

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Ambiental



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Procedimiento constructivo de la reubicación de redes de agua potable y alcantarillado para la liberación de interferencias del Metro mediante la intervención de la Estación Gambetta y Poza de Ataque, Callao

Para obtener el título profesional de Ingeniero Sanitario

Elaborado por

Adonis Glen Maylle Ambrocio

 [0009-0002-4140-7555](https://orcid.org/0009-0002-4140-7555)

Asesor

Dr. Alfredo Acruta Sánchez

 [0000-0002-5015-2366](https://orcid.org/0000-0002-5015-2366)

LIMA – PERÚ

2023

Maylle Ambrocio [1]

[1] A. Maylle Ambrocio, "*Procedimiento constructivo de la reubicación de redes de agua potable y alcantarillado para la liberación de interferencias del Metro mediante la intervención de la Estación Gambetta y Poza de Ataque, Callao*" [Trabajo de Suficiencia Profesional]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2023.

(Maylle, 2023)

Maylle, A. (2023). *Procedimiento constructivo de la reubicación de redes de agua potable y alcantarillado para la liberación de interferencias del Metro mediante la intervención de la Estación Gambetta y Poza de Ataque, Callao* [Trabajo de Suficiencia Profesional, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional Cybertesis UNI.

Dedicatoria

A mis amados padres: Clemencia Ambrocio y Clever Maylle, por su amor, sacrificio, aliento incansable y consejos en todas las etapas de mi vida; ya que sin su apoyo no hubiera sido posible lograr una meta más en mi vida profesional.

A mis hermanos: Jhoel, Antony, Arnold, Alberth y Nicold; quienes me motivaron a superarme cada día más y me impulsaron a seguir adelante para conseguir mis sueños.

A Haidi Peña, por estar siempre presente, acompañándome, motivándome y brindándome su apoyo.

A Dios, por darme la vida, salud y sabiduría; y por permitirme superar grandes retos afrontados.

Agradecimientos

A mi alma máter, la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) y a los profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria (S1), por los conocimientos brindados en esta maravillosa carrera.

Al Dr. Alfredo Acruta Sánchez, por su excelente orientación, seguimiento y supervisión durante la elaboración de mi informe de titulación; y por inspirarme a ser mejor profesional.

A SEDAPAL, por permitirme formar parte de esta gran empresa, donde aprendí sobre la ejecución de obras de saneamiento con metodologías innovadoras.

También agradecer a mis familiares y amigos que me brindaron su apoyo y orientación durante mi etapa universitaria.

Resumen

La construcción de la estación subterránea Estación Gambetta E-01 del Ramal 4 de la Línea 2 del Metro de Lima sobre la Av. Elmer Faucett, conlleva la reubicación de las redes existentes de agua y alcantarillado, con la finalidad de desviar su recorrido por encontrarse dentro del área de concesión de la Estación Gambetta y Poza de Ataque del tren eléctrico.

Cabe precisar que mientras se ejecutaron las nuevas redes de agua y alcantarillado para la liberación de interferencias de la Estación Gambetta E-01 y Poza de Ataque, se brindó el servicio de saneamiento con normalidad, operando el flujo sin interrupciones; para ello, en el sistema de alcantarillado se realizaron obras provisionales.

El alcantarillado sanitario se ejecutó empleando metodología convencional y metodología sin zanja mediante túnel liner en tres (03) tramos ubicados en el Óvalo 200 Millas del Callao. El sistema túnel liner es un sistema de acero corrugado utilizado para la construcción de túneles sin necesidad de realizar zanjas abiertas, evitando la interrupción del desarrollo de las actividades en la superficie durante la ejecución de la obra.

El nuevo colector primario reubicado fue empalmado al Interceptor Norte, en el buzón existente Bz-304261 que ingresa a la PTAR Taboada, ubicado entre las avenidas Néstor Gambetta y Elmer Faucett en el Callao.

Durante la ejecución de la obra se aplicaron procedimientos adecuados para la reubicación de las redes, teniendo en cuenta las Especificaciones Técnicas de SEDAPAL, especificaciones técnicas del proyecto, normas técnicas internacionales y recomendaciones de los fabricantes.

Palabras clave — Procedimiento constructivo, alcantarillado sanitario, especificaciones técnicas, túnel liner.

Abstract

The construction of the Gambetta E-01 underground station on Branch 4 of Line 2 of the Lima Metro on Elmer Faucett Avenue involves the relocation of the existing water and sewage networks, with the aim of diverting their route to be within the concession area of the Gambetta Station and Poza de Ataque of the electric train.

It should be noted that while the new water and sewage networks were being executed to free interference from the Gambetta E-01 Station and Poza de Ataque, the sanitation service was provided normally, with the flow operating without interruptions; For this purpose, provisional works were carried out in the sewage system.

The sanitary sewage was executed using conventional methodology and trenchless methodology using a liner tunnel in three (03) sections located in the 200 Mile Oval of Callao. The tunnel lining system is a corrugated steel system used for the construction of tunnels without the need to make open trenches, avoiding the interruption of the development of surface activities during the execution of the work.

The new relocated primary collector was connected to the North Interceptor, in the existing mailbox Bz-304261 that enters the Taboada WWTP, located between Nestor Gambetta and Elmer Faucett avenues in Callao.

During the execution of the work, appropriate procedures were applied for the relocation of the networks, taking into account the SEDAPAL Technical Specifications, project technical specifications, international technical standards and manufacturers' recommendations.

Keywords — Construction procedure, sanitary sewer, technical specifications, lining tunnel.

Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Introducción.....	xv
Capítulo I. Parte introductoria del trabajo.....	1
1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo general.....	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Antecedentes referenciales.....	3
Capítulo II. Marco teórico.....	5
2.1 Alcantarillado convencional.....	5
2.1.1 Componentes del sistema de alcantarillado.....	6
2.2 Criterios de diseño del sistema de alcantarillado.....	8
2.2.1 Tensión tractiva.....	8
2.2.2 Pendiente mínima.....	9
2.2.3 Coeficiente de rugosidad.....	9
2.2.4 Tirante máximo.....	10
2.2.5 Velocidad máxima del desagüe.....	10
2.2.6 Profundidad de tuberías.....	10
2.3 Túnel liner.....	10
2.3.1 Principales aplicaciones.....	10
2.3.2 Normas de aplicación.....	11
2.3.3 Materiales.....	11
2.4 EPC (Ingeniería, Procura y Construcción).....	12
2.5 Normativa aplicada.....	13
2.5.1 Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).....	13

2.5.2	Reglamento de Elaboración de Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado para Habilitaciones Urbanas de Lima Metropolitana y Callao	13
2.5.3	Decreto de Urgencia N° 003-2020.....	13
2.5.4	Lineamientos de Evaluación y Contratación.....	14
Capítulo III. Desarrollo del trabajo.....		15
3.1	Ubicación geográfica.....	15
3.2	Descripción de la obra ejecutada	17
3.2.1	Red de agua potable reubicado	17
3.2.2	Red de alcantarillado reubicado	18
3.2.3	Obras provisionales	23
3.2.4	Túnel liner	25
3.3	Metrados ejecutados.....	28
3.3.1	Metrados en la red de agua potable	28
3.3.2	Metrados en la red de alcantarillado.....	29
3.3.3	Metrado de obras provisionales	34
3.4	Procedimiento constructivo de alcantarillado sanitario mediante túnel liner. 35	
3.4.1	Primera etapa: obras preliminares.....	35
3.4.2	Segunda etapa: construcción de buzones liner	38
3.4.3	Tercera etapa: construcción del túnel liner	43
3.4.4	Cuarta etapa: rampas de lanzamiento.....	57
3.4.5	Quinta etapa: instalación de tuberías dentro del túnel.....	58
3.4.6	Construcción de buzones.....	61
3.5	Procedimiento constructivo de alcantarillado sanitario mediante método convencional.....	72
3.5.1	Cierre del área de trabajo.....	72
3.5.2	Acopio y descarga de la tubería	72
3.5.3	Trazo y replanteo	73
3.5.4	Corte y rotura de pavimento	74

3.5.5	Excavación de zanjas.....	75
3.5.6	Entibado metálico en zanjas.....	79
3.5.7	Refine y nivelación de zanja.....	81
3.5.8	Relleno y compactación	81
3.5.9	Eliminación de desmonte	85
3.5.10	Termofusión de tuberías de HDPE	85
3.5.11	Instalación de tuberías	92
3.5.12	Nivelación y alineamiento de tubería.....	93
3.5.13	Anulación de colectores a quedar fuera de servicio	95
3.5.14	Pruebas en alcantarillado.....	98
3.5.15	Puesta en servicio de la red provisional de alcantarillado.....	103
3.5.16	Empalme del colector primario reubicado al Interceptor Norte	105
3.6	Redes de agua potable	118
3.6.1	Electrofusión	118
3.6.2	Prueba hidráulica de agua potable.....	120
3.6.3	Desinfección de red	121
3.6.4	Empalme a la red existente de agua potable.....	122
3.6.5	Esquineros.....	123
3.6.6	Reposiciones	125
	Capítulo IV. Análisis y discusión	127
	Conclusiones	129
	Recomendaciones	131
	Referencias bibliográficas.....	133
	Anexos.....	135

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 Clasificación de los buzones	7
Tabla 2 Coeficientes de rugosidad para diferentes tipos de tuberías	9
Tabla 3 Normas de aplicación para el túnel liner	11
Tabla 4 Coordenadas UTM de la Poza de Ataque	16
Tabla 5 Coordenadas UTM de la Estación Gambetta E-01	17
Tabla 6 Metrado de las tuberías ejecutadas	28
Tabla 7 Metrado de las tuberías anuladas	28
Tabla 8 Metrado de las tuberías abandonadas	29
Tabla 9 Empalmes ejecutados en la red de agua potable	29
Tabla 10 Buzones ejecutados en el proyecto	30
Tabla 11 Buzones mejorados del sistema de alcantarillado	31
Tabla 12 Buzones anulados	32
Tabla 13 Buzones demolidos	32
Tabla 14 Metrado de tuberías ejecutadas en la obra	33
Tabla 15 Metrado de tuberías anuladas en la obra	33
Tabla 16 Metrado de tuberías abandonadas en la obra	34
Tabla 17 Buzón proyectado en obra provisional en la obra	34
Tabla 18 Buzón anulado de la obra provisional en la obra	34
Tabla 19 Accesorios usados en la red provisional de la obra	35
Tabla 20 Metrado de tubería de la obra provisional	35
Tabla 21 Cantidad de restricciones axiales de acuerdo con el diámetro de tubería	69
Tabla 22 Dimensión de zanjas para profundidades mayores a 1.50 m	75
Tabla 23 Dimensiones del mandril de acuerdo con los diámetros de la tubería HDPE	
NTP ISO 8772:2009	99
Tabla 24 Equipos y herramientas usados para el corte con hilo diamantado	108

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1: Esquema de una red de alcantarillado convencional.	5
Figura 2: Ubicación de la Poza de Ataque.	15
Figura 3: Ubicación de la Estación Gambetta E-01.	16
Figura 4: Red de agua potable reubicada en la Estación Gambetta E-01.	18
Figura 5: Vista en planta de red de alcantarillado ejecutado en la Estación Gambetta E-01 y Poza de Ataque - (01/03)	20
Figura 6: Vista en planta de red de alcantarillado ejecutado en la Estación Gambetta E-01 y Poza de Ataque - (02/03)	21
Figura 7: Vista en planta de red de alcantarillado ejecutado en la Estación Gambetta E-01 y Poza de Ataque - (03/03)	22
Figura 8: Vista en planta de la línea de recolección provisional N° 01	23
Figura 9: Vista en planta de la línea de recolección provisional N° 02	24
Figura 10: Vista en planta de la línea de recolección provisional N° 03	25
Figura 11: Sección típica del túnel liner para el sistema de alcantarillado	26
Figura 12: Vista en planta de los tres (03) tramos ejecutados de túnel liner.....	27
Figura 13: Cerramiento y su implementación en obra	37
Figura 14: Corte y demolición de pavimento para construcción de buzón liner	38
Figura 15: Excavación manual para construcción de buzón liner	40
Figura 16: Construcción del buzón circular liner BP-13.....	41
Figura 17: Pozo sumidero de bombeo de agua subterránea y escalera tipo gato	42
Figura 18: Winche eléctrico en la superficie del buzón liner BP-16	43
Figura 19: Túnel liner ejecutado en el tramo BP-13 al BP-15.....	44
Figura 20: Excavación manual y ensamblaje de láminas del túnel liner	46
Figura 21: Instalación de los primeros tres (03) anillos del túnel liner	46
Figura 22: Control topográfico de la instalación de los 03 primeros anillos	47
Figura 23: Traslado de material excavado hacia winche eléctrico.....	48

Figura 24: Inyección de mortero fluido en los 03 primeros anillos.	48
Figura 25: Detalle de instalación de anillos en túnel liner	49
Figura 26: Acarreo del material excavado del túnel liner con buggy.....	51
Figura 27: Inyección del mortero plástico alrededor de las láminas liner.....	53
Figura 28: Esquema ilustrativo de la inyección de mortero dentro del túnel.	54
Figura 29: Sistema de ventilación con extractor de aire dentro del túnel liner	55
Figura 30: Sistema de iluminación tipo LED dentro del túnel liner.....	56
Figura 31: Rampa de lanzamiento del BP-15 al BP-13 en el tramo túnel liner.	58
Figura 32: A la izquierda: rieles fijados dentro del túnel liner. A la derecha: carritos móviles sosteniendo a la tubería HDPE.	60
Figura 33: Fijación de rieles dentro del túnel liner en el tramo BP-16 al BP-18.	60
Figura 34: Fijación de tubería en interior del túnel liner para vaciado de mortero.....	61
Figura 35: Solado para construcción de buzones tipo II.....	63
Figura 36: Enmallado de losa de fondo y muros del buzón tipo II.	64
Figura 37: Vaciado de concreto en cámara rectangular del buzón tipo II.	65
Figura 38: Colocación de fustes sobre la cámara húmeda del buzón BP-18.....	66
Figura 39: Detalle de media caña en buzones con cambio de dirección.	67
Figura 40: Encofrado con panel fenólico y acabado de canaleta de buzón	68
Figura 41: Instalación de restricciones axiales en tubería de HDPE DN 1000	70
Figura 42: Pasamuro de caucho instalados en ingreso a buzón	71
Figura 43: Dado de anclaje construido en buzón tipo II.....	72
Figura 44: Acopio y descarga de tubería HDPE DN 1000	73
Figura 45: Corte de pavimento usando el equipo cortador de concreto	74
Figura 46: Detalle de excavación de zanjas entibadas para profundidades mayores a 1.50 m	76
Figura 47: Excavación de zanjas usando entibado tipo sistema corredera	77
Figura 48: Bombeo de agua subterránea en el pozo de ataque BP-18	79
Figura 49: Cama de apoyo y relleno inicial con confitillo en tubería HDPE	83

Figura 50: Compactación de base con afirmado para reposición de pavimento.....	84
Figura 51: Ciclo de termofusión a baja presión	85
Figura 52: Colocación de polines para soporte de las tuberías a unir	87
Figura 53: Retiro de refrendadora después del perfilado de los tubos	88
Figura 54: Termofusión de las tuberías de HDPE DN 1000.	88
Figura 55: Colocación de plancha de calentamiento entre los tubos de HDPE	89
Figura 56: Ciclo de termofusión de las tuberías de HDPE.	90
Figura 57: Registro de datos de soldadura al finalizar la actividad.	91
Figura 58: Recomendaciones sobre formación de rebabas después de la termofusión. .	92
Figura 59: Alineamiento y nivelación de las tuberías dentro de la zanja.	94
Figura 60: Anulación de colectores inoperativos con mortero fluido.	96
Figura 61: Prueba de deflexión con mandril en colector de HDPE DN 1000.	100
Figura 62: Prueba hidráulica en colector primario de alcantarillado HDPE.	101
Figura 63: Inspección televisiva fija en colector primario HDPE DN 1000.	102
Figura 64: Estacionamiento del equipo de inspección televisiva tipo pértiga en el buzón BP-06.	103
Figura 65: Red provisional de alcantarillado HDPE DN 630.	103
Figura 66: Buzón insertado BP-19 en la obra provisional OP-01.	105
Figura 67: Plano de ubicación del empalme del Colector Bocanegra en el Interceptor Norte.....	106
Figura 68: Excavación periférica en el buzón de empalme Bz-304261.	107
Figura 69: Broca de diamante para corte con hilo diamantado	108
Figura 70: Hilo de diamante para corte con hilo diamantado.....	109
Figura 71: Set del equipo de corte con hilo diamantado DS WS15	109
Figura 72: Equipo de perforación rotomartillo	109
Figura 73: Equipo de perforación de diamante.....	109
Figura 74: Broca carburada de tungsteno	110
Figura 75: Corte horizontal con hilo diamantado de losa intermedia de buzón.....	114

Figura 76: Enmallado y encofrado de la cámara de buzón de empalme	116
Figura 77: Relleno y compactación en la periferia del buzón de empalme	118
Figura 78: Electrofundición en tubería de agua potable HDPE DN 200	119
Figura 79: Prueba hidráulica en la red secundaria de agua potable	120
Figura 80: Medición de cloro residual durante la prueba de desinfección	121
Figura 81: Empalme E-01 de la red de agua potable ejecutada	123
Figura 82: Esquinero N° 01, correspondiente al empalme 01 de la red	124
Figura 83: Esquinero N° 02, correspondiente al empalme 02 de la red	124
Figura 84: Reposición de áreas verdes en el cierre de obra	125
Figura 85: Reposición de martillo de vereda en la berma central de la avenida	126
Figura 86: Encofrado y pintado de sardineles repuestos	126

Introducción

El proyecto “Línea 2 y Ramal Av. Elmer Faucett – Av. Néstor Gambetta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao”, es un proyecto de transporte público masivo para Lima y Callao del tipo metro subterráneo.

