARPRO estaba el suministro del acero de refuerzo para el Proyecto, salvo las uniones para el acero, alambre y accesorios como separadores y soldaduras que estaban a cargo de EYT, como se mencionó en el apartado anterior.

⁵¹ Anexo GPS-019. Plano CD_CNN80_F1_S_SH_XX_003. Notas Generales Especificaciones Convenciones

4.2.3. OBLIGACIONES DE PAYC

95. Según el Contrato celebrado entre TERRANUM S.A.S. Y PAYC S.A.S. dentro de las actividades de coordinación y supervisión de todas o algunas de las actividades de obra y la debida ejecución de estas, PAYC tenía las siguientes responsabilidades de carácter técnico:⁵²
- Realizar las actividades de interventoría técnica, administrativa, HSE y financiera de la obra.
 - Llevar a cabo las actividades relacionadas a la etapa de transferencia de la obra y el recibo de esta, en nombre y representación del contratante, para su correcta entrada en operación y funcionamiento.
 - Supervisión técnica independiente de la obra.
96. El tiempo de duración del Contrato era de 50 meses.⁵³

⁵² Anexo GPS-020. Contrato de Interventoría CTO-TD-MAKRO/033 del 08 de octubre de 2020.

⁵³ Anexo GPS-020. Contrato de Interventoría CTO-TD-MAKRO/033 del 08 de octubre de 2020. (página 2)

5. LA NORMATIVA PARA CIMENTACIONES PROFUNDAS APLICABLE

97. Según lo establecido en el ANEXO 7- planos y especificaciones- la norma técnica aplicable al Contrato en relación con los diseños estructurales y geotécnicos era el *Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente NSR- 10* y sus leyes y decretos reglamentarios.
98. De la Norma NSR-10, para los diseños estructurales aplica el *Título C – “CONCRETO ESTRUCTURAL”* y para los diseños geotécnicos el *Título H –“ESTUDIOS GEOTÉCNICOS”*.
99. Según el Anexo 2 del Contrato -Documentos y Condiciones de Contratación- como referencia se tienen las siguientes normas técnicas españolas:
 - EN 1536:2000: Ejecución de trabajos especiales de geotecnia. Pilotes perforados.
 - EN 1538:2000: Ejecución de trabajos geotécnicos especiales. Muros-pantalla.
 - EN 206:2013: Hormigón. Especificaciones, prestaciones, producción y conformidad.
100. Aunque no son documentos del Contrato, como referencia a las buenas prácticas en la construcción de cimentaciones profundas existen las siguientes guías que son de consulta (casi que obligatoria) para todas las empresas dedicadas a la construcción de cimentaciones profundas:
 - Best Practice Guide to Tremie Concrete for Deep Foundations” - EEFC/DFI -2016
 - *GUÍA PRACTICA PARA CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACIONES PROFUNDAS – PARTES 1 a 5”*. publicadas en el año 2017, para el medio colombiano, por las siguientes firmas: Soletanche Bachy Cimas; Geo; Galante S. A.; Trevi Group; Subsuelos S. A.; Equipos y Terratest; y Jeoprobe - Geotecnia Especializada.
 - GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS- EEFC/DFI⁵⁴ – Segunda edición 2018, traducidas por AETESS (Asociación de Empresas de la Tecnología del Suelo y Subsuelo).

5.1. CONCLUSIONES

101. Para el Proyecto la norma aplicable es la NSR-10 para diseños estructurales y geotécnicos.
102. Pese a lo anterior y tal como se establece en el “Anexo 2 del Contrato No 2100009 Documentos y condiciones de Contratación” EYT podía utilizar como referencia para garantizar la calidad de los elementos las normas europeas EN1536 y EN1538.
103. Adicional a lo anterior, está como elemento de consulta de buenas prácticas en la construcción de cimentaciones profundas la “GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS”

⁵⁴ El EEFC/DFI es un grupo de trabajo compuesto por la European Federation of Foundation Contractors (EEFC) y el Deep Foundations Institute, (DFI) de USA. “El propósito principal de esta guía es orientar acerca de la caracterización del hormigón fresco en relación con su comportamiento, el proceso de diseño de la mezcla, y los métodos de ensayo empleados. Los principios de esta guía son de aplicación al hormigón tremie en cimentaciones profundas, pero también pueden aplicarse a otros tipos de cimentaciones profundas (por ejemplo, pilotes de hélice continua)”

(edición de 2018), la cual da una serie de recomendaciones que son esenciales para garantizar la calidad y la conformidad en la construcción de las cimentaciones profundas.

104. Para resaltar, está el hecho de que TERRATEST participó activamente en la elaboración de la GUIA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS (edición 2018).⁵⁵

⁵⁵ Anexo GPS-009. Estudio Trazabilidad del Concreto Suministrado para la Cimentación Profunda del Proyecto “Complejo Empresarial Connecta 80 en Bogotá D.C. del 15 de agosto de 2021. (Página 7)

6. LAS CONDICIONES DEL SUBSUELO ENCONTRADAS EN EL ÁREA DEL PROYECTO

105. Según el mapa de zonas geotécnicas para Bogotá (Decreto 523 del 16 de diciembre de 2010) el Proyecto está ubicado la zona lacustre A, en la cual se encuentran suelos conformados por arcillas limosas o limos arcillosos muy blandos de origen lacustre. Estos suelos se caracterizan por tener una capacidad portante de baja a media y ser muy comprensibles. (Ver figura 7)

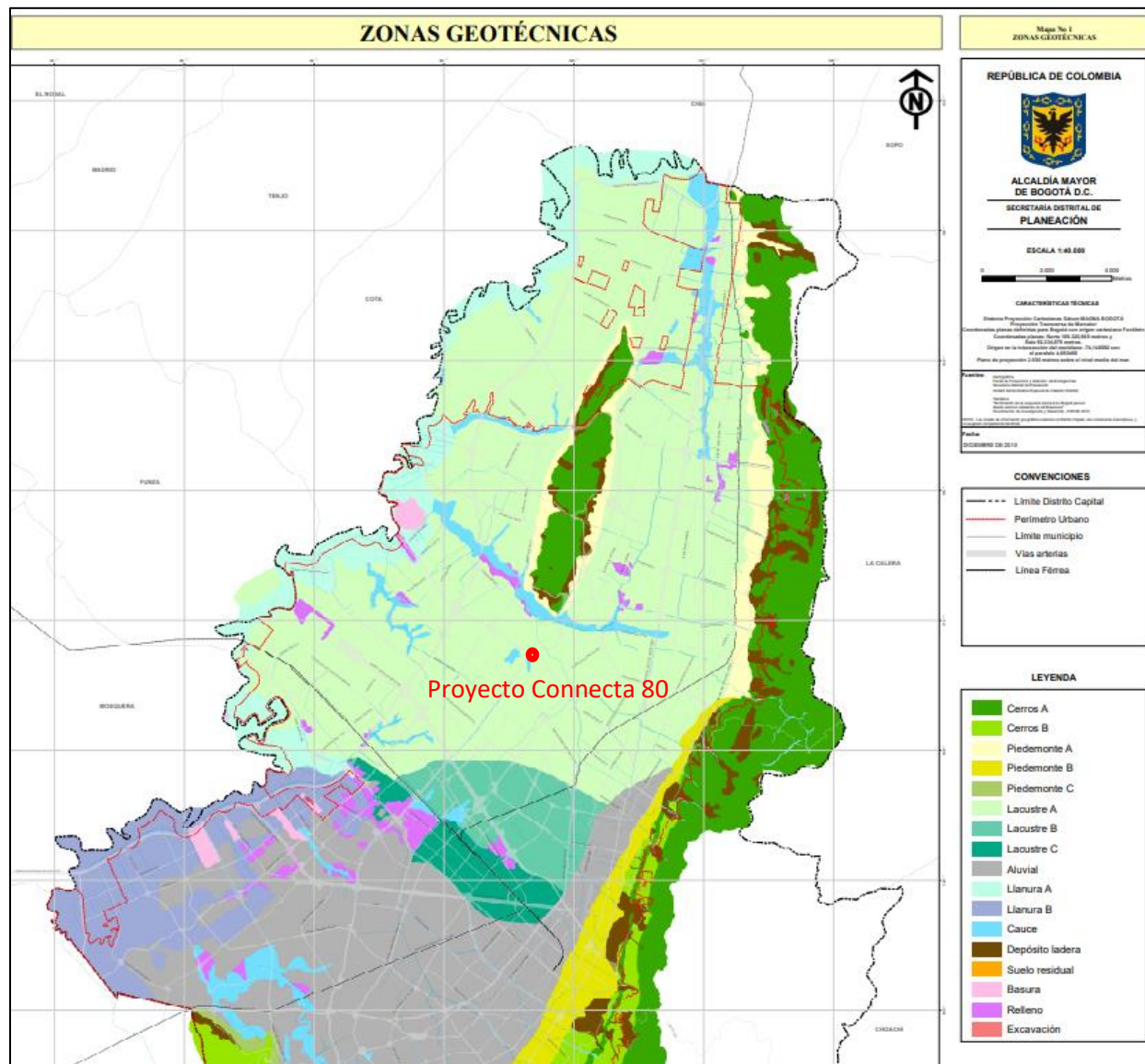


Figura 8. Plano Zonas Geotécnicas en Bogotá. (Fuente Sociedad Colombiana de Geotecnia - <https://www.scg.org.co/wp-content/uploads/MCZSB-Geotecnico-2010.pdf>)

106. Por otra parte, el estudio de suelos para el diseño de la cimentación profunda del complejo Connecta 80, fue realizado por ESPINOSA Y RESTREPO S.A. (en adelante “EYR”) y fue realizado,

conforme a lo estipulado en el capítulo H.3 - “CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO” título H.3.2.3 “NUMERO MÍNIMO DE SONDEOS” de la norma NSR-10.⁵⁶

107. Según lo reportado en el estudio de suelos, se realizaron tres (3) campañas de perforación las cuales se indican en la siguiente tabla.

Tabla 5. Campañas de Perforación Proyecto Connecta 80.

CAMPAÑA	FECHA	# DE SONDEOS	PROFUNDIDAD (M)
1 ⁵⁷	Febrero 2002	4	10 / 15
2 ⁵⁸	Agosto / septiembre 2013	15	60 / 67
3 ⁵⁹	Abril / mayo 2018	2	80

108. La localización de los sondeos realizados en las 3 campañas de perforación, se indican en la siguiente figura que contiene un consolidado con la ubicación de las 3 campañas:



Figura 9. Consolidado de las 3 Campañas de Perforación realizada por EYR en el Proyecto.

⁵⁶ Anexo GPS-006. Estudio de Suelos de EYR del 28 de septiembre de 2020.

⁵⁷ Primera Campaña de Perforación, GPS no contó con esta información.

⁵⁸ Anexo GPS-022 Segunda Campaña de perforaciones entre agosto – septiembre de 2013.

⁵⁹ Anexo GPS-023 Tercera Campaña de Perforación entre abril – mayo de 2018.

109. De acuerdo con la figura anterior, la localización de las 4 perforaciones realizadas en la primera campaña durante el 2002 está demarcadas con puntos de color amarillo, con puntos de color azul claro las perforaciones de la segunda campaña en el 2013 y con puntos de color morado las perforaciones de la tercera campaña realizada durante el 2018.
110. Conforme a los registros de perforación extraídos de la campaña 2, en los estudios de suelos se presenta el siguiente perfil estratigráfico promedio:

Tabla 6. Perfil Estratigráfico Promedio.

PROFUNDIDAD	TIPO DE SUELO	FOTO
0.0 - 0.60m y 0.0 - 5.50m	En algunos sectores una capa de asfalto de 0.10 m de espesor o capa vegetal, seguido de rellenos de recebo, limo orgánico y/o arcilla, con gravas, raíces y escombros. N del ensayo de penetración estándar arrojó valores entre 2 y 24 golpes/pie.	
0.60-5.50m y 5.50- 9.00m	Limo arenoso de color habano/gris y/o arcilla habana amarilla de consistencia blanda a dura, con vetas de óxido y algunas raíces. La resistencia a la corte medida con penetrómetro manual varía en general entre 0.20 y 1.50 kg/cm ² , con valores de 2.50 y 3.20 kg/cm ² en los sondeos # 5 y 10 respectivamente. N del ensayo de penetración estándar arrojó valores entre 1 y 12 golpes/pie.	
5.50-9.00m y 33.50-35.0m	Limo arcillo arenoso de color carmelito y/o gris verdoso de consistencia blanda a firme, con trazos de turba y talco en algunos sectores. La resistencia a la corte medida con un penetrómetro manual varía entre < 0.20 y 1.00 kg/cm ² . N del ensayo de penetración estándar arrojó valores entre 1 y 6 golpes/pie. Cabe anotar que a lo largo del estrato se encontraron lentes de arcilla limosa de color gris y/o carmelito, con espesores hasta de 8.0 m.	
33.50-35.0m y 52.0-54.0 m	Limo arcilloso y/o arcilla arenosa gris verdosa de consistencia blanda a dura. La resistencia a la corte tomada con penetrómetro manual varía entre <0.25 y 1.70 kg/cm ² . N del ensayo de penetración estándar arrojó valores entre 1 y 14 golpes/pie.	
52.0-54.0m y 67.0-/72.0 m	Intercalaciones de arena limosa gris y/o carmelita de densidad suelta a muy compacta y limo arcilloso gris verdoso de consistencia blanda a muy dura, con pintas de turba. La resistencia a la corte tomada con penetrómetro manual varía entre 0.25 y 4.50 kg/cm ² . N del ensayo de penetración estándar arrojó valores entre 5 y 58 golpes/pie en los estratos arenosos y entre 6 y 36 golpes/pie en los estratos de limo y arcilla.	

PROFUNDIDAD	TIPO DE SUELO	FOTO
		
67.0-72.0m y 80.0 m	Arcilla arenosa gris verdosa y/o carmelita de consistencia medio firme a dura, con lentes de materia orgánica. La resistencia a la corte tomada con penetrómetro manual varía entre 0.50 y 1.70 kg/cm ² . N del ensayo de penetración estándar arrojó valores entre 11 y 18 golpes/pie. Al final del sondeo # 2 (sondeo adicional) se encontró una arena gris compacta (N = 39 golpes/pie).	

111. Con relación al nivel freático en la campaña de investigación de campo del 2013, se midió el nivel del agua en los sondeos respecto al nivel del terreno, encontrándose las variaciones que se muestran a continuación:

Tabla 7. Nivel del Agua en Perforaciones.

CAMPAÑA	SONDEO NO.	FECHA	VARIACIÓN DEL NIVEL DE AGUA (M)	PROMEDIO NIVEL DE AGUA (M)
2002	1, 2, 3 y 4	Febrero 2002	1.50 - 3.00	2.25
2013	1	29/08/ 2013 – 31/08/2013	4.50- 6.50	5.26
	2	29/08/2013 – 03/09/2013	2.30- 3.80	2.97
	3	02/09/2013 – 05/09/2013	4.50 – 8.00	6.17
	4	06/09/2013 – 09/09/2013	5.20 – 6.00	5.75
	5	11/09/2013	4.20	4.20
	6	17/09/2013 – 19/09/2013	1.80 – 4.50	3.63
	7	07/09/2013 – 09/09/2013	1.90 – 5.30	3.56
	8	No hay datos		
	9	21/09/2013 – 24/09/2013	4.50 – 6.00	5.01
	10	26/09/2013 – 29/09/2013	4.00 – 6.50	5.05
	11	01/10/2013 – 03/10/2013	4.50 – 6.20	5.23
	12	04/10/2013 – 07/10/2013	4.00 - 5.00	4.35
	13	06/10/2013 – 09/10/2013	1.00 – 2.50	1.50
	14	01/10/2013 – 05/10/2013	1.00 – 4.20	3.00
	15	21/09/2013 – 26/09/2013	1.50 – 4.50	3.00
2018	1- ad	26/04/2018 – 03/05/2018	4.60 – 8.20	6.51
	2 - ad	07/05/2018 – 15/05/2018	5.30 – 6.80	6.08

Fuente: Estudios de suelos elaborado por EYR ESPINOSA Y RESTREPO S.A. – septiembre de 2020.

112. Para verificar el nivel de agua en las perforaciones con el nivel freático, se instaló en el sondeo **1-ad** un piezómetro Casagrande para ver a que profundidad se estabilizaba este nivel,⁶⁰ y analizar su afectación durante el proceso constructivo.
113. En la siguiente figura, se ilustran las variaciones de nivel entre el 3 y el 17 de mayo de 2018.

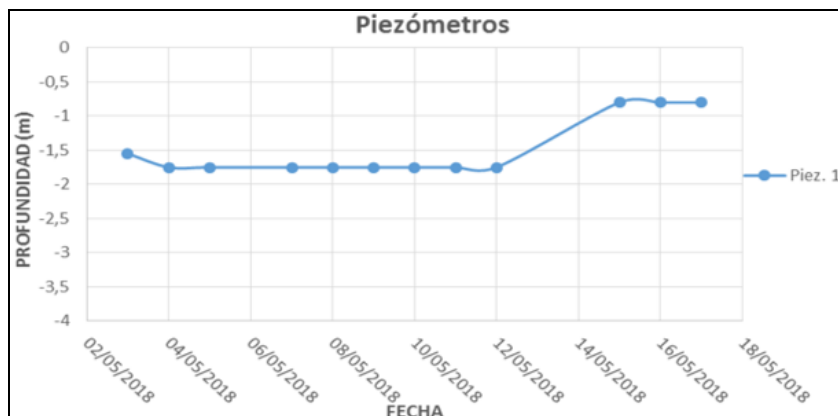


Figura 10. Variación del Nivel Freático en el Piezómetro Instalado en el Sondeo 1-ad.

114. En enero del 2021, ARPRO realizó una campaña de 4 apiques en la zona del parqueadero de Makro para determinar las características de los rellenos reportados como primer estrato en el perfil estratigráfico del estudio de suelos. En las siguientes figuras se muestra la localización y la estratigrafía encontrada en los apiques.



⁶⁰ Anexo GPS-007. Documento Registro de Piezómetro.

Figura 11. Localización Apiques Parquadero Makro.

115. De acuerdo con los 4 apiques realizados, en la siguiente figura se muestran los resultados obtenidos.⁶¹

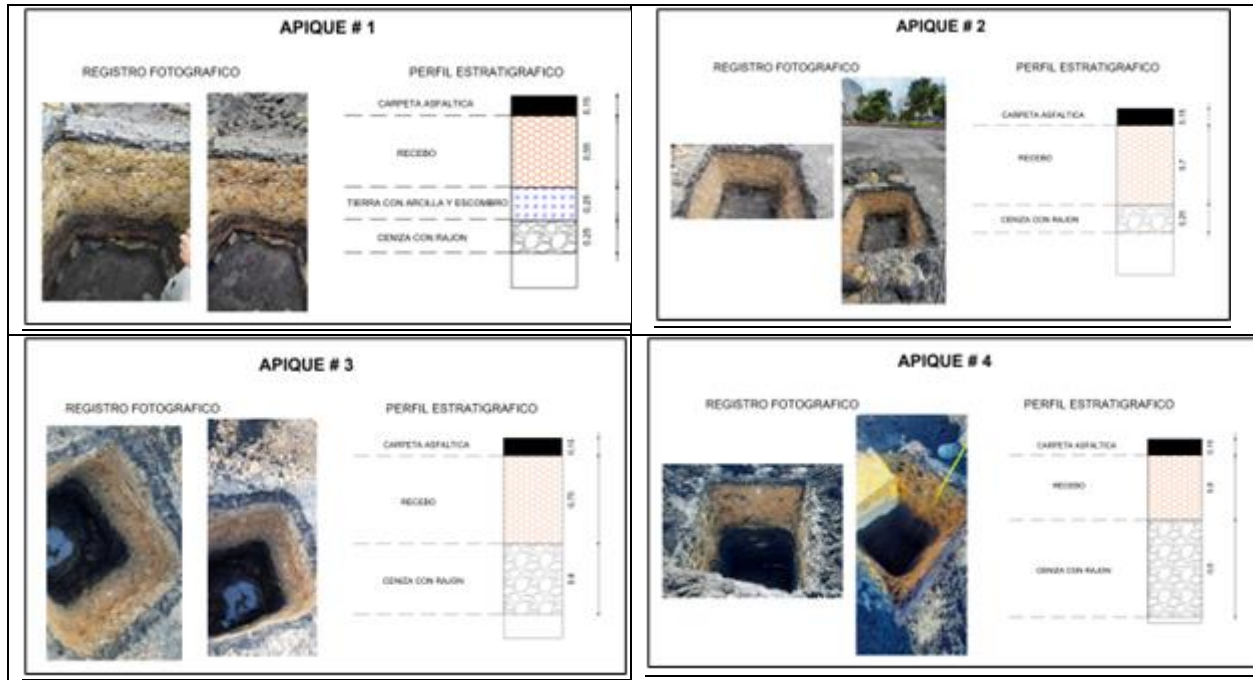


Figura 12. Resultados de Apiques Parquadero Makro.

116. De acuerdo con los perfiles estratigráficos encontrados en los apiques los mayores espesores (1.1 a 1.5 m) de los rellenos se presenta hacia la avenida Boyacá (apiques 2 y 3).
117. Según los registros de excavación de los apiques, los rellenos reportados en el estudio de suelos en la zona del parqueadero de Makro están conformados de la siguiente manera:

Tabla 8. Resultados Apiques Parquadero Makro.

PROFUNDIDAD	TIPO DE SUELO
0.00 a 0.15 m	Carpeta asfáltica
0.15 a 0.70m – 0.90 m	Recebo
0.70 – 0.95 m a 0.95 m solo en el apique 1	Tierra con arcilla y escombros
0.75 – 0.95 m a 1.1 – 1.5 m	Ceniza con rajón

⁶¹ Anexo GPS-024. Documentos Apiques Parquadero Makro del 28 de enero de 2021.

6.1. CONCLUSIONES

118. En términos generales en la zona del Proyecto el subsuelo está compuesto por arcillas limosas o limos arcillosos con intercalaciones de arenas limosas de origen lacustre. La capacidad portante de los suelos es baja a media.
119. El nivel freático se presenta entre los 2.0 m y 3.0 m de profundidad.
120. Hay presencia de turba (material orgánico formado por la acumulación de materia vegetal en condiciones de humedad y falta de oxígeno) en los siguientes sitios:
- En el sondeo 8 de la segunda campaña de exploración, entre los 58 y 61 m de profundidad existe un estrato de *“turba con lentes de arena limosa”*. En el resto de los sondeos de esa campaña (14) no se reportan la presencia de materiales de origen orgánico.
 - En el sondeo 1 de la tercera campaña, entre 57.5 y 60.0 m de profundidad existe un *“limo arcilloso color verdoso con lentes orgánicos, y cambia a una arcilla, de consistencia medio firme.”*
 - En el sondeo 2 de la tercera campaña entre 23 y 27 m de profundidad existe un *“Limo orgánico arcilloso color verdoso, de consistencia muy blanda”* y en que entre 60.0 y 62.5 m de profundidad existe una *“arcilla color gris con lentes de turba, de consistencia dura.”*
121. Al momento de realizar las campañas de exploración del 2013 y 2018, se detectó que en el lote donde se construye el Proyecto, existe un relleno de espesor variable entre 0.60 y 5.50 m. Este relleno en algunos sectores está compuesto por una capa de asfalto de 0.10 m de espesor, seguido de rellenos de recebo, limo orgánico y/o arcilla, con gravas, raíces y escombros.
122. En exploración adicional realizada por ARPRO en el 2021, en la zona de los parqueaderos de Makro se encontró que los rellenos tenían espesores variables entre 1.0 y 1.5 m. Los rellenos en esta zona presentan la siguiente secuencia de materiales: una capa de asfalto de 0.10 m, una capa de recebo, una capa en algunos sectores de tierra con arcilla y escombros y una capa de ceniza con rajón.
123. Es importante mencionar que, a partir de los ensayos y hallazgos mencionados en el párrafo anterior, las Partes acordaron un alcance adicional al contratado a EYT, a través del otrosí No 2, con el cual, da a entender que ARPRO a los cambios y condiciones que pudieran afectar el desarrollo del Proyecto, accedió a reconocerle a EYT mayores costos y ajustes de la logística en la ejecución.

7. LA RATA DE SUMINISTRO DE CONCRETO ESTABLECIDA

125. En este capítulo se describen los aspectos más representativos para comprender el proceso de suministros de concretos por parte del proveedor, para este Proyecto Argos y la programación establecida para alcanzar los metros cúbicos por hora de suministro (rata de suministro),⁶² en la cimentación del Proyecto.
126. De acuerdo con lo anterior, es importante conocer las distancias y los tiempos de recorrido desde las plantas de concreto de Argos localizadas en las zonas de Puente Aranda y en Calle 80, hasta la obra. Además del tiempo acordado de descarga del concreto por parte de EYT y la permanencia en obra para cada mixer, teniendo en cuenta el retorno del primer lote (primeros mixers en llegar para cada elemento que hay que fundir) de mixer a la planta de concreto para continuar con el ciclo, hasta finalizar el proceso de fundida del elemento.
127. A continuación, se indica la ubicación de las plantas de Argos de la Calle 80 y Puente Aranda, los recorridos y los tiempos que realizaron los mixeres para suministrar el concreto considerando la salida a las 8:00 am.

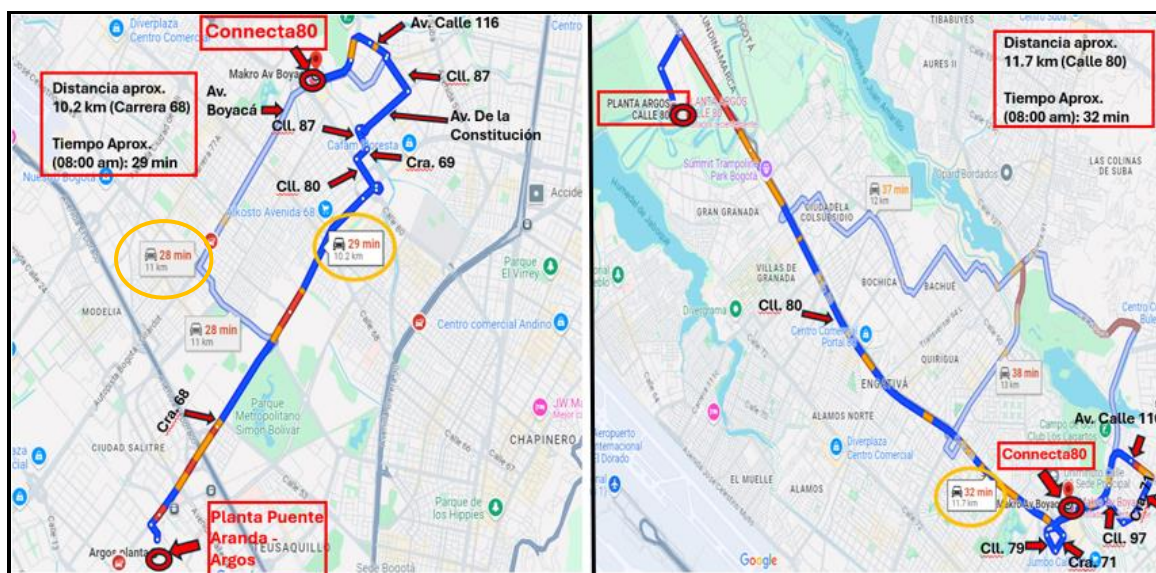


Figura 13. Recorridos de las Plantas de Argos hasta el Proyecto Connecta 80. (Fuente Google Maps)

128. Según la figura de la margen izquierda, la distancia del recorrido del mixer desde la planta de Puente Aranda hasta el Proyecto era aproximadamente de 10.2 km y un tiempo del recorrido entre 28 y 29 minutos señalado con el círculo de color **naranja**.

⁶² Anexo GPS-002. Contrato 2100009 del 05 de abril de 2021 - Anexo 2 – 3.0 Generalidades en la Construcción – 3.3 (Página 21)

129. En cuanto a la imagen de la derecha, el recorrido que realizaron los viajes de concreto suministrados desde la planta de la Calle 80 hasta el Proyecto era de 11.7 km con un tiempo de recorrido aproximado de 32 minutos también señalado con el círculo **naranja**.
130. Ahora bien, es importante mencionar cuales fueron las cantidades de concreto que se cargaron y se transportaron en los mixeres de Argos, para poder comprender cuantas mixer eran requeridos para alcanzar la rata de suministro de 35 m³/h. De acuerdo con lo anterior, quedó registrado en el historial de concretos (formato control de hormigonado de cada elemento), que la cantidad de concreto promedio por mixer varió entre 5 y 9 m³.
131. En consecuencia, para cumplir con la rata de suministro de 35 m³/h, dependía de la cantidad de concreto cargada por mixer. Por ejemplo, con 5 mixer cargadas con una cantidad cada una de 7 m³ de concreto durante una hora, se hubiera cumplido con la rata establecida.
132. Sin embargo, se observó que durante la construcción de los elementos se presentaron eventos de obra como las demoras en el inicio de la descarga de concreto, además de inconvenientes técnicos en el proceso constructivo de responsabilidad de EYT, que ocasionaron la desviación del ciclo de suministro.

7.1. ¿QUÉ ES LA RATA DE SUMINISTRO DEL CONCRETO?

133. La rata de suministro es la cantidad de concreto necesario para un periodo de tiempo específico. Para el caso de la cimentación del Proyecto Connecta 80, en el Contrato en el anexo 2,⁶³ se estableció los siguientes aspectos:

“(…)

*3.3 El CONTRATISTA debe garantizar que no se presente discontinuidad alguna por efecto de intermitencia en el vaciado del concreto o por efecto de erosión del terreno que no permita el vaciado continuo de este material (hormigueros, juntas frías), así como también deberá evitar el desplome de estos elementos y que no se presenten fallas en los niveles de los pilotes, Con el fin de cumplir este aparte, será indispensable el suministro de concreto (rata 35m³/h) idóneo y continuo con la manejabilidad y propiedades requeridas.
(…)*

10.16 El CONTRATANTE suministrará en el sitio acordado con el CONTRATISTA, el concreto según el ANEXO7 planos y especificaciones necesario para la debida ejecución de los trabajos, el cual deberá contar con las siguientes características: 1) Rata de suministro promedio no inferior a 35m³/hora. 2) Asentamiento de la mezcla, medida en cono abrams de 8 +/-1” y/o manejabilidad de la mezcla por todo el tiempo de hormigonado del elemento. 3) tamaño máximo del agregado adecuado.”

⁶³ Anexo GPS-002. Contrato 2100009 del 05 de abril de 2021 - Anexo 2 – 3.0 Generalidades en la Construcción – 3.3 (Página 21)

(...)

134. En la propuesta técnica de EYT en el apartado correspondiente de Pilotes, Pantallas y Barretes,⁶⁴ se menciona lo siguiente:

(...) “Es conveniente que el hormigonado se lleve a cabo a un ritmo superior a 25 m³/h”.

“El hormigonado deberá realizarse sin interrupción, debiendo el hormigón que circula hacerlo dentro de un período de tiempo equivalente al setenta y cinco por ciento (75%) del comienzo de fraguado. Cuando se prevea un período mayor, deberán utilizarse retardadores de fraguado”.

“La falta de continuidad entre la finalización de la descarga de una cuba de hormigón y la llegada de la siguiente puede afectar a la calidad final del elemento. No se permitirán retrasos reiterados y, bajo ningún concepto, el retraso entre dos cubas consecutivas será superior a 30 minutos.”

(...)

135. Por otra parte, en las especificaciones del concreto tremie solicitadas por ARPRO y PAYC a cementos ARGOS,⁶⁵ se menciona lo siguiente:

“(...) Garantizar un suministro continuo, para este caso 30 m³/h, siempre y cuando los camiones mezcladores no se demoren más de 45 minutos en la obra.(...)”

136. En consideración a lo expuesto, se establecieron entre las Partes diferentes valores de ratas de suministro de concreto entre 25, 30 y 35 m³/hora. GPS en sus análisis pudo establecer que:

- Al inicio del hormigonado de los elementos la rata de suministro fue igual o mayor a los valores establecidos (para el inicio del hormigonado era necesario contar con 4 a 6 mixers)
- En la medida en que se avanzaba con el hormigonado la rata de suministro fue disminuyendo a valores por debajo de la rata acordado (35m³/h)
- La principal causa para no cumplir con la rata acordada es la demora para vaciar las mixers por problemas de logística de EYT y problemas durante el hormigonado de los elementos. (por ejemplo, el taponamiento del tubo tremie, retiro parcial (corte) de la tubería tremie, dificultades en el desplazamiento de las mixers por el mal estado de los accesos para la colocación del concreto, dificultades en la movilidad de las mixers por el desorden en el acopio de equipos y materiales utilizados por EYT, demoras en el retiro de los lodos poliméricos y la recirculación de estos para remover material en suspensión, demoras en la instalación de las canastas de refuerzo actividad previa al hormigonado, por efecto de la mayor expansión aumentó el tiempo de espera de los mixers en la obra por pedidos no

⁶⁴Anexo GPS-003. Propuesta Técnica EYT V1. (Página 78)

⁶⁵Anexo GPS-009. Estudio Trazabilidad del Concreto Suministrado para la Cimentación Profunda del Proyecto “Complejo Empresarial Connecta 80 en Bogotá D.C. del 15 de agosto de 2021.

planeados, demoras en la entrega del elemento a fundir por parte de EYT y demora en el lavado de las llantas de las mixers antes de salir de la obra).

- No hay evidencia de que el número y capacidad de las mixers asignadas por ARGOS a la obra sea la causa de las bajas ratas de suministro.

137. En los 162 elementos con problemas de calidad analizados por GPS, el promedio de la rata de suministro de concreto fue de 17,17 m³/h, el cual incluía todo el ciclo, desde la salida de las plantas de concreto, traslado hasta el proyecto, demoras de logística en la obra (ajeno al suministrador del concreto), el descargue y retorno nuevamente hasta las plantas de concreto.
138. Si bien es cierto que dependiendo del documento que se consulte, se tienen para el Proyecto diferentes ratas de suministro de concreto (25, 30 y 35 m³/h) para calcular la manejabilidad, GPS considera que EYT como experto y con amplia experiencia en la construcción de cimentaciones profundas, después de detectar que por causas de logística y de vaciado del concreto en el Proyecto, no era posible cumplir con la rata de 35 m³/h, debió revisar con ARPRO y PAYC las condiciones del suministro en lo referente a la manejabilidad del concreto. Por ejemplo, adoptar los 25 m³/h considerados por EYT en su propuesta técnica y aumentar los tiempos de manejabilidad del concreto de 6 a 8 horas.
139. No hay que perder de vista que a menor rata de suministro mayores son los tiempos de hormigonado. Estos mayores tiempos aumentan las posibilidades de que se presenten: derrumbes que contaminen el concreto y pérdidas en la manejabilidad que entre otras cosas, generan segregación y vacíos en el concreto en zonas con alta densidad de refuerzo.
140. Se reitera que el control de calidad era responsabilidad de EYT y si las condiciones de suministro iban a afectar la calidad de acuerdo con su plan de calidad, era su responsabilidad informar y solicitar los ajustes necesarios para no comprometer la calidad de las cimentaciones profundas.

7.2. DE QUE DEPENDE LA RATA DE SUMINISTRO DEL CONCRETO

141. Para asegurar una rata de 35 m³/h, era fundamental que EYT garantizará la logística en obra de las actividades previas a la fundida de concreto del elemento, con el fin de que, al momento de la llegada de cada mixer a obra, no se presentaran inconvenientes técnicos que retrasaran la descarga del concreto.
142. Los retrasos para descargar el concreto fueron reiterativos durante la fundida de los elementos y las causas fueron producto a inconvenientes técnicos relacionados con los procesos constructivos implementados por EYT, tales como:

- Demoras en la entrega del elemento para fundir por deficientes procedimiento en el armado y aseguramiento de la canasta de acero,⁶⁶
 - Taponamientos del tubo tremie al inicio de la fundida,⁶⁷
 - Inadecuado armado y aseguramiento de acero de las canastas de refuerzo,⁶⁸
 - El desorden y falta de mantenimiento de vías internas impidió el normal desplazamiento del mixer durante el descargue del concreto, facilitando el retorno del lote de mixer a la planta para cargue de concreto nuevamente y regreso a obra en el menor tiempo posible.
143. La falta de mantenimiento de las vías, los equipos y materiales, representaron incumplimientos por parte de EYT,⁶⁹ como lo mencionan de manera reiterativa la interventoría en sus informes mensuales No 11, 12 y 13 correspondientes a los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2021.⁷⁰
144. La correcta logística de EYT en la adecuación y el orden de las vías de la plataforma de la obra, permitiría la fluidez en la actividad de descarga del concreto y de esta manera, la actividad no tardaría más de 45 min, condición primordial establecida por Argos para cumplir con la rata de suministro.⁷¹
145. Otros eventos que se presentaron e incidieron en el no cumplimiento de la rata de suministro de algunos elementos, fue la cancelación (antes del hormigonado) en varias oportunidades de la programación de concreto por parte de EYT sobre la hora establecida, y que había sido acordada con anticipación entre las partes (ARPRO – ARGOS) conforme a la programación en tiempo y cantidades realizada por EYT. Lo anterior, a razón de imprevistos técnicos en obra y de responsabilidad de EYT.⁷² *(ver tabla 10. Registro de inapropiados procesos constructivos por parte de EYT)*
146. En conclusión, la falta de previsión e inadecuados procesos constructivos implementados por parte de EYT, durante la ejecución de la cimentación ocasionó bajas tasas de suministro.

7.3. CÓMO FUE EL SUMINISTRO DEL CONCRETO PARA LA CIMENTACIÓN DEL PROYECTO

147. Teniendo en cuenta los tiempos de recorrido (29 – 32 min) y la distancia de las plantas de Argos de Puente Aranda y Calle 80 (10.2 km – 11.7 km respectivamente), mostrado en la figura anterior, de acuerdo con el informe realizado por DS CONCRETOS SAS del 15 de agosto de 2021, el suministro de concreto fue constante con pocos momentos de interrupción, los cuales fueron

⁶⁶ Anexo GPS-025. Correo electrónico del 28 de septiembre de 2021 – Inconvenientes en vaciado concreto Pilote 14-01.

⁶⁷ Anexo GPS-026. Documento Hoja de Vida MP-40-T5. (Página 2)

⁶⁸ Anexo GPS-027. Comunicación CON-138-2021 del 28 de julio de 2021.

⁶⁹ Anexo GPS-002. Contrato Equipos y Terratest No 2100009 del 05 de abril de 2021. Anexo 2 – No Incluido en el Alcance – 10.9 (Página 25)

⁷⁰ Apéndice GPS – A - 005. Informes de Interventoría No 11, 12 y 13 de 2021.

⁷¹ Anexo GPS-009. Estudio Trazabilidad del Concreto Suministrado para la Cimentación Profunda del Proyecto “Complejo Empresarial Connecta 80 en Bogotá D.C. del 15 de agosto de 2021. (Página 7)

⁷² Anexo GPS-028. Correo electrónico “Descuento cargue de Concreto” del 22 de agosto de 2022.

menores de 30 minutos. Lo anterior, a pesar de que en el 63% de los registros de suministro, el tiempo de permanencia en obra superó lo estipulado por Argos (45 min).⁷³

148. El informe menciona finalmente que:

(...) En general, los momentos en los cuales hubo ausencia de camiones en la obra, fue en los últimos viajes del vaciado, o como consecuencia de la acumulación previa de vehículos con tiempos de permanencia en obra de más de 45 minutos, llegando en algunos casos a tiempos cercanos a las 2 horas. La misma situación se presenta al analizar los momentos en los cuales hubo intervalos de tiempo sin vehículos en obra para continuar con el vaciado de los elementos. (...)

149. Por lo tanto, de acuerdo con la información, el suministro del concreto para la cimentación del Proyecto fue constante a pesar de las demoras en la descarga de concreto y el incumplimiento por parte de EYT del tiempo de permanencia de 45 min del mixer. En cuanto a calidad, el concreto suministrado cumple con los parámetros de resistencia a compresión y asentamiento de acuerdo con las especificaciones solicitadas.⁷⁴

8. LOS DEFECTOS DE CALIDAD ENCONTRADOS EN LAS CIMENTACIONES

150. Debido a que los defectos de calidad que se observan en los diferentes elementos de la cimentación profunda (muros guía, pantallas, pantalones, barretes y pilotes) están relacionados tanto con la relación del espaciamiento de las barras con el tamaño máximo del agregado, como con los procesos constructivos implementados por EYT, se abordará en este capítulo, las consideraciones tenidas en cuenta e incluidas en la propuesta técnica de EYT y lo que fue implementado durante la construcción de los elementos.

8.1. GENERALIDADES DE LOS PROCESOS DE EJECUCIÓN EN CIMENTACIONES PROFUNDAS CON DEFECTOS DE CALIDAD

151. Con el objetivo de generar un contexto para comprender de manera práctica el porqué de los defectos en la calidad de los elementos de una cimentación profunda, se establece a continuación un marco de referencia para las etapas de preconstrucción y construcción del Proyecto:

8.1.1. Etapa de Preconstrucción

152. Algunos defectos constructivos en los Proyectos se generan por las determinaciones previas al inicio de las actividades constructivas. Estas tienen que ver con el diseño estructural a

⁷³ Anexo GPS-009. Estudio Trazabilidad del Concreto Suministrado para la Cimentación Profunda del Proyecto “Complejo Empresarial Connecta 80 en Bogotá D.C. del 15 de agosto de 2021. (Página 20)

⁷⁴ Anexo GPS-009. Estudio Trazabilidad del Concreto Suministrado para la Cimentación Profunda del Proyecto “Complejo Empresarial Connecta 80 en Bogotá D.C. del 15 de agosto de 2021. (Página 21)

implementarse en los elementos del Proyecto, tales como el diseño de las mezclas de concreto (hormigón) a utilizar y la disposición del refuerzo diseñado para las estructuras de la cimentación.

153. En línea con lo anterior, se detallarán las principales recomendaciones que se ofrecen en las normas (códigos) y guías de buenas prácticas para construcción de cimentaciones profundas⁷⁵ y en el estudio realizado con los diseños de mezclas de concreto implementado en el Proyecto Connecta 80, respecto al tamaño máximo del agregado y la separación del acero de refuerzo:

8.1.1.1. Concreto Tremie

154. El diseño del Concreto Tremie debe ser el resultado de un acuerdo entre el dueño de la obra (especificador) el diseñador estructural, el constructor de la cimentación, el proveedor del Concreto y el responsable de los ensayos de control de calidad.⁷⁶
155. En LA GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE PARA CIMENTACIONES PROFUNDAS (EFFC/DFI), segunda edición (publicada en 2018), la cual tiene como propósito principal, orientar sobre la caracterización del hormigón fresco con relación a su comportamiento respecto a las cimentaciones profundas,⁷⁷ establece las siguientes propiedades del hormigón tremie:⁷⁸

“La reología del hormigón es fundamental para su comportamiento durante el proceso de hormigonado. La reología determina el éxito de la puesta en obra y la calidad del producto final (por ejemplo, su durabilidad).”

Las características reológicas claves del hormigón fresco son:

- *Trabajabilidad (término general que define la capacidad del hormigón para rellenar la excavación, autonivelándose y autocompactándose por gravedad).*
 - *Retención de la trabajabilidad (definiendo cuánto tiempo se conservarán las propiedades especificadas en el hormigón fresco).*
 - *Estabilidad (resistencia a la segregación, exudación y filtración).*
156. En la GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE PARA CIMENTACIONES PROFUNDAS – PARTES 1 A 5, primera edición (publicada en 2017), se establecen las siguientes recomendaciones para el concreto tremie:⁷⁹

Tabla 9. Resumen Recomendaciones Concreto Tremie.

RECOMENDACIONES SOBRE EL CONCRETO TREMIE SEGÚN “LA GUÍA PRÁCTICA PARA CONSTRUCCIONES PROFUNDAS”
Fluidez y permanencia de manejabilidad.

⁷⁵ Anexo GPS-029. Documento GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS segunda edición (2018).

⁷⁶ Anexo GPS-029. Documento GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS segunda edición (2018). (Página 15)

⁷⁷ Anexo GPS-029. Documento GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS segunda edición (2018). (Página 15)

⁷⁸ Anexo GPS-029. Documento GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS segunda edición (2018). (Página 21)

⁷⁹ Anexo GPS-009. Estudio Trazabilidad del Concreto Suministrado para la Cimentación Profunda del Proyecto “Complejo Empresarial Connecta 80 en Bogotá D.C. del 15 de agosto de 2021. (Página 7)

RECOMENDACIONES SOBRE EL CONCRETO TREMIE SEGÚN “LA GUÍA PRÁCTICA PARA CONSTRUCCIONES PROFUNDAS”
Resistencia a la compresión a 1 día, de mínimo 1 MPa
Exudación no superior a 0,1 mm/min (ASTM C 232)
Filtración menor de 20 ml
Viscosidad menor de 7 segundos
Contenido mínimo de material cementante (cemento + adiciones suplementarias). Para este caso se considera colocación bajo agua, de modo que el contenido mínimo deberá ser no menos de 375 kg/m ³ .
Tamaño máximo de agregado no deberá sobrepasar el más pequeño de los dos siguientes valores: 32 mm; o ¼ del espaciamiento libre entre barras de acero de refuerzo más cercanas (EN 206:2013).
Realizar mezclas de prueba en planta y en obra.
Garantizar un suministro continuo y un rendimiento en m ³ /hora, basado en el volumen de los elementos a vaciar, la manejabilidad y la distancia a la planta.
Se recomienda un asentamiento inicial mínimo de 8” +/-1” (200 mm +/- 25 mm). La permanencia deberá ser definida de acuerdo con las dimensiones de cada elemento y la tasa de suministro que se defina.
Las muestras para los ensayos de resistencia de cada clase de concreto colocado por día, deben tomarse no menos de una vez al día, ni menos de una vez por cada 40 m ³ de concreto. Se deben seguir los requerimientos establecidos en la norma NTC 3318. Adicionalmente, se debe tomar la prueba de asentamiento y la viscosidad de la mezcla a todos los camiones.
Los registros de pesaje deben cumplir con lo estipulado en la norma NTC 3318.
El diseño de la mezcla deberá ser aprobado y/o validado antes del inicio de la producción.
La relación agua/material cementante no deberá ser mayor de 0,6.
El diseño de la mezcla deberá cumplir con la norma NTC 5551, según las condiciones de exposición.

- **Diseño de mezclas de concreto tremie para el Centro Empresarial Connecta 80**

157. Debido a la importancia que tiene el diseño de mezclas de concreto tremie en la calidad de los elementos de una cimentación profunda, ARGOS (proveedor de las mezclas de concreto) a raíz de los problemas de calidad que presentaron en algunos elementos de la cimentación profunda, contrató en agosto de 2022 a la empresa DS CONCRETOS SAS INGENIEROS CONSULTORES para que realizará el estudio de *“TRAZABILIDAD DEL CONCRETO SUMINISTRADO PARA LA CIMENTACIÓN PROFUNDA DEL PROYECTO “COMPLEJO EMPRESARIAL CONNECTA 80 EN BOGOTÁ D.C.”*.⁸⁰

158. Este estudio se centró en:

- Revisar los diseños de mezclas definitivos realizados entre marzo y julio del 2021 para resistencias de 5000 y 6000 psi elaborados con tamaños máximos de ½” y 1” de las plantas de Puente Aranda y Calle 80.
- Analizar el desempeño (asentamiento, escurrimiento, estabilidad y manejabilidad) de las mezclas utilizadas reproduciendo los diseños de mezclas despachados los días 19 de julio de 2021 y 16 de febrero de 2022.

⁸⁰ Anexo GPS-009. Estudio Trazabilidad del Concreto Suministrado para la Cimentación Profunda del Proyecto “Complejo Empresarial Connecta 80 en Bogotá D.C. del 15 de agosto de 2021.

159. En el estudio se concluye lo siguiente para los concretos de 5000 psi fabricados en la planta de Puente Aranda:⁸¹

(...) Los anteriores resultados, demuestran que de acuerdo con la guía EFFC/DFI, no ha debido especificarse un TMN de 1", por cuanto las condiciones de escurrimiento y de estabilidad no son posibles con este tamaño máximo, para una mezcla con ese contenido de cementante; además de que ese tamaño no cumple con los parámetros definidos dentro de la separación de barras de refuerzo horizontal y vertical (...). Énfasis añadido.

160. La anterior conclusión de DS es fundamental, ya que el Tamaño Máximo Nominal de los agregados tiene un impacto directo en la trabajabilidad y cohesión de la mezcla de concreto, especialmente en elementos estructurales complejos como los de cimentación profunda. Un tamaño de 1" en el agregado puede generar obstrucciones durante el vaciado del concreto, reduciendo la capacidad de compactación y provocando vacíos o defectos en el elemento terminado. Asimismo, en presencia de una alta densidad de refuerzo, una incorrecta elección del tamaño del agregado puede causar segregación de los materiales, comprometiendo la integridad estructural de la cimentación.

8.1.1.2. Refuerzo

161. Al igual que las propiedades que debe cumplir el concreto tremie, el diseño de las armaduras (separación de las barras de acero) debe cumplir con ciertas reglas para no convertirse en una obstrucción al flujo del concreto.
162. La separación del acero vertical y horizontal en las canastas de los elementos debe ser tal que permita el paso del concreto hacia las caras del elemento.
163. Según "LA GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS" se recomiendan los siguientes espaciamientos según el tipo de elemento en función del tamaño máximo del agregado (gravas) y que se muestra en la siguiente figura⁸²

⁸¹ Anexo GPS-009. Estudio Trazabilidad del Concreto Suministrado para la Cimentación Profunda del Proyecto "Complejo Empresarial Connecta 80 en Bogotá D.C. del 15 de agosto de 2021. (página 20)

⁸² Anexo GPS-029. Documento GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS segunda edición (2018). (Página 70)

REQUISITOS DE ARMADO COMÚNMENTE EMPLEADOS EN PILOTES PERFORADOS Y ELEMENTOS PORTANTES (Cont.)			
ESPACIAMIENTO PARA PILOTES PERFORADOS Y ELEMENTOS PORTANTES			
SITUACIÓN	APARTADO	VALOR	COMENTARIOS
Para elementos en los que la excentricidad de la carga no excede D/8 para pilotes, o H/6 para elementos portantes			
Espaciamiento horizontal y vertical de las barras	EN1992-1-1:2004+A1, 9.3.1	≥ 100 mm	incluso en solapes
	ACI336.1-01, 3.4.9	$\geq 4 D_{max}$	donde D_{max} = tamaño máximo del árido, incluso en solapes
	EN1536:2010+A1, 7.5.2.5	≤ 400 mm	lo más amplio posible, pero menos de 400 mm.
	EN206:2013+A1, Annex D.2.2	$\geq 4 D_{max}$	donde D_{max} = tamaño máximo del árido.
	EN1536:2010+A1, 7.5.2.6	≥ 100 mm	para barras longitudinales aisladas o agrupadas.
	EN1992-1-1:2004+A1, 9.3.1	≥ 80 mm	para longitud de solape, siempre que $D_0 \leq 20$ mm (debe tenerse especial consideración para el mantenimiento de un flujo de hormigón suficiente, véanse las secciones 3 y 6).
	EN1536:2010+A1, 7.5.2.7	$\geq 1,5 D_{max}$ y $\geq 2 D_0$	para capas de barras, colocadas radialmente, donde D_0 es el diámetro de las barras (de acero).

Figura 14. Espaciamiento de las barras de acero en pilotes según Guía del Hormigón Tremie en Cimentaciones Profundas.

164. Según las normas internacionales mencionadas en la guía, se recomienda para pilotes que el espaciamiento horizontal y vertical sea el señalado en rojo de acuerdo con los criterios allí indicados, en todo caso no menor a 8 cm. (ver figura 11)
165. Respecto al espaciamiento para muros pantalla, la “GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS” indica lo siguiente.⁸³

REQUISITOS DE ARMADO COMÚNMENTE EMPLEADOS EN MUROS PANTALLA (CONT.)			
ESPACIAMIENTO PARA MUROS PANTALLA			
SITUACIÓN	APARTADO	VALOR	COMENTARIOS
Para elementos en los que la excentricidad de la carga no excede D/8 para pilotes, o H/6 para elementos portantes			
Espaciamiento de barras verticales	EN206:2013+A1, Annex D.2.2	$\geq 4 D_{max}$	donde D_{max} es el tamaño máximo del árido.
	EN1538:2010+A1, 7.5.3.2	≥ 100 mm	de barras individuales o grupos, paralelas a la cara de la pantalla
	EN1538:2010+A1, 7.5.3.3	≥ 80 mm	para la longitud de solape, siempre y cuando $D_{max} \leq 20$ mm (debe darse especial consideración a mantener un flujo de hormigón suficiente; véanse las secciones 3 y 6).
Espaciamiento vertical de barras horizontales	EN1538:2010+A1, 7.5.4.2	≥ 200 mm	
	EN1538:2010+A1, 7.5.4.3	≥ 150 mm	donde sea necesario, siempre y cuando $D_{max} \leq 20$ mm, donde D_{max} es el tamaño máximo del árido.
Espaciamiento horizontal de barras transversales	EN1538:2010+A1, 7.5.4.4	≥ 150 mm	
	EN1538:2010+A1, 7.5.4.5	≥ 200 mm	recomendado
Espaciamiento horizontal de jaulas adyacentes	EN1538:2010+A1, 7.5.5.1	≥ 200 mm	
	EN1538:2010+A1, 7.5.5.2	≥ 400 mm	recomendado
Espaciamiento horizontal de jaulas y juntas incl. juntas de estanqueidad	EN1538:2010+A1, 7.5.5.3	≥ 100 mm	
	EN1538:2010+A1, 7.5.5.4	≥ 200 mm	recomendado

Figura 15. Espaciamiento de las barras de acero para muros pantalla según la Guía.

166. El espaciamiento mínimo del refuerzo para muros-pantalla recomendado de acuerdo con la guía, es de 20 cm, sin embargo, en algunos casos es posible utilizar separaciones menores siempre y cuando el tamaño máximo del agregado sea igual o menor a 20 mm (3/4”).

⁸³ Anexo GPS-029. Documento GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS segunda edición (2018). (Página 72)

167. Como se aprecia en las anteriores figuras, la separación de las barras depende del tamaño máximo del agregado (gravas). Así las cosas, para un tamaño máximo del agregado (gravas), sino se logra cumplir con la separación de barras recomendada, hay que aumentar las dimensiones del elemento.
168. Ahora bien, de acuerdo con la estipulado en la NSR-10, en el Título C, capítulo C.3 Materiales, Numeral C.3.3.2, indica lo siguiente:⁸⁴
- (...) El tamaño máximo nominal del agregado grueso no debe ser superior a:*
- (a) 1/5 de la menor separación entre los lados del encofrado, ni a*
- (b) 1/3 de la altura de la losa, ni a*
- (c) 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones individuales, paquetes de tendones o ductos. (...)*
169. Por su parte P&P PROYECTOS como responsable de los diseños estructurales del Proyecto, incluyó en las notas generales en el plano CD_CNN80_F1_S_SH_XX_003.DWG,⁸⁵ sobre el tamaño del agregado del Concreto, la siguiente recomendación:
- (...) “Es responsabilidad del constructor verificar los recubrimientos, así como la congestión del acero de refuerzo de los diferentes elementos estructurales antes de pedir el concreto; ya que existen elementos con recubrimientos menores y zonas de congestión de acero de refuerzo que exigen que el tamaño del agregado grueso sea menor a lo convencional. (...)”*
170. Adicionalmente, P&P PROYECTOS en una comunicación del 05 de diciembre de 2023,⁸⁶ menciona lo siguiente:
- (...) “Finalmente, en cuanto a los requisitos de espaciamiento mínimo libre entre barras de acero de refuerzo del Reglamento colombiano, se exigen espaciamientos mínimos entre barras dependiendo del tamaño máximo nominal del agregado grueso, el diámetro de la barra longitudinal y la dimensión del elemento estructural. En ningún aparte del Reglamento colombiano se especifican espaciamientos mínimos dependiendo del tipo de elemento estructural como se sugiere en los comentarios de Equipos y Terratest. La norma a la que se hace referencia por parte de E&T, es la norma española UNE-1538 relacionada con la ejecución de trabajos geotécnicos espaciales de elementos tipo pantalla, norma que no se sigue en Colombia, (...)”*
171. En función de la mezcla y tamaño máximo del agregado, se debe ajustar la separación del refuerzo según lo dispuesto en la Norma NSR-10 de obligatorio cumplimiento para construcciones sismorresistentes en Colombia. Sin embargo, el tamaño máximo del agregado en algunos casos

⁸⁴ Anexo GPS-071. Norma NSR-10, anexo Título C. (Página 43).

⁸⁵ Anexo GPS-019. Plano CD_CNN80_F1_S_SH_XX_003.DWG - “NOTAS GENERALES ESPECIFICACIONES CONVENCIONES – DETALLES EMPALMES Y DESARROLLO DE BARRAS” (Notas Generales – Tamaño del Agregado del Concreto).

⁸⁶ Anexo GPS-032. Comunicación P&P PROYECTOS del 05 de diciembre de 2023.

es mayor al recomendado en función de la separación del refuerzo, de acuerdo con otras normas como la española (EN 1536:2000 y 1538:2000) y/o la recomendada en la “GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS”.

172. Teniendo en cuenta la congestión de acero que se presenta en los barretes que tienen embebido (internamente) el refuerzo de columnas, EYT como experto y conocedor de las normas españolas y de las recomendaciones de la “GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS”, debió solicitar que el concreto para hormigonar estos elementos se fabricara con grava fina (1/2”) para facilitar el flujo del concreto a través del refuerzo o haber solicitado una revisión del diseño.

8.1.2. Procesos Constructivos

173. Los defectos generados durante la construcción de la cimentación profunda posiblemente tienen relación con algunos procedimientos constructivos, los cuales se apartaron de la metodología y de los controles de calidad propuestos por EYT en su propuesta técnica.⁸⁷
174. Como referencia y como criterio de experto, en la siguiente tabla GPS presenta algunos de los efectos adversos que suelen presentarse cuando no se aplican buenas prácticas constructivas:

Tabla 10. Defectos de Calidad en la Construcción de Cimentaciones Profundas.

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	INADECUADAS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVA	EFFECTO
Excavación	La estabilidad de las excavaciones profundas en materiales de baja consistencia como suelos granulares (arenas y gravas) y suelos finos (arcillas y limos) muy blandos, se logra mediante el empleo de revestimientos metálicos a medida que avanza la excavación o con la incorporación de lodos bentónicos/poliméricos, que crean una presión hidrostática sobre las paredes de la excavación superior al agua freática, siempre y cuando el nivel de lodos este por encima de este nivel.	Inicio de la excavación sin la construcción de vigas.	Inestabilidad (derrumbes) en la parte superior de la excavación, contaminación del concreto y mayores consumos de concreto. Desviaciones en el alineamiento vertical del elemento. Desprendimientos internos de material que contaminan el hormigón, acumulación de sedimentos en el fondo de la excavación.
	En algunas ocasiones cuando se excavan arenas sueltas, estratos de gravas o rellenos con escombros, el lodo no es suficiente para mantener estables las paredes de la excavación, por lo que entubar la perforación en el caso de pilotes es la mejor solución. En el caso de pantallas, pantalones y barretes cuando se presenta derrumbes en este tipo de materiales, una solución es	Tiempos Prolongados de exposición de la excavación sin realizar el hormigonado.	Si los valores son altos, se produce sedimentación de arenas y materiales finos en el fondo de la excavación. Si los valores son bajos, se producen desprendimientos en las paredes de la excavación.

⁸⁷ Anexo GPS-003. Propuesta Técnica EYT V1.

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	INADECUADAS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVA	EFFECTO
	rellenar la excavación con un mortero de baja resistencia (que después se excavará) para consolidar y los materiales en la zona del derrumbe. Es crucial controlar la viscosidad y el contenido de arena del lodo para evitar sedimentaciones que afecten la funcionalidad de los pilotes.	No realizar ensayos de viscosidad y de contenido de arena al lodo para verificar que estén dentro de los valores especificados.	Construcción de elementos con longitud menor a la indicada en diseños.
	El ACI 36.1-01 "Specification for Construction of Drilled Piers" establece que los contenidos de arena justo antes del hormigonado deben estar por debajo del 4% para pilotes que trabajen por punta y del 20% para pilotes que trabajen por fricción. A mayor concentración de arena menor es la capacidad del lodo para mantenerla en suspensión lo que se traduce en sedimentación en la punta del pilote.	No recircular el lodo de perforación antes de fundir un elemento para retirar los sedimentos del fondo de la excavación.	Se cambian las condiciones de trabajo (por punta, por fricción o una combinación de las dos) del elemento.
Colocación de juntas	Para formar las juntas de los elementos que conforman una pantalla se utilizan tubos que se colocan en los extremos de la excavación a manera de formaleta. Los tubos por lo general tienen el ancho de la excavación y quedan hincados en el fondo de la excavación para que el concreto no pueda entrar en ellos.	Diámetro del Tubo menor que el ancho de la excavación.	Junta Abierta que genera filtraciones.
		Excavación del módulo siguiente con excesivo tiempo posterior.	
		Retiro del tubo por fuera del tiempo de fraguado.	El no retiro del tubo al momento de la excavación y vaciado del concreto del siguiente módulo genera una falsa junta que se traduce filtraciones agua.
Construcción e instalación de Canastas de Refuerzo	Los elementos de una cimentación profunda al tener una función estructural llevan una armadura que, en el caso de las pantallas, pantalones y barretes está conformada por al menos 2 parrillas paralelas según sea el diseño. Es frecuente que estos elementos sean el inicio de columnas por lo que en su interior llevan embebido el refuerzo de las columnas. En el caso de las pantalla, pantalones y barrotes en donde el acero de refuerzo se dispone en forma de canasta, se colocan rigidizadores o pedazos de varillas que van de cara a cara de las mallas para garantizar su separación y rigidez. Para garantizar el recubrimiento de las canastas (una separación de 7.5 cm de las paredes de la excavación) a lo largo y	Instalación insuficiente de rigidizadores.	Deformación de la canasta al momento del izaje.
		No instalación de espaciadores.	Ausencia o menores espesores de recubrimiento de concreto
		Separación del refuerzo horizontal y vertical menor al indicado en diseños o al calculado en función de tamaño máximo del agregado grueso.	Vacíos en el elemento porque el concreto no puede fluir a través de las parrillas de refuerzo.