Para la ejecución de este importante proyecto, la ATU requirió a SEDAPAL adecuar la solución técnica de la liberación de interferencias de agua y alcantarillado según la geometría de la infraestructura planteada por dicha Entidad. En ese sentido, SEDAPAL vio la necesidad de convocar el servicio de elaboración del Expediente Técnico y Ejecución de la Obra denominado: “Intervención de Poza de Ataque, Estación Gambetta E-1, Estación Canta Callao E-2, Estación Bocanegra E-3, Pozo de Ventilación PV4 -1 y Pozo de Ventilación PV4 -2”.

El alcantarillado sanitario se ejecutó empleando metodología convencional y sin zanja mediante túnel liner en tres (03) tramos ubicados en el Óvalo 200 Millas del Callao, el sistema túnel liner está conformado por láminas de acero corrugado, utilizado para la construcción de túneles sin necesidad de abrir zanjas, de esta forma se evita la interrupción de las actividades en la superficie mientras se ejecutan los trabajos, disminuyendo molestias; y sobre todo garantizando la integridad de las estructuras aledañas, como son las vías y las viviendas.

Asimismo, en las últimas décadas de uso del túnel liner, a nivel mundial se desarrollaron diferentes técnicas para su instalación en diversos tipos de suelo, algunos usos son: alcantarillado sanitario y pluvial, pasajes vehiculares y peatonales y obras en minería.

Para la recepción de la obra de recolección primaria, el área operativa de SEDAPAL, Equipo de Recolección Primaria (ERPrim), realizó la inspección televisa en los nuevos colectores ejecutados para verificar su buen estado antes de la puesta en servicio.

Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

1.1 Descripción del problema

El proyecto “Línea 2 y Ramal Av. Elmer Faucett – Av. Néstor Gambetta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao”, es un proyecto de transporte público masivo para Lima y Callao del tipo metro subterráneo, que comprenderá el Eje Vial Este – Oeste (Ate – Lima – Callao) y el ramal de conexión en la Av. Elmer Faucett hacia el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez.

Para la ejecución de este importante proyecto, la ATU requirió formalmente a SEDAPAL adecuar la solución técnica de la liberación de interferencias de agua y alcantarillado según la geometría de la infraestructura planteada por dicha Entidad. En ese sentido, SEDAPAL vio la necesidad de convocar el servicio de elaboración del expediente técnico y ejecución de la obra denominado: “Intervención en Pozo de Ataque, Estación Gambetta E-1, Estación Canta Callao E-2, Estación Bocanegra E-3, Pozo de Ventilación 1 - PV4 -1, Pozo de Ventilación 2 - PV4 -2”.

Se suscribió el Contrato N° 282-2020-SEDAPAL, entre el Consorcio BUENAVENTURA y SEDAPAL, para la ejecución de la Ingeniería, Procura y Construcción (EPC) del mencionado proyecto.

El sistema de alcantarillado sanitario se ejecutó empleando metodología convencional y metodología sin zanja mediante túnel liner, en tres (03) tramos ubicados en el Óvalo 200 Millas, Callao.

Sin embargo, se evidenció escasa información sobre procedimientos constructivos de obras con redes en funcionamiento y tecnología sin zanja mediante túnel liner para el sistema de alcantarillado; lo cual motivó la realización del presente informe de suficiencia profesional.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Describir el conjunto de procedimientos constructivos desarrollados en la ejecución de la obra, considerando aspectos como la secuencia de actividades, la coordinación entre los diferentes actores involucrados y la implementación de las buenas prácticas de construcción en la obra de “Reubicación de redes de agua potable y alcantarillado para la liberación de interferencias del Metro, mediante la intervención de la Estación Gambetta y Poza de Ataque”.

1.2.2 Objetivos específicos

- Describir el proceso constructivo de las redes de alcantarillado usando la metodología sin zanja tipo túnel liner.
- Describir el proceso constructivo de las redes de alcantarillado mediante el método convencional a zanja abierta.
- Describir las pruebas hidráulicas, deflexión e inspecciones televisivas realizadas en los colectores ejecutados.
- Describir el proceso constructivo de las redes de agua potable.

1.3 Antecedentes referenciales

A continuación, se indican los antecedentes referenciales para realizar el presente informe de suficiencia profesional:

Maldonado (2014), en el informe de suficiencia profesional “Procedimiento constructivo para la instalación del sistema de alcantarillado y planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de la ciudad de San Rafael, distrito de San Rafael - provincia de Ambo - región de Huánuco”, describe que el servicio de saneamiento (alcantarillado) de la localidad de San Rafael, Provincia de Ambo y Departamento de Huánuco, iba funcionando de forma deficiente, la cual se evidenciaba en los elevados índices de enfermedades de origen hídrico de los pobladores de dicha localidad.

Asimismo, indica que existía una baja cobertura del servicio de alcantarillado mediante conexiones domiciliarias (25 %), otro porcentaje importante usaba el sistema de disposición sanitaria mediante letrinas de hoyo seco construidos de forma artesanal y el resto de la población evacuaba directamente en el campo y espacios libres.

Respecto a la disposición final de aguas residuales, (Maldonado, 2014) indica que descargaban de forma directa en el Río Huallaga, sin recibir tratamiento como se encuentra establecido en la normativa nacional; la cual generaba focos infecciosos principalmente en los puntos de descarga.

Debido a la problemática expuesta, se realizó el proyecto para la instalación de un nuevo sistema de alcantarillado y la construcción de una PTAR, mitigando la contaminación del Río Huallaga y contribuyendo con la mejora de calidad de vida de la población de San Rafael.

Torres (2008), en el informe de suficiencia profesional “Procedimiento constructivo y control de calidad en la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Acolla - Jauja – Junín”, describe el procedimiento constructivo y control de calidad de la construcción de una PTAR ejecutada en el distrito de Acolla, provincia de Jauja y departamento de Junín, la cual estuvo conformada por una laguna primaria y secundaria.

Para el cumplimiento de las especificaciones técnicas del proyecto y las normas internacionales ASTM, se tuvo un estricto control de calidad de los materiales usados en la estabilización de los diques, impermeabilización de las infraestructuras con arcilla y geomembrana, de tal modo, se garantice la obra para el periodo de diseño.

Flores (2014), en el informe de suficiencia profesional “Procesos constructivos de rehabilitación y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado en la localidad de Calango y el anexo San Bartolo - Distrito de Calango - Cañete – Lima”, describe los procedimientos constructivos de ejecución de una obra de saneamiento. El informe se encuentra conformado por varios capítulos: el capítulo I describe generalidades de la ubicación del proyecto; el capítulo II detalla las generalidades de la obra; el capítulo III describe las obras provisionales y trabajos preliminares; los capítulos del IV al VIII describen los componentes ejecutados: captación, línea de conducción, línea de aducción, conexiones domiciliarias de agua y alcantarillado y PTAR. El capítulo IX describe el estudio de impacto ambiental. Finalmente, el capítulo X corresponde a conclusiones y recomendaciones.

Capítulo II. Marco teórico

2.1 Alcantarillado convencional

El sistema de alcantarillado convencional es la forma más popular de recolección y disposición de aguas residuales en todo el mundo. Está conformado por colectores, buzones, cámaras de bombeo de desagüe, conexiones domiciliarias, sifones invertidos, etc.; generalmente, los colectores van instalados en el eje de las vías y tienen una pendiente para establecer el flujo libre por gravedad desde la recolección domiciliar hasta su disposición final que generalmente es una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR).

Figura 1

Esquema de una red de alcantarillado convencional.



Nota: Guía para el diseño de tecnologías de alcantarillado (1.a ed., Vol. 1). (2005).

Uno de los componentes más importante del sistema de alcantarillado son las cámaras de inspección, cuya función principal es permitir realizar la limpieza de las tuberías para evitar su obstrucción; por lo general, se ubican en la intersección de las calles; en los

cambios de dirección, diámetro, pendiente, etc. a una distancia adecuada que permita la operación y mantenimiento de los colectores.

2.1.1 Componentes del sistema de alcantarillado

2.1.1.1 Colectores. Los colectores son el conjunto de tuberías (primarias y secundarias) que permiten la recolección, transporte y evacuación de las aguas residuales que han sido generadas en los predios. Se pueden clasificar en:

- **Colectores secundarios:** Son colectores de diámetros menores a DN 350, hacia los cuales se permite el empalme directo de las conexiones domiciliarias de los predios.
- **Colectores primarios:** Son colectores de diámetros mayores o iguales a DN 350 que se encuentran dentro de un área de drenaje y reciben los aportes de los colectores secundarios.
- **Interceptores:** Son colectores que reciben las descargas de los colectores primarios de alcantarillado.
- **Emisores:** Son colectores que reciben las descargas de los interceptores e inician con el último interceptor. En su recorrido ya no reciben más descargas hasta su llegada a la PTAR o disposición final (río, lago, mar, etc.)

2.1.1.2 Cámaras de inspección. Son elementos de concreto diseñados para realizar la inspección, operación y mantenimiento de las redes de alcantarillado, para su ubicación se consideran los siguientes criterios:

- En los cambios de diámetro
- En los cambios de material
- En los tramos de arranque
- En los empalmes de colectores
- En los cambios de pendiente

Las cámaras de inspección se clasifican en:

2.1.1.2.1 Buzonetas. Son estructuras de concreto de forma cilíndrica de 0.60 m de diámetro interior según el R.N.E., se utilizan en vías peatonales o en lugares con poco espaciamiento para la instalación de las redes o cuando las condiciones no permitan tener un recubrimiento mínimo de 1.0 m sobre la clave del tubo.

2.1.1.2.2 Buzones. Son estructuras de concreto de geometría cilíndrica de diámetro interior: 1.20 m o 1.50 m, es usado cuando el recubrimiento sobre la clave del tubo es mayor a 1.0 m.

Los buzones se clasifican de acuerdo con el diámetro de la tubería, según la siguiente tabla:

Tabla 1

Clasificación de los buzones

Tipo	Profundidad (m)	Diámetro interior del buzón (m)	Diámetro de tubería
I	Hasta 3.00	1.2	Hasta 600
	De 3.01 a más	1.5	
II	Hasta 3.00	1.50 (chimenea)	Mayor a 600
	De 3.01 a más	1.80 (chimenea)	

Nota: Especificación técnica de SEDAPAL CTPS-ET-008

2.1.1.2.3 Cámaras especiales. Cuando los cambios de dirección y/o magnitud de las tuberías no permitan construir buzones tipo I o II se usan cámaras especiales, y cuentan con un diseño especial.

2.1.1.3 Conexiones domiciliarias. Es el conjunto de elementos que tienen como finalidad evacuar las descargas de desagüe de los predios, deben ser de fácil acceso a la EPS que brinda el servicio de saneamiento. Las cajas de registro de las conexiones domiciliarias deben ser instaladas en las veredas; salvo en casos excepcionales, pueden instalarse en el interior del predio. Los componentes de una conexión domiciliar son:

- **Caja de registro:** Es una caja de concreto con una tapa de dimensiones definidas, pueden ser de varios tipos de acuerdo con la profundidad de la caja: hasta 0.90 m

se usan cajas de registro, mayor a 0.90 m y menor a 1.20 m se usan buzonetas y para profundidades mayores o iguales a 1.20 m se usan buzones tipo I.

- **Tubería de descarga:** Es la tubería comprendida desde la caja de registro hasta el empalme con el colector secundario, según el R.N.E. se debe considerar una pendiente mínima de 15 o/oo.
- **Elemento de empalme a la red:** Es el accesorio que permite la descarga libre del desagüe de la conexión domiciliaria hasta la clave del colector secundario, para los empalmes se usan sillas tee.

2.2 Criterios de diseño del sistema de alcantarillado

2.2.1 Tensión tractiva

Es la capacidad de auto limpieza del sistema de alcantarillado, es decir, es el esfuerzo cortante que la corriente de desagüe ejerce sobre el interior de las paredes de los colectores y permite arrastrar las partículas en suspensión para evitar la sedimentación.

En los cálculos hidráulicos de los colectores, el criterio de la fuerza tractiva, busca determinar una pendiente para que el tramo tenga la suficiente capacidad de arrastre del material que se deposita en el fondo.

Según lo dispuesto en el numeral 4.6 Dimensionamiento Hidráulico – Norma O.S.70 del R.N.E., la pendiente de los colectores de alcantarillado, debe ser calculado aplicando el criterio de tensión tractiva (σ); y debe tener un valor mínimo de 1.00 Pa (N/m²), calculado considerando un coeficiente de Manning de $n=0.013$ para el caudal inicial del periodo de diseño.

Para el caso de coeficientes de Manning distintos de $n=0.013$, la pendiente mínima a adoptar y la tensión tractiva media del tramo deberán ser sustentados mediante el cálculo hidráulico. Cuando se usen tuberías plásticas, de PVC y HDPE la tensión tractiva (σ) mínima del colector será 0.60 Pa.

La Tensión Tractiva Media puede ser calculada mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma = R \cdot \gamma \cdot s \quad (1)^1$$

Donde:

σ = Tensión Tractiva Media (Pa)

R = Radio hidráulico (m)

γ = Peso específico del agua (10^4 N/m³)

2.2.2 Pendiente mínima

Es aquella pendiente mínima que en las condiciones más desfavorables de descarga de aguas residuales produzca una velocidad mínima de 0.60 m/s cuando se utiliza el criterio de velocidad mínima.

2.2.3 Coeficiente de rugosidad

Este coeficiente es un parámetro adimensional que indica el grado de resistencia de las paredes y el fondo del canal al paso del fluido. Cuando las paredes del canal sean más ásperas o rugosas, el flujo tendrá más dificultad para desplazarse.

El parámetro coeficiente de rugosidad, ha sido muy estudiado por muchos investigadores en el laboratorio; en base a ello, se ha elaborado una tabla para diferentes materiales usados en sistemas de alcantarillado.

Tabla 2

Coeficientes de rugosidad para diferentes tipos de tuberías

Material de Tubería	Coeficiente Manning "n"
Poliétileno de Alta Densidad (HDPE)	0.009
Arcilla Vitrificada	0.010
Policloruro de Vinilo (PVC)	0.009
Fierro Fundido	0.013
Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV)	0.009
Fibro cemento	0.010
Acero	0.015

Nota: Extraído del Reglamento de Proyectos de SEDAPAL

¹ Expresión para calcular la tensión tractiva de acuerdo con el RNE

2.2.4 Tirante máximo

De acuerdo a lo establecido en el numeral 4.6 Dimensionamiento Hidráulico – Norma O.S. 070 del R.N.E., el tirante del agua debe ser igual o inferior al 75 % del diámetro del tubo para el caudal final (Q_f) de diseño, admitiendo un comportamiento del flujo en régimen uniforme y permanente.

2.2.5 Velocidad máxima del desagüe

La velocidad máxima admisible para el diseño de las redes de alcantarillado es $V_f = 5$ m/s., según lo indicado en el R.N.E. - O.S. 0.70.

2.2.6 Profundidad de tuberías

Según lo indicado en el R.N.E., el recubrimiento sobre la clave del colector en vías peatonales no debe ser menor de 0.30 m y en el caso de vías vehiculares no debe ser menor de 1.0 m.

2.3 Túnel liner

El sistema túnel liner está conformado por láminas de acero corrugado, que es utilizado para la construcción de túneles sin necesidad de abrir zanjas, de esta forma se evita la interrupción de las actividades en la superficie mientras se realizan los trabajos, disminuyendo molestias y sobre todo garantizando la integridad de las estructuras aledañas existentes, como son las vías y las viviendas.