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	INADECUADAS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVA	EFFECTO
	ancho de las canastas a espacios uniformes se colocan espaciadores (cilíndricos de concreto o ganchos) que van unidos al refuerzo horizontal o vertical. Para los pilotes aplican las mismas consideraciones que acabamos de mencionar con excepción de los rigidizadores.		
Hormigonado	La mezcla de concreto tremie debe ser de alta manejabilidad, cohesiva, sin segregación ni exudación. Se debe diseñar para un asentamiento de 8" cuando se coloca con tubería tremie.	Instalación de concretos con asentamientos menores a 8".	Segregación del concreto.
		La punta del tubo tremie por encima del nivel de concreto	Segregación y lavado del concreto.
		La punta del tubo tremie tiene poca penetración en el concreto.	Contaminación del concreto.
		Instalación de concretos con TM 1" en sectores en donde la separación del refuerzo vertical/horizontal es menor a 10 cm.	Vacíos por flujo deficiente del concreto a través del refuerzo.
		Diámetro del tubo tremie insuficiente (menor a 20 cm).	Taponamiento del tubo Tremie.
		Tiempos prolongados para la descarga del concreto y entre viajes de concreto.	Juntas por la no continuidad durante el hormigonado. Derrumbes que contaminan el concreto y aumentan el consumo de concreto
		Pérdida de manejabilidad por tiempos prolongados en la descarga del concreto.	Vacíos por flujo deficiente del concreto a través del refuerzo.

175. Ahora bien, de acuerdo con la información suministrada por ARPRO/TERRANUM, GPS llevó a cabo un análisis técnico de 162 elementos que presentaron defectos de calidad: (ver tabla 10)

Tabla 11. Elementos con Defectos de Calidad Analizados por GPS

ELEMENTO	CANTIDAD DE ELEMENTOS ANALIZADOS CON DEFECTOS DE CALIDAD
Barrete	25
Pilote	28
Pantalla	71
Pantalón	38
Total	162

176. Los aspectos analizados por GPS que se muestran en la siguiente tabla, se extrajeron de las hojas de vida de cada elemento.⁸⁸

Tabla 12. Aspectos analizados en la Revisión ejecutada por GPS.

ASPECTOS ANALIZADOS	TEMAS
DISEÑOS	Dimensiones del elementos, recubrimiento y espaciamiento del refuerzo.
TIEMPOS DE ACTIVIDADES	Excavación y Hormigonado.
CLASIFICACIÓN DEL SUELO	Previsto en los Estudios de suelos vs Suelos encontrados durante la excavación.
ENSAYOS DE CALIDAD	PDA-PIT-CROSS HOLE-Resistencias de concretos-Viscosidad de Lodo de Perforación.
CONCRETO	Origen, resistencia del diseño, Tamaño Máximo del agregado, Asentamiento, Manejabilidad, Tasa de Suministro, Volumen Teórico y Real del Concreto.
OBSERVACIONES DE CALIDAD REGISTRADAS EN OBRA	Cumplimiento de Localización, Longitud, Refuerzo, Fundida.

177. Como resultado de los aspectos analizados, GPS pudo observar que durante la construcción de los elementos objeto de análisis, se presentaron eventos que actuando en forma individual o combinada terminaron por afectar la calidad de estos, como se muestra en las Tabla 13 y Tabla 14, y que se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 13. Eventos que Afectaron la Calidad de los Elementos.

EVENTOS QUE AFECTARON LA CALIDAD DE LOS ELEMENTOS	CRITERIO DE EVALUACIÓN DE GPS COMO EXPERTO
Profundidad del Tubo Tremie	Tubo tremie no se encuentra sumergido o no presenta la profundidad mínima de 2 metros.

⁸⁸ Apéndice GPS-A-037. Hojas de Vida de los 162 elementos de cimentación analizados por GPS.

EVENTOS QUE AFECTARON LA CALIDAD DE LOS ELEMENTOS	CRITERIO DE EVALUACIÓN DE GPS COMO EXPERTO
Taponamiento del tubo tremie	Se presenta taponamiento según registros de Hoja de vida o Matrices suministradas.
Deficiencias en el armado de las canastas de refuerzo	Interventoría menciona incumplimiento de norma en su informe.
Continuidad del elemento	Resultado pruebas PIT, CHL y PDA
Contaminación del concreto	Resistencia de los concretos (menores al 100% del valor requerido según diseño)
Selección del tipo de mezcla de concreto	Utilización de mezclas de concreto con tamaño máximo de 1" en los últimos 12m (Sótanos). ⁸⁹
Viscosidad de los lodos poliméricos	Viscosidad menor o mayor al rango establecido por el fabricante del polímero.
Demora en obra para descargar el Concreto	Tiempo de descargas mayores a 45 minutos (Establecido por Argos).
Logística Suministro Concreto	Reportes de falta de suministro de concreto.
No Presenta información	Elemento sin información suministrada.

178. De acuerdo con los criterios/parámetros establecidos para el análisis, GPS obtuvo la siguiente información resultante de la revisión y el análisis de los 162 elementos.⁹⁰ El objeto de este análisis fue identificar las posibles incidencias con las causas de los defectos de calidad encontrados en los elementos.
179. En la siguiente tabla se muestra el resumen detallado de los hallazgos y la relación con los defectos observados para los 162 elementos.

⁸⁹ Anexo GPS-030. Archivo Excel - Trazabilidad de concretos instalados en Elementos de Cimentación.

⁹⁰ Apéndice GPS – A - 006. Información análisis de 162 elementos GPS.

Tabla 14. Resultados del Análisis de los Eventos que afectaron la Calidad de los Elementos de la Cimentación.

TIPO DE ELEMENTO	CANTIDAD DE ELEMENTOS	PROFUNDIDAD DEL TUBO TREMIE	TAPONAMIENTO DEL TUBO TREMIE	CALIDAD CANASTAS DE REFUERZO	CONTINUIDAD DEL ELEMENTO	CONTAMINACIÓN DEL CONCRETO	SELECCIÓN DEL TIPO DE MEZCLA	VISCOSIDAD LODOS POLIMÉRICOS	DEMORA EN OBRA PARA DESCARGAR EL CONCRETO	LOGÍSTICA SUMINISTRO CONCRETO
BARRETE	25	9	1	6	7	6	3	8	20	1
PANTALLA	71	31	4	5	-	1	25	29	51	-
PANTALÓN	38	3	1	22	2	2	5	9	29	-
PILOTE	28	2	-	1	6	-	-	26	2	2
TOTAL, GENERAL	162	45	6	34	15	9	33	72	102	3
	100%	27,78 %	3,70 %	20,99	9,26 %	5,56 %	20,37 %	44,44 %	62,96 %	1,85 %

180. Los resultados del análisis indican que, para los 162 elementos, los eventos que más afectaron la calidad de los elementos están relacionados con las demoras en obra para descargar el concreto (63%), la profundidad del tubo tremie (27.78%) y la selección del tipo de mezclas (20.37%). La viscosidad de los lodos poliméricos, aunque tiene un porcentaje alto de incumplimiento (44,44%) no tiene la misma incidencia que tienen las 3 primeras en los defectos que presentan los elementos.
181. GPS pudo evidenciar en el análisis y revisión de la información puesta a su disposición, que las demoras para descargar las mixers se originaron en algunos casos por una o varias de las siguientes causas:
- Taponamiento de la tubería tremie.⁹¹
 - Retiro parcial (corte) de la tubería tremie.⁹²
 - Dificultades en el desplazamiento de las mixers por:⁹³
 - Mal estados de los accesos al elemento a hormigonar.
 - Dificultades en la movilidad de las mixers por el desorden en el acopio de equipos y materiales utilizados por EYT.
 - Demoras en el retiro de los lodos poliméricos y la recirculación de estos para remover material en suspensión.⁹⁴

⁹¹ Anexo GPS-026. Documento Hoja de Vida MP-40-T5. (Página 2).

⁹² Anexo GPS-031. Documento Tercer Comité Interno Terratest-Arpro-Terranum-PAYC "Elementos Contaminados de Cimentación Profunda – 02-agosto-2022.

⁹³ Apéndice GPS – A- 005. Informes de Interventoría No 11, 12 y 13 de 2021.

⁹⁴ Anexo GPS-077. Documento Pilote PL-24-C1.

- Demoras en la instalación de las canastas de refuerzo.⁹⁵
- Cuando la expansión es mayor, aumenta el tiempo de espera de los carros en la obra por pedidos no planeados.⁹⁶
- Demoras en la entrega del elemento a fundir por parte de EYT.⁹⁷
- Iniciar la colocación del concreto sin asegurar la cantidad mínima del volumen requerido.
- El lavado de las llantas de las llantas de las mixers antes de salir de la obra.⁹⁸

182. Respecto a los anteriores problemas evidenciados en los procesos constructivos implementados por EYT en la ejecución de la cimentación del Proyecto, mediante la comunicación del 01 de julio de 2021,⁹⁹ EYT reconoce su responsabilidad en fallas en el proceso constructivo, tal como se observa a continuación:

Una vez expuesto lo anterior, no queremos dejar de comentar que en efecto hemos tenido algunos problemas que si son imputables a la gestión de Terratest:

1. Referente al incidente del Pantalón 17, tenemos que se pudo llegar solo hasta 20,50 mts con la almeja de 2,2 mts, logrando alcanzar el tubo. Sin embargo, la almeja no logra bajar más, por lo que se utilizaría unas valvas de menor ancho de manera que se pueda determinar si con este ancho se pueda avanzar y poder tener un dato más preciso sobre la dimensión para ser validado con el estructural y el geotecnista. Si queremos tratar de salvar el elemento, este proceso requiere tiempo, y lo estamos atendiendo en lo posible en tiempos muertos o con equipos que no pueden ser ubicados en otras zonas, como la estación de servicio a la cual aun no hemos podido entrar.
2. Como se manifestó por correo, la cuchara de apertura 2,50 mts presento un radio de apertura mayor generando problemas que podían afectar la verticalidad para no afectar el plazo final se ha alterado el orden de ejecución y nos estamos centrando en el dado 93. El jueves que viene debemos contar con la valva modificada.
3. No hay ningún atraso en la actividad de pilotaje, los rendimientos promedios tienen en cuenta periodos de reparación/avería o mantenimiento. Esta actividad tiene margen de mejora si se obtiene mayor eficacia en la programación del hormigonado
4. Como medidas para mitigar atraso se estará implementando a partir de la próxima semana turno extendido para el proceso de excavación de 1 frente de barretes, sin embargo, esta actividad tiene la limitante del retiro de material de excavación al no poder tener un botadero autorizado en las horas de la noche, por lo cual deberíamos contar con un espacio en la obra para poder tener este acopio intermedio.

⁹⁵ Anexo GPS-025. Correo electrónico del 28 de septiembre de 2021 – Inconvenientes en vaciado de concreto Pilote 14-01.

⁹⁶ Anexo GPS-034. Documento Segundo Comité Interno Terratest-Apro-Terranum-PAYC “Elementos Contaminados de Cimentación Profunda 26-julio-2022” (Página 2)

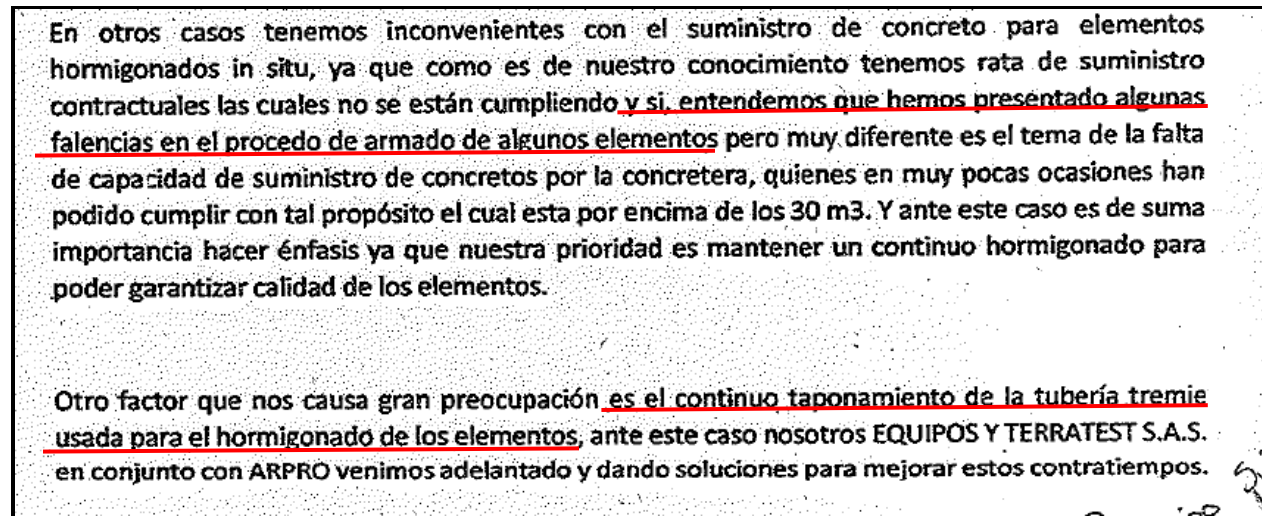
⁹⁷ Anexo GPS-034. Documento Segundo Comité Interno Terratest-Apro-Terranum-PAYC “Elementos Contaminados de Cimentación Profunda 26-julio-2022” (Página 2)

⁹⁸ Anexo GPS-031. Documento Tercer Comité Interno Terratest-Apro-Terranvn-PAYC “Elementos Contaminados de Cimentación Profunda - 02-agosto-2022.

⁹⁹ Anexo GPS-018. Comunicación EYT repuesta de la comunicación CONN-119 del 01 de julio de 2021.

Figura 16. Extracto de comunicación EYT del 01 de julio de 2021 en respuesta a la comunicación CONN-119.

183. Posteriormente, en comunicación del 05 de agosto de 2021, nuevamente EYT reconoce falencias en los procesos de armado y dificultades en el desarrollo de la fundida de concreto por taponamientos del tubo tremie que, es de exclusiva responsabilidad de EYT como constructor experto en el campo de las cimentaciones profundas, y como se indica en la siguiente figura:¹⁰⁰



184. De acuerdo con lo anterior, vale la pena reiterar que las ratas de suministro se cumplieron al iniciar la fundida de los elementos, y que producto de las deficiencias en los procesos constructivos de EYT, tal como ellos lo mencionan en las comunicaciones relacionadas anteriormente, se presentaron demoras en la descarga del concreto que incidieron en la rata de suministro.
185. Vale la pena indicar que contrario a lo que menciona EYT en el sentido de que parte de los retrasos en la descarga del concreto y otras mencionadas anteriormente como el estado de los accesos, dificultades en la movilidad de las mixers y desorden en el acopio de equipos y materiales utilizados por EYT, era porque no contaban con áreas disponibles en el Proyecto, se observó que EYT conocía la fecha de entrega de las diferentes áreas del predio y de acuerdo con estas presentó una actualización de¹⁰¹ a) la secuencia constructiva (movimiento de los equipos), b) los sitios de acopio de materiales y equipos y c) la localización de las vías industriales. El enfoque de la actualización no era otro que el de evitar demoras en los procesos constructivos teniendo en cuenta los espacios disponibles y las fechas de entrega de las diferentes áreas.
186. GPS pudo observar que en las hojas de vida de varios elementos (39 barretes), no se reportó la altura del concreto y/o el retiro de la tubería a medida que se realizaba el vaciado, situación que imposibilita verificar la altura de inmersión de la tubería. En algunos elementos se reportó que la

¹⁰⁰ Anexo GPS-021. Comunicación 668-DP-20137-2021 del 05 de agosto de 2021.

¹⁰¹ Anexo GPS-010. Comunicación EYT 708-PR-20137-2021 del 13 de agosto de 2021.

tubería estaba por encima del nivel de concreto (barretes 77-C1, 78-C1, 79-C1, 82-C1, 91-C1, 92-C1) o se retiró antes de terminar el vaciado (barretes 77-01, 77-02, 82-C1, 85-C1).

187. También, GPS pudo observar en las hojas de vida y en las boletas de remisión del concreto de Argos, la utilización de concretos con tamaño máximo de 1" al nivel de los sótanos en elementos con gran densidad de refuerzo. (barretes que servían para el arranque de columnas).
188. Como complemento al listado de eventos que tienen incidencia en la calidad de algunos de los elementos de la cimentación profunda, en la siguiente tabla, se mencionan algunos ejemplos de los eventos ocurridos en el desarrollo de los trabajos.

Tabla 15. Registro de Inapropiados Procesos Constructivos por parte de EYT.

COMUNICACIÓN/ ACTA	FECHA	EVENTO	REGISTRO DEL EVENTO
Correo electrónico ¹⁰²	27-05-2021	Tubos junta perdidos del módulo pantalla 12 y 18.	
Comunicación CON-138-2021 ¹⁰³	28-07-2021	Armado y aseguramiento inadecuado del acero de canastas. Modulo No 25. Medida ajustada de la Excavación. Falta del correcto aseguramiento de prensacables o perros de amarre.	
Correo electrónico ¹⁰⁴ Comunicación ¹⁰⁵ CAB-025-21 CO80-1987	03-08-2021 29-07-2021	Armado y aseguramiento inadecuado del acero de canastas. Pantalón No 25. Reprocesos por inadecuados controles de calidad en el armado de canastas.	

¹⁰² Anexo GPS-036. Correo electrónico del 26 de mayo de 2021 – Tubos junta perdidos modulo pantalla 12 y 18.

¹⁰³ Anexo GPS-027. Comunicación CON-138-2021 del 28 de julio de 2021.

¹⁰⁴ Anexo GPS-037. Correo electrónico del 03 de agosto de 2021 – Reposición a obra de acero perdido pantalón 25.

¹⁰⁵ Anexo GPS-038. Comunicación CAB-025-21 del 29 de julio de 2021.

COMUNICACIÓN/ ACTA	FECHA	EVENTO	REGISTRO DEL EVENTO
Correo electrónico ¹⁰⁶	30-08-2021	Incumplimiento de calidad en muros guía para barretes 76.	
Correo electrónico ¹⁰⁷	28-09-2021	Armado y aseguramiento inadecuado del acero de la canasta del pilote 14-01 deformándose en la punta. Retraso en la descarga de concretos esperando en obra e instalación de concretos con asentamiento 5.5".	
Comunicación CON-80-184-2021 ¹⁰⁸	29-09-2021	Incumplimientos con la programación de obra. Falta de organización para el acopio en obra de los materiales y equipos de EYT.	
Acta de Reunión ¹⁰⁹	21-06-2021	Desorden en el acopio de materiales de obra. Armado de acero entre el lodo.	Sin registro fotográfico
Comunicación CON-1127 ¹¹⁰	15-07-2021	Falta de coordinación. Tuberías perdidas en 3 módulos de pantalla. Equipos incompletos: EYT solo cuenta con un balde de 0.8 m. Cucharas con diferente medida de excavación. Maquinaria incompleta: Falta de cable para excavar una profundidad de 85m. Tubos Tremie insuficientes para los 6 frentes activos.	Sin registro fotográfico

¹⁰⁶ Anexo GPS-039. Correo electrónico – Elemento no recibido por calidad del 30 de agosto de 2021.

¹⁰⁷ Anexo GPS-025. Correo electrónico del 28 de septiembre de 2021 – Inconvenientes en vaciado de concreto Pilote 14-01.

¹⁰⁸ Anexo GPS-040. Comunicación CON-80-184-2021 del 29 de septiembre de 2021.

¹⁰⁹ Anexo GPS-041. Acta de reunión del 21 de junio de 2021.

¹¹⁰ Anexo GPS-042. Comunicación CON-1127 del 15 de julio de 2021 – Atrasos y rendimiento de Obra.

COMUNICACIÓN/ ACTA	FECHA	EVENTO	REGISTRO DEL EVENTO
		Acero en obra: balance de acero en obra vs acero figurado. Coordinación de obra: volquetas insuficientes, desabastecimiento de agua para polímero. Insuficiencia con los registros documentales del Proyecto.	
Cuarto Comité Interno Terratest – ARPRO – TERRANVM – PAYC “Elementos Contaminados de Cimentación profunda” ¹¹¹	09-08-2022	Falta de registro de control de calidad de viscosidad de polímeros en algunos elementos. Registro de viscosidad por debajo del rango permisible. (60 – 75).	Sin registro fotográfico. Participó personal de EYT (Felipe de Rus y Alejandro González y otro)
Correo electrónico del 28 de julio de 2022. ¹¹²	05-05-2021 02-08-2021 04-08-2021 06-08-2021 11-08-2021 21-08-2021 24-08-2021 08-09-2021	Eventos registrados sobre taponamientos del tubo Tremie durante la fundida de concreto de elementos de cimentación.	Sin registro fotográfico
Comunicación CONN-200-2021 ¹¹³	13-10-2021	Mala Logística. Fallas en los equipos. Fallas en Juntas y accesorios.	Sin registro fotográfico

189. Como se indicó en la tabla anterior, durante la ejecución de la cimentación se registraron inadecuados métodos constructivos por EYT que se manifestaron en pérdida de tubos junta sin posibilidad de retiro, armado y aseguramiento deficiente del refuerzo de canastas de acero de los elementos y taponamientos del tubo tremie durante la fundida de concreto, entre otros.

¹¹¹ Anexo GPS-035. Documento Cuarto Comité Interno Terratest – ARPRO – TERRANVM – PAYC “Elementos Contaminados de Cimentación Profunda - 09 de agosto de 2022.

¹¹² Anexo GPS-043. Correo electrónico del 28 de julio de 2022. (Consolidado cuadro afectación Terratest).

¹¹³ Anexo GPS-044. Comunicación CONN-200-2021 del 13 de octubre de 2021.

190. En particular en los taponamientos del tubo tremie y la longitud mínima de sumergencia del mismo en el concreto al momento de la fundida de algunos elementos, evidencia que en obra no cumplió con lo presentado por EYT en la propuesta técnica¹¹⁴ ratificada por EYT en la reunión del 19 de julio de 2022.¹¹⁵ Lo anterior, según el análisis de la información realizado por GPS y como se menciona en el capítulo 7.3.3 “Los Elementos Ejecutados por EYT con Defectos de Calidad – Conclusiones”, se encontró que la “*demora en la descarga de los mixeres*” fue la condición más recurrente evidenciada en los elementos analizados.

8.1.3. Conclusiones

191. Los eventos que más afectaron la calidad de los 162 elementos analizados están relacionados con las demoras en obra para descargar el concreto (63%), la profundidad del tubo tremie (27.78%) y la selección del tipo de mezclas (20.37%).
192. En este sentido, según el documento del 14 de marzo de 2022 emitido por Argos, en donde realiza la trazabilidad de los concretos despachados durante los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre de 2021 para los elementos (10) pantallas (módulos 92-107-106-15-19-91-93-105-18-90-9) y (10) pantalones (módulos 126-85-130-132-89-94-103-6-9-13) que presentaron anomalías, concluye lo siguiente:¹¹⁶

(...) Luego de la trazabilidad generada de los pedidos relacionados con los elementos afectados se puede evidenciar que, en todos los suministros se presentaron demoras en obra en la colocación del concreto superando lo establecido en el manual de inicio donde se subraya que, el mixer en obra no deben superar 45 minutos para garantizar la programación y el abastecimiento, adicionalmente que si bien es cierto los concretos estaban diseñados con la característica de ser estabilizados de 2-4H, 4-6H y 6-8H esto fue contemplado por el volumen total que se requería para cada elemento y no se generarán juntas frías durante el vaciado, más no para que el concreto permaneciera en el mixer por tiempos prolongados como se evidencia en este informe posiblemente afectando la calidad final del producto.”

193. Adicionalmente, en una comunicación de PAYC del 30 de junio de 2021, se menciona lo siguiente:¹¹⁷

(...) En varias oportunidades Equipos y Terratest ha manifestado que el bajo rendimiento en la producción de elementos de cimentación obedece a que no se le entregó a tiempo la totalidad del lote; sin embargo, considero que este argumento pierde validez al analizar las diferentes situaciones que se han generado por falta de organización en la zona de trabajo y problemas técnicos imputables al contratista.

¹¹⁴ Anexo GPS-003. Propuesta Técnica EYT V1. (Página 51).

¹¹⁵ Anexo GPS-045. Acta de Reunión del 19 de julio de 2022. (Página 2)

¹¹⁶ Anexo GPS-046. Informe Argos del 14 de marzo de 2022. (Respuesta Informe de Afectaciones)

¹¹⁷ Anexo GPS-047. Comunicación PAYC CAB-021-21 (CO80-1987) del 30 de junio de 2021. (Página 3)

En primer lugar se presenta que durante la ejecución de la pantalla No. 13 y el pantalón No. 17 se queda un tubo junta en la excavación impidiendo que se pueda ejecutar estos elementos (...)

De otra parte, desde el 29 de junio el balde de 80 cms utilizado para la excavación del pilote 45C-1, se encuentra dañado, perdiendo hasta el momento 2 días en la ejecución del pilote. (...)

(...)por un descuido técnico del contratista, dio la instrucción de construir la viga guía de los barretes con una dimensión diferente a la necesaria para los equipos existentes en obra.

(...)la desorganización que se tiene en el área de trabajo lo que genera limitaciones en la movilidad de equipos, espacio para armado y acopio de aceros.”

194. El taponamiento del tubo tremie es una de las causas que demoró la descarga de concreto y liberación de los mixers.
195. De la información analizada se deduce que cuando la profundidad (inmersión) del tubo tremie es de pocos centímetros o está por encima del nivel de concreto, se presenta contaminación del concreto y/o intrusiones de concreto contaminado en el concreto fresco.
196. La selección de mezclas de concreto con tamaño máximo de 1” para fundir los tramos finales de los barretes (al nivel de los sótanos) que tienen embebido el refuerzo de columnas pudo causar la segregación del concreto y vacíos al interior del elemento.
197. EYT fue informado por ARPRO de las fechas de entrega de las diferentes áreas del predio y de acuerdo con esto, EYT presentó una actualización de:¹¹⁸
 - La secuencia constructiva (movimiento de los equipos).
 - Los sitios de acopio de materiales y equipos.
 - La localización de las vías industriales. El enfoque de la actualización no era otro que el de evitar demoras en los procesos constructivos teniendo en cuenta los espacios disponibles.

8.2. DESVIACIONES EN LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS IMPLEMENTADOS POR EYT

198. Después de revisar y analizar los registros fotográficos, las hojas de vida, los informes de la interventoría y la correspondencia cruzada entre las partes, GPS pudo evidenciar que durante la construcción de los elementos con problemas de calidad se presentaron las siguientes desviaciones a los procesos constructivos plasmados en el plan de calidad de EYT, con algunos ejemplos.

¹¹⁸ Anexo GPS-010. Comunicación EYT 708-PR-20137-2021 del 13 de agosto de 2021.

- No se realizaron de forma rigurosa controles al contenido de arena, la densidad y la viscosidad del lodo polimérico.¹¹⁹
- Previo a la fundida de concreto No en todos los casos, se recirculó el lodo polimérico para limpiar de sedimentos el fondo de las excavaciones.¹²⁰
- Se presentaron dificultades en la instalación y retiro de los tubos junta.¹²¹
- Se presentaron deformaciones en las canastas de refuerzo.¹²²
- No se tomaron en todos los casos lecturas del nivel del concreto después del vaciado de cada mixer para verificar que la punta del tremie estuviera embebida en el hormigón.¹²³
- En algunos casos el nivel inferior del tubo tremie estuvo a pocos centímetros de la superficie del hormigón o por encima de este.¹²⁴
- Bajas tasas de suministro de concreto.¹²⁵
- Demoras en el vaciado de los mixeres.¹²⁶
- Taponamiento del tubo tremie.¹²⁷

8.2.1. Conclusiones

199. La evidencia recopilada en los registros, indica que EYT en su rol de constructor, no solo incurrió en malas prácticas constructivas, sino que también falló en la implementación de manera rigurosa su plan de calidad, así como ceñirse a los procedimientos descritos en su propuesta técnica. Estas deficiencias se tradujeron en desviaciones significativas en los controles de calidad de los materiales aplicados en la construcción y en la ejecución de los procesos para las cimentaciones profundas.
200. La falta de seguimiento a los procedimientos establecidos para la verificación de parámetros técnicos clave, como la viscosidad y contenido de arena del lodo, la separación del refuerzo y la inmersión mínima del tubo tremie, amplificó las desviaciones constructivas y comprometió la integridad de la cimentación profunda.

¹¹⁹ Apéndice A-XXX. Falta de controles de calidad (Contenido arena-densidad-viscosidad lodo polimérico)

¹²⁰ Anexo GPS-077. Documento Pilote PL-24-C1.

¹²¹ Anexo GPS-036. Correo electrónico del 26 de mayo de 2021 – Tubos junta perdidos modulo pantalla 12 y 18.

¹²² Anexo GPS-038. Comunicación CAB-025-21 del 29 de julio de 2021.

¹²³ Apéndice GPS – A - 007. Hojas de vida elementos con falta de registro de control de altura de concreto y Profundidad tubo tremie.

¹²⁴ Apéndice GPS – A -008. Hojas de vida elementos con tubo tremie por fuera del nivel de concreto.

¹²⁵ Apéndice GPS – A - 009. Hojas de Vida elementos Falta de logística Suministro de Concreto.

¹²⁶ Apéndice GPS – A - 010. Hojas de vida elementos presentaron Demoras en la descarga del Concreto.

¹²⁷ Apéndice GPS – A - 011. Hojas de Vida elementos presentaron Taponamiento Tubo Tremie durante la Fundida.

201. Lo anterior demuestra que un deficiente control en etapas críticas del proceso, que tuvo impacto directo en la aparición de defectos que podrían haberse evitado con una correcta implementación y supervisión de los controles de calidad propuestos.

8.3. LOS ELEMENTOS EJECUTADOS POR EYT CON DEFECTOS DE CALIDAD

202. GPS identificó los defectos de calidad encontrados en la cimentación del Proyecto, por medio de los registros fotográficos de elementos que presentaron trazabilidad y la metodología mencionada en la comunicación del 3 de agosto de 2022.¹²⁸

8.3.1. Defectos De Calidad En Vigas Guía

203. Las vigas guías son pequeños muros paralelos con separaciones ligeramente mayor al ancho del elemento de cimentación que se construyen en concreto reforzados con el objetivo de garantizar la alineación de pantallas y barretes.
204. Estos elementos además de guiar las herramientas de excavación y dar soporte a los bordes de la excavación, también dan soporte a las canastas de refuerzo. Normalmente las vigas guías son de 1.0 m de altura por 0.25 m de ancho y su longitud es igual a la de la pantalla o barrete. (ver figura 14)
205. Respecto a los defectos de calidad registrados en este tipo de elementos, GPS pudo evidenciar mediante el correo electrónico del 30 de agosto de 2021, enviado por ARPRO a EYT, que se solicitaba la demolición de los elementos de viga guía construidos para el barrete No 76,¹²⁹ por el no cumplimiento de las especificaciones de calidad en cuanto a las dimensiones requeridas de las vigas guías.

8.3.2. Defectos De Calidad en Pantallas, Pantalones, Barretes Y Pilotes

206. Además, al inicio de las actividades constructivas el 22 de abril de 2021, durante la excavación del primer elemento MP-129-T2, se presentaron desprendimientos de material por debajo de la viga guía y pérdida del lodo polimérico.¹³⁰ Derrumbes asociados a la presencia de un relleno compuesto por una capa de recebo, una capa de escombros con limo, una capa de ceniza y una capa de rajón, que no fue posible sostener con el lodo polimérico. (ver Figura 18)

¹²⁸ Anexo GPS-049. Informe Procedimiento de evaluación de elementos de cimentación afectados en los Sótanos 1, 2, y 3, en la Cimentación del Proyecto del 03 de agosto de 2022.

¹²⁹ Anexo GPS-039. Correo electrónico – Elemento no recibido por calidad del 30 de agosto de 2021.

¹³⁰ Anexo GPS-050. Hoja de vida Pantalla MP-129-T2 de EYT.

207. En razón a lo anterior, EYT en el comité de obra No. 17,¹³¹ propuso estabilizar los rellenos (mejora del terreno) con morteros de baja resistencia para su posterior excavación.¹³² Los procedimientos de estabilización se realizaron para los escenarios (2) que se muestran a continuación:

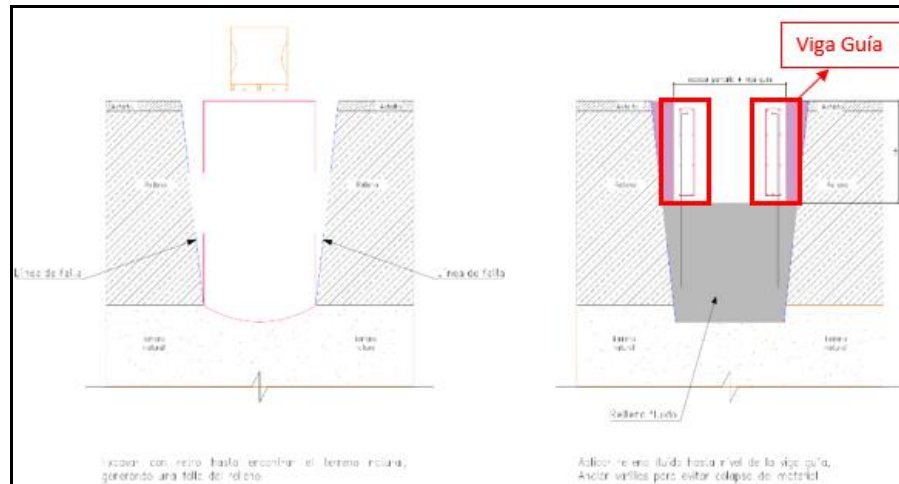


Figura 17. Zonas sin viga guía construida.

208. Como se muestra en las figuras, la idea era excavar hasta el nivel del terreno natural con taludes verticales o casi verticales para provocar la falla de los taludes en la zona de la ceniza y del rájón.

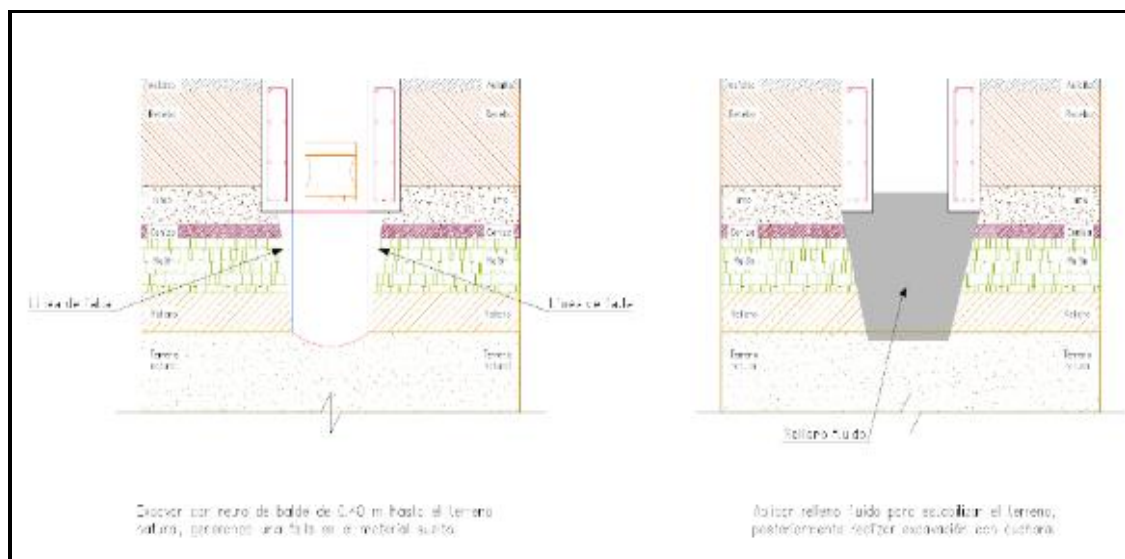


Figura 18. Zonas con viga guía construida.

¹³¹ Anexo GPS-051. Acta de Comité de Obra No 17 del 26 de abril de 2021.

¹³² Anexo GPS-052. Correo electrónico "Propuesta para manejo de la viga guía" del 28 de abril de 2021.

209. Posterior al derrumbe, se retira el material y se rellena la zanja con un fluido de baja resistencia hasta el nivel inferior de la viga guía en los sitios en donde no se ha construido aún y hasta un nivel por encima del nivel inferior de la viga guía, en los sitios en donde ya está construida.
210. Para evitar que problemas como los que se presentaron durante la construcción de la pantalla MP-129-T2, se hicieran extensivos al resto de la cimentación profunda, ARPRO y EYT decidieron estabilizar los rellenos en los sitios de todos los barretes y en algunos sitios en donde las pantallas atravesaban los rellenos.
211. Como resultado de la decisión anterior, es importante anotar que, el costo de los trabajos asociados a las mejoras del terreno en los sitios en donde la presencia de rellenos podía afectar la estabilidad de las excavaciones de los elementos de la cimentación profunda, le fueron reconocidos a EYT en el otrosí 2¹³³ y los mayores plazos por estos trabajos en el otrosí 3.¹³⁴
212. De acuerdo con el registro fotográfico del Proyecto y la correspondencia cruzada entre EYT y ARPRO, al momento de realizar la excavación de los 3 niveles de sótanos, se evidenciaron los siguientes defectos de calidad en algunos de los elementos de la cimentación profunda:
- Filtraciones en las juntas → Causa probable: instalación y retiro defectuoso de los tubos junta.
 - Canastas deformadas y sin recubrimiento → Causa probable: Fabricación e instalación defectuosa.
 - Segregación, juntas frías, vacíos en los elementos y contaminación del concreto → Causa probable: Problemas durante el hormigonado, taponamiento tubo tremie, retrasos en el vaciado de las mixers, pérdida de manejabilidad, selección de mezclas de concreto con tamaño máximo de 1”).
 - Protuberancias y formas amorfas de los elementos → Causa probable: Derrumbes durante los procesos de excavación y hormigonado del elemento.
213. Para dimensionar la magnitud y alcance de los elementos con defectos de calidad, en la figura siguiente se aprecia el inventario de los elementos que presentan contaminación visible en los diferentes sótanos. En este inventario realizado por la interventora (PAYC),¹³⁵ no se aclara si en la cuantificación de los elementos contaminados están incluidos otros defectos de construcción como recubrimientos insuficientes, hormigueros o vacíos.

¹³³ Anexo GPS-053. Otrosí No 2 del 30 de septiembre de 2021.

¹³⁴ Anexo GPS-054. Otrosí No 3 del 26 de octubre de 2021.

¹³⁵ Anexo GPS-031. Tercer Comité Interno Terratest-Arpro-Terranum-PAYC “Elementos Contaminados de Cimentación Profunda – 02-agosto-2022. (Página 7)

ELEMENTOS	CANTIDAD TOTAL EJECUTADA	ELEMENTOS VISIBLES SÓTANO 1	ELEMENTOS VISIBLES SÓTANO 2 y 3	ELEMENTOS CONTAMINADOS SÓTANO 1	%	ELEMENTOS CONTAMINADOS SÓTANO 2	%	ELEMENTOS CONTAMINADOS SÓTANO 3	%
BARRETES	82	34	26	18	53%	1	4%	0	0%
PANTALONES	44	44	36	32	73%	12	33%	4	11%
PANTALLAS	97	83	73	38	46%	14	19%	3	4%
PILOTES	203	70	203	0	0%	9	4%	13	6%
JUNTAS	141	113	110	11	10%	1	1%	2	2%

Figura 19. Inventario de elementos visibles con problemas de calidad¹³⁶

214. Para destacar se tiene que los Pantalones por su geometría, fueron los elementos que presentaron mayores defectos en los 3 sótanos.
215. Por otra parte, y considerando los defectos evidenciados por PAYC, en lo que respecta a la “GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS”, se clasificaron algunos defectos en cimentaciones profundas,¹³⁷ en su “Apéndice D – Interpretaciones de las Imperfecciones”, se describen los siguientes tipos de imperfecciones en cimentaciones profundas:

- **Inclusiones:** Las inclusiones consisten en material atrapado dentro de la cimentación que no corresponde al hormigón de referencia. Pueden ser de material no cementado procedente de una mezcla del fluido de perforación, material excavado y hormigón, como el procedente de la capa interfase, o material mal cementado originado por la segregación del hormigón.

A continuación, se incluye unos ejemplos según la Guía del hormigón Tremie en Cimentaciones Profundas.¹³⁸



Figura 20. Ejemplo de Inclusiones Según la Guía del Hormigón Tremie en Cimentaciones Profundas.

- **Canalizaciones:** Las canalizaciones también se conocen como “canales de exudación” (Bleed channels). Se trata de zonas estrechas verticales con áridos ligeramente cementados y con falta de finos y matriz de cemento, por lo general cerca de la superficie del panel o pilote. Este

¹³⁶ Fuente interventoría -PAYC. archivo trazabilidad de elementos de concreto.

¹³⁷ Anexo GPS-029. Documento “GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS”. (página 65)

¹³⁸ Anexo GPS-029. Documento “GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS”. (página 65)

fenómeno es debido a una estabilidad insuficiente del hormigón (mala resistencia a la segregación/exudación) para las condiciones reales del terreno y puesta en obra.

Los canales de exudación por lo general no se consideran defectos si son aislados y de espesor limitado, pues no reducen significativamente la durabilidad.¹³⁹



Figura 21. Ejemplo de Canalizaciones en Pilotes y Muro Pantalla Según la Guía del Hormigón Tremie en Cimentaciones Profundas.

- **Acolchado:** Mientras que un “acolchado” ligero se describe como rasgos lineales verticales que provienen principalmente de barras de armadura verticales, un “acolchado” mayor y más pronunciado refleja la intersección de rasgos lineales verticales y horizontales. Ambas características provienen de material retenido por la sombra que producen las armaduras. Un acolchado vertical puede proporcionar una ruta predefinida para el agua de exudación, lo cual puede desembocar en una combinación de defectos.

El acolchado puede interrumpir el espesor total del recubrimiento de hormigón de las armaduras. Como el efecto sobre la durabilidad o la capacidad de carga (dependiendo de la extensión y frecuencia) puede ser significativo, el “acolchado” debe interpretarse como un posible defecto, e investigarse más a fondo.¹⁴⁰

¹³⁹ Anexo GPS-029. Documento “GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS”. (página 66)

¹⁴⁰ Anexo GPS-029. Documento “GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS”. (página 66)

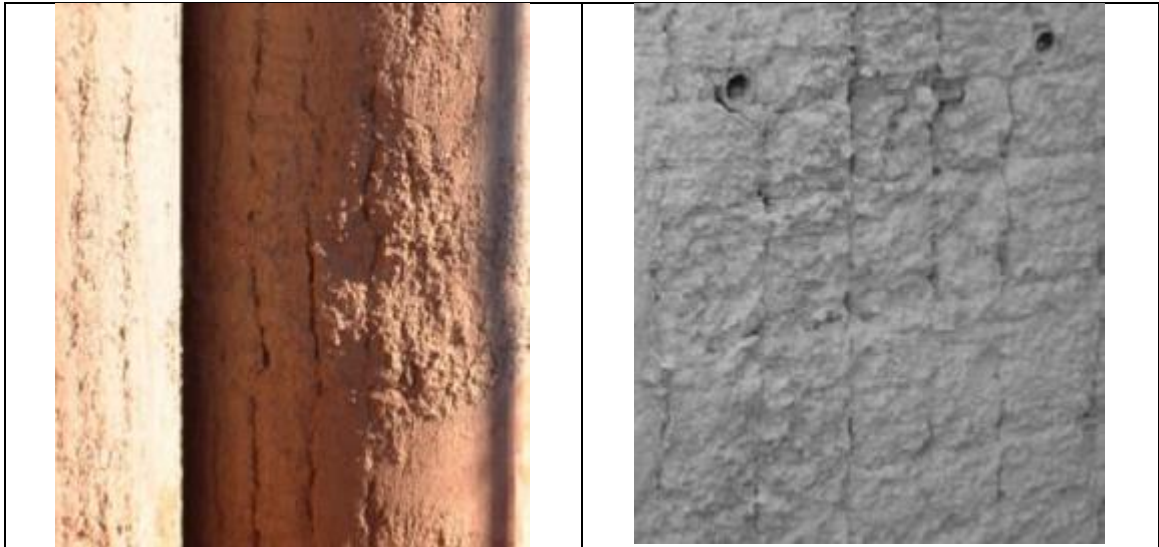


Figura 22. Ejemplo de Acolchado en Pilotes y en un Panel Según la Guía del Hormigón Tremie en Cimentaciones Profundas.

216. Tomando como referencia las imperfecciones (defectos de calidad) definidas en LA GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE PARA CIMENTACIONES PROFUNDAS, se analizaron los 162 elementos de la cimentación reportados con problemas de calidad. (Ver tabla 19)

Tabla 16. Resumen del Análisis de Defectos en la Calidad de la Cimentación del Proyecto según la Clasificación de la Guía del Hormigón Tremie en Cimentaciones Profundas.

Tipo de elemento	Cantidad de elementos	Presentan Acolchado	Presentan Inclusión	Presentan Vacíos en la estructura	Ninguno - No tiene información
Barrete	25	9	20	10	7
Pantalla	71	20	31	9	40
Pantalón	38	14	24	11	15
Pilote	28	3	10	-	18
Total	162	46	85	30	80
	100%	28%	52%	19%	49%

217. Como se aprecia en la tabla anterior, el principal defecto constructivo encontrado fue la “*inclusión/contaminación del concreto*” con un 52%, seguido por el *acolchado o exposición de aceros* con un 28% y la presencia de *vacíos internos en la estructura* con un 19%. Para mencionar **49%** de los elementos presento información parcial.
218. Finalmente, a manera de ilustración se incluyen a continuación algunos ejemplos graves de los defectos de calidad encontrados en el análisis:

- **Elementos con Defectos de Calidad – Acolchado:**

	
Pantalla MP-98-T4 Sótano 3 – Acolchado.¹⁴¹	Pantalón 107-T2 Sótano 01- Acolchado.¹⁴²
	
Barrete BC-86-C1 Sótano 1 – Acolchado.¹⁴³	Pilote PI-41-C1 Sótano 3 – Acolchado.¹⁴⁴

Figura 23. Elementos de Cimentación del Proyecto con Defectos de Calidad - Acolchado.

- **Elementos con Defectos de Calidad – Inclusión:**

--	--

¹⁴¹ Anexo GPS-055. Presentación Análisis de elementos Contaminados del 05 de julio de 2022 -Cimentación Connecta 80.

¹⁴² Anexo GPS-045. Acta de Reunión del 19 de julio de 2022. (Página 17).

¹⁴³ Anexo GPS-056. Documento Barrete 86 - Compilación. (Página 107)

¹⁴⁴ Anexo GPS-057. Comunicación CONN-330-2022 del 16 de junio de 2022. (Página 12)

	
Pantalla MP-108-T2 Sótano 2 – Inclusión.¹⁴⁵	Pantalón 65-T5 Sótano 1 – Inclusión.¹⁴⁶
	
Barrete BC-73-C1 Sótano 2 – Inclusión.¹⁴⁷	Pilote PI-40-C1 Sótano 3 – Acolchado.¹⁴⁸

Figura 24. Elementos de Cimentación del Proyecto con Defectos de Calidad - Inclusión.

- Elementos con Defectos de Calidad – Vacíos en la estructura:**



¹⁴⁵ Anexo GPS-058. Comunicación CONN-712-2023 – Registro Fotográfico del 05 de junio de 2023. (página 10)

¹⁴⁶ Anexo GPS-035. Cuarto Comité Interno Terratest – ARPRO – TERRANVM – PAYC “Elementos Contaminados de Cimentación Profunda - 09 de agosto de 2022. (Página 11).

¹⁴⁷ Anexo GPS-059. Documento Barrete 73 – Compilación. (Página 128)

¹⁴⁸ Anexo GPS-057. Comunicación CONN-330-2022 del 16 de junio de 2022. (Página 13).

Barrete BC-92-C1 Sótano 1 – Vacíos en la estructura. ¹⁴⁹	Pantalla 105-T13 Sótano 1 – Vacíos en la estructura. ¹⁵⁰
	
Pantalla MP-T6 44 – Sótano 1 – Vacíos en la estructura. ¹⁵¹	Pantalón 129 – Sótano 2 – Vacíos en la estructura. ¹⁵²

Figura 25. Elementos de Cimentación del Proyecto con Defectos de Calidad - Vacíos en la Estructura.

8.3.3. Conclusiones

219. Para evitar que derrumbes en la excavación de los rellenos (capa de ceniza y rajón) como los presentados en la construcción de la pantalla 129, ARPRO y EYT decidieron estabilizar los rellenos en los sitios de los barretes y en algunos sitios en donde las pantallas atravesaban los rellenos con un relleno fluido.
220. Al momento de realizar la excavación de los 3 niveles de sótanos, se observan los registros de los siguientes defectos de calidad en algunos de los elementos de la cimentación profunda:
- Filtraciones en las juntas -> Causa probable: Instalación y retiro defectuoso de los tubos junta
 - Canastas deformadas y sin recubrimiento -> Causa probable: Fabricación e instalación defectuosa.
 - Segregación, juntas frías, vacíos en los elementos y contaminación del concreto -> Causa probable: Problemas durante el hormigonado, taponamiento tubo tremie, retrasos en el vaciado de las mixers, pérdida de manejabilidad, selección de mezclas de concreto con tamaño máximo de 1”).
 - Protuberancias y formas amorfas de los elementos -> Causa probable: Derrumbes durante los procesos de excavación y hormigonado del elemento.
221. Según la clasificación y definición de imperfecciones de LA GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE PARA CIMENTACIONES PROFUNDAS, el principal defecto constructivo encontrado fue la

¹⁴⁹ Anexo GPS-060. Documento Barrete 92 – Compilación. (Página 70)

¹⁵⁰ Anexo GPS-046. Informe Argos del 14 de marzo de 2022. (Respuesta Informe de Afectaciones) (Página 16)

¹⁵¹ Anexo GPS-031. Tercer Comité Interno Terratest-Arpro-Terranum-PAYC “Elementos Contaminados de Cimentación Profunda – 02-agosto-2022.

¹⁵² Anexo GPS-058. Comunicación CONN-712-2023 – Registro Fotográfico del 05 de junio de 2023. (página 3)

“inclusión/contaminación del concreto” con un 52%, seguido por el *acolchado o exposición de aceros* con un 28% y la presencia de *vacíos internos en la estructura* con un 19%.

9. EL CONTROL DE CALIDAD DE LA CIEMENTACIÓN PROFUNDA Y LOS DEFECTOS QUE SE PRESENTARON

222. Tal como se establece en el “Anexo 2 del Contrato No 2100009 Documentos y Condiciones de Contratación” EYT debía utilizar para llevar el control de calidad de los elementos las normas europeas EN1536 y EN1538,¹⁵³ Como fue mencionado en el Contrato.

“El CONTRATISTA deberá llevar el control de calidad y la trazabilidad del producto mediante la implementación de un programa de ensayos de laboratorio conforme lo establece en el ANEXO 7. planos y especificaciones, la NSR-10, las normas internacionales o norma europea EN1536 y EN1538 en lo referente a ejecución de Pilotes, Barretes y Pantallas y demás normas vigentes en construcción de edificaciones, además deberá entregar mensualmente un informe de control de calidad y trazabilidad del producto en el cual se indiquen los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio efectuados a los diferentes materiales (salvo el concreto y acero) o insumos utilizados.”¹⁵⁴

223. Según los registros de EYT y la información suministrada por ARPRO/TERRANUM, se realizaron los siguientes controles de calidad durante la construcción (excavación y hormigonado) y después de la construcción.

9.1. DURANTE LA EXCAVACIÓN

224. GPS pudo observar en las hojas de vida que, durante el proceso de construcción, se validó por parte de ARPRO, PAYC y EYT (visto bueno) las actividades relacionadas con la localización del elemento, la longitud (profundidad de excavación), el armado y la instalación del refuerzo (canasta) y la fundida del elemento. Ver recuadros rojos en la figura a continuación:

¹⁵³ Anexo GPS-002. Contrato Equipos y Terratest No 2100009 del 05 de abril de 2021– Anexo 2 – Documentos y Condiciones de Contratación (9.1 – Control de Calidad y Trazabilidad del Producto) (Página 25)

¹⁵⁴ Anexo GPS-002. Contrato Equipos y Terratest No 2100009 del 05 de abril de 2021, Numeral 9.1. (Página 25).

Hoja de vida - Barrete 74-01.¹⁵⁵

Hoja de vida - Pilote PI-48-C1.¹⁵⁶

Hoja de Vida - Pantalla MP 01 - T3.¹⁵⁷

Hoja de Vida - Pantalón 02 - T2.¹⁵⁸

¹⁵⁵ Anexo GPS-061. Hoja de Vida Elemento Barrete 74-01.

¹⁵⁶ Anexo GPS-062. Hoja de Vida Elemento Pilote PI-48-C1.

¹⁵⁷ Anexo GPS-063. Hoja de Vida Elemento Pantalla MP-01-T3.

¹⁵⁸ Anexo GPS-064. Hoja de Vida Elemento Pantalón 02-T2.

Figura 26. Registros de Controles de Calidad Realizados por EYT.

225. En estos registros, se evidenció el visto bueno por parte de las partes (Arpro-Interventoría-EYT) señalado con **rojo** en cada imagen, en cuanto al cumplimiento de las actividades de localización, longitud, refuerzo y el hormigonado de estos elementos.
226. El resumen de los controles de calidad registrados en la etapa de construcción (excavación y hormigonado) por parte de EYT y observados por GPS en la revisión y análisis de la información, se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 17. Resumen de Controles de Calidad Ejecutados por EYT Durante la Construcción.

ETAPA	CONTROL DE CALIDAD	REVISIÓN	OBSERVACIÓN
Durante la Excavación	Localización y Dimensiones	-	En los registros de las hojas de vida de cada elemento como barretes, pilotes, pantallas y pantalones, se presenta el visto bueno de los representantes de ARPRO, la Interventoría PAYC y del constructor EYT Respecto a la localización del elemento.
	Lodo Polimérico	-	Respecto al control de calidad de los lodos poliméricos, en la revisión de los 162 elementos que presentaron defectos constructivos, se identificó que, para los elementos como Pilotes, si se incluye el registro en las hojas de vida. Para los elementos barretes, pantallas y pantalones, la información se presentó de acuerdo con un archivo de seguimiento de la interventoría.
	Viga Guía	-	No se registra control de calidad de la viga guía en la información de la hoja de vida de cada elemento. No se cuenta con esta información.
	Acero de Refuerzo	Armado de Canastas	En el formato de hojas de vida de los elementos pilotes, barretes, pantallas y pantalones, incluye un cuadro de chequeo del refuerzo para visto bueno de ARPRO-PAYC-EYT. También se presenta un cuadro de cantidades de refuerzo con las especificaciones correspondientes, detalle del refuerzo (planos).
		Instalación de Canastas	No se evidencia control de calidad de esta revisión.
		Instalación de Juntas	No se evidencia control de calidad de esta revisión.
		Verticalidad del Elemento (desviación menor al 1% en barretes y 1.5% en los demás elementos)	Se realizo en todos los elementos y se cumplió con lo especificado.
		Longitud teórica vs excavada	Se registro en todos los elementos.
		Volumen de excavación teórico vs excavado	Se registro en todos los elementos.
		Fecha y hora de inicio y terminación de excavación	Se registro en todos los elementos.
	Hormigonado	Diseño – TM	En la hoja de vida de cada elemento (pilotes, barretes, pantallas y pantalones) se indica la resistencia de diseño del concreto. Para Pilotes, pantalones y algunos barretes en el formato “Control de Hormigonado” se registraron en la casilla de observaciones información sobre el Tamaño máximo del concreto instalado.
		Asentamiento	Se registra la información del asentamiento tomado a cada viaje de concreto instalado en el elemento, en el formato “Control de Hormigonado”.

ETAPA	CONTROL DE CALIDAD	REVISIÓN	OBSERVACIÓN
		Manejabilidad	No se evidencia control de calidad de esta revisión.
		Control Tubo Tremie	En el formato “Control de Hormigonado” se registra el seguimiento del avance del concreto en la estructura y control del tubo tremie. Sin embargo, EYT no registra los eventos como taponamientos del tubo en el formato.
		Suministro	Se registran la cantidad de viajes de concreto instalados para cada elemento con la información del número del mixer, volumen del viaje de concreto, hora de ingreso y salida. No se realizó seguimiento o no se registraron en los formatos, tiempos de espera de concreto para descarga o las causas de las demoras.
		Volumen de Concreto Teórico vs Real	Se registraron en el formato de hojas de vida para cada elemento, los valores de volumen teóricos y real de concreto.

227. Con respecto a los controles de calidad implementados durante la etapa de construcción, se identificó insuficiencia en algunos. Por ejemplo, el control de lodo polimérico en algunos elementos no presentó registro y en otros que, si tuvieron registro, algunos no cumplieron con los parámetros permisibles.¹⁵⁹ Similar situación en relación con el control de calidad del acero de refuerzo, específicamente en la instalación de las canastas y tubos juntas de los elementos.
228. Con relación a lo mencionado, EYR en una comunicación del 01 de diciembre de 2023, coincide con la anterior afirmación de la cual se muestra en el siguiente extracto.¹⁶⁰
- “(...) Adicionalmente en las hojas de vida de los barretes, no se reportan particularidades en el avance de la excavación con respecto a la estratigrafía. De esta manera, no se indican los controles que se implementaron para garantizar que los polímeros utilizados para sostener las excavaciones en su condición temporal, mantuvieron su funcionamiento previo al inicio de excavación, durante el proceso de excavación, la instalación del refuerzo y su fundida. (...)”* Subrayado al margen del documento.
229. Los controles mencionados se pueden considerar como los mínimos requeridos para garantizar la calidad de las estructuras de cimentación en cada una de sus etapas.
230. Por otra parte, en la “GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS” se menciona algunas recomendaciones respecto a los ensayos (control de calidad) que se deben realizar al concreto tremie, como se muestra en las siguientes Figura 27 y Figura 28.¹⁶¹

¹⁵⁹ Anexo GPS-035. Cuarto Comité Interno Terratest – ARPRO – TERRANVM – PAYC “Elementos Contaminados de Cimentación Profunda - 09 de agosto de 2022 (Página 20)

¹⁶⁰ Anexo GPS-065. Comunicación EYR-ST 439 del 01 de diciembre de 2023. (Página 5)

¹⁶¹ Anexo GPS-029. Documento GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS. (Página 33)

TABLA 01		ENSAYOS APROPIADOS PARA EL HORMIGÓN TREMIE		
	Ensayo	Trabajabilidad	Tixotropía	Estabilidad
A1.1	Escurecimiento	✓	✓*	-
A1.2	Velocidad de escurecimiento	✓	-	-
A1.3	VSI	-	-	✓
A2	Asentamiento	✓	✓*	-
A3	Mesa de sacudidas	✓	✓*	-
A4	Flujo en cono modificado**	✓	-	-
A5	Corte manual con molinete**	✓	✓*	-
A6	Mant. de trabajabilidad**	✓	-	-
A7	Segregación estática	-	-	✓
A8	Segregación por tamiz**	-	-	✓
A9	Exudación**	-	-	✓
A10	Filtrado**	-	-	✓

Figura 27. Ensayos Apropriados para el Hormigón Tremie según Guía del Hormigón Tremie en Cimentaciones Profundas.

TABLA 02		RECOMENDACIONES PARA LOS ENSAYOS DEL HORMIGÓN TREMIE			
	Ensayo	Rango recomendado para valor objetivo	Tolerancia en valor objetivo especificado	Ensayos de idoneidad y conformidad	Frecuencia de ensayos de aceptación**
A1.1	Escurecimiento	400 – 550 mm	± 50 mm	Obligatorios	Cada carga
A1.2	Velocidad de escurecimiento	10 – 50 mm/s	± 5 mm/s	Obligatorios	Min. 1 vez/semana
A1.3	VSI	0	-	Obligatorios	Cada carga
A4	Flujo en cono modificado****	3 – 6 s	± 1 s	Recomendados	Cuando sea necesario
A6	Retención de trabajabilidad	A especificar	- 50 mm	R/Q*	Cuando sea necesario
A7	Segregación estática	≤ 10%	+ 2%	R/Q*	Cuando sea necesario
A9	Exudación	≤ 0,1 ml/min	+ 0,02 ml/min	R/Q*	Cuando sea necesario
A10	Filtrado Bauer****	≤ 22 ml***	+ 3 ml	R/Q*	Cuando sea necesario

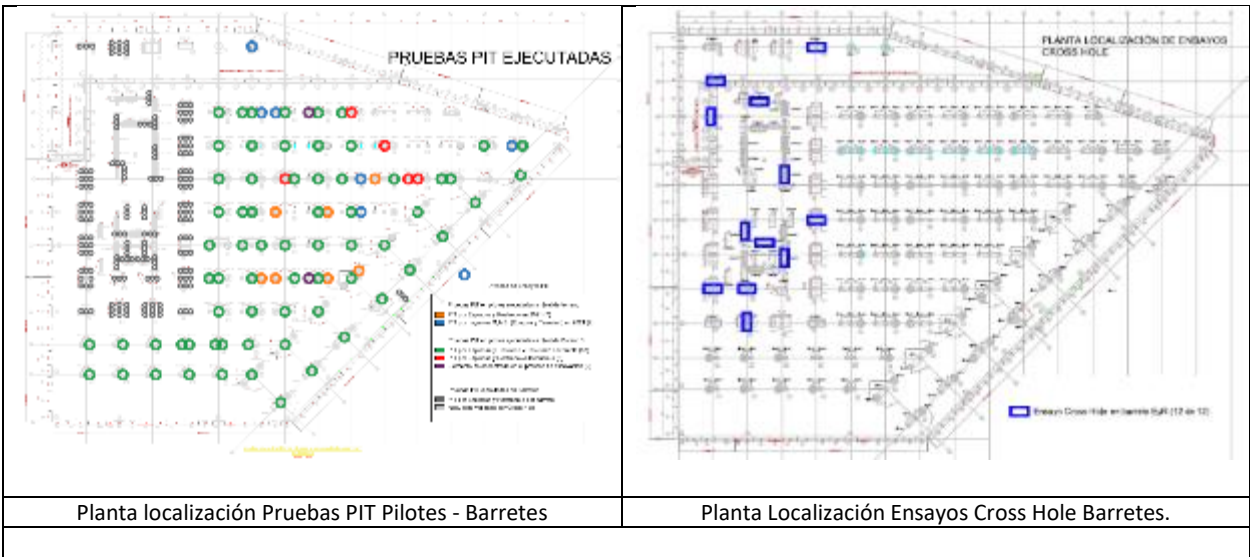
Figura 28. Recomendaciones para los ensayos del Hormigón Tremie según la Guía del Hormigón Tremie en Cimentaciones profundas.