La ejecución del túnel liner se realiza mediante excavación manual, y se van ensamblando las láminas liner circulares y corrugadas de acero galvanizado en caliente por medio de pernos, formando así una estructura capaz de soportar grandes cargas y esfuerzos (cargas vivas, cargas muertas, cargas axiales, etc.).

2.3.1 Principales aplicaciones

En las últimas décadas de uso del túnel liner, a nivel mundial se desarrollaron diferentes técnicas para su instalación en diversos tipos de suelo, algunos usos son:

- Alcantarillado sanitario y pluvial
- Pasajes vehiculares y peatonales
- Obras ferroviarias

- Obras en minería
- Canalizado de cursos de agua
- Refuerzo estructural de túneles

2.3.2 Normas de aplicación

Tabla 3

Normas de aplicación para el túnel liner

ASTM	American Society for Testing and Materials
A 761/ A 761 M	Placa estructural de acero corrugado, recubierto de zinc, para tuberías empernadas en el campo, arcos de tubería y arcos.
A 307	Especificaciones estándar para tornillos y pernos al carbono con 60 ksi de resistencia a la tracción
A 563	Especificaciones estándar para tuercas de acero al carbono y de aleación
PERFORACIONES HORIZONTALES	Especificaciones del túnel Liner

Nota: La fuente es el Expediente Técnico del proyecto.

2.3.3 Materiales

Los materiales utilizados para la instalación de las láminas liner, deben cumplir las siguientes especificaciones:

Los anillados del túnel liner, estructuralmente deberán estar conformados por planchas corrugadas o láminas de acero galvanizado en caliente, y deberán cumplir lo indicado en las normas: AASHTO LRFD 2017 (sección 12) y ASTM 1011/ A 1011M.

2.3.3.1 Acero. Las láminas de acero corrugado circulares son ensamblados por medio de pernos, esta estructura debe tener la capacidad de soportar las cargas dinámicas, vivas, cargas muertas, etc. Por ello, es necesario realizar su memoria de cálculo estructural donde se verifica la resistencia de la estructura y se determina el espesor adecuado de las láminas que satisface las propiedades mecánicas.

2.3.3.2 Concreto de recubrimiento (relleno de sobre excavaciones).

Perimetralmente el túnel liner, será relleno con mortero en estado líquido inyectado a presión, para ello se utiliza una bomba de inyección de morteros tipo Putzmeister P13 o similar, dicha bomba contará con su certificado de operatividad y con la lista de comprobación de inspección adecuado antes de su uso.

El único objetivo del mortero fluido es rellenar los espacios vacíos, dicho mortero no es estructural por ende no interviene en el cálculo estructural del túnel liner o pozo y la única condición es que el compuesto posea características mejores respecto al suelo formando así un sistema de transferencia de esfuerzos de una zona flexible (suelo) a una semirrígida (relleno inyectado) y de esta hasta una zona rígida (estructural del túnel liner) donde se absorben los esfuerzos, el mortero fluido no afecta a la pendiente solicitada por el cliente

2.4 EPC (Ingeniería, Procura y Construcción)

Ingeniería, Procura y Construcción (EPC), es un enfoque común utilizado en la industria de la ingeniería y la construcción para llevar a cabo proyectos a gran escala.

En un proyecto EPC, la empresa Contratista, asume la responsabilidad total del proyecto, desde la concepción hasta la entrega final. Esto incluye la ingeniería, el suministro de los materiales, equipos necesarios para el proyecto, y la construcción en sí misma. El contratista EPC también es responsable de la gestión del proyecto, incluyendo la programación, el control de costos y la gestión de riesgos.

El enfoque EPC es especialmente adecuado para proyectos que requieren una entrega rápida y una mayor responsabilidad por parte del Contratista. Al asumir la responsabilidad total del proyecto, el contratista EPC puede garantizar una mayor coherencia y eficiencia en la planificación y ejecución del proyecto. También puede proporcionar una mayor garantía de calidad y seguridad, ya que es responsable de todo el proceso de construcción.

Sin embargo, el enfoque EPC también puede ser más costoso que otros enfoques, ya que el contratista EPC asume una mayor responsabilidad y riesgo.

2.5 Normativa aplicada

2.5.1 Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)

El Reglamento Nacional de Edificaciones es la norma técnica que establece los criterios y requisitos mínimos de calidad para el diseño, producción y conservación de las edificaciones y habilitaciones urbanas, y es de cumplimiento obligatorio por todas las entidades públicas del ámbito nacional.

2.5.2 Reglamento de Elaboración de Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado para Habilitaciones Urbanas de Lima Metropolitana y Callao

Este Reglamento fue desarrollado por la Subcomisión Técnica de Saneamiento designado por el Comité Técnico Permanente de SEDAPAL (CTPS), y establece los lineamientos básicos para la elaboración de proyectos en el ámbito de prestación de servicios de SEDAPAL.

2.5.3 Decreto de Urgencia N° 003-2020

Decreto de Urgencia que establece disposiciones extraordinarias para la adquisición y liberación de áreas necesarias para el plan nacional de infraestructura para la competitividad y el plan integral de reconstrucción con cambios.

“23.1. Las empresas prestadoras de servicios públicos están excluidas del ámbito de aplicación del Texto Único Ordenado de la Ley N° 30225, Ley de Contrataciones del Estado, aprobado mediante Decreto Supremo N° 082-2019-EF y en su Reglamento, aprobado mediante Decreto Supremo N° 344-2018-EF, para las contrataciones de servicios que se requieran en el marco del presente Decreto Legislativo, así como las contrataciones de servicios de consultorías de obras y obras destinadas a la liberación de Interferencias.” Decreto de Urgencia N.º 003-2020-PCM. (08 de enero de 2020). Normas Legales. Diario Oficial El Peruano, 08 de enero de 2020.

“23.3. Las empresas prestadoras de servicios públicos aprueban mediante Resolución del titular de la entidad las disposiciones complementarias para la aplicación de la presente disposición, las que se rigen por los principios previstos

en el artículo 2 del Texto Único Ordenado de la Ley N° 30225, Ley de Contrataciones del Estado, aprobado mediante Decreto Supremo N° 082-2019-EF, sin perjuicio de otros principios generales del derecho público.” Decreto de Urgencia N.º 003-2020-PCM. (08 de enero de 2020). Normas Legales. Diario Oficial El Peruano, 08 de enero de 2020.

2.5.4 Lineamientos de Evaluación y Contratación

Este documento expone los “Lineamientos de Evaluación y Contratación” de conformidad con lo estipulado con los Decretos de Urgencia N° 018-2019 y 003-2020 para Liberación de interferencias de las Redes de Agua Potable y Alcantarillado con la Línea 2 Ramal 4, en la Av. Faucett y Av. Néstor Gambetta, de la Red Básica del Metro de Lima y Callao.

Los lineamientos se han desarrollado bajo un enfoque de trabajo colaborativo con el objetivo que tanto SEDAPAL, como los Contratistas que elaboren el Expediente Técnico y la Ejecución de la obra, realicen un trabajo bajo un Contrato Marco de Alianza Colaborativa con la finalidad de llegar a los objetivos de plazo, presupuesto meta y calidad, a través del cumplimiento de indicadores que tienen como incentivo el pago de determinado monto, según corresponda.

El Marco de trabajo con enfoque colaborativo se aplica independientemente de las relaciones contractuales que, para este caso, SEDAPAL tenga con cada Contratista, priorizándose el trabajo en conjunto y las condiciones del Marco de la Alianza entre todos los Miembros de la Alianza.

Capítulo III. Desarrollo del trabajo

3.1 Ubicación geográfica

El proyecto fue desarrollado en el distrito de Callao, provincia del Callao y departamento de Lima; específicamente entre las avenidas Av. Elmer Faucett con la Av. Néstor Gambetta.

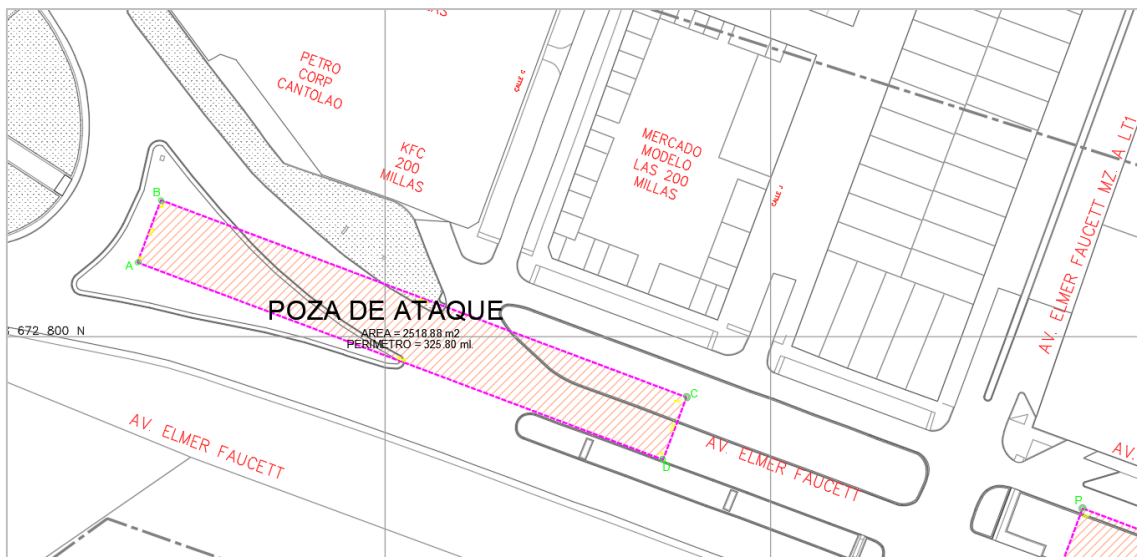
A continuación, se indica las ubicaciones de La Estación Gambetta y El Pozo de Ataque del Metro de Lima:

El Pozo de Ataque, presenta los siguientes linderos:

- Por el Norte : Grifo REPSOL
- Por el Sur : Transportes ACOINSA
- Por el Este : Cruce de Av. Elmer Faucett con Av. 1
- Por el Oeste : Óvalo 200 Millas

Figura 2

Ubicación de la Poza de Ataque.



Nota: La geometría fue proporcionada por la Autoridad de Transporte Urbano (ATU).

Tabla 4

Coordenadas UTM de la Poza de Ataque

Vértice	Este (X)	Norte (Y)
A	268635.79	8672819.25
B	68641.87	8672819.45
C	268778.19	8672784.28
D	268772.11	8672768.08

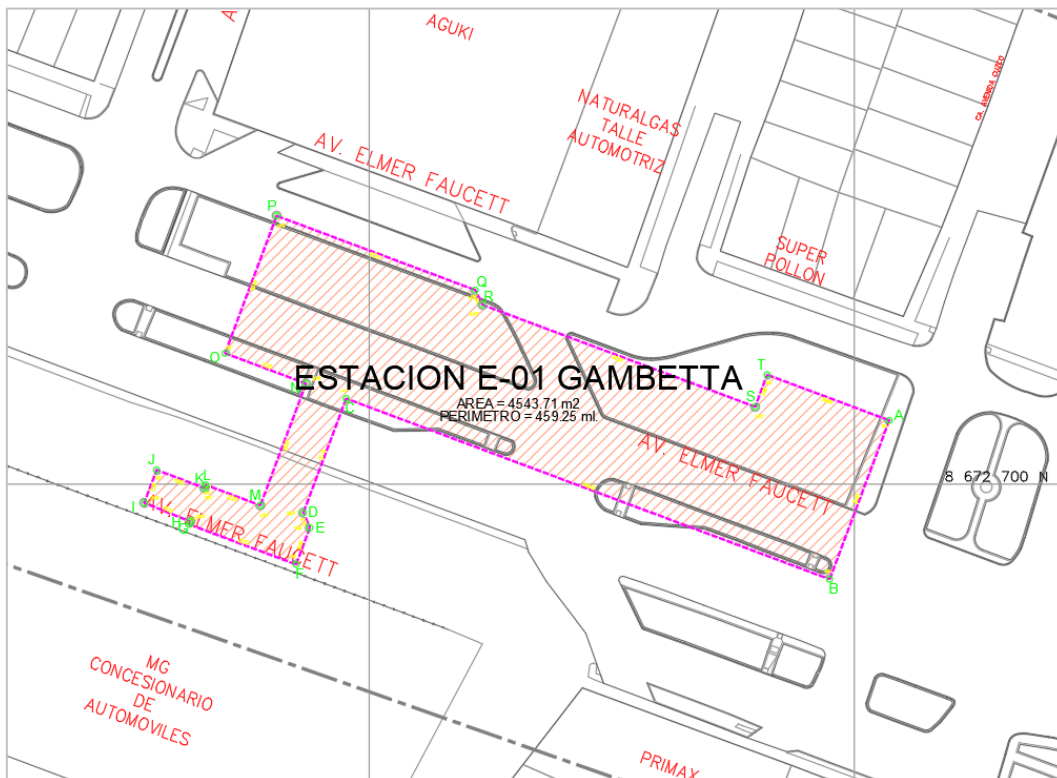
Nota: Los datos fueron proporcionados por la Autoridad de Transporte Urbano (ATU).

La Estación Gambetta E-1, presenta los siguientes linderos:

- Por el Norte : Grifo AGUKI
- Por el Sur: Grifo PRIMAX
- Por el Este : Av. Elmer Faucett
- Por el Oeste : Av. Elmer Faucett

Figura 3

Ubicación de la Estación Gambetta E-01.



Nota: La geometría fue proporcionado por la Autoridad de Transporte Urbano (ATU).

Tabla 5*Coordenadas UTM de la Estación Gambetta E-01*

Vértice	Este (X)	Norte (Y)
A	269007.21	897213.18
B	268994.92	8672680.35
C	268895.25	8672717.68
D	268886.42	8672694.10
E	268887.77	8672690.99
F	268884.93	8672683.41
G	268862.85	8672691.68
H	268863.08	8672692.29
I	268853.62	8672696.15
J	268856.16	8672702.94
K	268866.04	8672699.18
L	268866.28	8672699.85
M	268877.54	8672695.63
N	268886.97	8672720.79
O	268870.27	8672727.04
P	268880.91	8672755.45
Q	268921.87	8672740.11
R	268923.36	8672737.05
S	268979.56	8672715.99
T	268982.04	8672722.61

Nota: Las coordenadas fueron brindados por la Autoridad de Transporte Urbano (ATU)

3.2 Descripción de la obra ejecutada

3.2.1 Red de agua potable reubicado

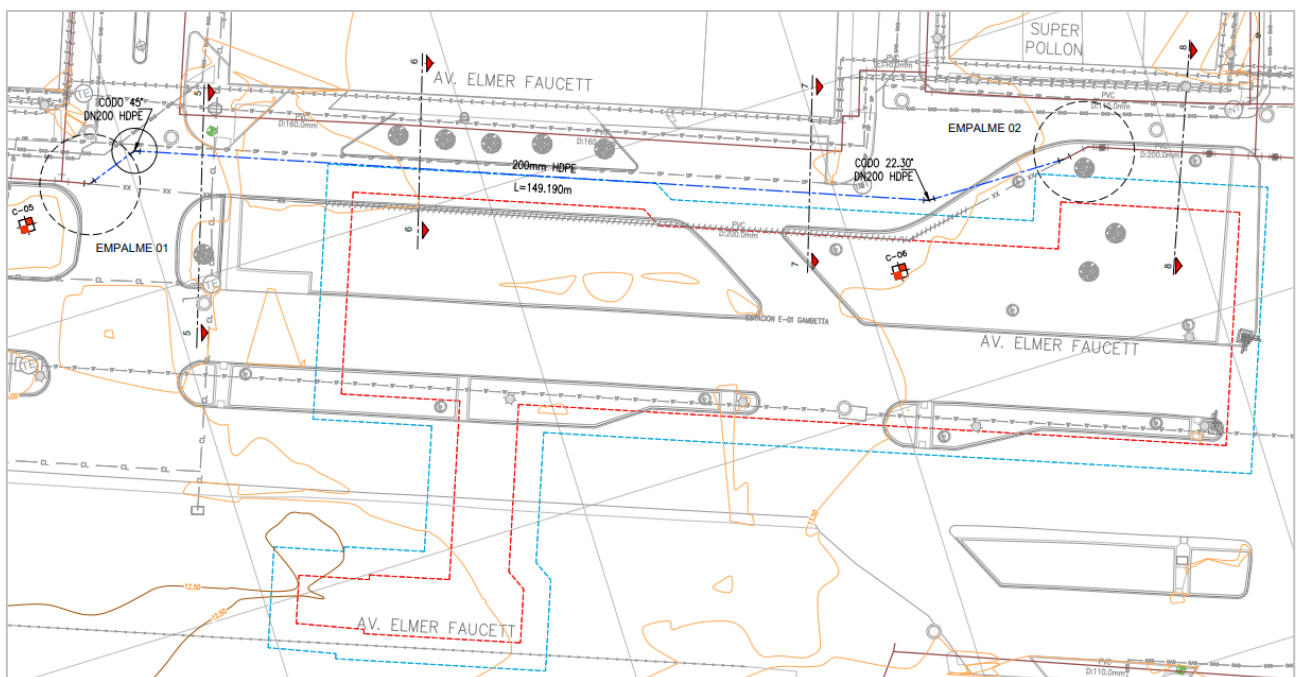
Debido que dentro de la estructura proyectada (Estación Gambetta E-01) se ubicaba una red de agua potable PVC DN 200, esta fue reubicada fuera del área de cautela de la estructura proyectada Estación Gambetta E-01, para ello se realizó 02 empalmes de agua potable.