231. De los ensayos recomendados en la “GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS”, para los concretos tremie, en el Proyecto Connecta 80, tan solo se especificó el de asentamiento, el cual se verificó en cada viaje de concreto que llego a la obra antes de hormigonar un elemento.

9.2. DESPUÉS DE LA CONSTRUCCIÓN

232. La construcción de cimentaciones profundas siempre genera incertidumbre respecto al cumplimiento de las hipótesis de diseño (dimensiones de la sección transversal, longitud del elemento y capacidad de carga) por circunstancias relacionadas con los tipos de suelo que se deben intervenir y los métodos constructivos. En razón a lo anterior, desde la etapa de estudios y diseños se programan pruebas de campo para verificar la integridad y la capacidad de los elementos que componen la cimentación profunda.

233. En el caso de la cimentación Profunda del Proyecto Connecta 80, se programaron 3 pruebas tipo PDA (Pile Driver Analyzer) para estimar la capacidad de carga en pilotes, pruebas tipo PIT (Pile Integrity Test) al 10% de los pilotes para analizar la integridad de estos y 12 pruebas tipo CLS (Cross Hole Sonic Logger) para analizar la integridad de los barretes.
234. Tomando en consideración que los resultados de las pruebas programadas indicaron en algunos casos la posibilidad de discontinuidades a profundidades mayores a 12 m y que durante la excavación de los sótanos se observó contaminación y vacíos en algunos de los elementos de la cimentación, en el SEGUNDO COMITÉ INTERNO TERRATEST-ARPRO-TERRANUM-PAYC-ELEMENTOS CONTAMINADOS DE CIMENTACIÓN PROFUNDA-26 de julio de 2022, ARPRO informo a EYT que por recomendación del ingeniero estructural y del ingeniero geotecnista,¹⁶² la cantidad de pilotes a ensayar con pruebas PIT se incrementaría al 30% y la realización en todos los barretes de pruebas PIT mediante 3 puntos de ensayo por elemento.
235. Adicional a lo anterior y en vista de la contaminación que presentaban algunos elementos, se decidió por recomendación del ingeniero estructural tomar núcleos del concreto contaminado para verificar su resistencia mediante ensayos de compresión.¹⁶³
236. En la siguiente figura, se muestra la localización de los elementos ensayados y en la Tabla 18, un resumen de los ensayos realizados.



¹⁶² Anexo GPS-066. Documento PAYC DAC-166-22 (CO80-1577-ST) del 6 de octubre de 2022 (Página 24)

¹⁶³ Anexo GPS-069. Resultados de Ensayos a Núcleos Extraídos. (Página 1)

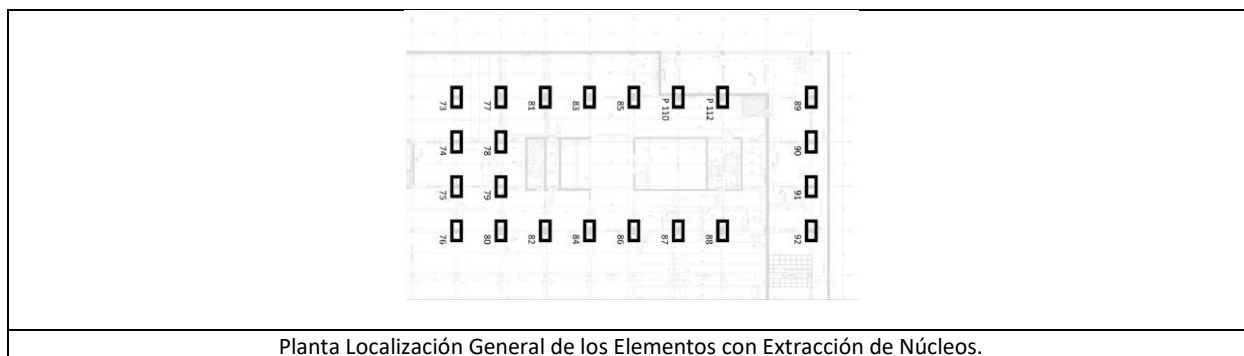


Figura 29. Localización de los Elementos que Fueron Sometidos a Pruebas PIT-CROSS HOLE-EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS en el Proyecto.

237. En la figura anterior, se indica en la margen superior izquierda las pruebas PIT realizadas a Pilotes a nivel de terreno por EYR y por Ingeotes SAS durante el 2021, además de las pruebas realizadas a nivel de sótano 3 ejecutadas por EYR en el 2022.¹⁶⁴ Adicionalmente, algunas pruebas realizadas a barretes (3 por cada Barrete) señaladas con color gris.
238. En cuanto a la figura de la margen superior derecha, se refiere a las pruebas Cross Hole realizada a barretes por parte de EYR¹⁶⁵ y la figura de la sección inferior corresponde a los elementos que fueron sometidos a extracción de núcleos de concreto.¹⁶⁶
239. A continuación, se realiza una descripción de los ensayos realizados, los elementos que fueron sometidos a ensayos y un resumen de los resultados obtenidos de estos:

Tabla 18. Resumen de los Ensayos Realizados Posterior a la Construcción de los Elementos.

ETAPA	CONTROL DE CALIDAD	OBJETIVO DEL ENSAYO	REVISIÓN	OBSERVACIÓN
Posterior a la Construcción	Método de Alta Deformación (PDA)	Determinar la integridad y la capacidad de carga última para esfuerzos estáticos axiales en el pilote a ensayar, teniendo en cuenta la interacción que existe entre el pilote y el suelo.	3 pilotes. (47-C1, 37-C1 y 24-C1)	Se concluyó que los ensayos de PDA no indicaron daño en los pilotes sometidos a pruebas, no obstante, el pilote 24-C1 muestra posible daño de la pila a 0,16L por debajo de los medidores. ¹⁶⁷ También por las capacidades obtenidas que se podía adoptar una optimización de un 20% de los valores establecidos en el estudio de suelos. ¹⁶⁸
	Pruebas de Integridad de Pilotes (PIT)	Analizar la integridad y continuidad del pilote en toda su longitud por medio del análisis de la propagación de ondas longitudinales de bajas deformaciones a lo largo del	41 pilotes. (24-C1, 37-C1, 47-C1, 36-C1, 35-C1, 22-C1, 23-C1, I4902, I5202,	Según informe, EYR encontró 5 pilotes con discontinuidad, que, al revisar las hojas de vida respectivas, no son atribuibles a condiciones del terreno, y

¹⁶⁴ Anexo GPS-067. Anexo 6 – Resultados Pruebas PIT.

¹⁶⁵ Anexo GPS-068. Anexo 7 – Resultados Ensayos Cross Hole.

¹⁶⁶ Anexo GPS-069. Resultados de Ensayos a Núcleos Extraídos.

¹⁶⁷ Anexo GPS-070. Anexo 8 - Informe de resultados Prueba de Carga (PDA). (página 7)

¹⁶⁸ Anexo GPS-065. Documento EYR-ST 439 del 01 de diciembre de 2023. (página 6)

ETAPA	CONTROL DE CALIDAD	OBJETIVO DEL ENSAYO	REVISIÓN	OBSERVACIÓN
		pilote. Las ondas se producen en la cabeza del pilote con un impacto en la superficie de este. El ensayo es útil para determinar la longitud de los pilotes o daños o fallas estructurales a lo largo del fuste del pilote y encontrar la localización en profundidad de estas.	I6101, I4101, I5101, I4001, I4901, I4801, I4802, I5801, I4702, 32, 33, I6601, I6201, I6702, I6701, I4501, I4602, I5601, I5701, I2501, I2602, I3001, I3101, I2401, I4401, I4402, I5501, I2001, I2901, I3601, I3701) 6 Barretes (73-C1, 76-C1, 78-C1, 79-C1, 89-C1, 95-01) 12 grupo de Barretes. (75, 77, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 88, 90, 93, 94)	relacionables con el proceso constructivo de dichos elementos.¹⁶⁹ Ensayos adicionales con el fin de establecer integridad de los elementos. Clasificados como AA. (Sin indicación de problemas estructurales).
	Cross Hole Sonic Logger	Analizar la integridad de pilotes o barretes haciendo descender un emisor y un receptor de ondas ultrasónicas por dos conductos huecos paralelos instalados antes del hormigonado en el interior del fuste del pilote o barrete, registrándose el tiempo que tarda la onda en recorrer la distancia entre ambos. Los impulsos que se utilizan son de alta frecuencia y menor longitud de onda comparadas con las señales utilizadas en el ensayo de PIT o PDA.	10 barretes (74-C1, 77-C1, 78-C1, 84-C1, 92-C1, 93-C2, 93-C5, 93-C6, 94-C1, 95-C2) 2 pantalones (Pant 112 – Pant 115) (24 m)	Se detectó un posible defecto en la zona entre el nivel del terreno y el sótano 3 (-12 m), ya que presentan FAT>30% o reducciones en energía superiores a 12 dB en dos o más perfiles a la vez.¹⁷⁰
	Recobro de Núcleos de Concreto	Conocer la calidad del concreto en términos de resistencia de todos los elementos de la cimentación profunda y en todas las columnas de la torre que presentaron contaminación. Para tal fin, el proyecto contrató al laboratorio SGS para la realización de Extracción de 3 núcleos de concreto a cada Barrete en cada Sótano, para determinar la resistencia del concreto en el ensayo de compresión y de esta forma dar su aceptación de	Barrete (73-76-78-79-89) Grupo de Barretes (74-75-77-80-81-82-83-84-85-86-87-88-90-91)	De acuerdo con los resultados obtenidos de los núcleos tomados, se tiene lo siguiente:¹⁷² Sótano 1: Columnas con resultado aceptado NSR-10. (74-77-83-85-91-P112) (6 Barretes) Columnas Por Demoler (75-76-78-79-80-81-82-84-86-87-88-89-90-P110) (14 Barretes) Sótano 2:

¹⁶⁹ Anexo GPS-065. Documento EYR-ST 439 del 01 de diciembre de 2023. (página 11)

¹⁷⁰ Anexo GPS-066. Documento PAYC DAC-166-22 (CO80-1577-ST) del 6 de octubre de 2022.

¹⁷² Anexo GPS-069. Resultados de Ensayos a Núcleos Extraídos. (Página 7-8).

ETAPA	CONTROL DE CALIDAD	OBJETIVO DEL ENSAYO	REVISIÓN	OBSERVACIÓN
		acuerdo con el capítulo C.5.6.5.4 de la NSR-10. ¹⁷¹		Columnas con resultado aceptado NSR-10. (74-75-78-79-80-81-82-84-87-88) (10 Barretes) Columnas Por Demoler (76-83-85-86-P110-P112) (6 Barretes)

240. De las 3 pruebas PDA realizadas en pilotes, una indicó una posible afectación en el pilote 24-C1, pese a lo anterior, las pruebas de carga resultaron satisfactorias (mayor resistencia a la estimada en los diseños). En cuanto a los ensayos PIT, de los 41 pilotes que fueron objeto del ensayo, 5 pilotes presentaron discontinuidades.
241. De las 12 pruebas Crosshole realizadas (10 barretes y 2 pantallas), todas indican defectos en los elementos a diferentes profundidades, según informes de EYR y Servicios Geotécnicos S.A.S., es decir, el 100% de elementos ensayados se encuentran con alguna afectación.¹⁷³
242. Respecto a la toma de núcleos en los sótanos (1 y 2) para verificar la resistencia del concreto, los resultados obtenidos indicaron que, de un total de 20 elementos muestreados entre los 2 sótanos, en el sótano 1 fue necesario demoler el 70% de los barretes (14) y en el sótano 2 el 30% (6) por no cumplir con la resistencia especificada. Del sótano 3 no se tienen datos.

9.3. CONCLUSIONES

243. A pesar de los resultados, se evidencia que en la mayoría de los casos analizados se realizaron controles de calidad a los procesos constructivos.
244. A la luz de las recomendaciones de la “GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS” la cual es un marco de referencia de buenas prácticas para expertos en este tipo de cimentaciones, se observó que el control de calidad implementado por EYT no siguió prácticas para el control de calidad de las mezclas de concreto tremie fueron insuficientes.
245. EYT como experto en la construcción de cimentaciones profundas debió en su momento solicitar que los concretos fabricados por ARGOS cumplieran con los requisitos de calidad recomendados en la “GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS”. Tal es el caso del ensayo VSI (Visual Stability Index), que garantiza la homogeneidad y calidad de la mezcla durante la instalación, detectando previo a la aplicación, fenómenos en el concreto como la segregación del agregado grueso, exudación del agua o separación de los componentes. La segregación del concreto afecta la fluidez de este, ocasionando vacíos en la estructura y/o contaminación.

¹⁷¹ Anexo GPS-069. Resultados de Ensayos a Núcleos Extraídos.

¹⁷³ Anexo GPS-055. Presentación Análisis de elementos Contaminados del 05 de julio de 2022 -Cimentación Connecta 80. (Página 21)

- 246. Las pruebas (PDA, PIT y CSL) para verificar la integridad de los pilotes y barretes indicaron en algunos casos afectación del elemento con posible discontinuidad del elemento.
- 247. Los ensayos de resistencia a la compresión realizados sobre núcleos de concreto, tomados en los elementos en los que a simple vista se observaba contaminación del concreto, arrojaron resistencias menores a las especificadas.
- 248. Con base en los resultados de los ensayos de control de calidad (pruebas de integridad y resistencia del concreto) y en los defectos observados en algunos elementos (vacíos y contaminación del concreto), por recomendación del ingeniero estructural, se demolieron y repararon los elementos con problemas (barretes, columnas, pilotes y pantallas) en los 3 sótanos del Proyecto.

10. ANÁLISIS CAUSA – EFECTO DE LAS PATOLOGÍAS QUE PRESENTARON ALGUNOS ELEMENTOS DE LA CIMENTACIÓN PROFUNDA

249. Para el desarrollo de los análisis Causa - Efecto, se analizaron los registros de construcción de algunos elementos (Pantallas-Pantalones, Barretes y Pilotes) que presentaron defectos de calidad, identificando las posibles causas que podrían estar asociadas a los defectos.

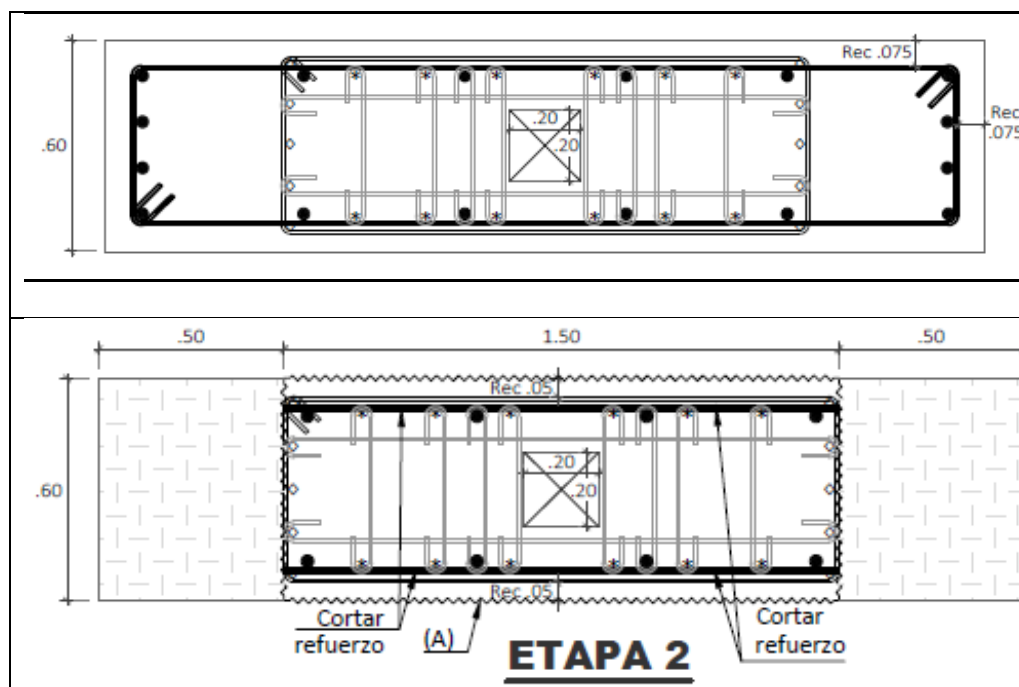
10.1. ANÁLISIS DE BARRETES

250. Para el análisis de estos elementos, se realizó un muestreo aleatorio tomando como referencia dos (2) de los elementos que presentaron más información con registros durante la construcción. Estos elementos fueron los barretes BC-75-C1 y BC-84-C1.

10.1.1. Barrete # BC – 75 – C1:

Diseño del Refuerzo:

251. El refuerzo del Barrete según el diseño indicado en el plano “Detalle de Barretes Columna”, plano número CD_CNN80_F1_S_CN_B3_006.DWG de fecha 2021-04-13, se muestra en el siguiente detalle:¹⁷⁴



¹⁷⁴ Anexo GPS-075. Documento Anexo 3 - Versiones de Planos. (página 48)

Figura 30. Detalle del Refuerzo Vertical del Elemento Barrete #75- C1 Etapas 1 - 2.

252. A continuación, se relacionan las características del diseño del refuerzo del elemento:¹⁷⁵

- Dimensiones del barrete: 0.60 m de ancho y 2.50 m de largo.
- Recubrimiento en las caras exteriores del elemento: 7.5 cm
- Recubrimiento en la zona de la columna: 5.0 cm
- Separación del refuerzo horizontal: 10.0 cm
- Separación del refuerzo vertical principal: aproximadamente 47 cm
- Separación del refuerzo vertical en la zona de la columna: entre 10.0 y 7,5 cm con respecto al refuerzo vertical principal.
- Nivel de inicio de Refuerzo: -13 m.

Características del Concreto:

- Suministro del concreto: Puente Aranda (40%) - Calle 80 (60%).
- Volumen Real: 148 m3.
- Volumen Teórico: 124,5 m3.
- % de expansión: 18,88%.
- Resistencia especificada: 6000 psi.¹⁷⁶
- Asentamiento medido: Variable entre 8" y 9" – Promedio 9".¹⁷⁷
- Tamaño máximo: 1" entre los niveles -17 y -13 m de profundidad como lo indica la remisión # 26229504 que hace parte de la hoja de vida del elemento. TMN de 1/2" a partir del nivel -12 donde inicia el tercer sótano.¹⁷⁸
- Manejabilidad de: 4 a 6 horas.¹⁷⁹
- Tasa de suministro de concreto: Se cumplió con la tasa de suministro de 35 m3/h en la primera hora, con una cantidad de 55 m3. A partir de esta hora, la tasa de suministro fue variable entre 23 m3, 15 m3, 8 m3, 31 m3, 4 m3, 4 m3 y 8 m3.¹⁸⁰
- Tiempo de fundida: 8.37 horas (contados a partir de la salida de planta del primer viaje hasta la salida del último mixer de obra.¹⁸¹)

Observaciones:

- La interventoría indica que, de los viajes (20) de concreto utilizados para este elemento, el 30% (6 viajes) presentaron prolongados tiempos de espera entre 1 hora y 1.30 horas.¹⁸²
- La Interventoría menciona cumplimiento de resistencias de los núcleos extraídos. Sin embargo, producto a la contaminación identificada en algunas zonas durante la excavación y

¹⁷⁵ Anexo GPS-075. Documento Anexo 3 - Versiones de Planos. (página 48)

¹⁷⁶ Anexo GPS-072. Documento Barrete 75 – compilación. (Página 62).

¹⁷⁷ Anexo GPS-072. Documento Barrete 75 – compilación. (Página 63).

¹⁷⁸ Anexo GPS-072. Documento Barrete 75 – compilación. (Página 55).

¹⁷⁹ Anexo GPS-072. Documento Barrete 75 – compilación. (Página 55).

¹⁸⁰ Anexo GPS-072. Documento Barrete 75 – compilación. (Página 35).

¹⁸¹ Anexo GPS-072. Documento Barrete 75 – Compilación. (página 36)

¹⁸² Anexo GPS-072. Documento Barrete 75 – compilación. (Página 34).

limpieza, se determinó demoler todo el tramo y construir la columna completa en su sección final.¹⁸³

Proceso Constructivo Implementación Tubo Tremie:

253. No se reportaron anomalías durante el proceso constructivo. Sin embargo, en el informe de la Interventoría, se indicó irregularidades en el diligenciamiento de la información durante el retiro de la tubería.¹⁸⁴
254. Se mencionó por parte de interventoría el no cumplimiento de la norma EN 1538:2011A1 (7.5 Jaulas de armadura) del elemento embebido.¹⁸⁵

Viscosidad de Lodos de Perforación:

255. Según el control, el valor de la viscosidad registrada en obra fue de 59. Valor por debajo del rango permisible (60).¹⁸⁶

Ensayos PIT-Cross Hole-PDA:

256. En los 3 Barretes del grupo 75, se realizaron las pruebas PIT, en donde se obtuvieron resultados adecuados.¹⁸⁷

Ensayos de Resistencia de Concreto:

257. En las zonas en las que se observó contaminación del concreto se tomaron en total 4 núcleos para realizar ensayos de resistencia. Los resultados indicaron que 1 de ellos no cumplió el porcentaje de resistencia especificado a los 28 días (100%).¹⁸⁸

Defectos Observados:

- Contaminación de concreto.
- Vacíos en la estructura.

Posibles Causas:

- La utilización de concreto con tamaño máximo de 1" en zonas en donde la separación del refuerzo es menor a 10 cm, dificulta el desplazamiento del concreto a todas las zonas del elemento, según se mencionó anteriormente al nivel de inicio de Refuerzo a -12.18 m.
- Un tiempo de hormigonado superior al tiempo de manejabilidad produce segregación del concreto la cual, a su vez, genera vacíos y contaminación del concreto.

¹⁸³ Anexo GPS-072. Documento Barrete 75 - Compilación. (página 5)

¹⁸⁴ Anexo GPS-066. Documento PAYC DAC-166-22 (CO80-1577-ST) del 6 de octubre de 2022. (Página 33)

¹⁸⁵ Anexo GPS-073. Archivo Excel Interventoría Observaciones.

¹⁸⁶ Anexo GPS-073. Archivo Excel Interventoría Observaciones.

¹⁸⁷ Anexo GPS-072. Documento Barrete 75 - Compilación. (página 3)

¹⁸⁸ Anexo GPS-074. Anexo 10 – Resultados Resistencias de concreto. (Página 17)

10.1.2. Barrete No BC – 84 – C1:

Diseño del Refuerzo:

258. El refuerzo del Barrete según el diseño indicado en el plano “Detalle de Barretes Columna”, plano número CD_CNN80_F1_S_DT_B3_006.DWG de fecha 2021-02-22, se muestra en el siguiente detalle:¹⁸⁹

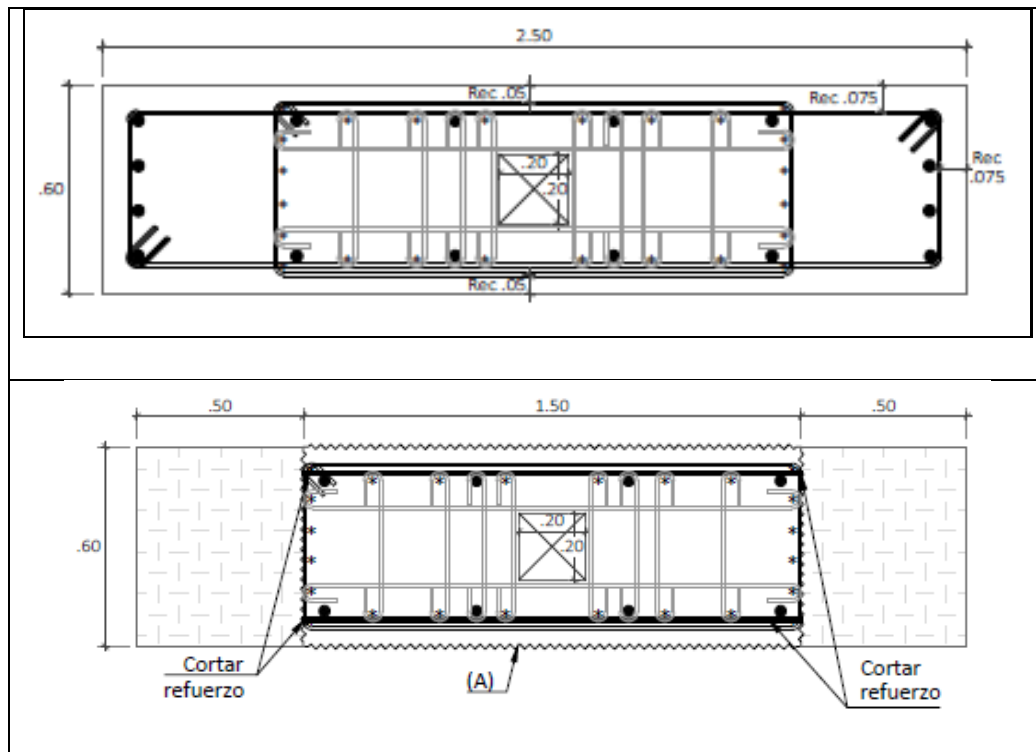


Figura 31. Detalle de Refuerzo vertical del elemento Barrete BC - 84 - C1.

259. A continuación, se relacionan las características del diseño del refuerzo del elemento:¹⁹⁰
- Las dimensiones de la estructura son 0.60 m de ancho y 2.50 m de largo.
 - Recubrimiento en las caras exteriores del elemento: 7.5 cm
 - Recubrimiento en la zona de la columna: 5.0 cm
 - Separación del refuerzo horizontal: 10.0 cm
 - Separación del refuerzo vertical principal: aproximadamente 47 cm
 - Separación del refuerzo vertical en la zona de la columna: entre 10.0 y 7,5 cm con respecto al refuerzo vertical principal.
 - Nivel de inicio de Refuerzo: -13 m.

¹⁸⁹ Anexo GPS-075. Anexo 3 - Versiones de Planos. (página 48)

¹⁹⁰ Anexo GSP-075. Anexo 3 – Versiones de Planos. (Página 50)

Características del Concreto:

- Suministro del concreto: Puente Aranda (27,78%) - Calle 80 (72,22%).¹⁹¹
- Volumen Real: 142 m3.
- Volumen Teórico: 124,4 m3.
- % de expansión: 14,15%.
- Resistencia especificada: 6000 psi.¹⁹²
- Asentamiento medido: Variable entre 8.3/4" y 9" – Promedio 9".¹⁹³
- Tamaño máximo: ½" y 1".¹⁹⁴
- Manejabilidad de: 4 a 6 horas.¹⁹⁵
- Tasa de suministro de concreto: Se cumplió con la tasa de suministro de 35 m3/h en la sexta hora, con una cantidad de 38 m3.¹⁹⁶ la tasa de suministro fue variable entre 8 m3, 16 m3, 32 m3 y 38 m3.
- Tiempo de fundida: 8.37 horas (contados a partir de la salida de planta del primer viaje hasta la salida del último mixer de obra.¹⁹⁷)

Observaciones:

- Se logró identificar la instalación de concretos de 6000 PSI con tamaño máximo de 1" entre las alturas de -16 m y -12 m como lo indica la remisión # **26226223**,¹⁹⁸ según los registros de la Hoja de vida (Control de Hormigonado), con lo cual se deduce que no se tuvo un apropiado control para instalación de concreto con agregado de 1".
- La interventoría indicó que, de los viajes (18) de concreto utilizados para este elemento, el 77,7% (14 viajes) presentaron prolongados tiempos de espera entre 53 min y 2.30 horas.¹⁹⁹
- La interventoría realizó una observación respecto al No Cumplimiento según la NSR-10 de las resistencias de concretos de los núcleos tomados en los Sótanos 1 y 3 de este elemento. De acuerdo con lo anterior, la interventoría solicitó la demolición total del elemento en estas zonas.²⁰⁰

Proceso Constructivo Implementación Tubo Tremie:

¹⁹¹ Anexo GPS-030. Archivo Excel - Trazabilidad de concretos instalados en Elementos de Cimentación. (BC-84-C1).

¹⁹² Anexo GPS-076. Documento Hoja de Vida Barrete 84 - Compilación. (página 44)

¹⁹³ Anexo GPS-076. Documento Hoja de Vida Barrete 84 - Compilación. (página 45)

¹⁹⁴ Anexo GPS-076. Documento Hoja de Vida Barrete 84 - Compilación. (página 53 - 72)

¹⁹⁵ Anexo GPS-076. Documento Hoja de Vida Barrete 84 - Compilación. (página 53)

¹⁹⁶ Anexo GPS-076. Documento Hoja de Vida Barrete 84 – compilación. (Página 40).

¹⁹⁷ Anexo GPS-076. Documento Hoja de Vida Barrete 84 – Compilación. (página 41)

¹⁹⁸ Anexo GPS-076. Documento Hoja de Vida Barrete 84 - Compilación. (página 62)

¹⁹⁹ Anexo GPS-076. Documento Hoja de Vida Barrete 84 - Compilación. (página 39)

²⁰⁰ Anexo GPS-076. Documento Hoja de Vida Barrete 84 - Compilación. (página 5)

260. Para la fundida de este elemento, no se reportaron anomalías durante el proceso constructivo. Sin embargo, de acuerdo con el informe de la interventoría, se indica la observación del retiro de la tubería después de vaciar los carros 3, 6, 7 y 8, sin reportar la altura del concreto.²⁰¹

Ensayos PIT-Cross Hole-PDA:

261. Para los 3 barretes del grupo 84, se realizaron ensayos PIT, donde los resultados obtenidos fueron adecuados.²⁰²
262. Adicionalmente, se realizaron ensayos de Cross Hole, donde el resultado obtenido concluye la presencia de defectos en las zonas entre el nivel -10,0 m y -10,5 m y, entre los -12,5 m y -13 m.²⁰³

Viscosidad de Lodos de Perforación:

263. No se reportó registro de esta información.

Defectos Observados:

- Contaminación de concreto.
- Vacíos en la estructura.

Posibles Causas:

- Los excesivos tiempos para descarga de 14 viajes de concreto (77%) generaron exposición del terreno que probablemente ocasionó derrumbes internos en la excavación, según PAYC.
- La instalación de concretos de 1" en las zonas donde se presenta saturación de refuerzo, en concepto de GPS, es muy probable que impidiera la fluidez del concreto.

10.2. ANÁLISIS PILOTES

264. Para el análisis de estos elementos, se realizó un muestreo aleatorio tomando como referencia dos (2) de los elementos que presentaron más información y registros durante la construcción. El análisis se realizó a los Pilotes PI-24-C1 y PI-51-01.

²⁰¹ Anexo GPS-066. Documento PAYC DAC-166-22 (CO80-1577-ST) del 6 de octubre de 2022. (Página 35)

²⁰² Anexo GPS-076. Documento Hoja de Vida Barrete 84 - Compilación. (página 6)

²⁰³ Anexo GPS-068. Anexo 7 – Resultados Ensayos Cross Hole. (Página 110)

10.2.1. Pilote # PL – 24 – C1

Diseño del Refuerzo:

265. El refuerzo del Pilote según el diseño indicado en el plano “Detalles Plazoleta – Detalles de Pilotes y Pantallas, Cuadros de Pilotes”, plano número CD_CNN80_F1_S_DT_B3_001.DWG de fecha 2021-02-15, se muestra en el siguiente detalle:²⁰⁴

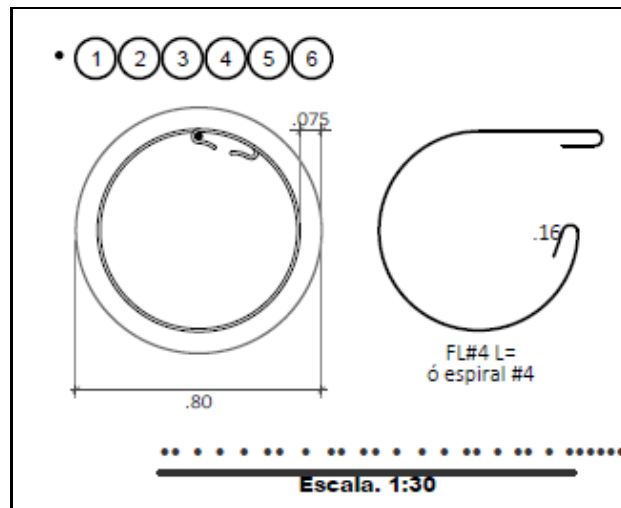


Figura 32. Detalle de Refuerzo Vertical Elemento Pilote 24-C1.

266. A continuación, se relacionan las características del diseño del refuerzo del elemento:²⁰⁵
- Diámetro del Pilote 0.80 m.
 - Recubrimiento en las caras exteriores del elemento: 7.5 cm
 - Separación del refuerzo horizontal: 10.0 cm zona del dado, 7,5 cm tramo 1, 15 cm en tramo 2 y 30 cm en tramo 3.
 - Separación del refuerzo vertical principal: aproximadamente 20 cm. En los planos encontrados no lo especifica.
 - Nivel de inicio del Refuerzo: -13 m.

Características del Concreto:

- Suministro del concreto: No se encontró registro de esta información. (no presentó remisiones de concreto).

²⁰⁴ Anexo GPS-075. Anexo 3 - Versiones de Planos. (página 17)

²⁰⁵ Anexo GPS-075. Anexo 3 - Versiones de Planos. (página 17)

- Volumen Real: 31 m3.
- Volumen Teórico: 28,04 m3.
- % de expansión: 10,56%.
- Resistencia especificada: 3500 psi.²⁰⁶
- Asentamiento medido: Variable entre 8" y 9" – Promedio 8".²⁰⁷
- Tamaño máximo: 1".²⁰⁸
- Manejabilidad de: 0 a 2 horas.
- Tasa de suministro de concreto: Variable la primera hora 16 m3, 10 m3 y 5 m3.²⁰⁹
- Tiempo de fundida: 4.21 horas (contados a partir de la salida de planta del primer viaje hasta la salida del último mixer de obra.)²¹⁰

Observaciones:

- Se menciona que el 19 de mayo de 2021 finalizó la excavación y que, por temas de logística con el concreto, se realizó la fundida solo hasta el 21 de mayo de 2021.²¹¹
- Se incluyó la observación que el 20 de mayo de 2021, la profundidad de excavación del pilote era de 45 ml de 55 ml excavados. Lo que indica con claridad la presencia de desprendimientos internos en la estructura.²¹²

Proceso Constructivo Implementación Tubo Tremie:

267. Para la fundida del elemento, no se reportaron anomalías durante el proceso constructivo respecto a este tema.

Ensayos PIT-Cross Hole-PDA:

268. Sobre el concepto técnico para el pilote 24 por parte del Geotecnista EYR, en donde se hicieron 2 de 3 pruebas en pilotes (24 – C1 y 24 – 01), obteniendo como resultado la continuidad en los pilotes y donde se aprueba dejar sin el tercer pilote para el dado 24.²¹³

²⁰⁶ Anexo GPS-077. Documento Pilote PL-24-C1. (Página 1).

²⁰⁷ Anexo GPS-077. Documento Pilote PL-24-C1. (Página 2).

²⁰⁸ Anexo GPS-077. Documento Pilote PL-24-C1. (Página 2).

²⁰⁹ Anexo GPS-077. Documento Pilote PL-24-C1. (Página 2).

²¹⁰ Anexo GPS-077. Documento Pilote PL-24-C1. (Página 2).

²¹¹ Anexo GPS-077. Documento Pilote PL-24-C1. (Página 1).

²¹² Anexo GPS-077. Documento Pilote PL-24-C1. (Página 1).

²¹³ Anexo GPS-078. Acta No 35 Reunión Estructural del 19 de mayo de 2023. (Página 11)

Viscosidad de Lodos de Perforación:

269. Según el control, el valor de la viscosidad registrada en obra fue de 59. Valor por debajo del rango permisible (60).²¹⁴

Defectos Observados:

- Contaminación.
- Exposición de aceros y falta de recubrimiento en algunas zonas (acolchado).

Posibles Causas:

- El tiempo que tardó la excavación expuesta sin realizar la fundida del Pilote podría haber generado derrumbes internos que probablemente ocasionaron la contaminación del concreto en algunas zonas, especialmente en sótano 3.

10.2.2. Pilote # PL – 51 – 01

Diseño del Refuerzo:

270. El refuerzo del Pilote según el diseño indicado en el plano “Detalles Plazoleta – Detalles de Pilotes y Pantallas, Cuadros de Pilotes”, plano número CD_CNN80_F1_S_DT_B3_001.DWG de fecha 2021-02-15, se muestra en el siguiente detalle:²¹⁵

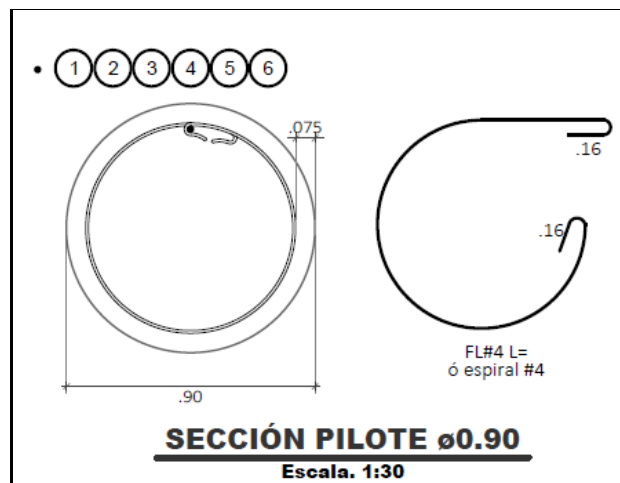


Figura 33. Detalle de Refuerzo Vertical Elemento Pilote 51-01.

²¹⁴ Anexo GPS-079. Documento Anexo 9.2 - Hojas de vida pilotes. (página 286)

²¹⁵ Anexo GPS-075. Anexo 3 - Versiones de Planos. (página 17)

271. A continuación, se relacionan las características del diseño del refuerzo del elemento: ²¹⁶

- Diámetro del Pilote 0.90 m.
- Recubrimiento en las caras exteriores del elemento: 7.5 cm
- Separación del refuerzo horizontal: 10.0 cm zona del dado, 7,5 cm tramo 1, 15 cm en tramo 2 y 30 cm en tramo 3.
- Separación del refuerzo vertical principal: aproximadamente 20 cm. En los planos encontrados no lo especifica.
- Nivel de inicio del refuerzo: -13 m.

Características del Concreto:

- Suministro del concreto: Puente Aranda (50%) y Calle 80 (50%).²¹⁷
- Volumen Real: 38 m3.
- Volumen Teórico: 35,32 m3.
- % de expansión: 7,59%.
- Resistencia especificada: 3500 psi.²¹⁸
- Asentamiento medido: entre 7.1/2" y 8" – Promedio 7.3/4".²¹⁹
- Tamaño máximo: 1".²²⁰
- Manejabilidad de: 0 a 2 horas.
- Tasa de suministro de concreto: constante la primera hora con 23 m3 y 6 m3.²²¹
- Tiempo de fundida: 1.25 horas (contados a partir de la salida de planta del primer viaje hasta la salida del último mixer de obra.²²²)

Observaciones:

- Se indicó la presencia de material contaminado en la parte superior del pilote, por lo que fue necesario excavar hasta el nivel -14.18 m para encontrar concreto sano.²²³

²¹⁶ Anexo GPS-075. Anexo 3 - Versiones de Planos. (página 17)

²¹⁷ Anexo GPS-080. Documento Pilote PL-51-01. (Página 2).

²¹⁸ Anexo GPS-080. Documento Pilote PL-51-01. (Página 1).

²¹⁹ Anexo GPS-080. Documento Pilote PL-51-01. (Página 2).

²²⁰ Anexo GPS-080. Documento Pilote PL-51-01. (Página 2).

²²¹ Anexo GPS-080. Documento Pilote PL-51-01. (Página 2).

²²² Anexo GPS-080. Documento Pilote PL-51-01. (Página 2).

²²³ Anexo GPS-073. Archivo Excel Interventoría observaciones.

Proceso Constructivo Implementación Tubo Tremie:

272. Para la fundida del elemento, no se reportaron anomalías durante el proceso constructivo respecto a este tema.

Ensayos PIT-Cross Hole-PDA:

273. Sobre el concepto técnico para el pilote 51-01, se realizó ensayo PIT, obteniendo resultados adecuados, sin reportar fallas.²²⁴

Viscosidad de Lodos de Perforación:

274. Según el control, el valor de la viscosidad registrada en obra fue de 54. Valor por debajo del rango permisible (60).²²⁵

Defectos Observados:

- Contaminación de concreto.

Posibles Causas:

- El no cumplimiento del parámetro de la viscosidad de lodos de perforación podría tener relación con la insuficiencia en la estabilización del terreno y posibles desprendimientos que generaron la contaminación del concreto encontrada en el elemento en sótano 3. Aunado a lo anterior, el no registro de la información de la sumergencia del tubo Tremie durante la fundida del elemento, podría tener indicios en el no cumplimiento de la profundidad mínima del tubo tremie y a su vez, relación con los defectos encontrados en el pilote.

10.3. ANÁLISIS DE PANTALLAS

275. Para el análisis de estos elementos, se realizó un muestreo aleatorio tomando como referencia dos (2) de los elementos que presentaron más información y registros durante la construcción. El análisis se realizó a las pantallas MP-92-T1 y MP-98-T4.

10.3.1. Pantalla # MP – 92 – T1

Diseño del Refuerzo:

²²⁴ Anexo GPS-067. Anexo 6 – Resultados Pruebas Pit. (Página 6)

²²⁵ Anexo GPS-080. Documento Pilote PL-51-01. (Página 1).

276. El refuerzo de la pantalla según el diseño indicado en el plano “DETALLES DE PILOTES Y PANTALLAS, CUADROS DE PILOTES”, plano número CD_CNN80_F1T_S_CN_B3_001, de fecha 2022-08-08, se muestra en el siguiente detalle:²²⁶

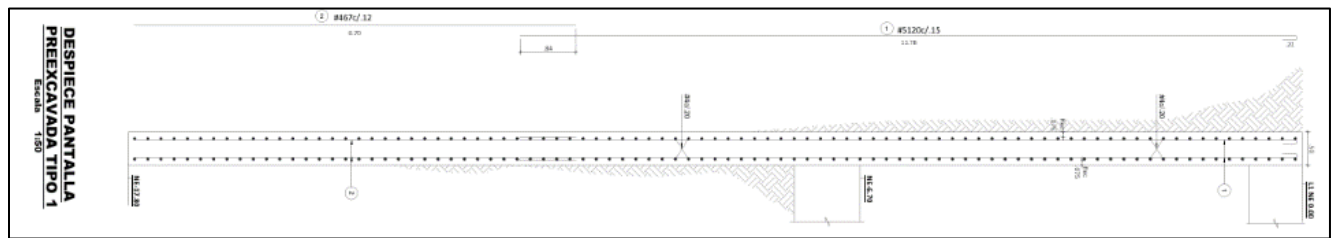


Figura 34. Detalle Despiece del Elemento Pantalla MP – 92 – T1.

277. A continuación, se relacionan las características del diseño del refuerzo del elemento:²²⁷

- Las dimensiones de la pantalla: 0.50 m de ancho y 4.42 m de largo.
- Recubrimiento en las caras exteriores del elemento: 7.5 cm
- Separación del refuerzo horizontal: 20.0 cm
- Separación del refuerzo vertical: 15 cm tramo 1 y 12 cm en el tramo 2.
- Nivel de inicio del refuerzo en columnas: N/A.

Características del Concreto:

- Suministro del concreto: Puente Aranda (40%) - Calle 80 (60%).²²⁸
- Volumen Real: 39 m3.
- Volumen Teórico: 36,20 m3.
- % de expansión: 7,73%.
- Resistencia especificada: 3500 psi.²²⁹
- Asentamiento medido: Variable entre 8" y 9" – Promedio 8.1/2".²³⁰
- Tamaño máximo: 1".²³¹
- Manejabilidad de: 2 a 4 horas.

²²⁶ Anexo GPS-075. Anexo 3 - Versiones de Planos. (página 65)

²²⁷ Anexo GPS-075. Anexo 3 - Versiones de Planos. (página 65)

²²⁸ Anexo GPS-081. Documento Anexo 9.1 - Hojas de vida Pantallas y Pantalones (página 371)

²²⁹ Anexo GPS-081. Documento Anexo 9.1 - Hojas de vida Pantallas y Pantalones (página 370)

²³⁰ Anexo GPS-081. Documento Anexo 9.1 - Hojas de vida Pantallas y Pantalones (página 371)

²³¹ Anexo GPS-081. Documento Anexo 9.1 - Hojas de vida Pantallas y Pantalones (página 371)

- Tasa de suministro de concreto: Variable entre 15 m³/h, 25 m³/h, 7 m³/h, 16 m³/h – Promedio 18 m³/h.²³²
- Tiempo de fundida: 2.10 horas (contados a partir de la salida de planta del primer viaje hasta la salida del último mixer de obra.)²³³

Nota: los registros de control evidencian que todos los viajes de concreto presentaron tiempos de espera excesivos para descarga, 4 de ellos superando la hora.²³⁴

Proceso Constructivo Implementación Tubo Tremie:

278. Para la fundida del elemento, no se reportaron anomalías durante el proceso constructivo respecto a este tema.

Ensayos PIT-Cross Hole-PDA:

279. A este elemento pantalla no se le realizó ningún tipo de prueba.

Viscosidad de lodos de perforación:

280. Según la información, el valor de la viscosidad registrada en obra fue de 56. Valor por debajo del rango permisible (60).²³⁵ De igual forma, se informó que el elemento no cumplía con el rango de viscosidad del polímero durante la excavación.²³⁶

Defectos Observados:

- Contaminación.
- Vacíos en la estructura.
- Acolchado.

Posibles Causas:

- Las demoras evidenciadas en la descarga del concreto generó la exposición del terreno que probablemente presentó desprendimientos internos que ocasionaron la contaminación del concreto.

²³² Anexo GPS-030. Archivo Excel - Trazabilidad de concretos instalados en Elementos de Cimentación. (PA-092)

²³³ Anexo GPS-030. Archivo Excel - Trazabilidad de concretos instalados en Elementos de Cimentación. (PA-092)

²³⁴ Anexo GPS-030. Archivo Excel - Trazabilidad de concretos instalados en Elementos de Cimentación. (PA-092)

²³⁵ Anexo GPS-082. Archivo Excel EYT Registro Lodos poliméricos.

²³⁶ Anexo GPS-073. Archivo Excel Interventoría observaciones.

- El no cumplimiento del parámetro de viscosidad de lodos de perforación podría tener relación con insuficiencia en la estabilización del terreno y posibles desprendimientos que generaron la contaminación del concreto.

10.3.2. Pantalla # MP – 98 – T4

Diseño del Refuerzo:

281. El refuerzo del elemento de acuerdo con el detalle del plano “DETALLES DE PILOTES Y PANTALLAS, CUADROS DE PILOTES” con el número de plano CD_CNN80_F1T_S_CN_B3_001, de fecha 2022-08-08 se obtuvo la siguiente información:²³⁷

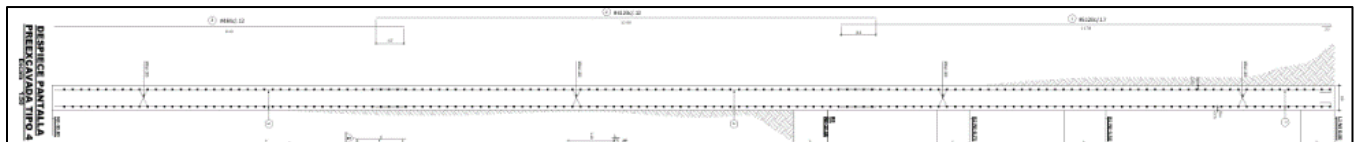


Figura 35. Detalle del Elemento Pantalla MP – 98 – T4.

282. A continuación, se relacionan las características del diseño del refuerzo del elemento:²³⁸
- Las dimensiones de la pantalla son 0.60 m de ancho y 4.66 m de largo.
 - Recubrimiento en las caras exteriores del elemento: 7.5 cm.
 - Separación del refuerzo horizontal: 20.0 cm.
 - Separación del refuerzo vertical: 17 cm tramo 1, 12 cm en el tramo 2 y tramo 3.
 - Nivel de inicio del refuerzo en columnas: N/A

Características del Concreto:

- Suministro del concreto: Puente Aranda (92.31%) - Calle 80 (7.69%).²³⁹
- Volumen Real: 99 m3.
- Volumen Teórico: 90,44 m3.
- % de expansión: 9,46%.
- Resistencia especificada: 3500 psi.²⁴⁰

²³⁷ Anexo GPS-075. Anexo 3 - Versiones de Planos. (página 65)

²³⁸ Anexo GPS-075. Anexo 3 - Versiones de Planos. (página 65)

²³⁹ Anexo GPS-083. Documento MP-98-T4. (Página 2)

²⁴⁰ Anexo GPS-083. Documento MP-98-T4. (Página 1)

- Asentamiento medido: Variable entre 8" y 9" – Promedio 9".²⁴¹
- Tamaño máximo: 1".²⁴²
- Manejabilidad de: 2 a 4 horas.²⁴³
- Tasa de suministro de concreto: Variable entre 24 m3/h la primera hora, 7 m3/h la segunda hora y 8 m3/h la tercera hora – Promedio 18 m3/h.²⁴⁴
- Tiempo de fundida: 7.93 horas (contados a partir de la salida de planta del primer viaje hasta la salida del último mixer de obra.²⁴⁵)

Nota: los registros de control evidencian que 10 de los 13 viajes de concreto presentaron tiempos de espera para descarga que superan los 25 minutos.²⁴⁶

Proceso Constructivo Implementación Tubo Tremie:

283. Para el elemento MP-98-T4, se han identificado anomalías en la profundidad del tubo tremie. Específicamente, se ha observado que la cota del tubo tremie registrada estuvo siempre en niveles superiores al nivel real del concreto durante la fundida del elemento (13 viajes).²⁴⁷

Ensayos PIT-Cross Hole-PDA:

284. A este elemento pantalla, no se le realizó ningún tipo de prueba.

Viscosidad de lodos de perforación:

285. El valor de la viscosidad registrada en obra fue de 56. Valor por debajo del rango permisible (60).²⁴⁸

Defectos Observados:

- Contaminación del concreto.
- Acolchado.

Posibles Causas:

²⁴¹ Anexo GPS-083. Documento MP-98-T4. (Página 2)

²⁴² Anexo GPS-083. Documento MP-98-T4. (Página 2)

²⁴³ Anexo GPS-083. Documento MP-98-T4. (Página 2)

²⁴⁴ Anexo GPS-083. Documento MP-98-T4. (Página 2)

²⁴⁵ Anexo GPS-083. Documento MP-98-T4. (Página 2).

²⁴⁶ Anexo GPS-030. Archivo Excel - Trazabilidad de concretos instalados en Elementos de Cimentación. (PA-098)

²⁴⁷ Anexo GPS-083. Documento MP-98-T4. (Página 2).

²⁴⁸ Anexo GPS-082. Archivo Excel EYT Registro Lodos Poliméricos.

- De acuerdo con el registro del control de hormigonado del elemento, se identificó que el tubo tremie durante toda la fundida del elemento, permaneció por fuera del concreto, lo que permitiría la contaminación del concreto.
- También, el no cumplimiento del parámetro de viscosidad de lodos generaría la insuficiencia en la estabilización del terreno lo que probablemente ocasionaría desprendimientos internos en la excavación.

10.4. ANÁLISIS DE PANTALONES

286. Para el análisis de estos elementos, se realizó un muestreo aleatorio tomando como referencia dos (2) de los elementos que presentaron más información (registros durante construcción). Así las cosas, el análisis se realizó a los pantalones 94-T3 y 110-T10.

10.4.1. Pantalón 94-T3

Diseño del Refuerzo:

287. El refuerzo del pantalón según el diseño indicado en el plano “DETALLES PANTALONES Y BARRETES TIPO 1 A 6”, plano número CD_CNN80_F1_S_CN_B3_004, de fecha 2022-04-29, se muestra en el siguiente detalle:²⁴⁹

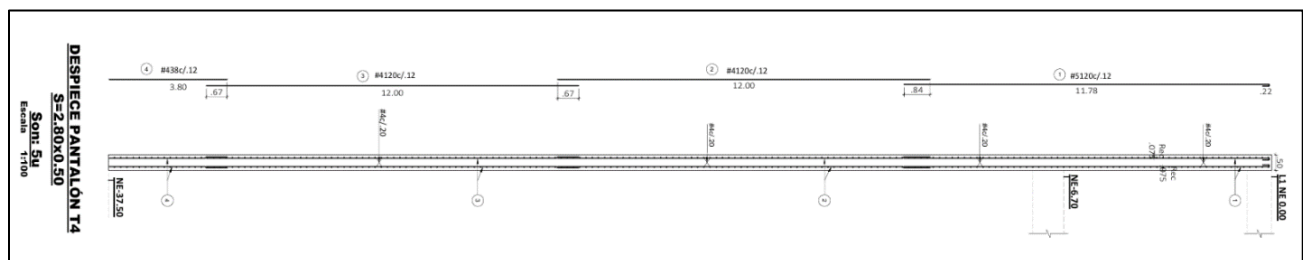


Figura 36. Detalle Despiece del Elemento Pantalón 94 – T3.

288. A continuación, se relacionan las características del diseño del refuerzo del elemento:²⁵⁰
- Las dimensiones del pantalón son 0.60 m de ancho y 2.50 m de largo.
 - Recubrimiento en las caras exteriores del elemento: 7.5 cm
 - Separación del refuerzo horizontal: 20.0 cm
 - Separación del refuerzo vertical: 12 cm en todos los tramos.

²⁴⁹ Anexo GPS-075. Anexo 3 - Versiones de Planos. (página 41)

²⁵⁰ Anexo GPS-075. Anexo 3 - Versiones de Planos. (página 41)

- Nivel de inicio del refuerzo en columnas: N/A.

Características del Concreto:

- Suministro del concreto: Puente Aranda (82.86%) - Calle 80 (17.14%).²⁵¹
- Volumen Real: 226,50 m3.
- Volumen Teórico: 114,53 m3.
- % de expansión: 97,76%.
- Resistencia especificada: 3500 psi.²⁵²
- Asentamiento medido: Variable entre 8" y 9" – Promedio 8.1/2".²⁵³
- Tamaño máximo: 1".²⁵⁴
- Manejabilidad de: 2 a 4 horas.²⁵⁵
- Tasa de suministro de concreto: Se cumplió la tasa de suministro en la primera y segunda hora con 40 m3/h, después el suministro fue variable con 23 m3/h, 31 m3/h, 14 m3/h, 30 m3/h – Promedio 40 m3/h.²⁵⁶
- Tiempo de fundida: 14.75 horas (contados a partir de la salida de planta del primer viaje hasta la salida del último mixer de obra.²⁵⁷)

Nota:

- El control del hormigonado indica que durante el proceso de fundición del elemento 96 se pasa concreto al módulo 94, razón por la cual al momento de la excavación del elemento 94, se presentan bloques de hormigón de gran diámetro generando una expansión del 100%.²⁵⁸
- Los registros de control evidencian que 28 de los 35 viajes de concreto presentaron tiempos de espera para descarga que superan los 25 minutos, 17 de ellos superando la hora.²⁵⁹

Proceso Constructivo Implementación Tubo Tremie:

289. Para el elemento MP-94-T3, se han identificado anomalías en la profundidad del tubo tremie. Específicamente, se ha observado que la cota del tubo tremie está registrada en niveles superiores al nivel real del concreto a partir del mixer 948 (viaje 16 de 35), donde la cota del tubo se

²⁵¹ Anexo GPS-084. Documento PANTALON-94-T3. (Página 2)

²⁵² Anexo GPS-084. Documento PANTALON-94-T3. (Página 2)

²⁵³ Anexo GPS-084. Documento PANTALON-94-T3. (Página 2)

²⁵⁴ Anexo GPS-084. Documento PANTALON-94-T3. (Página 2)

²⁵⁵ Anexo GPS-084. Documento PANTALON-94-T3. (Página 2)

²⁵⁶ Anexo GPS-084. Documento PANTALON-94-T3. (Página 2)

²⁵⁷ Anexo GPS-084. Documento PANTALON-94-T3. (Página 2)

²⁵⁸ Anexo GPS-081. Documento Anexo 9.1 - Hojas de vida Pantallas y Pantalones (página 657)

²⁵⁹ Anexo GPS-030. Archivo Excel - Trazabilidad de concretos instalados en Elementos de Cimentación.

encuentra a –24 m de profundidad y el nivel del concreto a –26 m. A partir de este nivel en adelante no se cumple con la profundidad de sumergencia del tubo, el cual permaneció por fuera del concreto el resto de la fundida.²⁶⁰

290. Se mencionó por parte de Interventoría el no cumplimiento de la norma EN 1538:2011A1 (7.5 Jaulas de armadura) del elemento embebido.²⁶¹

Ensayos PIT-Cross Hole-PDA:

291. Con respecto a los elementos pantalones, se realizaron ensayos Cross Hole a 2 elementos (112 – T10 y 115 – T13A), presentando fallos sin señales de daños. A el elemento 94 – T3 no se le realizan ensayos.²⁶²

Viscosidad de lodos de perforación:

292. Según el control, el valor de la viscosidad registrada en obra fue de 55. Valor por debajo del rango permisible (60).²⁶³

Defectos Observados:

- Contaminación del concreto.
- Acolchado.
- Vacíos en la estructura.

Posibles Causas:

- Un porcentaje del 97,76% tiene relación directa con la existencia de desprendimientos en la excavación previo o durante la fundida y, la cual ocasionaría contaminación del concreto.
- De acuerdo con el registro del control de hormigonado del elemento, se identificó que el tubo tremie a partir del viaje No 16 permaneció por fuera del concreto durante el resto de la fundida del elemento, lo que permitiría la contaminación del concreto.
- También, el no cumplimiento del parámetro de viscosidad de lodos generaría la insuficiencia en la estabilización del terreno lo que probablemente ocasionaría desprendimientos internos en la excavación.

²⁶⁰ Anexo GPS-030. Archivo Excel - Trazabilidad de concretos instalados en Elementos de Cimentación.

²⁶¹ Anexo GPS-073. Archivo Excel Interventoría observaciones.

²⁶² Anexo GPS-068. Anexo 7 - Resultados ensayos Cross Hole.

²⁶³ Anexo GPS-082. Archivo Excel EYT Registro Lodos poliméricos.

10.4.2. Pantalón 110-T10

Diseño del Refuerzo:

293. El refuerzo del pantalón según el diseño indicado en el plano “DETALLES PANTALONES Y BARRETES TIPO 7 A 13” plano número CD_CNN80_F1_S_CN_B3_005, de fecha 2022-03-15, se muestra la siguiente información:²⁶⁴

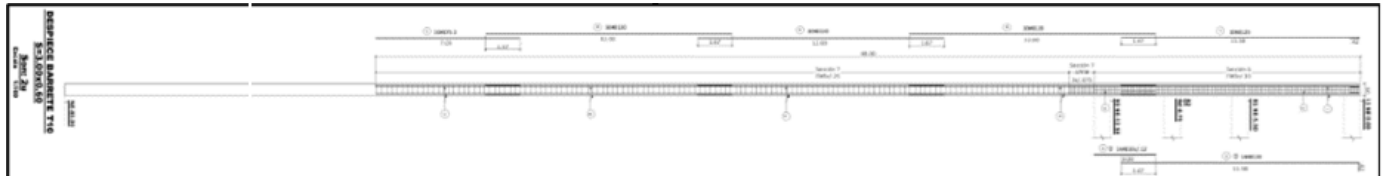


Figura 37. Detalle Despiece de Sección del Elemento Pantalón 110 – T10.