Los empalmes 01 y 02 se ubicaron en las coordenadas (E=268843,531 m y N=8672768,322 m y (E=268984,476m y N=8672728,605m) respectivamente, en ambos casos se empalmó la nueva red a la red existente mediante acoples unión flexible.

En la siguiente figura, se muestra la geometría de la estructura proyectada Estación Gambetta E-01, donde la línea azul representa la tubería de agua potable reubicada de HDPE DN 200.

Figura 4

Red de agua potable reubicada en la Estación Gambetta E-01.



Nota: La fuente es el Expediente Técnico del proyecto.

3.2.2 Red de alcantarillado reubicado

El Colector Bocanegra de PVC DN 630, fue reubicado a partir del buzón Bz-207765 que fue mejorado; y descarga en el buzón proyectado BP-01 mediante una tubería de HDPE DN 1000, para continuar su recorrido hacia el buzón BP-02, luego llegar al buzón BP-03, el cual hace un giro de 45° y descarga en el BP-04; luego el colector recorrerá paralelamente la vía auxiliar de la Av. Faucett cruzando el jardín ubicado en el frontis del grifo AGUKI hasta llegar al BP-08, para posteriormente realizar un giro de 30° hasta llegar al BP-09 que está ubicado en la vía auxiliar de la Av. Faucett, para seguir su recorrido por

esta vía pasando por el BP-12 y cruzando por el jardín de propiedad del grifo REPSOL, hasta llegar al BP-15, ubicado en el Óvalo 200 Millas, donde el colector realiza un giro hasta el BP-18, finalmente descarga en el buzón mejorado Bz-304261 que forma parte del Interceptor Norte que conduce las aguas residuales hacia la PTAR Taboada.

La red secundaria de PVC DN 315, que recolecta las descargas del sub área de drenaje AD-2D, fue reubicada a partir del buzón mejorado Bz-207780; y descarga al colector Bocanegra en el buzón BP-02 mediante una tubería de PVC DN 315 SN4 con caída especial.

La red secundaria de CSN DN 300, que recolecta el desagüe del área de drenaje AD-01, fue reubicada a partir del buzón mejorado Bz-207880, y descarga al colector Bocanegra en el buzón BP-04 mediante una tubería de PVC DN 315 SN4.

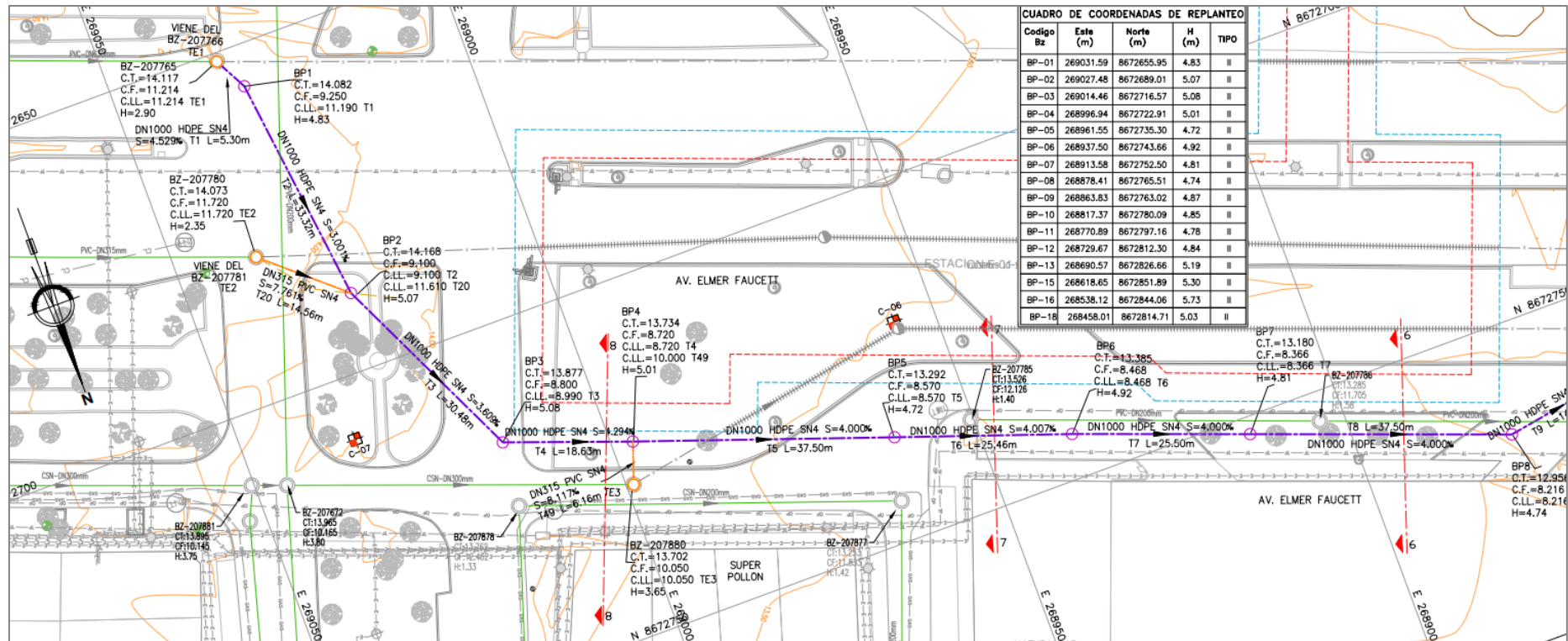
La red secundaria de HDPE DN 200, que recolecta las descargas del área de drenaje AD-11, fue reubicada a partir del buzón Bz-207869 que fue mejorada y descarga al colector Bocanegra en el buzón BP-12, mediante una tubería de PVC DN 200 con una caída especial.

Las tuberías que quedaron inoperativas debido a la reubicación de los colectores y que se encontraban fuera del área destinada a las estructuras proyectadas (Estación Gambetta E-1 y Poza de Ataque) fueron anulados con concreto fluido $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$, y si en caso las redes se encontraban dentro de las estructuras proyectadas (Estación Gambetta E-1 y Poza de Ataque) fueron abandonadas.

En la siguiente figura, se muestra el trazo de la red de alcantarillado ejecutada en base a los planos post construcción.

Figura 5

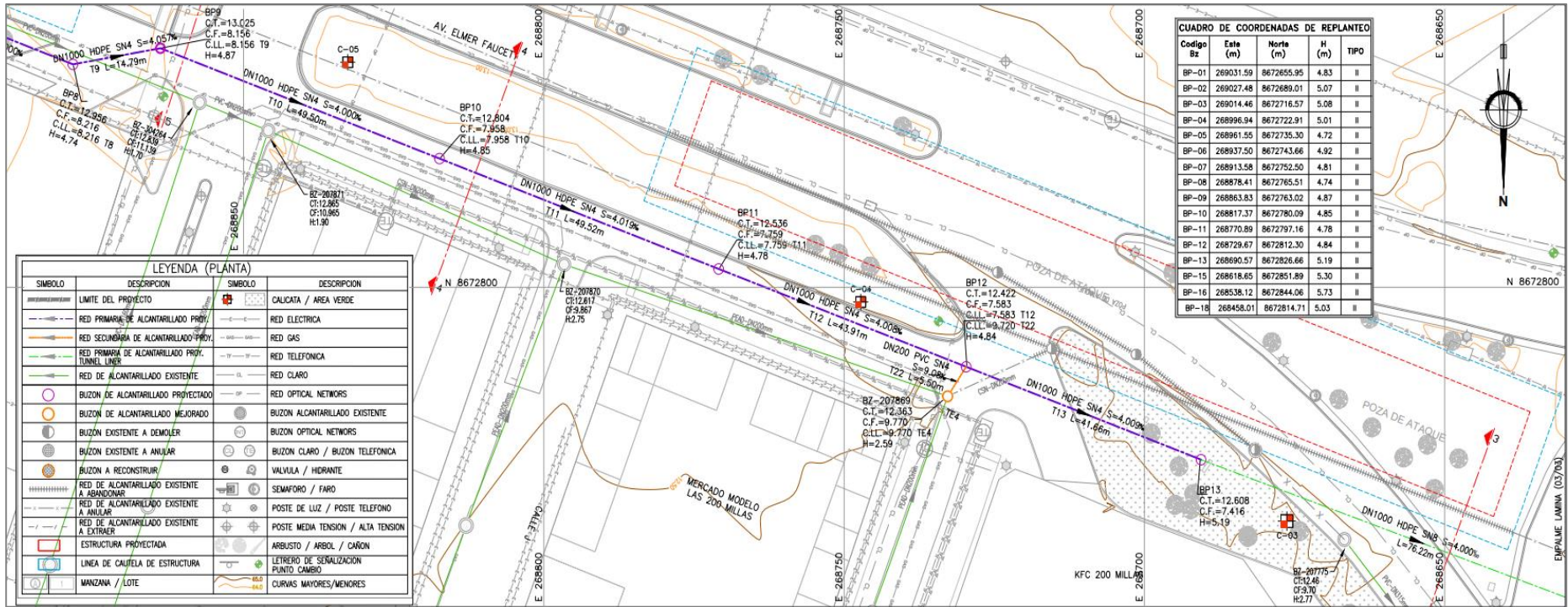
Vista en planta de red de alcantarillado ejecutado en la Estación Gambetta E-01 y Poza de Ataque - (01/03)



Nota: La fuente son los planos post construcción del proyecto.

Figura 6

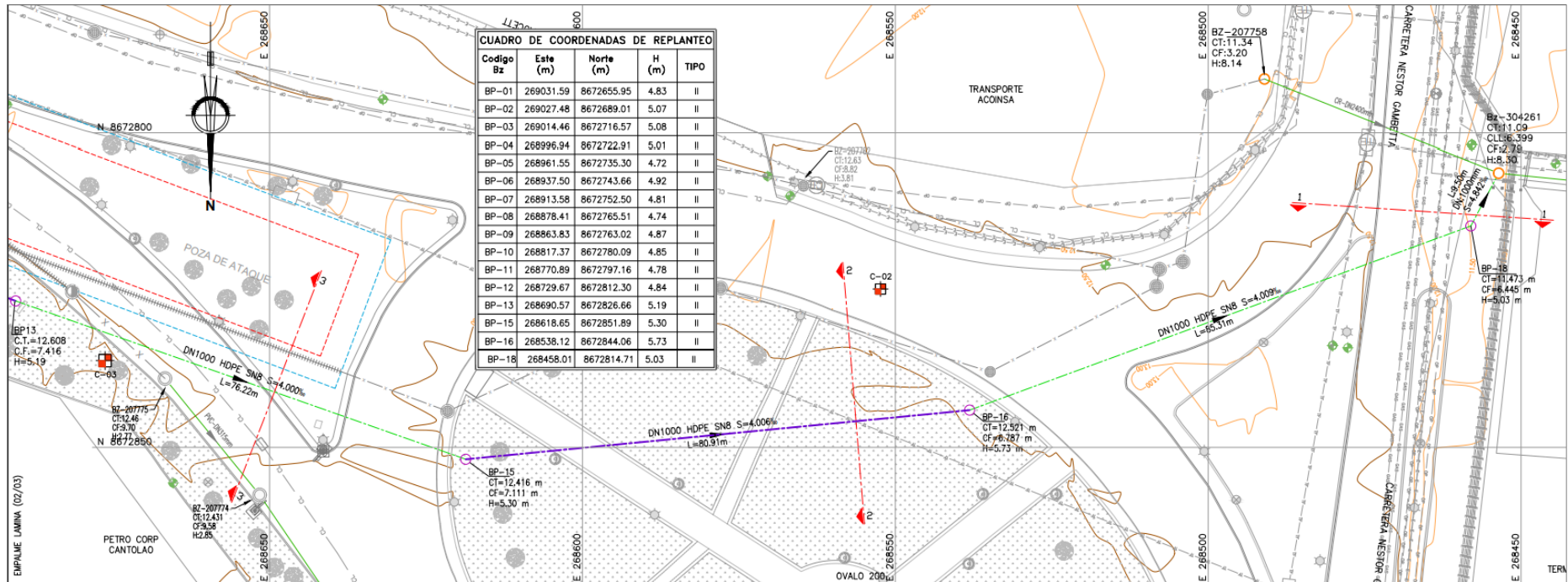
Vista en planta de red de alcantarillado ejecutado en la Estación Gambetta E-01 y Poza de Ataque - (02/03)



Nota: La fuente son los planos post construcción del proyecto.

Figura 7

Vista en planta de red de alcantarillado ejecutado en la Estación Gambetta E-01 y Poza de Ataque - (03/03)



Nota: La fuente son los planos post construcción del proyecto.

3.2.3 Obras provisionales

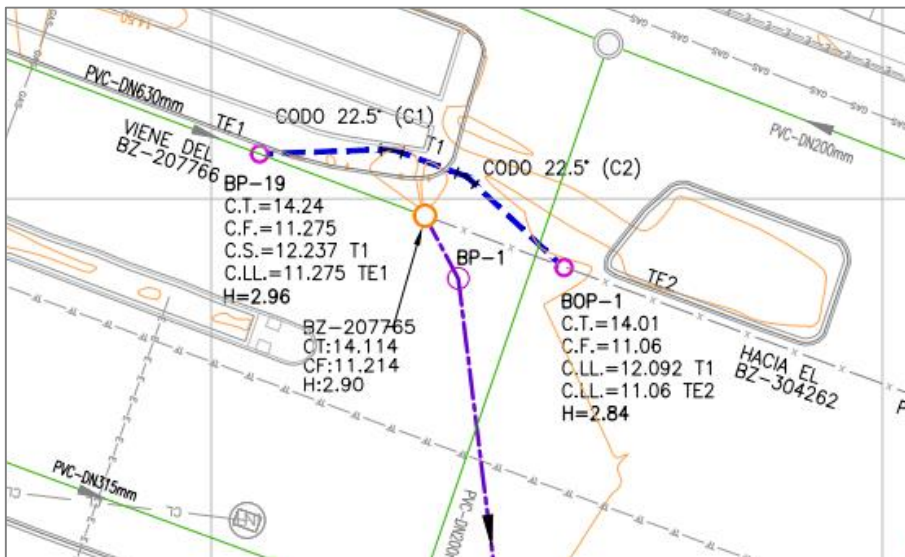
3.2.3.1 Finalidad de las obras provisionales. El objetivo de ejecutar líneas de recolección provisionales es la de permitir la ejecución del sistema proyectado sin que haya interferencias de aportes de caudales que conlleven al retraso de la obra y a la interrupción de los trabajos.

3.2.3.2 Descripción de las obras provisionales. La primera línea de recolección provisional consistió en la inserción de los buzones BOP-01 y BP-19 en la red existente, aguas arriba y aguas abajo del buzón mejorado Bz-207765 respectivamente; y la instalación de la tubería provisional de HDPE DN 630 usando dos (02) codos de 22.5° entre los buzones insertados BOP-01 y BP-19.

La línea provisional permitió realizar el mejoramiento del buzón Bz-207765, y la ejecución del empalme desde el buzón mejorado Bz-207765 hacia el buzón BP-01.

Figura 8

Vista en planta de la línea de recolección provisional N° 01

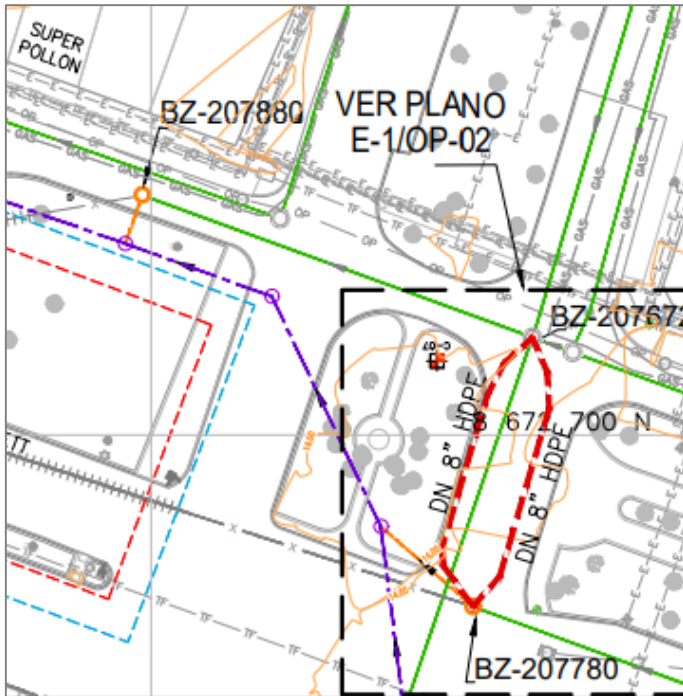


Nota: La fuente son los planos post construcción del proyecto.