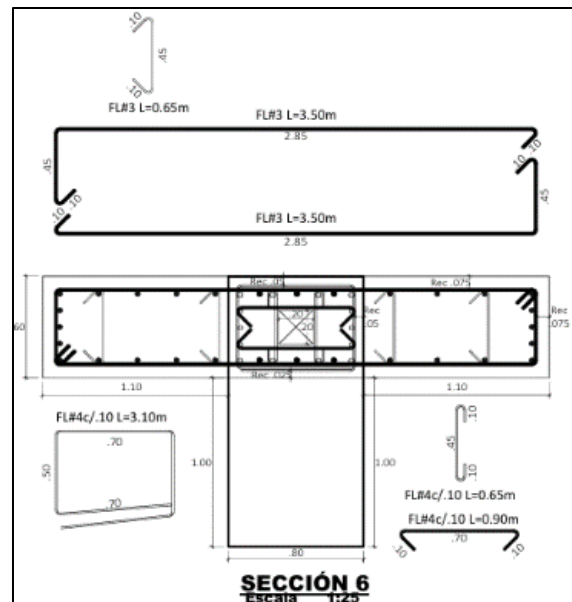


Figura 38. Detalle del Refuerzo Vertical del Elemento Pantalón 110 – T10.

294. A continuación, se relacionan las características del diseño del refuerzo del elemento:²⁶⁵
- Las dimensiones del pantalón: 0.60 m de ancho y 3.0 m de largo.
 - Recubrimiento en las caras exteriores del elemento: 7.5 cm
 - Separación del refuerzo horizontal: 10.0 cm sección 6 (3 sótanos)

²⁶⁴ Anexo GPS-075. Anexo 3 - Versiones de Planos. (página 46)

²⁶⁵ Anexo GPS-075. Anexo 3 - Versiones de Planos. (página 46)

- Separación del refuerzo vertical: aproximadamente 25.9 cm refuerzo por fuera de la columna y del refuerzo interno de la columna embebida 11.25 cm.
- Nivel de inicio del refuerzo en columnas: N/A.

Características del Concreto:

- Suministro del concreto: Puente Aranda (80%) - Calle 80 (20%).²⁶⁶
- Volumen Real: 197 m3.
- Volumen Teórico: 146,40 m3.
- % de expansión: 34,56%.
- Resistencia especificada: 5000 psi.²⁶⁷
- Asentamiento medido: Variable entre 8" y 9" – Promedio 8.1/2".²⁶⁸
- Tamaño máximo: 1/2".²⁶⁹
- Manejabilidad de: 4 a 6 horas.²⁷⁰
- Tasa de suministro de concreto: Se cumplió la tasa de suministro en la primera y segunda hora con 40 m3/h, después el suministro fue variable con 23 m3/h, 31 m3/h, 14 m3/h, 30 m3/h – Promedio 40 m3/h.²⁷¹
- Tiempo de fundida: 11 horas (contados a partir de la salida de planta del primer viaje hasta la salida del último mixer de obra.²⁷²)

Nota:

- La hoja de vida reporta que cuando se estaba descargando el Mixer No 6 (48 m3) se presentó desprendimiento de material (derrumbe) en el costado occidental del pantalón, lo que podría generar contaminación del concreto y acero expuesto en cualquier longitud del elemento.²⁷³
- Los registros de control evidencian que 10 de los 25 viajes de concreto presentaron tiempos de espera para descarga que superan los 25 minutos.²⁷⁴

Proceso Constructivo Implementación Tubo Tremie:

²⁶⁶ Anexo GPS-085. Documento PANTALON-110-T10. (Página 3)

²⁶⁷ Anexo GPS-085. Documento PANTALON-110-T10. (Página 2)

²⁶⁸ Anexo GPS-085. Documento PANTALON-110-T10. (Página 3)

²⁶⁹ Anexo GPS-085. Documento PANTALON-110-T10. (Página 2)

²⁷⁰ Anexo GPS-085. Documento PANTALON-110-T10. (Página 3)

²⁷¹ Anexo GPS-085. Documento PANTALON-110-T10. (Página 3)

²⁷² Anexo GPS-085. Documento PANTALON-110-T10. (Página 3)

²⁷³ Anexo GPS-085. Documento PANTALON-110-T10. (Página 2)

²⁷⁴ Anexo GPS-030. Archivo Excel - Trazabilidad de concretos instalados en Elementos de Cimentación.

295. Para la fundida del elemento, no se reportaron anomalías durante el proceso constructivo respecto a este tema.
296. Se menciona por parte de interventoría el no cumplimiento de la norma EN 1538:2011A1 (7.5 Jaulas de armadura) del elemento embebido.²⁷⁵

Ensayos PIT-Cross Hole-PDA:

297. Con respecto a los elementos pantalones, se realizaron ensayos Cross Hole a 2 elementos (112 – T10 y 115 – T13A), presentando fallos sin señales de daños. A el elemento 110 – T10 no se le realizaron ensayos.²⁷⁶

Viscosidad de lodos de perforación:

298. No hubo reporte de valor de viscosidad para este elemento.

Defectos Observados:

- Contaminación del concreto.
- Acolchado.

Posibles Causas:

- Un porcentaje del 34,56% tiene relación directa con la existencia de desprendimientos en la excavación previo o durante la fundida y, la cual ocasionaría contaminación del concreto.
- El no reporte del control de viscosidad de lodos de perforación tendría incidencia en el desprendimiento de material reportado durante la fundida y que probablemente generaría la contaminación del concreto.
- También, los tiempos de espera para descarga de concreto generaría la exposición desmedida del terreno generando desprendimientos mencionados.

10.5. CONCLUSIONES

299. Como se ha mencionado en este capítulo, hay una gran variedad de causas que afectan la calidad de los elementos de una cimentación profunda. Para el caso del proyecto Connecta 80, sin perjuicio de que existen otras o combinaciones de otras causas, las más relevantes tienen que ver

²⁷⁵ Anexo GPS-073. Archivo Excel Interventoría observaciones.

²⁷⁶ Anexo GPS-068. Anexo 7 - Resultados ensayos Cross Hole.

con la definición del tamaño máximo del agregado de las mezclas de concreto en relación con la separación del acero de refuerzo definido en el diseño. Estas causas traen como principal efecto:

- La segregación del concreto.
- La creación de vacíos en los elementos que tienen en su interior el refuerzo de columnas.
- El bajo o nulo recubrimiento de las canastas de refuerzo.
- La contaminación del concreto.

300. Para las resistencias especificadas (5000 y 6000 psi) para la construcción de los barretes, pantallas y pantalones, EYT tuvo a su disposición dos (2) diseños de mezclas para cada resistencia, una con tamaño máximo de 1" y otra con tamaño máximo de ½".

301. Como quedó establecido en el contrato la programación y selección de la mezcla a utilizar en cada caso era de EYT.

(...) "La programación del concreto es responsabilidad del CONTRATISTA, tanto en cantidad como en tiempos, los cuales deben ser informados al CONTRATANTE para que el mismo con base en dichas instrucciones lo programe." Fuente: Numeral 6.12 del anexo 2 – Contrato No. 2100009 (...)

(...) "Es responsabilidad del constructor verificar los recubrimientos, así como la congestión del acero de refuerzo de los diferentes elementos estructurales antes de pedir el concreto; ya que existen elementos con recubrimientos menores y zonas de congestión de acero de refuerzo que exigen que el tamaño del agregado grueso sea menor a lo convencional. (...)" Fuente: plano CD_CNN80_F1_S_SH_XX_003.DWG.

302. EYT conocía que para iniciar el vaciado, se debía cumplir con los volúmenes requeridos de Concreto. En pocas ocasiones se cumplió esta condición (en los primeros vaciados) y como se indicó anteriormente, EYT inició en varios elementos sin contar con el anterior requerimiento mencionado.

303. La manejabilidad de un concreto tremie se define como el tiempo en el cual el concreto puede ser mezclado, manejado, transportado y colocado sin que pierda su homogeneidad. Para el proyecto CONNECTA 80 se manejaron 2 intervalos de tiempo según el volumen de concreto del elemento a hormigonar. Estos intervalos fueron de 2 a 4 horas y de 4 a 6 horas.

304. El tiempo de manejabilidad se calcula dividiendo el volumen del elemento a hormigonar (incluida la expansión) por la rata de suministro de concreto. Ejemplo: si un elemento tiene un volumen de 180 m3 y la rata de suministro de concreto es de 35 m3/h la manejabilidad debe ser de 5.1 horas. Para este ejemplo a la hora de solicitar el concreto se debe especificar que tenga una manejabilidad de 4 a 6 horas.

305. Estas demoras conducen a bajas tasas de suministro de concreto y en algunos casos a la pérdida de manejabilidad del concreto. La pérdida de manejabilidad produce segregación, segregación que propicia la creación de vacíos en los elementos con alta densidad de refuerzo.

306. Los continuos retrasos presentados en las descargas de los viajes de concreto²⁷⁷ conducen a bajas tasas de suministro lo que, a su vez incide en los defectos de calidad encontrados en los elementos, como lo indico EYT en la propuesta técnica:²⁷⁸

*(...) La falta de continuidad entre la finalización de la descarga de una cuba de hormigón y la llegada de la siguiente **puede afectar a la calidad final del elemento**. No se permitirán retrasos reiterados y, bajo ningún concepto, el retraso entre dos cubas consecutivas será superior a 30 minutos. (...)*” Resaltado y subrayado al margen.

²⁷⁷ Anexo GPS-011. Acta de Reunión del 02 de agosto de 2022. (Página 4)

²⁷⁸ Anexo GPS-003. Propuesta Técnica V1. (Página 51)

11. ANÁLISIS DE MAYORES COSTOS, DAÑOS Y PERJUICIOS ASOCIADOS A LOS INCUMPLIMIENTOS DE EYT

307. De acuerdo con lo establecido en el Contrato en la cláusula Decimotercera, se indica lo siguiente:

(...) “Si EL CONTRATISTA no entrega la Obra a satisfacción de EL CONTRATANTE en la Fecha de Entrega Final por causas atribuibles a su responsabilidad, deberá asumir todos los costos que deba pagar EL CONTRATANTE por mayor permanencia en Obra, incluyendo pero sin limitarse a (i) los costos y pagos asociados al interventor de obra, (ii) las multas o sanciones que deba pagar EL CONTRATANTE a arrendatarios o clientes del Proyecto por retraso en la entrega de la Obra, y (iii) los costos por contratación de maquinaria, seguridad, ampliación de término de licencias o cualquier otra contratación requerida; Sin perjuicio de los Desincentivos que deba pagar EL CONTRATISTA por incumplimiento en las Fechas de Entrega y la Fecha de Entrega Final según lo establecido en esta cláusula. (...)

308. Teniendo en cuenta los defectos de calidad encontrados posterior a la ejecución de EYT de los elementos de la cimentación profunda del Proyecto y en la medida que se avanzaba con la excavación de los sótanos, y ante la negativa de EYT de realizar algunas reparaciones de elementos,²⁷⁹ con el fin de no poner en riesgo la estabilidad de la estructura y el avance de las obras, ARPRO tuvo que ordenar realizar con terceros (otros contratistas) las reparaciones de los elementos, costo que sería cruzado en parte, de la retención en garantía contractual de EYT,²⁸⁰ como se muestra en el siguiente aparte de la Comunicación CONN-317-2022.

“Consideramos que el ritmo en las reparaciones ya encontradas no es el adecuado, demora que está afectando no solo la estabilidad y seguridad estructural del proyecto, sino la programación de obra, que ha generado tiempos muertos del contratista de estructura tasados de manera preliminar y solo en lo transcurrido de la obra en 356.000.000 millones de pesos por personal detenido y stand by de equipos de excavación ya que el Ing calculista no permite avanzar en los sótanos hasta que se reparen los elementos de cimentación profunda altamente afectados.

Dada la falta de atención de Terratest a este serio problema, el comité de obra conformado por Terranum, Payc como interventor y Arpro, solicitó al administrador delegado proceder a subcontratar al costo que sea y velocidad requerida con cargo a la retención contractual de Terratest, a menos que se tenga una reacción inmediata y compromiso de atender estos temas de calidad.”

309. De acuerdo con lo anterior, se indicaban los elementos que presentaron defectos y afectaciones de calidad por cada sótano, tal como se observa en las siguientes figuras: ²⁸¹

²⁷⁹ Anexo GPS-012. Comunicación 033-GE-20137-2023 del 20 de junio de 2023. (Página 1).

²⁸⁰ Anexo GPS-013. Comunicación CONN-317-2022 del 21 de abril de 2022. (Página 1)

²⁸¹ Anexo GPS-008. Documento de EGIS Porcentaje de elementos afectados.

Sótano 1

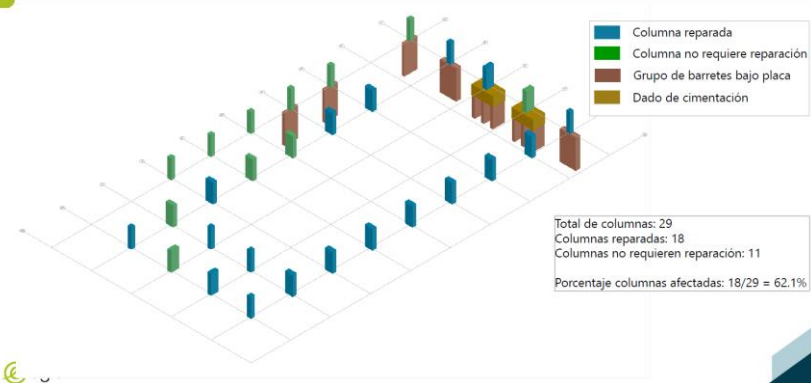


Figura 39. Localización de elementos defectuosos al nivel del sótano 1.

Sótano 2

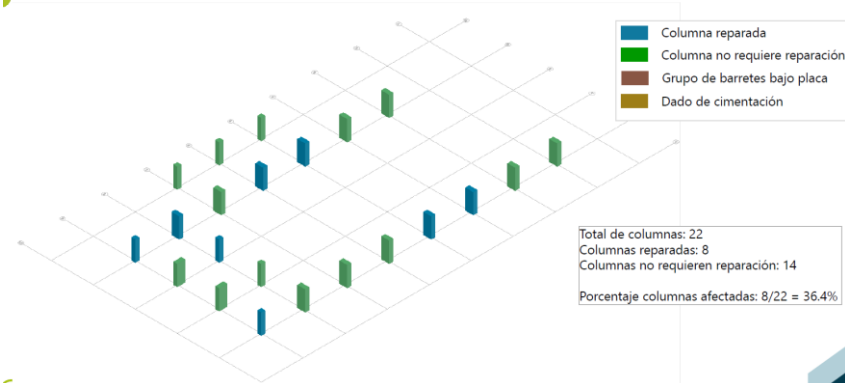


Figura 40. Localización de elementos defectuosos al nivel del sótano 2.

Sótano 3

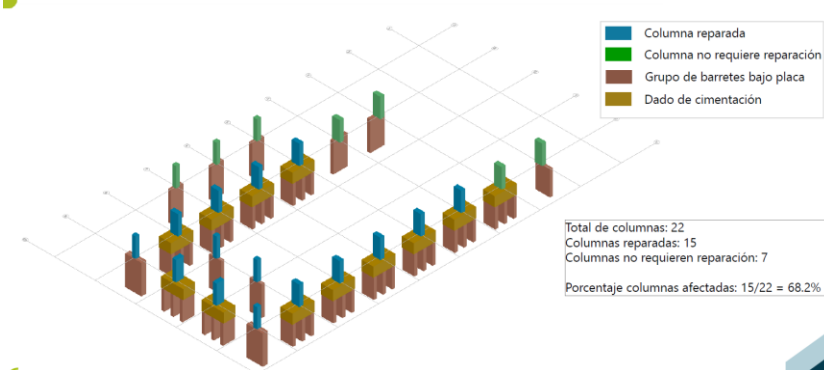


Figura 41. Localización de elementos defectuosos al nivel del sótano 3.

3D Columnas Sótanos

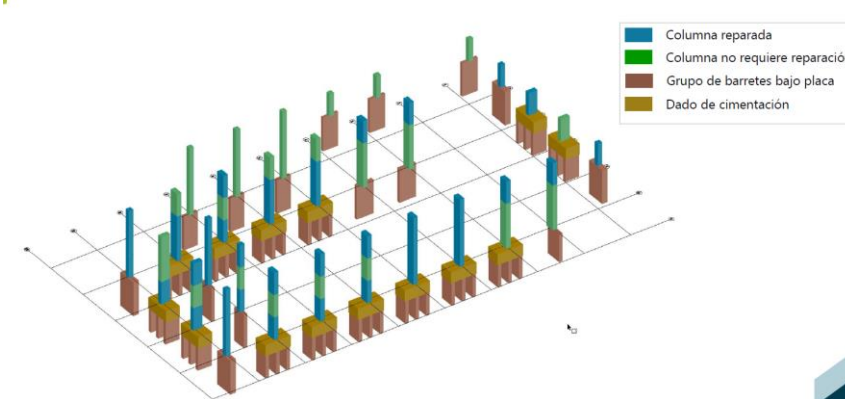


Figura 42. Localización de elementos defectuosos consolidado de los tres sótanos.

310. De acuerdo con lo expuesto, las comunicaciones y diferente documentación del Proyecto, muestran los defectos y problemas de calidad en los elementos ejecutados en la cimentación del Proyecto por EYT.
311. Con la primera solicitud de ARPRO a EYT mediante un correo electrónico del 10 de diciembre de 2021,²⁸² se mencionaban las anomalías evidenciadas en pantallas, pantalones y barretes ejecutados hasta ese momento, y que EYT debía realizar las respectivas reparaciones, previo al inicio de la excavación del sótano 1.
312. La no atención oportuna de las respectivas reparaciones por parte de EYT, generó afectaciones al Proyecto, en cuanto a la alteración del programa de obra establecido, además de que ocasionó retraso con el inicio de las obras siguientes a la cimentación profunda de acuerdo con el proceso constructivo establecido.
313. Lo anterior, debido a la imposibilidad de continuar con el avance de la excavación de los niveles inferiores (sótanos 1, 2, 3), de acuerdo con la advertencia del calculista del Proyecto (PYP),²⁸³ por los problemas de calidad encontrados en los elementos y al alto riesgo de estabilidad de la estructura. Esto conllevó afectaciones económicas de otros contratistas como Traynco.²⁸⁴
314. Respecto a las afectaciones ocasionadas por los incumplimientos de EYT, en los siguientes subcapítulos, se analizan los costos por las obras de reparación realizadas a elementos de cimentación asumidos por TERRANUM²⁸⁵ y con cargo a EYT, además de otros adicionales como el costo de tiempo adicional para entrega de obra, costo de personal de Interventoría, ARPRO y TERRANUM.

11.1. COSTOS INCURRIDOS DE OTROS CONTRATISTAS PARA LAS REPARACIONES DE LAS OBRAS EJECUTADAS POR EYT

315. Como se mencionó anteriormente, TERRANUM con el fin de no exponer la estabilidad de la estructura y minimizar el impacto en la programación del Proyecto,²⁸⁶ asumió, los costos de las reparaciones, subcontratando varias empresas para que realizarán con celeridad, los trabajos de las obras con defectos y problemas de calidad ejecutadas por EYT, así como el suministro de insumos como el concreto y el acero de refuerzo que fue necesario para las reparaciones.²⁸⁷
316. Durante la aparición de defectos y problemas de calidad de los elementos, es importante tener en cuenta los siguientes periodos:

²⁸² Anexo GPS-086. Correo electrónico – Reparaciones en elementos de cimentación del 10 de diciembre de 2021.

²⁸³ Anexo GPS-087. Comunicación CONN-291-2022 del 17 de febrero de 2022. (Página 2).

²⁸⁴ Anexo GPS-087. Comunicación CONN-291-2022 del 17 de febrero de 2022. (Página 2).

²⁸⁵ GPS ha sido informado acerca de la existencia de una cesión a ARPRO del derecho a reclamar la indemnización de estos costos.

²⁸⁶ Anexo GPS-013. Comunicación CNN-317-2022 del 21 de abril de 2022. (Página 1)

²⁸⁷ GPS ha sido informado acerca de la existencia de una cesión a ARPRO del derecho a reclamar la indemnización de estos costos.

- a. Inicio de reparación elementos cimentación por EYT, el 2 de febrero de 2022.²⁸⁸
- b. Fin actividades de reparación por EYT el 08 de abril de 2022²⁸⁹
- c. Anuncio de Inicio de reparaciones ARPRO²⁹⁰ y ratificación de inicio con el contratista DC VECO²⁹¹
- d. Fecha fin actividades de reparación el 18 de junio de 2024. Se toma como referencia de la fecha, el acta de obra No. 2 del contratista MADOC.

317. Tal como se observan en las anteriores fechas, el proceso de reparaciones en los elementos ejecutados por EYT tomó más de un (1) año y cuatro (4) meses, en los que EYT atendió las reparaciones de algunos elementos y los demás fueron atendidos y reparados por otros contratistas de ARPRO.

318. En la siguiente tabla se relacionan las principales empresas contratadas por ARPRO para la ejecución de las actividades de reparación, así como para el suministro de Concreto y Aceros.

Tabla 19. Empresas Contradas por ARPRO y suministros para las Reparaciones de la Cimentación.

EMPRESA	TIPO DE REPARACIÓN/ SUMINISTRO
INGERDICON	Reparación de Barretes.
HASAR	Reparación
OCED	Reparación
DC VECO	Demolición de excesos, reparación de pantallas.
TRAYNCO	Reparación elementos de cimentación.
STALO	Ejecución de micropilotes.
ANCHOR	Anclajes.
ARGOS	Suministro de Concreto
CEMEX	Suministro de Concreto
DIACO	Suministro de Acero de Refuerzo
GRUPO SIDERUR	Suministro de Acero de Refuerzo

319. Para cada uno de los contratistas y proveedores listados anteriormente, GPS le solicitó a ARPRO y a TERRANUM, la información de estos y revisó las diferentes facturas y actas de ejecución que conforman el pago realizado por estos.

320. El costo total de las reparaciones de los elementos ejecutados por EYT y que tuvieron defectos y problemas de calidad se relacionan en la siguiente tabla, donde se incluye el Apéndice del Dictamen de GPS en el cual se puede encontrar los análisis y valores por cada uno de los contratistas y proveedores y sus respectivos contratos/órdenes de servicio.²⁹²

²⁸⁸ Anexo GPS-033. Comunicación EYT sin consecutivo, del 2 de febrero de 2022 -Inicio de reparación de elementos (Pantallas 98-99-100-101-101A)

²⁸⁹ Anexo GPS-048. Comunicación No. 821-GE-20137-2022 del 25 de abril de 2022.

²⁹⁰ Anexo GPS-013. Comunicación No. CONN-317-2022 del 21 de abril de 2022.

²⁹¹ Anexo GPS- 057. Comunicación CONN-330-2022 del 16 de junio de 2022.

²⁹² Apéndices GPS-012 al GPS-025. Costos de reparaciones de elementos defectuosos.

Tabla 20. Relación de Costos incurridos para la Reparación de Elementos.

No.	CONTRATISTA / PROVEEDOR	SERVICIO	ORDEN SERVICIO / CONTRATO	VALOR (COP)	APÉNDICE GPS
1	INGERDICON	Jornales para reparación	2100126	161.514.237	GPS-A-012
2	INGERDICON	Jornales para reparación	2100144	38.935.263	GPS-A-013
3	INGERDICON	Jornales para reparación	2100188	151.745.096	GPS-A-014
4	HASAR	Jornales para reparación	2100115	161.521.095	GPS-A-015
5	HASAR	Jornales para reparación	2100143	42.641.100	GPS-A-016
6	OCED	Jornales para reparación	2100112	95.942.392	GPS-A-017
7	OCED	Jornales para reparación	2100142	21.506.823	GPS-A-018
8	OCED	Jornales para reparación	2100178	19.005.605	GPS-A-019
9	INGERDICON	Ejecución de reparación elementos cimentación profunda sótanos	2100110	224.118.534	GPS-A-020
10	DC VECO	Ejecución de demolición de excesos de barretes y pantallas cimentación	2100076	57.903.111	GPS-A-021
11	DC VECO	Ejecución de reparación elementos de cimentación profunda	2100077	160.940.332	GPS-A-022
12	TRAYNCO	Ejecución de Reparación de elementos cimentación con cargo a siniestro para el Complejo Empresarial	2100189	682.708.656	GPS-A-023
13	INGERDICON	Ejecución de Reparación de barretes con cargo al contratista de cimentación profunda Connecta 80.	2100176	643.015.284	GPS-A-024
14	TRAYNCO	Ejecución de adecuación, fundida de dado y recalce de vigas Sótano 3 por Afectación en Pilotes Proyecto Connecta80.	2100207	215.491.486	GPS-A-025
15	STALO	Ejecución de Micropilotes Sótano 3 para el Complejo Empresarial Connecta 80.	2100205	235.377.877	GPS-A-026
16	ANCHOR	Ejecución de Anclajes Connecta 80.	2100171	57.364.639	GPS-A-027
17	SGS	Ensayos barretes.	2100108	52.055.061	GPS-A-028
18	CONCRELAB	Ensayos barretes.	2100267	4.682.888	GPS-A-029
19	CONCRELAB	Ensayos barretes.	2100273	5.323.346	GPS-A-030
20	EYR ESPINOSA	Pruebas PIT.	2100030	24.616.020	GPS-A-031
21	PERI	Alquiler de Puntales.	2100227	23.744.070	GPS-A-032
22	PERI	Alquiler de Puntales.	2100286	33.041.540	GPS-A-033
23	MADOC	Reparación pantallas perimetrales	051	131.991.423	GPS-A-034
24	Materiales	Suministro de concreto	Concreto	435.727.563	GPS-A-035
25	Materiales	Suministro de acero	Acero	85.605.416	GPS-A-036
		TOTAL		3.766.518.859	

321. De acuerdo con los análisis de GPS, los costos de reparación y suministros incurridos por ARPRO y TERRANUM tienen un valor total de **COP\$3.766.518.859**, correspondiente al pago de actividades de reparación ejecutada por los contratistas, además de ensayos adicionales, alquiler de equipos y materiales y suministros requeridos para las reparaciones.

11.2. OTROS COSTOS INDIRECTOS INCURRIDOS

322. Es importante mencionar, que al plazo inicial del Contrato con EYT, a través de algunos otrosíes, se le adicionaron unos tiempos adicionales de más de cinco (5) meses como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 21. Resumen de Plazo adicional del Contrato con EYT

	Fecha inicio	Fecha final	Duración Días	Aumento Tiempo (Días)	Observaciones
Contrato original	15/04/2021	15/12/2021	244	-	Pese a que la diferencia en fechas del contrato arroja 244 días, el plazo es de 250 días.
Otrosí 1	23/04/2021	29/12/2021	250	-	Se mantiene la duración inicial. Se adiciono valor al Contrato. (\$147.051.606).
Otrosí 2	23/04/2021	29/12/2021	250	-	Se mantiene la duración inicial. Se adiciono valor al Contrato. (\$466.762.936).
Otrosí 3	23/04/2021	19/02/2022	302	52	Aumento la duración del Contrato en 52 días calendario. Se redujo el valor del Contrato (-\$1.533.477.854).
Otrosí 4	23/04/2021	19/02/2022	302	0	Se mantiene la duración del otrosí No 3. Se adicionó valor al Contrato. (\$87.826.998).
Otrosí 5	23/04/2021	31/03/2022	342	40	Aumento la duración del Contrato en 40 días calendario.
Otrosí 6	23/04/2021	30/05/2022	402	60	Aumento la duración del Contrato en 60 días calendario. Se redujo el valor del Contrato (-\$872,864).
TOTAL				152	5,07 meses

323. De la tabla anterior se deduce que, contractualmente EYT tuvo 152 días adicionales al plazo inicial de 250 días, lo cual representa un aumento del 62%. Ni el plazo original ni los plazos adicionales, consideraban la necesidad de hacer tan numerosas reparaciones en los elementos ejecutados por EYT, y que como se mencionó anteriormente, se recibió la instrucción del diseñador de no avanzar en las actividades sucesoras del alcance de EYT, hasta tanto no se realizaran las correcciones y ajustes de los defectos encontrados. Esto ocasionó un impacto en el cumplimiento del programa²⁹³ y compromisos de TERRANUM con MAKRO, especialmente.
324. No obstante que se venían disponiendo recursos de PAYC, ARPRO y TERRANUM para atender las gestiones relacionadas con reparaciones, como se mencionó anteriormente desde febrero de 2022, en esta fase 1A del Proyecto cuya ejecución estaba a cargo de EYT, hubo unos costos indirectos incurridos por TERRANUM además de los Costos Directos por las reparaciones, como los costos de Interventoría de PAYC, de la Administración Delegada de ARPRO y de la Gerencia

²⁹³ Anexo GPS-088. Anexo 3C Cronograma del Contrato con Makro.

Propia de TERRANUM, como efecto en la atención de las actividades de acompañamiento y seguimiento de las reparaciones .

11.2.1. Análisis y Cálculo de Costos Indirectos

325. Para calcular el costo Indirecto, GPS realizó mediante un análisis de la industria, los costos del acompañamiento de TERRANUM, ARPRO Y PAYC, a partir de unos porcentajes de las actividades de dirección administrativa, administración delegada e interventoría en este tipo de proyectos, considerando como base, los costos directos de las actividades de reparación realizadas por otros contratistas y pagadas por TERRANUM, los cuales fueron tratados en el Subcapítulo 11.1.
326. De acuerdo con lo anterior, con base en el documento *“Manual de Referencia de Tarifas en Ingeniería para la Contratación de Servicios Profesionales de Ingeniería en Colombia”*²⁹⁴ se establece según las características del Proyecto, una categoría de aplicación, tal como se indica a continuación:

1.2.2.4 Categoría 4.

Se refiere a aquellas obras o proyectos, o parte de ellos, cuyos conocimientos y estudios son de alguna especialidad y que para su ejecución presentan un alto grado de complejidad, además exigen una gran trayectoria tanto cuantitativa como cualitativa del Ingeniero. Dichas obras deben ser realizadas por un Ingeniero debidamente matriculado y cuya experiencia corresponda al escalafón dos (2) mínimo. (Ver escalafón en la sección 1.1.1).

Figura 43. Aparte del Manual de Referencias para la Contratación de Servicios profesionales de Ingeniería en Colombia.²⁹⁵

327. Según el criterio de GPS, se determinó que las actividades de la Fase 1A - cimentación profunda- del Proyecto Connecta80 se ubica en la *“categoría 4”*, por la complejidad en los estudios y la ejecución, aunque en el listado de categoría por tipo de obras o proyectos de la categoría 4, no se encuentre el uso del Proyecto (Edificios comerciales – Oficinas).
328. Teniendo en cuenta lo anterior, el Manual referido establece unos porcentajes sobre el costo directo de la obra para la categoría 4, tal como se observa en la siguiente figura.

²⁹⁴ Anexo GPS-089. Manual de Referencia de Tarifas en Ingeniería (contratación de servicios Profesionales) 3 Edición agosto 2015.

²⁹⁵ Anexo GPS-089. Manual de Referencia de Tarifas en Ingeniería (contratación de servicios Profesionales) 3 Edición agosto 2015. (Página 16)

[Porcentajes sobre el costo directo de la obra de la especialidad específica de Ingeniería] ²⁹⁶					
	Categoría de la Obra				
	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4	Categoría 5
	%	%	%	%	%
DISEÑOS DE INGENIERÍA					
Ingeniería conceptual	2,00%	2,25%	2,50%	2,75%	3,00%
Ingeniería básica	4,00%	4,25%	4,50%	4,75%	5,00%
Ingeniería de detalle	4,00%	4,50%	5,00%	5,50%	6,00%
TOTAL	10,00%	11,00%	12,00%	13,00%	14,00%
DISEÑO DE OBRAS Y PROYECTOS					
Anteproyecto	3,00%	3,25%	3,50%	3,75%	4,00%
Proyecto	7,00%	7,75%	8,50%	9,25%	10,00%
TOTAL	10,00%	11,00%	12,00%	13,00%	14,00%
FACTIBILIDAD					
Estudios de factibilidad	12,00%	12,75%	13,50%	14,25%	15,00%
DIRECCIÓN DE LA OBRA					
Dirección administrativa	6,00%	6,50%	7,00%	7,50%	8,00%
Dirección técnica	5,00%	5,50%	6,00%	6,50%	7,00%
TOTAL	11,00%	12,00%	13,00%	14,00%	15,00%
CONTRATACION DE LA OBRA					
Administración Delegada	7,00%	7,75%	8,50%	9,25%	10,00%
INTERVENTORIA O GESTIÓN DE CONTROL					
Proyecto	0,50%	0,75%	0,85%	1,50%	2,00%
Técnica	1,70%	2,00%	2,50%	3,00%	3,50%
Administrativa	2,00%	2,50%	3,00%	3,50%	4,00%
TOTAL	4,20%	5,25%	6,35%	8,00%	9,50%
Auditorías e Inspecciones	3,00%	3,50%	4,00%	4,50%	5,00%

Figura 44. Extracto de Porcentajes sobre el Costo Directo de la Obra de la Especialidad Específica.²⁹⁶

329. De los porcentajes obtenidos señalados en rojo, con el objetivo de obtener un valor de los costos de participación en el acompañamiento de personal de TERRANUM, ARPRO Y PAYC para la reparación de elementos, GPS consideró el valor total de los costos directos de reparación y lo afectó por los anteriores porcentajes, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 22. Costos de Participación en el Acompañamiento de Reparaciones de Elementos TERRANUM-ARPRO-PAYC.

COSTOS DIRECTOS TOTALES DE REPARACIÓN		\$ 3.766.518.859
GERENCIA PROPIA/DIRECCION ADMINISTRATIVA	7,50%	\$ 282.488.914
ADMINISTRACIÓN DELEGADA	9,25%	\$ 348.402.995
INTERVENTORÍA	8,00%	\$ 301.321.509
	24,75%	\$ 932.213.418

²⁹⁶ Anexo GPS-090. Manual de Referencia de Tarifas en Ingeniería (contratación de servicios Profesionales) 3 Edición agosto 2015. (Página 61)

330. De acuerdo con lo anterior, los otros costos indirectos incurridos y calculados por GPS por la participación del personal de TERRANUM, ARPRO Y PAYC, por efecto de las reparaciones de los elementos de cimentación suman un total de **\$ 932.213.418.**
331. Adicional a lo anterior, GPS hizo un análisis de los costos mensuales realmente incurridos por TERRANUM por las tres empresas, para revisar el promedio mensual de los costos de estas, en los primeros meses de 2023 (entrega Nueva tienda Makro según Anexo GPS-088) y revisar la razonabilidad del monto calculado anteriormente.

11.2.2. Costo Promedio mensual de PAYC

332. TERRANUM incurrió en costos adicionales para la interventoría del Proyecto a cargo de PAYC,²⁹⁷ la cual estuvo presente durante las actividades de reparación de los elementos de las cimentaciones ejecutadas por EYT que tuvieron defectos de calidad.
333. TERRANUM y PAYC suscribieron los Contratos No CTO-TD-MAKRO/033 y CTO-TD-MAKRO/036 con TERRANUM, que tenía como objeto la Interventoría y Commisioning de la Construcción del Proyecto Connecta así como supervisión técnica estructural independiente de la construcción de las Fases 1A, 1B, 1C y 1D del Proyecto.
334. Mensualmente, PAYC le presentaba una factura con los recursos invertidos la cual legalizaba a través de dos Órdenes de Pedido, No. 4800018157 y el 4800018460.
335. Los costos de PAYC se derivan de un mayor tiempo en el periodo de afectación no considerado por TERRANUM en el que presentó las siguientes facturas a partir de unas actas de avance que se incluyen en el Apéndice GPS-A-038 para cada factura.

Tabla 23. Resumen de Facturas presentadas por PAYC en el periodo de afectación

No.	ORDEN DE PEDIDO	MES	CORTE	FACTURA
1	4800018157	ene-23	26	F20394
3	4800018157	feb-23	27	F20613
4	4800018157	mar-23	28	F20614
7	4800018157	abr-23	29	F20697
2	4800018460	ene-23	24	F20542
5	4800018460	feb-23	25	F20652
6	4800018460	mar-23	26	F20691
8	4800018460	abr-23	26	F20773
TOTALES				

336. A partir de los análisis de GPS, se muestra a continuación, el resumen de los costos incurridos por PAYC y el promedio de los primeros cuatro meses pagados en el 2023.

²⁹⁷ Si bien quien incurrió en el costo fue Terranum, GPS ha sido informada por Arpro y Terranum acerca de la existencia de una cesión de derechos por parte de Terranum a Arpro del derecho a la indemnización de los mencionados costos, Ver ANEXO GPS-015.

Tabla 24. Costo de PAYC

**CONTRATO INTERVENTORIA
PAYC OP4800018157**

Corte: Hoja de entrada: Factura: Periodo	Corte 26 1000088550 F20394 01/01/2023 a 31/01/2023	Corte 27 1000090401 F20613 01/02/2023 a 28/02/2023	Corte 28 1000090402 F20614 01/03/2023 a 31/03/2023	Corte 29 1000091134 F20697 01/04/2023 a 30/04/2023	Valores Promedio Mensual
A. PERSONAL PROFESIONAL 2022	\$ 85.337.269,75	\$ 73.692.289,59	\$ 88.695.976,55	88.695.976,55	\$ 84.105.378
B. GASTOS ADMINISTRATIVOS Mes		\$ 1.962.184,00	\$ 1.962.184,00	1.962.184,00	\$ 1.962.184
C. HONORARIOS Mes	\$ 25.817.816,00	\$ 25.817.816,00	\$ 25.817.816,00	25.817.816,00	\$ 25.817.816
SUB-TOTAL	\$ 113.117.269,75	\$ 101.472.289,59	\$ 116.475.976,55	116.475.976,55	
IVA	\$ 21.492.281,25	\$ 19.279.735,02	\$ 22.130.435,54	22.130.435,54	\$ 21.258.222
SUBTOTAL	\$ 134.609.551,01	\$ 120.752.024,61	\$ 138.606.412,09	138.606.412,09	\$ 133.143.600

**CONTRATO SUPERVISION
TECNICA PAYC OP4800018460**

Corte Hoja de entrada Factura Periodo	Corte 24 1000090016 F20542 01/01/2023 a 31/01/2023	Corte 25 1000090704 F20652 01/02/2023 a 28/02/2023	Corte 26 1000091003 F20691 01/03/2023 a 31/03/2023	Corte 27 1000091578 F20773 01/04/2023 a 30/04/2023	Valores Promedio Mensual
SUB-TOTAL Mes	5.399.347	6.749.184	6.749.184	6.749.184	\$ 6.411.725
IVA	1.025.876	1.282.345	1.282.345	1.282.345	\$ 1.218.228
SUBTOTAL	\$ 6.425.222,93	\$ 8.031.528,96	\$ 8.031.528,96	8.031.528,96	\$ 7.629.952
PROMEDIO MENSUAL					\$ 140.773.552

337. De acuerdo con lo anterior el valor promedio mensual de PAYC es de COP\$140.773.552.

11.2.3. Costo Promedio Mensual de ARPRO

338. También, se presentaron costos adicionales de ARPRO producto del acompañamiento durante los trabajos de reparación de los defectos y problemas de calidad, de los elementos ejecutados por EYT. Entre estas actividades se determinaron las siguientes:

- Preparación de solicitud e invitaciones para cotizaciones con otros contratistas.
- Contratación de empresas para atender las reparaciones.
- Seguimiento durante las actividades.
- Actas de avance y pagos.
- Liquidación de contratistas.
- Reportes a TERRANUM.
- Otras Gestiones con EYT y Contratistas de reparaciones

339. Siguiendo la metodología utilizada para la revisión y cálculo del costo promedio mensual de PAYC, en la siguiente tabla se resume el monto promedio mensual calculado por GPS para ARPRO, cuyo detalle se incluye en el Apéndice GPS-A-039. El corte 24 corresponde a 2 meses, por lo tanto, se tiene en cuenta en el cálculo del promedio mensual.

Tabla 25. Costos de ARPRO

Corte:	Corte 24	Corte 25	Corte 26	Valores Promedio Mensual (4 meses)
Hoja de entrada:	1000090322	1000090608	1000091110	
Factura :	FE 909	FE 917	FE 955	
Periodo:	Del 15/12/2022 a 15/02/2023	Del 16/02/2023 al 15/03/2023	Del 16/03/2023 al 15/04/2023	
REEMBOLSABLES ADMINISTRATIVOS	\$ 53.539.474,37	\$ 27.038.133,00	\$ 27.038.133,00	\$ 26.903.935
REEMBOLSABLES DE PERSONAL				
PERSONAL PROFESIONAL	\$ 223.191.304,30	\$ 120.760.153,02	\$ 118.270.404,99	\$ 115.555.466
PERSONAL NO PROFESIONAL	\$ 64.431.577,93	\$ 42.729.655,72	\$ 44.468.728,18	\$ 37.907.490
SUB-TOTAL	\$ 341.162.356,60	\$ 190.527.941,74	\$ 189.777.266,17	
IVA	\$ 64.820.847,75	\$ 36.200.308,93	\$ 36.057.680,57	\$ 34.269.709
SUBTOTALES	\$ 405.983.204,35	\$ 226.728.250,67	\$ 225.834.946,74	\$ 214.636.601
PROMEDIO MENSUAL ARPRO				\$ 214.636.601

340. De acuerdo con lo anterior el valor promedio mensual de ARPRO en los primeros cuatro meses de 2023 calculado, es de un monto de \$214.636.601.

11.2.4. Costo Promedio Mensual de la Gerencia del Proyecto

341. Por parte de TERRANUM, también tuvo un personal dedicado, para atender diversas actividades de Dirección y coordinación, producto de los defectos y problemas de calidad de los elementos ejecutados por EYT.
342. De los recursos, solo se analizaron tres (3) profesionales incluidos en la siguiente Tabla y analizado en el Apéndice GPS-A-040, los cuales atendieron el Proyecto para las reparaciones de los elementos con defectos.

Tabla 26. Costo Personal de TERRANUM

NOMBRE	CARGO	CÉDULA	SALARIO BASE MES	AUXILIOS MES	TOTAL SALARIO MES	PRESTACIONES SOCIALES, APORTES Y DOTACIONES	VALOR MENSUAL (COSTO EMPRESA)
ANDERSON ENRIQUE RANGEL SANCHEZ	Coordinador de Proyecto	80.258.868	\$ 8.545.126	\$ 59.745	\$ 8.604.871	\$ 4.686.955	\$ 13.291.826
KATERINE PLAZAS ALDANA	Coordinador de Proyecto	1.032.450.224	\$ 5.740.944	\$ 0	\$ 5.740.944	\$ 3.432.654	\$ 9.173.598
NELSON ALFREDO ANTOLINEZ BURGOS	Director del Proyecto	79.661.365	\$ 15.080.000	\$ 2.145.526	\$ 17.225.526	\$ 5.084.927	\$ 22.310.453
TOTAL PROMEDIO MES							\$ 44.775.877

343. El costo promedio mensual de TERRANUM por su personal de Gerencia del proyecto fue de \$44.775.877.

11.2.5. Costo Promedio Mensual Total de Otros costos Incurridos por Terrranum

344. El costo mensual Total promedio de las tres empresas se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 27. Resumen Costo Mensual Promedio PAYC, ARPRO y TERRANUM

EMPRESA	COSTO PROMEDIO MENSUAL
Interventoría (PAYC)	\$ 140.773.552
Gerencia Delegada (ARPRO)	\$ 214.636.601
Gerencia Propia (Terranum)	\$ 44.775.877
Total Promedio mensual	\$ 400.186.030

345. A partir del Costo calculado con base en indicadores de la industria a partir de los costos directos, y el promedio mensual anterior, se calcula el valor del tiempo que arroja estos dos costos, $(932.213.418/400.186.030)$ resultando un valor de 2.3 meses de otros costos indirectos incurridos, lo cual para la duración de todos los meses en que duraron las reparaciones (abril 2022 hasta junio de 2024) resulta muy razonable el monto calculado.

11.3. CONCLUSIONES

346. En resumen, el valor de los costos incurridos por TERRANUM por efecto de las defectos y problemas de calidad de EYT se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 28. Resumen de costos incurridos por TERRANUM

No.	CONCEPTO	VALOR INCLUIDO IVA (COP)
1	Contratistas de reparaciones y Suministros	\$ 3.766.518.859
2	Otros Costos (Interventoría, Administración Delegada y Gerencia Propia)	\$ 932.213.418
	Total	\$ 4.698.732.277

13. LISTADO DE ANEXOS

CODIGO ANEXO	DESCRIPCIÓN
GPS-001	Contrato No. CTO-TD-MAKRO-035 del 16 de octubre de 2020.
GPS-002	Contrato Equipos y Terratest No. 2100009 del 05 de abril de 2021.
GPS-003	Propuesta Técnica EYT V1.
GPS-004	Plano CD_CNN80_F1_S_FP_B3_002.
GPS-005	Acta de inicio del 23 de abril de 2021.
GPS-006	Estudio de Suelos del Proyecto Connecta 80 del 28 de septiembre de 2020.
GPS-007	Registro de Piezómetro.
GPS-008	Documento de EGIS Porcentaje de elementos afectados.
GPS-009	Estudio Trazabilidad del Concreto Suministrado para la Cimentación Profunda del Proyecto “Complejo Empresarial Connecta 80 en Bogotá D.C. del 15 de agosto de 2021.
GPS-010	Comunicación EYT 708-PR-20137-2021 del 13 de agosto de 2021.
GPS-011	Acta de Reunión del 02 de agosto de 2022.
GPS-012	Comunicación 033-GE-20137-2023 del 20 de junio de 2023.
GPS-013	Comunicación CNN-317-2022 del 21 de abril de 2022.
GPS-014	Documento Pliego de Licitación PLS 01– Requisito de Licitación Instrucciones para los proponentes.
GPS-015	Cesión de Derechos de TERRANUM a ARPRO
GPS-016	Comunicación “Ajuste Económico Propuesta 20137 5 del 9 de marzo de 2021.
GPS-017	Documento Alcance Cimentación CONNECTA80.
GPS-018	Comunicación EYT repuesta de la comunicación CONN-119 del 01 de julio de 2021.
GPS-019	Plano CD_CNN80_F1_S_SH_XX_003.DWG - “NOTAS GENERALES ESPECIFICACIONES CONVENCIONES – DETALLES EMPALMES Y DESARROLLO DE BARRAS” (Notas Generales – Tamaño del Agregado del Concreto)
GPS-020	Contrato de Interventoría CTO-TD-MAKRO/033 del 08 de octubre de 2020.
GPS-021	Comunicación 668-DP-20137-2021 del 05 de agosto de 2021.
GPS-022	Segunda Campaña de perforaciones.
GPS-023	Tercera Campaña de perforaciones.
GPS-024	Documentos Apiques Parqueadero Makro del 28 de enero de 2021.
GPS-025	Correo electrónico del 28 de septiembre de 2021 – Inconvenientes en vaciado concreto Pilote 14-01.
GPS-026	Documento Hoja de Vida MP-40-T5.
GPS-027	Comunicación CON-138-2021 del 28 de julio de 2021.
GPS-028	Correo electrónico “Descuento cargue de Concreto” del 22 de agosto de 2022.
GPS-029	Documento “GUÍA DEL HORMIGÓN TREMIE EN CIMENTACIONES PROFUNDAS” segunda Edición 2018.
GPS-030	Archivo Excel – Trazabilidad de concretos instalados en Elementos de Cimentación.
GPS-031	Documento Tercer Comité Interno Terratest-Arpro-Terranum-PAYC “Elementos Contaminados de Cimentación Profunda – 02-agosto-2022.
GPS-032	Comunicación P&P PROYECTOS del 05 de diciembre de 2023.

CODIGO ANEXO	DESCRIPCIÓN
GPS-033	Comunicación EYT sin consecutivo, del 2 de febrero de 2022 -Inicio de reparación de elementos (Pantallas 98-99-100-101-101A)
GPS-034	Documento Segundo Comité Interno Terratest-Arpro-Terranum-PAYC “Elementos Contaminados de Cimentación Profunda 26-julio-2022”
GPS-035	Documento Cuarto Comité Interno Terratest – ARPRO – TERRANVM – PAYC “Elementos Contaminados de Cimentación Profunda - 09 de agosto de 2022.
GPS-036	Correo electrónico del 26 de mayo de 2021 – Tubos junta perdidos modulo pantalla 12 y 18.
GPS-037	Correo electrónico del 03 de agosto de 2021 – Reposición a obra de acero perdido pantalón 25.
GPS-038	Comunicación CAB-025-21 del 29 de julio de 2021.
GPS-039	Correo electrónico – Elemento no recibido por calidad del 30 de agosto de 2021.
GPS-040	Comunicación CON-80-184-2021 del 29 de septiembre de 2021.
GPS-041	Acta de reunión del 21 de junio de 2021.
GPS-042	Comunicación CON-1127 del 15 de julio de 2021 – Atrasos y rendimiento de Obra.
GPS-043	Correo electrónico del 28 de julio de 2022. (Consolidado cuadro afectación terratest).
GPS-044	Comunicación CONN-200-2021 del 13 de octubre de 2021.
GPS-045	Acta de Reunión del 19 de julio de 2022.
GPS-046	Informe de Argos del 14 de marzo de 2022. (Respuesta Informe Afectaciones)
GPS-047	Comunicación PAYC CAB-021-21 (CO80-1987) del 30 de junio de 2021. (Página 3)
GPS-048	Comunicación No. 821-GE-20137-2022 del 25 de abril de 2022.
GPS-049	Informe Procedimiento de evaluación de elementos de cimentación afectados en los Sótanos 1, 2, y 3, en la Cimentación del Proyecto del 03 de agosto de 2022.
GPS-050	Hoja de vida Pantalla MP-129-T2 de EYT.
GPS-051	Acta de Comité de Obra No. 17 del 26 de abril de 2021.
GPS-052	Correo electrónico “Propuesta para manejo de viga Guía” del 28 de abril de 2021.
GPS-053	Otrosí No. 2 del 30 de septiembre de 2021.
GPS-054	Otrosí No. 3 del 26 de octubre de 2021.
GPS-055	Presentación Análisis de elementos Contaminados del 05 de julio de 2022 -Cimentación Connecta 80.
GPS-056	Documento Barrete 86 - Compilación.
GPS-057	Comunicación CONN-330-2022 del 16 de junio de 2022.
GPS-058	Comunicación CONN-712-2023 – Registro Fotográfico del 05 de junio de 2023.
GPS-059	Documento Barrete 73 – Compilación.
GPS-060	Documento Barrete 92 – Compilación.
GPS-061	Hoja de Vida Elemento Barrete 74-01.
GPS-062	Hoja de Vida Elemento Pilote PI-48-C1.
GPS-063	Hoja de Vida Elemento Pantalla MP-01-T3.
GPS-064	Hoja de Vida Elemento Pantalón 02-T2.
GPS-065	Comunicación EYR-ST 439 del 01 de diciembre de 2023.
GPS-066	Documento PAYC DAC-166-22 (CO80-1577-ST) del 6 de octubre de 2022.

CODIGO ANEXO	DESCRIPCIÓN
GPS-067	Anexo 6 – Resultados Pruebas PIT.
GPS-068	Anexo 7 – Resultados Ensayos Cross Hole.
GPS-069	Resultados de Ensayos a Núcleos Extraídos.
GPS-070	Anexo 8 - Informe de resultados Prueba de Carga (PDA).
GPS-071	Norma NSR-10, anexo Título C.
GPS-072	Documento Barrete 75 – compilación.
GPS-073	Archivo Excel Interventoría observaciones.
GPS-074	Anexo 10 – Resultados Resistencias de concreto.
GPS-075	Anexo 3 - Versiones de Planos.
GPS-076	Documento Hoja de Vida Barrete 84 - Compilación.
GPS-077	Documento Pilote PL-24-C1.
GPS-078	Acta No 35 Reunión Estructural del 19 de mayo de 2023.
GPS-079	Documento Anexo 9.2 - Hojas de vida pilotes.
GPS-080	Documento Pilote PL-51-01.
GPS-081	Documento Anexo 9.1 - Hojas de vida Pantallas y Pantalones.
GPS-082	Archivo Excel EYT Registro Lodos poliméricos.
GPS-083	Documento MP-98-T4.
GPS-084	Documento PANTALON-94-T3.
GPS-085	Documento PANTALON-110-T10.
GPS-086	Correo electrónico – Reparaciones en elementos de cimentación del 10 de diciembre de 2021.
GPS-087	Comunicación CONN-291-2022 del 17 de febrero de 2022.
GPS-088	Anexo 3C Cronograma del Contrato con Makro.
GPS-089	Manual de Referencia de Tarifas en Ingeniería (contratación de servicios Profesionales) 3 Edición agosto 2015

14. LISTADO DE APENDICES

CODIGO APÉNDICE	DESCRIPCIÓN
GPS-A-001	Calificaciones Técnicas GPS.
GPS-A-002	CV Bernardo Gamboa.
GPS-A-003	CV Álvaro Díaz.
GPS-A-003A	CV Ricardo Abril
GPS-A-004	Órdenes de compra concreto Argos.
GPS-A-005	Informes de Interventoría No 11, 12 y 13 de 2021.
GPS-A-006	Información análisis de 162 elementos GPS.
GPS-A-007	Hojas de vida elementos con falta de registro de control de altura de concreto y profundidad tubo tremie.
GPS-A-008	Hojas de vida elementos con tubo tremie por fuera del nivel del concreto.
GPS-A-009	Hojas de Vida elementos Falta de logística Suministro de Concreto.
GPS-A-010	Hojas de vida elementos presentaron Demoras en la descarga del Concreto.
GPS-A-011	Hojas de Vida elementos presentaron Taponamiento Tubo Tremie durante la Fundida.
GPS-A-012	INGERDICON - 2100126
GPS-A-013	INGERDICON - 2100144
GPS-A-014	INGERDICON - 2100188
GPS-A-015	HASAR - 2100115
GPS-A-016	HASAR - 2100143
GPS-A-017	OCED - 2100112
GPS-A-018	OCED - 2100142
GPS-A-019	OCED - 2100178
GPS-A-020	INGERDICON – 2100110
GPS-A-021	DC VECO - 210076
GPS-A-022	DC VECO – 210077
GPS-A-023	TRAYNCO – 2100189
GPS-A-024	INGERDICON - 2100176
GPS-A-025	TRAYNCO – 2100207
GPS-A-026	STALO - 2100205
GPS-A-027	ANCHOR - 2100171
GPS-A-028	SGS - 2100108
GPS-A-029	CONCRELAB - 2100267
GPS-A-030	CONCRELAB – 2100273

CODIGO APÉNDICE	DESCRIPCIÓN
GPS-A-031	EYR – 2100030
GPS-A-032	PERI – 2100227
GPS-A-033	PERI – 2100286
GPS-A-034	MADOC – 051
GPS-A-035	Suministro Concreto.
GPS-A-036	Suministro Acero.
GPS-A-037	Hojas de Vida de los 162 elementos de cimentación analizados por GPS.
GPS-A-038	Cosos PAYC Mayor Permanencia.
GPS-A-039	Costos ARPRO Mayor Permanencia.
GPA-A-040	Costos TERRANUM.
GPS-A-041	Falta control calidad contenido arena, densidad y viscosidad lodos poliméricos.

15. LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Términos Utilizados en el Documento.	7
Tabla 2. Casos de GPS como Perito o Participación en Peritajes Últimos 4 Años	13
Tabla 3. Resultados del Análisis de los Eventos que afectaron la Calidad de los Elementos de la Cimentación..	23
Tabla 4. Datos generales del objeto del Contrato.	32
Tabla 5. Campañas de Perforación Proyecto Connecta 80.	41
Tabla 6. Perfil Estratigráfico Promedio.	42
Tabla 7. Nivel del Agua en Perforaciones.	43
Tabla 8. Resultados Apiques Parqueadero Makro.....	45
Tabla 9. Resumen Recomendaciones Concreto Tremie.	53
Tabla 10. Defectos de Calidad en la Construcción de Cimentaciones Profundas.....	58
Tabla 11. Elementos con Defectos de Calidad Analizados por GPS.....	61
Tabla 12. Aspectos analizados en la Revisión ejecutada por GPS.....	61
Tabla 13. Eventos que Afectaron la Calidad de los Elementos.	61
Tabla 14. Resultados del Análisis de los Eventos que afectaron la Calidad de los Elementos de la Cimentación.	63
Tabla 15. Registro de Inapropiados Procesos Constructivas por parte de EYT.	66
Tabla 16. Resumen del Análisis de Defectos en la Calidad de la Cimentación del Proyecto según la Clasificación de la Guía del Hormigón Tremie en Cimentaciones Profundas.	77
Tabla 17. Resumen de Controles de Calidad Ejecutados por EYT Durante la Construcción.....	84
Tabla 18. Resumen de los Ensayos Realizados Posterior a la Construcción de los Elementos.....	88
Tabla 19. Empresas Contradas por ARPRO y suministros para las Reparaciones de la Cimentación.....	118
Tabla 20. Relación de Costos incurridos para la Reparación de Elementos.	119
Tabla 21. Resumen de Plazo adicional del Contrato con EYT	120
Tabla 22. Costos de Participación en el Acompañamiento de Reparaciones de Elementos TERRANUM-ARPRO-PAYC.	122
Tabla 23. Resumen de Facturas presentadas por PAYC en el periodo de afectación	123
Tabla 24. Costo de PAYC	124
Tabla 25. Costos de ARPRO	125
Tabla 26. Costo Personal de TERRANUM.....	126
Tabla 27. Resumen Costo Mensual Promedio PAYC, ARPRO y TERRANUM	126
Tabla 28. Resumen de costos incurridos por TERRANUM	127

16. LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama principal de la cimentación del Proyecto Connecta80.....	27
Figura 2. Panorámica Localización del Proyecto Connecta80. (Fuente Estudio de Suelos del 28 de septiembre de 2020).....	28
<i>Figura 3. Relación de cantidades de elementos de la Cimentación Profunda del Proyecto.</i>	<i>30</i>
Figura 4. Cantidades (reducción) de Elementos según Versiones de Planos	30
<i>Figura 5. Planta Localización de Pilotes, Barretes, Pantallas y Pantalones.</i>	<i>31</i>
Figura 6. Órdenes de Compra 007 y 047 para el suministro de Concreto de la Cimentación del Proyecto.	36
Figura 7. Tamaño máximo del agregado por el Constructor	36
Figura 8. Plano Zonas Geotécnicas en Bogotá. (Fuente Sociedad Colombiana de Geotecnia - https://www.scg.org.co/wp-content/uploads/MCZSB-Geotecnico-2010.pdf	40
Figura 9. Consolidado de las 3 Campañas de Perforación realizada por EYR en el Proyecto.....	41
Figura 10. Variación del Nivel Freático en el Piezómetro Instalado en el Sondeo 1-ad.	44
Figura 11. Localización Apiques Parqueadero Makro.....	45
Figura 12. Resultados de Apiques Parqueadero Makro.	45
Figura 13. Recorridos de las Plantas de Argos hasta el Proyecto Connecta 80. (Fuente Google Maps)	47
Figura 14. Espaciamiento de las barras de acero en pilotes según Guía del Hormigón Tremie en Cimentaciones Profundas.	56
Figura 15. Espaciamiento de las barras de acero para muros pantalla según la Guía.....	56
Figura 16. Extracto de comunicación EYT del 01 de julio de 2021 en respuesta a la comunicación CONN-119.	65
Figura 17. Zonas sin viga guía construida.	73
Figura 18. Zonas con viga guía construida.	73
Figura 19. Inventario de elementos visibles con problemas de calidad	75
Figura 20. Ejemplo de Inclusiones Según la Guía del Hormigón Tremie en Cimentaciones Profundas.	75
Figura 21. Ejemplo de Canalizaciones en Pilotes y Muro Pantalla Según la Guía del Hormigón Tremie en Cimentaciones Profundas.	76
Figura 22. Ejemplo de Acolchado en Pilotes y en un Panel Según la Guía del Hormigón Tremie en Cimentaciones Profundas.	77
Figura 23. Elementos de Cimentación del Proyecto con Defectos de Calidad - Acolchado.	78
Figura 24. Elementos de Cimentación del Proyecto con Defectos de Calidad - Inclusión.....	79
Figura 25. Elementos de Cimentación del Proyecto con Defectos de Calidad - Vacíos en la Estructura. ..	80
Figura 26. Registros de Controles de Calidad Realizados por EYT.	84
Figura 27. Ensayos Apropriados para el Hormigón Tremie según Guía del Hormigón Tremie en Cimentaciones Profundas.	86
Figura 28. Recomendaciones para los ensayos del Hormigón Tremie según la Guía del Hormigón Tremie en Cimentaciones profundas.	86
Figura 29. Localización de los Elementos que Fueron Sometidos a Pruebas PIT-CROSS HOLE-EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS en el Proyecto.....	88
Figura 30. Detalle del Refuerzo Vertical del Elemento Barrete #75- C1 Etapas 1 - 2.	93

Figura 31. Detalle de Refuerzo vertical del elemento Barrete BC - 84 - C1.	95
Figura 32. Detalle de Refuerzo Vertical Elemento Pilote 24-C1.	98
Figura 33. Detalle de Refuerzo Vertical Elemento Pilote 51-01.....	100
Figura 34. Detalle Despiece del Elemento Pantalla MP – 92 – T1.	103
Figura 35. Detalle del Elemento Pantalla MP – 98 – T4.....	105
<i>Figura 36. Detalle Despiece del Elemento Pantalón 94 – T3.....</i>	<i>107</i>
Figura 37. Detalle Despiece de Sección del Elemento Pantalón 110 – T10.	110
Figura 38. Detalle del Refuerzo Vertical del Elemento Pantalón 110 – T10.	110
Figura 39. Localización de elementos defectuosos al nivel del sótano 1.	116
Figura 40. Localización de elementos defectuosos al nivel del sótano 2.	116
Figura 41. Localización de elementos defectuosos al nivel del sótano 3.	116
Figura 42. Localización de elementos defectuosos consolidado de los tres sótanos.....	116
Figura 43. Aparte del Manual de Referencias para la Contratación de Servicios profesionales de Ingeniería en Colombia.	121
Figura 44. Extracto de Porcentajes sobre el Costo Directo de la Obra de la Especialidad Especifica.	122