La segunda línea de recolección provisional permitió bombear el agua residual desde el buzón Bz-207672 hacia el buzón Bz-207780, mediante una bomba sumergible y una manguera de HDPE DN 200; permitiendo realizar el empalme de la tubería desde el buzón Bz-207880 hacia el buzón ejecutado BP-04.

Figura 9

Vista en planta de la línea de recolección provisional N° 02

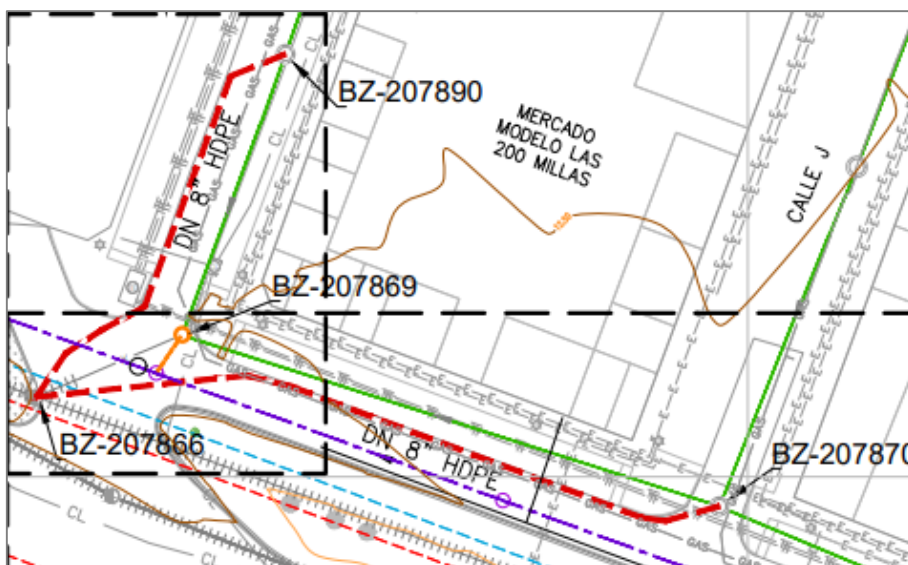


Nota: La fuente son los planos post construcción del proyecto.

La tercera línea de recolección provisional permitió bombear las aguas residuales desde los buzones Bz-207890 y Bz-207870 hacia el buzón existente Bz-207866, mediante una bomba sumergible y una manguera de HDPE DN 200; permitiendo realizar el empalme de la tubería que va desde el buzón mejorado Bz-207869 hacia el buzón ejecutado BP-12.

Figura 10

Vista en planta de la línea de recolección provisional N° 03



Nota: La fuente son los planos post construcción del proyecto.

3.2.4 Túnel liner

En este método se realiza el túnel liner mediante excavación manual, y se van ensamblando las láminas liner circulares y corrugadas de acero galvanizado en caliente por medio de pernos, formando así una estructura capaz de soportar grandes cargas y esfuerzos.

La tecnología del túnel liner fue empleada para la instalación de tres (03) tramos de tubería HDPE DN 1000 que se ubican en la intersección de las avenidas: Av. Elmer Faucett y Av. Néstor Gambetta, tomando como referencia el Óvalo 200 Millas del Callao, los tramos se indican a continuación:

Tramo 01: desde el BP-13 hasta el BP-15, $L=76.22$ m y $s=4.00$ por mil.

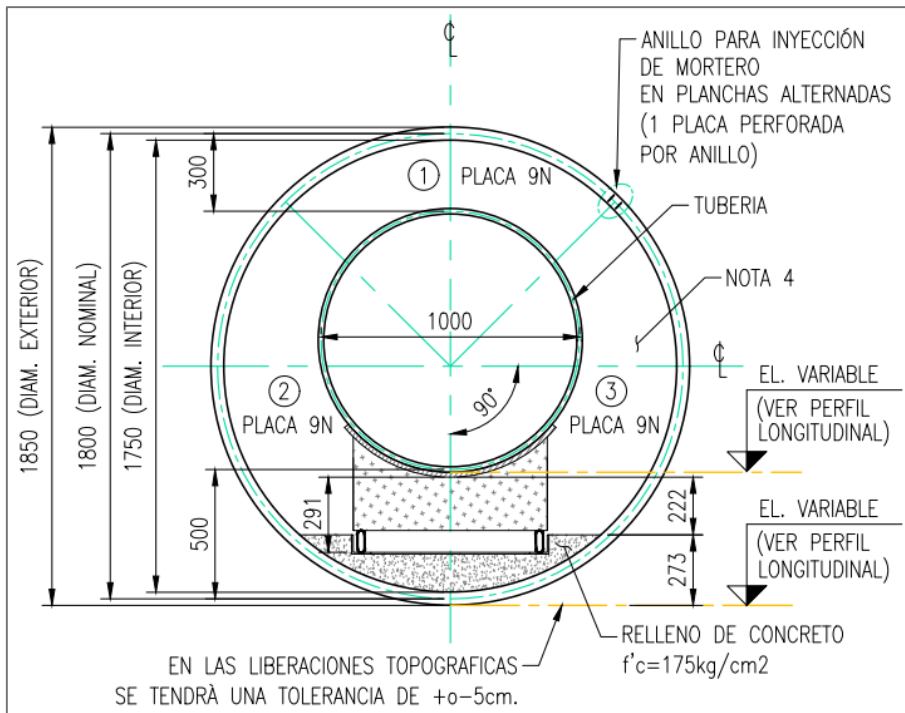
Tramo 02: desde el BP-16 al BP-18, $L=85.31$ m y $s=4.009$ por mil.

Tramo 03: desde el BP-18 hasta el buzón mejorado Bz-304261, $L=9.50$ m y $s=4.84$ por mil.

El diámetro del túnel liner ejecutado para la instalación del colector primario de alcantarillado de HDPE DN 1000 fue 1800 mm, según el siguiente detalle:

Figura 11

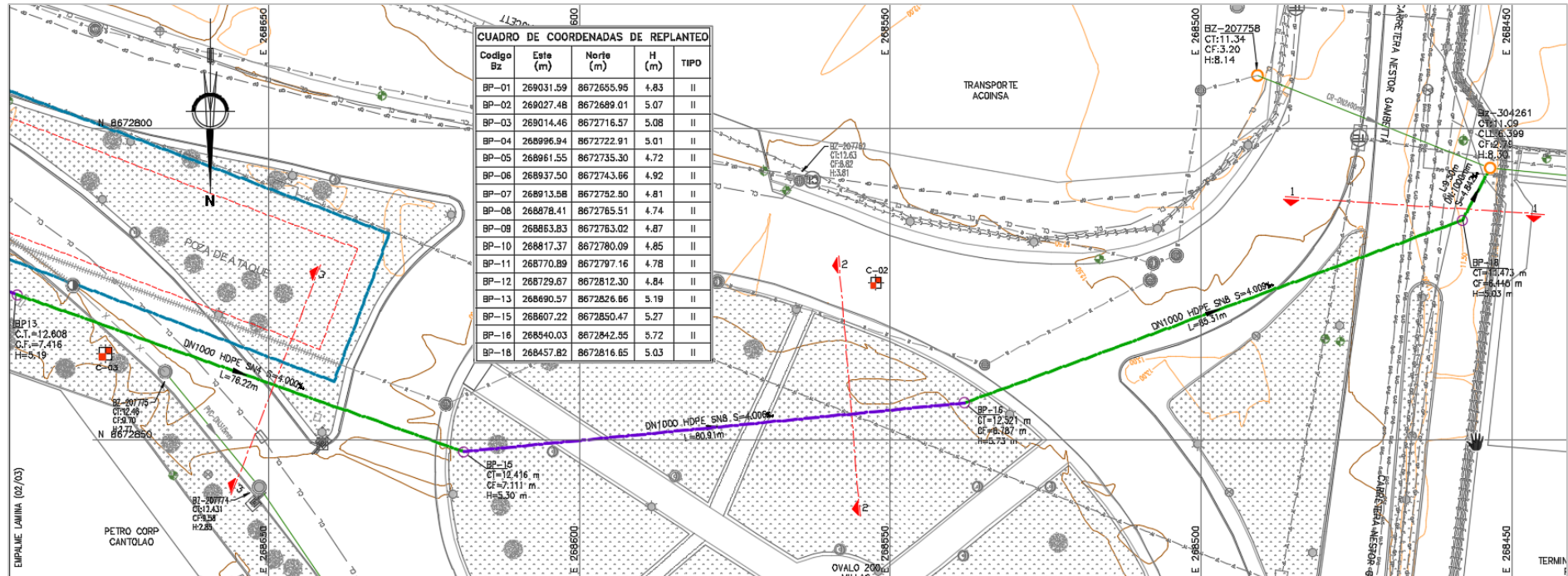
Sección típica del túnel liner para el sistema de alcantarillado



Nota: La fuente son los planos post construcción del proyecto.

Figura 12

Vista en planta de los tres (03) tramos ejecutados de túnel liner



Nota: La fuente son los planos post construcción del proyecto.

3.3 Metrados ejecutados

3.3.1 Metrados en la red de agua potable

A continuación, se indica el metrado ejecutado de la red de agua potable:

3.3.1.1 Tuberías ejecutadas. Las tuberías proyectadas, son tuberías que se instalaron para continuar con el normal funcionamiento del sistema existente y que se encuentran fuera del área destinada de las estructuras proyectadas (Estación Gambetta y Poza de Ataque).

Tabla 6

Metrado de las tuberías ejecutadas

Estación	Metrado (m)	Material	Diámetro (DN)
E-1 y P.A.	149.19	HDPE ISO 4427, SDR17, PN 10	200

Nota: La fuente es el expediente post construcción del proyecto.

3.3.1.2 Tuberías anuladas. Las tuberías anuladas hacen referencia a las tuberías que se dejaron inoperativas después de la instalación de las tuberías proyectadas, y se encontraban fuera del área destinada a las estructuras proyectadas: Estación Gambetta E-01 y Poza de Ataque.

Las tuberías anuladas fueron inyectadas en su interior con concreto fluido $f'c=100$ kg/cm².

Tabla 7

Metrado de las tuberías anuladas

Estación	Metrado (m)	Material	Diámetro (DN)
E-1 y P.A.	51.3	PVC	200

Nota: La fuente es el expediente post construcción del proyecto.

3.3.1.3 Tuberías abandonadas. Son aquellas que se dejaron inoperativas después de la instalación de las tuberías proyectadas y se encontraban dentro del área destinada a las estructuras proyectadas: Estación Gambetta E-01 y Poza de Ataque.

Tabla 8*Metrado de las tuberías abandonadas*

Metrado (m)	Material	Diámetro (DN)
95.46	PVC	200

Nota: La fuente es el expediente post construcción del proyecto.

3.3.1.4 Empalmes. Se realizaron 02 empalmes entre la red existente y la nueva red ejecutada.

Tabla 9*Empalmes ejecutados en la red de agua potable*

Estación	Empalme	Coordenadas	
		Este (m)	Norte (m)
E-1 y P.A.	Empalme 01	268843.53	8672768.32
	Empalme 02	268984.48	8672728.61

Nota: La fuente es el expediente post construcción del proyecto.

3.3.2 Metrados en la red de alcantarillado

3.3.2.1 Buzones. A continuación, se indican los buzones proyectados, mejorados, anulados y demolidos.

3.3.2.1.1 Buzones ejecutados. En la ejecución del colector reubicado, en el área circundante a las estructuras proyectadas: Poza de Ataque y Estación Gambetta (E-01), se construyeron dieciséis (16) buzones tipo II (según la CTPS-ET-008); en las uniones entre los buzones y tuberías de HDPE, se colocaron accesorios de restricción axial y pasamuros con la finalidad de fijación del concreto con la tubería de HDPE y la hermeticidad en el emboquillado respectivamente.

Los componentes estructurales usados en la construcción de los buzones fueron: cemento portland tipo HS o V con una resistencia de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ en las losas de fondo, muros, cámara húmeda y techo, $f'c=140 \text{ kg/cm}^2$ en los dados de anclaje y de $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$ en el solado.

A continuación, se detallan los buzones ejecutados en el proyecto:

Tabla 10

Buzones ejecutados en el proyecto

Buzón	Este (m)	Norte (m)	H(m)	Tipo
BP-01	269031.59	8672655.95	4.83	II
BP-02	269027.48	8672689.01	5.07	II
BP-03	269014.46	8672716.57	5.08	II
BP-04	268996.94	8672722.91	5.01	II
BP-05	268961.55	8672735.3	4.72	II
BP-06	268937.5	8672743.66	4.92	II
BP-07	268913.58	8672752.5	4.81	II
BP-08	268878.41	8672765.51	4.74	II
BP-09	268863.83	8672763.02	4.87	II
BP-10	268817.37	8672780.09	4.85	II
BP-11	268770.89	8672797.16	4.78	II
BP-12	268729.67	8672812.3	4.84	II
BP-13	268690.57	8672826.66	5.19	II
BP-15	268607.22	8672850.47	5.27	II
BP-16	268540.03	8672842.55	5.72	II
BP-18	268457.82	8672816.65	5.03	II

Nota: La fuente es el expediente post construcción del proyecto.

3.3.2.1.2 Buzones mejorados. En la ejecución del sistema proyectado de alcantarillado en el área circundante a la Poza de ataque y Estación Gambetta (E-1), se mejoraron seis (06) buzones, tal como se detalla en el cuadro siguiente:

Tabla 11

Buzones mejorados del sistema de alcantarillado

Estación	Buzón	H (m)	Trabajos ejecutados
E-01 y Poza de Ataque	Bz-207780	2.35	caña Demolición y reposición de media
	Bz-207869	2.59	caña Demolición y reposición de media
	Bz-207765	2.9	caña Cambio del marco y tapa Demolición y reposición de media
	Bz-207880	3.65	caña. Demolición y reposición de media Cambio del marco y tapa. Demolición y reposición de techo. Demolición y reposición de techo.
	Bz-304261	8.3	Cambio del marco y tapa. Demolición de la parte superior de la pared y reposición con concreto
	Bz-207758	8.14	Taponeo de ingreso de descarga (L=0.50m)

Nota: La fuente es el Expediente Técnico del proyecto.

3.3.2.1.3 Buzones anulados. En la red de alcantarillado que se dejó inoperativa y que se encontraban fuera del área circundante a las estructuras proyectadas: Poza de ataque y Estación Gambetta (E-1), se anularon trece (13) buzones existentes, se detallan a continuación:

Tabla 12*Buzones anulados*

Estación	Buzón	H (m)
	Bz-207778	2.12
	Bz-304262	2.66
	Bz-207864	2.99
	Bz-207764	2.80
	Bz-207761	2.92
	Bz-207775	2.77
E-01 y Poza de Ataque	Bz-207865	3.32
	Bz-207763	3.20
	Bz-207863	3.77
	Bz-207762	3.81
	Bz-207754	3.98
	Bz-207759	4.40
	Bz-207755	4.50

Nota: La fuente es el expediente post construcción del proyecto.

3.3.2.1.4 Buzones demolidos. En la red de alcantarillado que se dejó inoperativa y que se encontraba dentro del área circundante a las estructuras proyectadas: Poza de ataque y Estación Gambetta (E-1), se demolieron seis (06) buzones:

Tabla 13*Buzones demolidos*

Estación	Buzón	H (m)
	Bz-207779	2.25
	Bz-304263	2.7
E-01	Bz-207776	2.62
	Bz-207866	3.1
	Bz-207777	3.5
	Bz-304271	3.55

Nota: La fuente es el expediente post construcción del proyecto.

3.3.2.2 Tuberías de alcantarillado. A continuación, se detallan los metrados respecto a las tuberías del sistema de alcantarillado:

3.3.2.2.1 Tuberías ejecutadas. En la reubicación de la red de alcantarillado en la Estación Gambetta E-01 y Poza de Ataque, se instalaron tuberías de PVC DN 250 SN 4 y DN 315 SN 4; y tuberías de HDPE DN 1000 SN 4 y SN 8, según el siguiente detalle:

Tabla 14

Metrado de tuberías ejecutadas en la obra

Metrado (m)	Material de la tubería	Diámetro (DN)
5.51	PVC NTP ISO 4435, SDR 41, SN 4	200
20.72	PVC NTP ISO 4435, SDR 41, SN 4	315
423.78	HDPE NTP ISO 8772, SDR 26, SN4 (PC: Zanja abierta)	1000
75..97	HDPE NTP ISO 8772, SDR 26, SN4 (PC: Túnel liner)	1000
80.91	HDPE NTP ISO 8772, SDR 21, SN8 (PC: Zanja abierta)	1000
94.81	HDPE NTP ISO 8772, SDR 21, SN8 (PC: Túnel liner)	1000

Nota: La fuente es el expediente post construcción del proyecto.

3.3.2.2.2 Tuberías anuladas. Las tuberías anuladas son aquellas que se dejaron inoperativas después de la instalación de las tuberías proyectadas y que se encontraban fuera del área de cautela de la Estación Gambetta E-01 y Poza de Ataque.

Las tuberías anuladas fueron inyectadas en su interior de concreto fluido $f'c=100$ kg/cm².

Tabla 15

Metrado de tuberías anuladas en la obra

Metrado (m)	Material	Diámetro (DN)
13.09	CSN	200
252.15	CSN	300
152.8	PVC	315
552.99	PVC	630

Nota: La fuente es el expediente post construcción del proyecto.

3.3.2.2.3 Tuberías abandonadas. Las tuberías abandonadas son aquellas que se dejaron inoperativas después de la instalación de las tuberías proyectadas y que se encontraban dentro del área de cautela de la Estación Gambetta E-01 y Poza de Ataque.

Tabla 16

Metrado de tuberías abandonadas en la obra

Metrado (m)	Material	Diámetro (DN)
3.56	CSN	200
268.8	CSN	300
251.21	PVC	315
16.85	PVC	630

Nota: La fuente es el expediente post construcción del proyecto.

3.3.3 Metrado de obras provisionales

3.3.3.1 Buzones

3.3.3.1.1 Buzón proyectado. Para la ejecución de las obras provisionales se insertó un (01) buzón sobre la red existente de alcantarillado, este buzón quedó permanente hasta el horizonte del proyecto.

Tabla 17

Buzón proyectado en obra provisional en la obra

Buzón	Este (m)	Norte (m)	H (m)	Tipo
BP-19	269046.4	8672646.7	2.96	II

Nota: La fuente es el expediente post construcción del proyecto.

3.3.3.1.2 Buzón provisional. Como parte de las obras provisionales se instaló un (01) buzón provisional que posteriormente fue anulado.

Tabla 18

Buzón anulado de la obra provisional en la obra

Buzón	Este (m)	Norte (m)	H (m)	Trabajos realizados
BOP-01	269023.73	8672655.1	2.84	Buzón de obra provisional para instalación de la tubería provisional.

Fuente: La fuente es el expediente post construcción del proyecto.

3.3.3.2 Accesorios provisionales. Para la ejecución del colector proyectado de HDPE DN 1000, se derivó el caudal de la red existente en funcionamiento a través de una red provisional con los siguientes accesorios:

Tabla 19

Accesorios usados en la red provisional de la obra

Accesorio	Este (m)	Norte (m)	Material
Codo 22.5° (C1)	269031	8672648.4	PVC ISO NTP 4435, SN 4
Codo 22.5° (C2)	269036.5	8672646.3	PVC ISO NTP 4435, SN 4

Nota: La fuente es el expediente post construcción del proyecto.

3.3.3.3 Tubería provisional. Para la ejecución del colector proyectado, se derivó el caudal de la red existente en funcionamiento a través de la red provisional instalada; finalizado los trabajos; esta tubería fue anulada mediante la inyección de concreto fluido $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$ en su interior.

Tabla 20

Metrado de tubería de la obra provisional

Estación	Metrado (m)	Material	Diámetro (DN)
E-1 - P.A.	25.74	PVC ISO 4435, SDR 41, SN 4	630

Nota: La fuente es el expediente post construcción del proyecto.

3.4 Procedimiento constructivo de alcantarillado sanitario mediante túnel liner

3.4.1 Primera etapa: obras preliminares

Para la ejecución de estos trabajos se tomarán en cuenta lo siguiente:

- Verificar que el personal tenga la competencia sobre “Manejo y Operación de Excavadora sobre Orugas / Llantas”.
- Obtención de permiso de trabajo y su correcto llenado.
- Charla de 5 minutos y difusión del procedimiento de trabajo.
- Realización por escrito del formato de ATS.
- Revisión de todos los EPP's.

- Verificar que todas las herramientas y maquinarias cuenten con el check list de pre-
uso.
- Señalizar el área de trabajo a una distancia de 1.50 m antes de la obra, alertando
sobre los riesgos, por ejemplo: “Peligro excavación profunda”, “Área de trabajo -
solo personal autorizado”, “cuidados salida de volquetes”, “Izaje de carga”.
- Se proporcionará equipo de comunicación al Operador, Supervisor y trabajadores
involucrados en la actividad, para un trabajo coordinado.
- Comprobar que el acceso para vehículos y maquinarias, dispone de las
dimensiones adecuadas y seguras para el tránsito, maniobras y permanencia de
los mismos.

3.4.1.1 Control topográfico. El Topógrafo verificará en un área de 6 m a cada
lado de la trayectoria, las posiciones previamente marcadas de las líneas y cables;
asimismo, debe señalar la ubicación de todas las interferencias (agua, gas, fibra óptica,
media tensión, red de claro, etc.)

El Ingeniero Residente debe planificar la trayectoria del túnel liner, desde la
entrada hasta la salida, antes de comenzar la construcción. La trayectoria se puede marcar
en el suelo con pintura aerosol o banderas o adjuntar en el protocolo de replanteo
topográfico un esquema referencial de las coordenadas. El Ingeniero Residente y el
Prevencionista de Riesgos, teniendo en cuenta la trayectoria, planificarán la señalización
y cercamiento del área de trabajo.

El levantamiento topográfico comprende las siguientes actividades:

- Reconocimiento de campo.
- Identificación del trazo por donde se ejecutará el túnel.
- Se deberá coordinar con la Supervisión la validación de la información topográfica
(coordenadas y cotas) de los puntos de control establecidos, antes de iniciar los
trabajos.

- Ya teniendo toda la documentación conforme y verificada se realiza el levantamiento topográfico del sector.

3.4.1.2 Construcción de cerramiento y su implementación. Para la construcción del cerramiento se utilizaron paneles metálicos y de madera OBS en todo su perímetro, cumpliendo los siguientes pasos:

Trazado de la ubicación del cerramiento.

Instalación de postes de madera que servirán de soporte para el cerramiento, para esta actividad se debe demoler el pavimento con rotomartillo donde se anclarán los puntales, posteriormente se asegurará con concreto.

Instalación de los paneles de madera de 2.44 m x 1.22 m en todo el perímetro del cerramiento, los cuales se soportarán con los postes de maderas ya instalados por medio de clavos.

Se realizarán las divisiones internas del cerramiento, donde se acondicionarán todas las áreas de trabajo.

Se instalarán todas las facilidades y acometidas eléctricas necesarios para el funcionamiento de los equipos en la obra, dicha actividad será realizada por personal calificado como es el técnico electricista.

Se instalará las señaléticas.

Este campamento debe cumplir con todas las normas de seguridad, ambientales y sociales.

Figura 13

Cerramiento y su implementación en obra



3.4.2 Segunda etapa: construcción de buzones liner

Para la construcción del túnel liner, es necesario realizar estructuras de acceso, que permitan el trabajo a la profundidad necesaria dando acceso tanto a los trabajadores como a los equipos, a los ductos de ventilación, al sistema de iluminación, facilidades eléctricas y el manejo del material de excavación; debido a que las instalaciones del túnel liner es completamente enterrado.

3.4.2.1 Corte y rotura de pavimento. Previo al inicio de los trabajos de corte y rotura de pavimento y veredas se identificaron las interferencias existentes: eléctricas, gas, fibra óptica, agua potable, alcantarillado, etc. realizando las siguientes actividades:

Se realizó la señalización del área de trabajo.

El corte del pavimento y vereda fue realizado con una sierra diamantina, posteriormente se rompió dicho perímetro en fragmentos más pequeños con un martillo neumático. Para el corte de la vereda se tuvo en consideración de romper paños completos siguiendo las líneas de las bruñas.

La rotura del pavimento se realizó teniendo en cuenta de adoptar figuras geométrías regulares con ángulos rectos, y evitando los ángulos agudos, los bordes quedaron en forma perpendicular a la superficie.

El material demolido fue retirado por tramos y eliminado como material peligroso.

Figura 14

Corte y demolición de pavimento para construcción de buzón liner



3.4.2.2 Excavación de la zanja para buzón liner. Antes de iniciar las labores, se realizó una inspección visual de las interferencias existentes: redes eléctricas, telefonía, gas, fibra óptica, agua potable, alcantarillado, etc.; según los planos aprobados del Expediente Técnico.

Se realizó el trazo y replanteo del buzón liner proyectado y las interferencias señaladas según los planos.

Se excavó manualmente hasta una profundidad de 2.0 m con la finalidad de identificar las interferencias existentes, en caso se encuentren nuevas interferencias no identificadas en los planos, estos serán plasmados en los planos post construcción.

Posterior a los 2.0 m, la excavación se realizó con maquinaria, teniendo cuidado de no afectar las interferencias no identificadas en los planos.

Recomendaciones antes y durante los trabajos de excavación:

Se verifica que el lugar donde se realiza la zanja no sea zona arqueológica, ni relleno sanitario; de ser el caso se suspenden temporalmente las actividades hasta que los especialistas brinden la autorización correspondiente.

En el caso que el brazo de la excavadora alcance su límite de extensión, se hará uso del winche eléctrico.

El material excavado deberá depositarse al menos a 1.0 m del borde de la zanja.

Se deben tomar previsiones para que los vehículos o equipos móviles no se acerquen a menos de 3.0 m del borde de la zanja excavada.

A los 3.0 m de profundidad, se colocarán barandas rígidas alrededor de la excavación.

Para el retiro de la excavadora, se contará con un vigía para guiarlo con una paleta de pare y siga, con la señalización adecuada de la zona de trabajo (conos), el cucharón de la excavadora deberá estar retraído hacia dentro y lo más cercano posible del suelo.

Figura 15

Excavación manual para construcción de buzón liner



3.4.2.3 Desarrollo de la construcción del buzón liner. De acuerdo con la ingeniería del proyecto, se construyeron cuatro (04) buzones circulares intermedios de diámetro 5.0 m, los cuales permitieron la construcción del túnel liner a lo largo de los 03 tramos.

Para la construcción de los buzones liner de acceso, se usaron láminas liner de acero corrugado cada 0.46 m hasta llegar a la profundidad indicada en el diseño, a continuación, se detallan la secuencia de actividades realizadas:

La primera fase de excavación se realizó hasta la profundidad de 2.0 m de forma controlada, combinando excavación manual y con maquinaria, con la finalidad de identificar las interferencias existentes en el área de trabajo (redes eléctricas, telefonía, gas, fibra óptica, agua potable, media tensión, etc.).

Para excavaciones mayores a 2.0 m y hasta una profundidad de 3.0 m se usó maquinaria.

Se contará con un vigía con una paleta de pare y siga, el cual dirigirá al operador de la maquinaria durante las excavaciones. El vigía, se posicionará en una zona segura, contrario al sentido de giro del brazo de la maquinaria.

Se instalan los primeros seis (06) anillos con las láminas liner conformando el diámetro del buzón de acceso, con esto se entiba el total de los 3.0 m excavados.

Se colocan 04 tuberías pasantes de PVC DN 160 equivalente a la longitud de los seis (06) anillos para los trabajos de inyección de concreto en la sobre excavación formada entre el exterior de las láminas liner y el terreno.

Se realiza la inyección de mortero reoplástico en los primeros seis (06) anillos a través de los pasantes de PVC DN 160 que ya fueron instalados, para rellenar perimetralmente los vacíos que se generan entre las láminas liner y el terreno, y de esta manera evitar movimientos del suelo o descensos que pueden generar deformaciones indeseables. Para la aplicación del mortero, los operarios contarán con traje tyvek, guantes de jebe y botas de jebe.

Una vez finalizada la primera fase de los primeros seis (06) anillos, se continúa con la instalación de los anillos restantes hasta llegar a la profundidad deseada, donde nuevamente se repite la inyección final de concreto para rellenar los espacios vacíos, con este mismo mortero se realiza un solado de limpieza en el fondo del buzón liner.

Figura 16

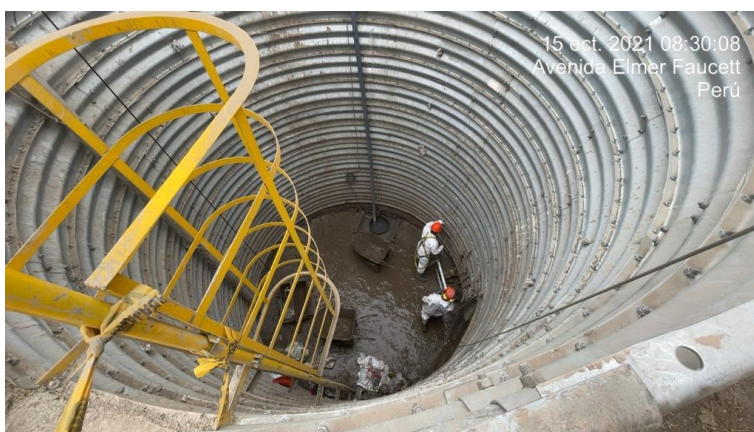
Construcción del buzón circular liner BP-13



3.4.2.4 Construcción de pozo sumidero. Debido a la existencia de napa freática en la excavación de los pozos liner, fue necesario la construcción de un pozo sumidero para el control del nivel freático; esto permite la recolección y bombeo de agua subterránea mediante electrobombas sumergibles hacia la superficie.

Figura 17

Pozo sumidero de bombeo de agua subterránea y escalera tipo gato



3.4.2.5 Instalación de escalera tipo gato. El primer tramo de la escalera tipo gato fue anclado en un dado de concreto de $f'c=175$ kg/cm², mientras que el cuerpo restante fue anclado a las láminas metálicas del buzón liner, los mismos que fueron asegurados con pernos.

La escalera tipo gato se fue implementando según los avances de los buzones liner; a partir de los 2.50 m de profundidad se realizó su implementación consistiendo en la colocación de una jaula de protección y un sistema de ascenso y descenso.

3.4.2.6 Instalación de winche eléctrico. Para la instalación de este componente se construyó un dado de concreto armado de $f'c=175$ kg/cm² de resistencia en la superficie adyacente al buzón liner, este dado debe encontrarse a una distancia no mayor de 10 cm debido a que el radio de giro de los brazos del winche es corto.

Este winche permitió el acarreo del material excavado desde el fondo del buzón y túnel liner hasta la superficie del pozo de ataque; asimismo, permitió bajar las láminas liner al interior del buzón.

Figura 18

Winche eléctrico en la superficie del buzón liner BP-16



3.4.3 Tercera etapa: construcción del túnel liner

El túnel liner es una solución conformada por láminas de acero corrugado, que es usado para la construcción de túneles, sin necesidad de ejecutar zanjas abiertas, y de esta manera evitar la interrupción de actividades en la superficie mientras se ejecuta la obra, aminorando molestias y sobre todo garantizando la integridad de las estructuras aledañas existentes, tales como: vías y edificaciones.

Esta metodología consiste en excavar manualmente el frente del túnel liner, paralelamente se van instalando las estructuras liner de acero galvanizado en caliente por medio de pernos y al finalizar la jornada, los espacios vacíos que resulten son rellenadas con mortero fluido en estado líquido inyectado a presión, con el único objetivo de rellenar estos vacíos.

Figura 19

Túnel liner ejecutado en el tramo BP-13 al BP-15



3.4.3.1 Construcción de los primeros 3 anillos para el túnel liner. El armado de los primeros 3 anillos, se realiza en la superficie, teniendo en cuenta lo siguiente:

Primera fase: Se arma el primer anillo, ensamblando entre si sus tres láminas.

Segunda fase: Se arman dos anillos adicionales, ensamblando entre si sus tres láminas.

Tercera fase: Se unen los tres anillos, con el objetivo de dar mayor cuerpo a la estructura, para que tenga una mayor área de contacto con el suelo, logrando que su instalación y liberación topográfica sea más efectiva.

Estos trabajos serán realizados por todo el personal en superficie.

Posteriormente los tres (03) anillos son izados y bajados al fondo del buzón para su instalación dentro de túnel.

Para estos trabajos se requieren las siguientes herramientas:

- Llaves de boca y corona.
- Taladro inalámbrico, con juego de copas.
- Cincel y/o puntas.
- Zetas
- Barretas con punta.

Con ayuda de la zeta y las puntas, se introduce en el orificio central de la segunda lámina, haciendo encajar los 4 pernos de la primera lámina en los orificios de la segunda lámina (se pone en conocimiento que cada lámina tiene 5 orificios, pero solo se colocan 4 pernos para poder introducir el cincel y hacer la maniobra indicada).

Una vez unida las láminas, se coloca las cuatro tuercas y se procede atornillarlas suavemente, para tener juego a la hora de instalar la última lámina.

3.4.3.1.1 Excavación de los primeros 3 anillos para el túnel liner. Se realizará solo la excavación para los primeros 03 anillos:

La excavación para la instalación de las láminas liner se efectuará manualmente iniciando por el sector circular superior y finalizando por las secciones de los costados, utilizando herramientas menores como: palas, picos, barretas y martillo demoledor eléctrico; se deberá contar con los EPP's específicos para esta actividad.

La excavación manual se debe ceñir lo más posible al diámetro exterior del anillo y evitar sobre excavaciones.

El trabajador usará una barretilla de 1.20 m de longitud y Ø1" de diámetro para los trabajos de excavación, sosteniéndolo por la mitad y adoptando una posición ergonómica.

La excavación se realizará conformando un ángulo de inclinación de 45° grados, con el propósito de realizar una excavación controlada de todo el segundo anillo. El trabajador se ubicará en superficie, logrando estar posicionado fuera de la línea de fuego.

Figura 20

Excavación manual y ensamblaje de láminas del túnel liner



3.4.3.1.2 Instalación de los primeros 03 anillos dentro del túnel liner. Se procede instalar manualmente los tres (03) primeros anillos dentro de la excavación del túnel; para ello, los trabajadores utilizarán barretas con las cuales hacen palanca a los anillos y los van direccionando hasta la excavación.

Con el mismo material de la excavación, se posicionan los anillos en el lugar indicado por el topógrafo.

Figura 21

Instalación de los primeros tres (03) anillos del túnel liner



3.4.3.1.3 Control topográfico de los primeros 03 anillos. Se instala y se orienta la estación total en la superficie, se procede a marcar el alineamiento, las elevaciones y progresiva del primer anillo. Se realizan las correcciones en caso sea necesario, ya que los primeros anillos instalados serán la guía de todo el túnel liner.

Se finaliza con el registro de liberación topográfica y se da continuación a la fijación del anillo.

Figura 22

Control topográfico de la instalación de los 03 primeros anillos



3.4.3.1.4 Traslado y eliminación de desmonte de los primeros 3 anillos. Para los tres (03) primeros anillos, el traslado y la eliminación del desmonte se dispondrá directamente en el balde del winche para su ascenso a la superficie para su acopio.

En la superficie, el material extraído será colocado en una zona de acopio temporal, su posterior disposición final será utilizando una retroexcavadora y volquete.

Figura 23

Traslado de material excavado hacia winche eléctrico



3.4.3.1.5 Relleno de mortero fluido para los primeros 3 anillos. Para los tres (03) primeros anillos, el relleno de los espacios vacíos producto de la sobre excavación se inyectará de mortero fluido en paralelo con los anillos finales del buzón liner, con el objetivo de que queden monolíticos entre el túnel y buzón liner.

Figura 24

Inyección de mortero fluido en los 03 primeros anillos

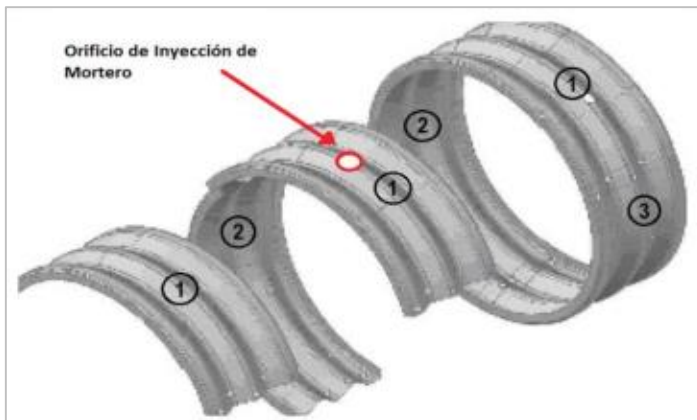


3.4.3.2 Construcción del 4^{to}, 5^{to}, 6^{to}.... anillos del túnel liner. El cuarto anillo tendrá un giro de 20° en sentido antihorario con respecto a la vertical del anterior anillo. Se ubicará el orificio para la inyección del mortero fluido en la parte superior a fin de garantizar una inyección de mortero al 100%.

Su instalación se realizará en tres (03) fases, de acuerdo con la siguiente figura:

Figura 25

Detalle de instalación de anillos en túnel liner



3.4.3.2.1 Excavación del 4^{to}, 5^{to}, 6^{to} anillos del túnel liner. La excavación y posterior instalación de las láminas liner se efectuará manualmente iniciando por el sector circular superior y finalizando por las secciones de los costados, utilizando herramientas menores como: palas, picos, barretas y martillo demoledor eléctrico; se deberá contar con los EPP's específicos.

La excavación se debe ceñir lo más posible al diámetro exterior del anillo y evitar sobre excavaciones.

El trabajador usará una barretilla de 1.20 m de longitud y Ø1" de diámetro para los trabajos de excavación, sosteniéndolo por la mitad y adoptando una posición ergonómica.

La excavación se realizará conformando un ángulo de inclinación de 45 grados, con el propósito de que la excavación sea lo menor posible, antes de poder instalar la lámina superior.

Al iniciar la excavación, el trabajador se posicionará a unos 50 cm detrás de la pared y al finalizar se encontrará a unos 5 cm o 10 cm detrás de la pared como máximo, tener en cuenta que la distancia a excavar solo es la necesaria para poder colocar el anillo, logrando que el personal siempre esté posicionado fuera de la línea de fuego.

Si durante los trabajos de excavación se encuentra rocas de dimensiones mayores a 20", se usará el martillo demoledor eléctrico para poder retirarla y eliminarla con facilidad.

Las rocas mayores a 20" de diámetro serán retiradas con ayuda de una soga de nylon del interior del túnel liner para evitar realizar esfuerzo por parte del personal.

3.4.3.2.2 Eliminación de material del 4^{to}, 5^{to}, 6^{to} anillos del túnel liner. El trabajador que inició con los trabajos de excavación también tiene la labor de realizar la eliminación del material excavado proveniente de la misma, y para ello usará las siguientes herramientas:

- Una lampa.
- Buggis, con la ayuda de esta herramienta se trasladará el material excavado a la zona designada para el acopio, cada cuadrilla de trabajo contará con dos (02) personas que se encargarán de retirar el material excavado (no se tendrá material acumulado dentro del túnel) y el ingreso será intercalado.

Posterior a los 25 m se implementará una persona más en la cuadrilla para el traslape respectivo del retiro de material.

Se colocará una plancha metálica de 1.2 m x 1.50 m sobre el túnel liner para dar una mayor facilidad al momento del carguío.

La eliminación de material tendrá un ciclo constante, según la cantidad de material que se acumule.

El material se retirará del túnel liner por medio de buggis hasta el buzón liner, donde se procederá a llenar el balde del winche para su posterior ascenso a la superficie para su acopio.

El material extraído será colocado en una zona de acopio temporal, para su posterior disposición final utilizando una retroexcavadora y volquete.

Figura 26

Acarreo del material excavado del túnel liner con buggy



3.4.3.2.3 Instalación de láminas liner del 4^{to}, 5^{to}, 6^{to} anillos del túnel

liner. Estos trabajos serán realizados por la primera, segunda y tercera persona, para ello se requerirá las siguientes herramientas:

- Llaves de boca y corona.
- Taladro inalámbrico, con juego de copas.
- Cincel y/o puntas
- Zetas
- Barretas con punta

La primera persona levanta la lámina y la ubica en la parte superior de la sección excavada, debidamente alineada a la lámina superior del primer anillo, así mismo la pestaña y los agujeros deben quedar de frente con la lámina del primer anillo.

La segunda persona, con la ayuda de la zeta y las puntas, se introducen en el orificio central de la segunda lámina, haciéndola encajar con los orificios de la lámina del primer anillo (se pone de conocimiento que cada lámina tiene 9 orificios para unir longitudinalmente las láminas con el anillo anterior, pero se deja de momento, dos orificios libres para introducir las herramientas y hacer la maniobra indicada).

La tercera persona, va ingresando los pernos y sus tuercas por los orificios longitudinales para unir y ensamblar la lámina con el primer anillo.

Una vez unidas las láminas longitudinalmente, se procede atornillar suavemente los pernos, para tener juego a la hora de instalar la última lámina.

Para el ajuste final, se debe realizar una torsión continua, la cual se genera con una llave de impacto inalámbrica.

3.4.3.3 Topografía diaria. Para estas actividades se usará una estación total debidamente calibrado; además cada liberación topográfica, debe diligenciarse el respectivo protocolo de liberación con la firma de los responsables.

- El personal de la instalación se retirará del interior, quedándose únicamente el capataz para las indicaciones relacionadas con el control topográfico.
- Se instala y se orienta la estación total en la entrada del túnel liner.
- El ayudante de topografía ingresa al interior del túnel liner, dirigiéndose al sector del anillo ensamblado.
- Se realiza la medición de los anillos instalados en el turno, para el debido control de pendiente y alineamiento.
- Las mediciones y liberación topográfica se realizan diariamente al finalizar el avance de anillos del día y antes de la inyección del mortero. Así mismo y de manera interna, se realizan mediciones topográficas después de la inyección de mortero, para controlar alguna posible desviación durante la inyección.

3.4.3.4 Inyección de mortero plástico. Al finalizar la jornada laboral, los espacios vacíos que resulten entre la cara exterior del túnel liner y el terreno de los anillos ejecutados, por medio de los agujeros en la parte superior de las láminas liner son rellenadas con mortero fluido inyectado a presión y no debe superar los 100 kg/cm², para ello se utiliza una bomba de inyección de mortero Putzmeister P13 o similar.

El único objetivo del mortero fluido es rellenar los espacios vacíos; dicho mortero no es estructural, y la única condición es que el compuesto posea características mejores

o similares que el suelo, formando así un sistema de transferencia de esfuerzos de una zona flexible (suelo), hacia una zona semirrígida (relleno inyectado), y de esta hacia una zona rígida (estructura del túnel liner), donde finalmente se absorben y distribuyen todos los esfuerzos en su perímetro.

Figura 27

Inyección del mortero plástico alrededor de las láminas liner



Nota: Esta actividad se realizó una hora antes de culminar la jornada diaria.

Se realizará la inyección de mortero fluido en la corona circular del primer anillo, que cuenta con la siguiente sección:

- Diámetro Nominal: 1.80 m
- Profundidad por anillo: 0.46 m
- Volumen por anillo: 0.39 m³

Para ello los trabajadores utilizarán:

- Una bomba de inyección de mortero, incluye mangueras y accesorios.
- Mortero premezclado o lampas

Se trasladan las mangueras de la bomba de inyección en el interior del túnel liner, esta operación se realiza manualmente entre dos o tres personas.

Se procede a conectar las salidas de las mangueras en los orificios acondicionados de las láminas de túnel liner.

En el interior del túnel liner se queda una persona quien sostiene y dirige el flujo del mortero fluido y el capataz para verificar que no haya fuga de mortero.

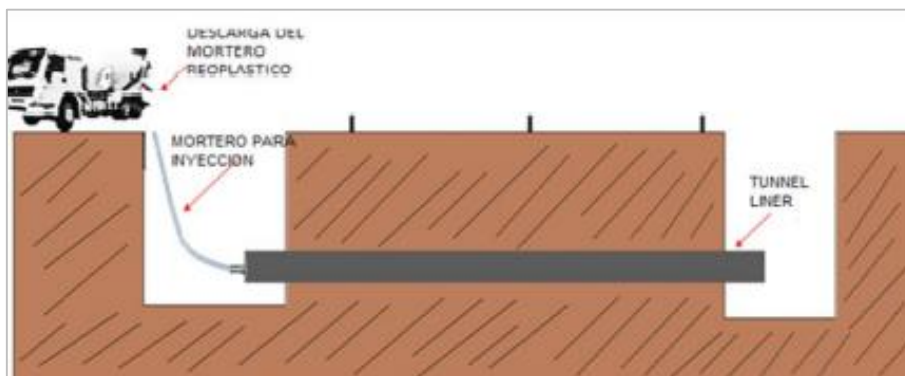
Tres o cuatro personas apoyan en el vaciado del mortero del mixer a la bomba de inyección, quienes estarán provisto de EPP's adecuados y respiradores para polvo, traje tyvek, botas de jebe y guantes de jebe.

A medida que se inyecta el mortero con ayuda de un mazo de goma se irá golpeando la lámina para que fluya el mortero a fin de evitar vacíos en el interior.

Al concluir los trabajos de inyección se procede con la limpieza de la bomba de inyección y las mangueras.

Figura 28

Esquema ilustrativo de la inyección de mortero dentro del túnel



Fuente: Extraído del Expediente Técnico del proyecto.

3.4.3.5 Sistema de ventilación. El elemento de ventilación tiene como objetivo desplazar el aire dentro del túnel, de tal manera que exista un suministro de aire fresco; en este caso se debe emplear una ventilación soplante. El ventilador ubicado en el pozo de ataque ejerce una presión negativa, obligando al aire contaminado a circular a través del ducto de ventilación (mangas de polyflex).

El sistema de ventilación estuvo compuesto por un extractor de aire invertido tipo industrial, con salida de Ø12" y se le acopló una manga de polyflex, para su fijación se utilizó cintillos que se sujetaron de los pernos de anclaje de las láminas liner.

El ventilador instalado dentro del pozo de ataque debe estar a una altura del fondo del piso de 0.60 m a 1.00 m, fijado para evitar cualquier desprendimiento.

La velocidad del flujo de aire necesario para que el personal dentro del túnel realice trabajos en condiciones óptimas considerando trabajos manuales.

El sistema de ventilación se instalará en la entrada del túnel liner y la energía eléctrica será alimentado del tablero general alimentado del grupo electrógeno.

Se realizará el monitoreo de gases que estará a cargo del Ingeniero de Seguridad antes del ingreso del personal al túnel, este monitoreo de gases se realizará al inicio de la jornada y con una frecuencia de 30 minutos durante la labor diaria y será registrado en una hoja de control.

El personal liderado que se encuentran en el interior del túnel liner, estará pendiente de la alarma del detector de gases. En caso ocurriera una disminución del porcentaje de oxígeno mínimo permitido por los valores elevados de gases, todo el personal que se encuentra en el interior del túnel evacuará inmediatamente al sonido de la alarma.

A medida que se vaya avanzando la instalación de las láminas dentro del túnel liner se irá prolongando la manga de Ø12" en tramos de 10 m.

Figura 29

Sistema de ventilación con extractor de aire dentro del túnel liner



3.4.3.6 Sistema de iluminación. El sistema de iluminación consistió en una cinta flexible LED a lo largo del túnel liner y un reflector en el inicio de la construcción del túnel, y la energía eléctrica será alimentado del tablero general alimentado del grupo electrógeno.

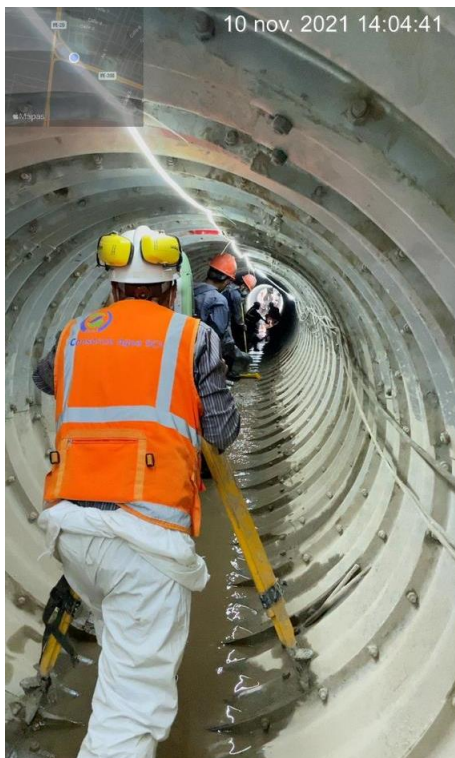
Aleatoriamente el Ingeniero de Seguridad y/o el Ingeniero Residente ingresarán al interior del túnel liner para verificar los valores de iluminación permitidos de acuerdo al D.S. N° 024-2016-EM con los cuales se elaborará un registro diario.

A medida que se vaya avanzando la instalación de las láminas dentro del túnel liner se irá prolongando la cinta flexible LED y el respectivo reflector, para su fijación se utilizará cintillos que se sujetarán de los pernos de anclaje de las láminas.

El cable que abastecerá de fluido eléctrico a la cinta flexible LED, es un cable vulcanizado el cual cumple todos los estándares de Seguridad Industrial.

Figura 30

Sistema de iluminación tipo LED dentro del túnel liner



3.4.3.7 Consideraciones previas al ingreso del túnel liner. Para el ingreso del personal al interior del túnel liner será obligatorio completar el formato de Permiso Escrito de Trabajo de Alto Riesgo (PETAR) por considerarse un espacio confinado, donde todos los trabajadores involucrados en la actividad deberán completarlo.

El Prevencionista de Riesgos a cargo del frente de trabajo, monitoreará los niveles de oxígeno previo del ingreso de los trabajadores, una vez identificado los niveles correctos de oxígeno, el personal podrá ingresar sin problemas al área.

En caso de que las primeras tomas de muestra de los niveles de oxígeno no estén dentro de los parámetros permitidos, se ventilará por 10 minutos el túnel, o en caso contrario hasta que los niveles de oxígeno se establezcan.

3.4.4 Cuarta etapa: rampas de lanzamiento

Esta etapa consiste en la ejecución de las rampas de lanzamiento hacia los tramos del túnel liner de acuerdo con los planos del proyecto:

Primero se delimita el tramo en el cual se realizará la rampa, luego se señala y se procede con el trazo y replanteo.

Se continúa con la excavación de la zanja considerando las profundidades de corte y pendiente de la rampa de lanzamiento según los planos.

Se instalan los entibados tipo cajón para dar soporte al terreno y evitar derrumbes o accidentes.

Finalmente, se ingresa el varillón termofusionado de tubería HDPE DN 1000 al túnel liner a través de las pozas de ataque mediante la rampa de lanzamiento.

Figura 31

Rampa de lanzamiento del BP-15 al BP-13 en el tramo túnel liner



3.4.5 Quinta etapa: instalación de tuberías dentro del túnel

3.4.5.1 instalación de rieles dentro del túnel liner. Una vez ejecutadas las rampas de lanzamiento, se procede con la instalación de los rieles a lo largo de todo el túnel liner y se colocan alineadas con apoyo de un puntero o soldador y el equipo de topografía.

Para el control topográfico de las cotas del riel, se deberá tomar en cuenta la pendiente de diseño del colector, que es la misma pendiente del túnel liner. La cota del riel se determina mediante la siguiente ecuación:

$$CT_{riel} = CT_{fondo\ tubería} - H_{carrito\ móvil} - e_{tub.} \quad (2)^2$$

² Mediante esta ecuación se determina la cota del riel para la liberación topográfica

Donde:

- *CT fondo tubería*: La cota del fondo de la tubería se determina por la interpolación de las cotas de fondo de los buzones aguas arriba y aguas abajo, respecto a una distancia parcial.
- *Hcarrito móvil*: Es la altura del carrito móvil, medido desde su eje superior hasta el nivel inferior de sus llantas. Para el proyecto la altura del carrito fue 299.65 mm.
- *e tub.*: Es el espesor del tubo, para la tubería HDPE DN 1000 NTP ISO 8772 es 38.20 mm

La verificación de cotas en el riel se realiza cada 3 m, teniendo en cuenta que los perfiles instalados tienen longitudes estandarizados de 6.0 m.

El alineamiento de la tubería, también se realiza en la etapa de instalación de los rieles; usando la función "*nivel de referencia*" de la estación total, donde se ingresan las coordenadas y cotas de los ejes de los buzones aguas arriba y aguas abajo; se verifica que los extremos izquierdo y derecho de los rieles estén equidistantes del *nivel de referencia* proyectado en el equipo topográfico.

Luego, se fijan los rieles con concreto de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$, dejando ver solo la parte superior por donde pasarán los carritos (dispositivo metálico de transporte de la tubería); por el otro extremo, se instala un winche para realizar el arrastre de las tuberías desde la rampa hacia el túnel liner.

Luego, se realiza una verificación topográfica post vaciado de la losa, verificando que las cotas de los rieles sean las definidas inicialmente.

Para la instalación del varillón termofusionado será izado con una excavadora o camión grúa y será ingresado al túnel liner por medio de la rampa excavada; a medida que ingresa la tubería se irá sosteniendo con correas en los carritos, y estos carritos serán colocados cada 6 m dentro del túnel liner. Con la ayuda de un winche se inicia el arrastre desde el otro extremo, y los carritos se encarrilan en los rieles para permitir el avance progresivo de la tubería dentro del túnel liner.

Finalmente, una vez instalada la tubería dentro del túnel liner, se realiza una última verificación topográfica, dado que el colector HDPE DN 1000 permite el ingreso a su interior de un personal y mini prisma para los trabajos topográficos; con ello se garantiza que el tramo quede instalado con las cotas y pendientes definidas en el proyecto.

Figura 32

A la izquierda: rieles fijados dentro del túnel liner. A la derecha: carritos móviles sosteniendo a la tubería HDPE



Figura 33

Fijación de rieles dentro del túnel liner en el tramo BP-16 al BP-18



3.4.5.2 Relleno con mortero fluido entre la tubería y el túnel liner.

Finalmente, el espacio vacío resultante entre el túnel liner y la tubería instalada de HDPE DN 1000, fue relleno con mortero fluido con una resistencia mínima de $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$ taponando convenientemente ambos extremos con una mezcla cementicia; mientras que las paredes interiores del túnel liner con el exterior del tubo HDPE fueron fijados mediante soportes de madera para inmovilizar la tubería durante proceso de vaciado del mortero fluido.

El llenado del mortero fluido se realizó en 02 fases, de esta manera se evitó el empuje del concreto a la tubería instalada de HDPE que ya se encontraba nivelada y alineada dentro del túnel liner.

El mortero fluido fue vaciado a través de tuberías montantes de $\text{Ø}6''$ dejados en los extremos taponados del túnel liner.

Figura 34

Fijación de tubería en interior del túnel liner para vaciado de mortero



3.4.6 Construcción de buzones

Este capítulo contempla la construcción de los buzones tipo II en los tramos del túnel liner, coincide con la ubicación de las pozas verticales liner. Cabe señalar, que el procedimiento constructivo de estos buzones son las mismas que en los tramos ejecutados por el método convencional.

La fabricación, instalación, verificación, pruebas, ensayos y otras actividades que sean necesarias para la correcta construcción de los buzones estarán sujetas a lo indicado en el R.N.E. y las especificaciones técnicas del proyecto.

Estos buzones fueron construidos in situ (la cámara húmeda) y prefabricados (el fuste y techo); el concreto usado fue $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ para todos sus componentes: losa de fondo, muros, losa intermedia, fustes, techo y canaletas; se usó cemento Portland tipo V o HS, de alta resistencia al ataque de sulfatos

Los marcos y las tapas de los buzones dependerán del tipo de red de alcantarillado: primario o secundario:

- En redes primarias: El marco y la tapa serán de hierro dúctil con mecanismo de seguridad que debe cumplir la norma UNE-EN 124. (Diámetros de tubería ≥ 350)
- En redes secundarias: El marco será de fierro fundido gris y la tapa de concreto según lo indicado en la NTP 399.111. (Diámetros de tubería < 350)

3.4.6.1 Solado. El objetivo principal del solado es nivelar la superficie donde se construirán los buzones, buzonetas o cámaras especiales; el solado debe ser vaciado inmediatamente se culminen los trabajos de corte y excavación, en caso haya sobre excavación se nivela con material selecto y se apisona.

La resistencia del concreto empleado fue $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$ y 10 cm de espesor, para el vaciado del concreto se dejaron puntos guías sobre la superficie nivelada, se deja fraguar y se verifica la cota post vaciada.

Para este componente no fue necesario el control de calidad mediante testigos, al tratarse de volúmenes mínimos y baja resistencia de concreto.

Figura 35

Solado para construcción de buzones tipo II



Nota: En el vaciado del solado no fue necesario tomar testigos del concreto.

3.4.6.2 Losa de fondo y cámara del buzón. Estos componentes del buzón fueron vaciados in situ en dos (02) tiempos usando concreto de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ y cemento Portland tipo V con alta resistencia a los sulfatos.

Se habilitará el acero y se armará la estructura de la losa de fondo y cámara del buzón de acuerdo a los planos aprobados. Las geometrías pueden ser: i) cuadrada, ii) pentagonal, iii) hexagonal o iv) cámaras especiales.

Se usarán separadores de concreto prefabricado para que la estructura no entre en contacto con el solado y teniendo en cuenta el recubrimiento mínimo detallado en los planos.

Se consideró los siguientes recubrimientos:

- Muros: 5.0 cm
- Losa de techo: 4.0 cm
- Losa de fondo: 7.0 cm

Figura 36

Enmallado de losa de fondo y muros del buzón tipo II



Se utilizará encofrado metálico o de tipo panel fenólico para el acabado del buzón, estos acabados serán tipo caravista al interior y exterior. Se empleará aditivo desmoldante de concreto para que la separación entre los paneles y el concreto sea efectivo.

Antes de colocar el concreto, se verificará la verticalidad de los aceros, colocando los separadores o escantillones del encofrado para llegar a la separación requerida de los muros.

Se vaciará el concreto de resistencia $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ y cemento Portland tipo V con alta resistencia a los sulfatos, se recomienda emplear concreto premezclado. El concreto será colocado por capas y será vibrado utilizando una aguja de vibración adecuada para que el concreto ocupe todo el espacio del encofrado.

El desencofrado se realizará con cuidado, luego de recuperar los moldes metálicos o paneles fenólicos se realizará la limpieza y preparación para la construcción del siguiente cuerpo de buzón.

El curado de las estructuras desencofradas se realizará empleando curador químico o agua (durante 7 días). Es importante curar los elementos de concreto con la finalidad de evitar grietas o riesgos de fisura por secado del agua.

Para proteger las superficies del buzón construido del suelo agresivo, se realizó el recubrimiento con pintura bituminosa aplicado con brocha o rodillo en dos (02) capas.

Figura 37

Vaciado de concreto en cámara rectangular del buzón tipo II



3.4.6.3 Fustes o anillos. Los fustes o anillos de los buzones fueron prefabricados usando concreto de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ y cemento Portland tipo V o HS con alta resistencia a los sulfatos, estos anillos fueron prefabricados a diferentes alturas, como máximo de 1.50 m y se le asignó un código o numeración según su destino final. La construcción de los fustes fue realizada en un almacén implementado para esta actividad, adyacente a la obra.

Para el traslado, izaje y montaje del fuste del buzón prefabricado, considera la junta entre los elementos con los materiales estipulados en el expediente técnico, para tal efecto se dejaron embebidos en el concreto, los ganchos de acero.

Los fustes tuvieron un espesor de muro de 0.20 m, con una tolerancia del $\pm 5\%$ durante la ejecución. Mientas, que los diámetros interiores de los fustes de los buzones tipo II fue 1.80 m, con una tolerancia de $\pm 1\%$.

Los muros de los fustes fueron construidos con extremos macho y hembra, para un adecuado encaje entre dos anillos.

Para el izaje de los fustes prefabricados se debe contar como mínimo con dos (02) perforaciones laterales de $\varnothing 25$ mm dispuestos diametralmente opuestas en el tercio superior del cuerpo. Posteriormente al izaje, las perforaciones de los fustes fueron rellenadas con mortero de alta resistencia mecánica, se usó Sikarep 500.

Para la unión de dos (02) fustes o anillos prefabricados se usó una junta hidroexpansiva que se expande en contacto con el agua, conjuntamente con mortero de alta resistencia Sikarep 500 diametralmente.

Figura 38

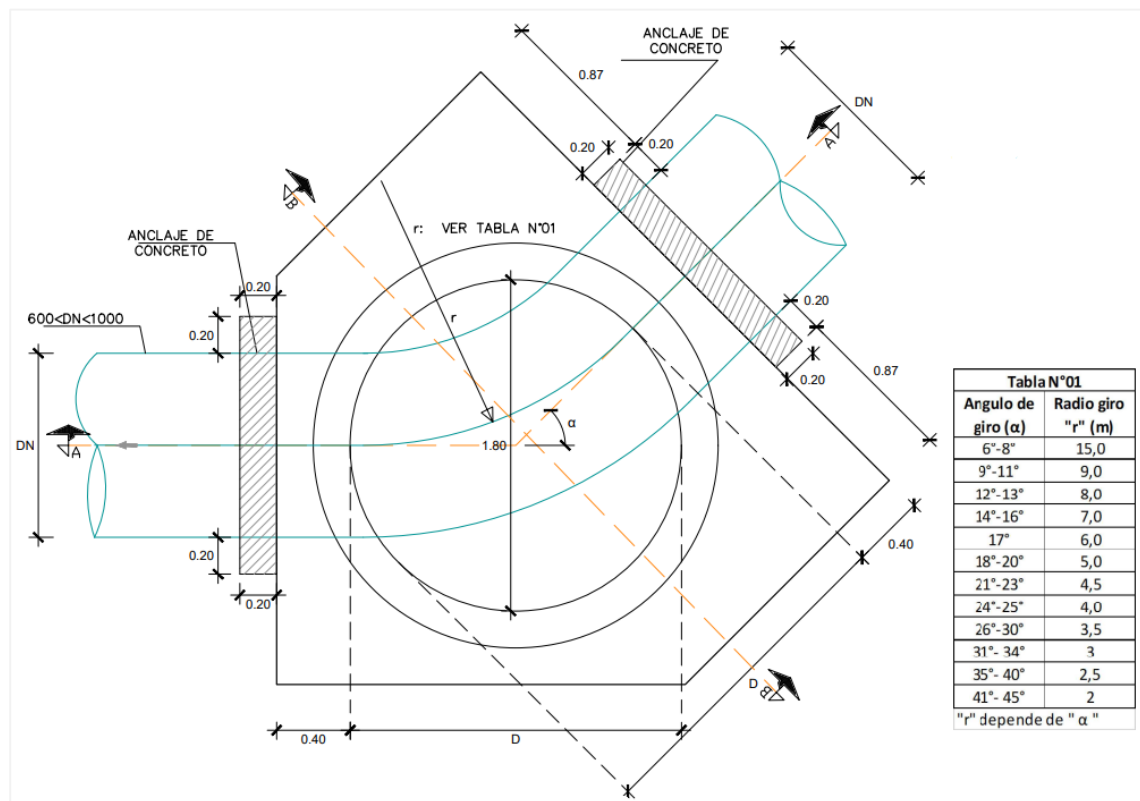
Colocación de fustes sobre la cámara húmeda del buzón BP-18



3.4.6.4 Media caña. Este elemento de los buzones cumple la función de direccionar el flujo de las aguas residuales dentro de los buzones y/o cámaras, para su construcción se realiza el trazo de la media caña sobre la losa de fondo y muros del buzón usando pintura epóxica, poniendo especial atención en los buzones con cambios de dirección ya que poseen un radio de giro que forma la curvatura de la media caña, y que dependen del ángulo de giro formado por los ejes de los colectores; a continuación, se muestra el detalle:

Figura 39

Detalle de media caña en buzones con cambio de dirección



Nota: El radio de curvatura incrementa cuando el ángulo de giro es menor.

A continuación, se describe el procedimiento constructivo de la media caña:

Luego del trazo y replanteo de la media caña, se realiza el encofrado vertical de los aleros, preferentemente usando panel fenólico con aditivo desmoldante.

Una vez encofrado la media caña, se realiza el vaciado con concreto premezclado $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ usando cemento tipo V, que es resistente al ataque de los sulfatos de las aguas residuales.

Al día siguiente, se realiza el desencofrado la media caña para dar pase al acabado final; el acabado consiste en dar la curvatura en el plano vertical desde el 50% de su altura hacia el fondo, eliminar las protuberancias y grumos de concreto que se forman en la superficie, dar la pendiente del 5% en los aleros y el resane de los emboquillados del tubo en el buzón usando mortero de alta resistencia Sikarep 500 y/o similar.

Figura 40

Encofrado con panel fenólico y acabado de canaleta de buzón



3.4.6.5 Elementos de restricción axial. El accesorio de restricción axial es una barra flexible que se suelda a la tubería de HDPE mediante electrofusión con la finalidad de crear un soporte fijo que evita el movimiento axial de las tuberías; asimismo, tienen las siguientes aplicaciones:

- Fijar la tubería en el muro de los buzones, cámaras especiales, buzonetos, etc.

- Fijar el anclaje de concreto a las tuberías en los emisarios submarinos.
- Reparar una tubería usando un manguito mecánico que no dispone de sistema anti-tracción.
- Bloquear el movimiento de la tubería en un entubamiento.

Cuando se usan tuberías de HDPE, se deberá realizar un cálculo de ingeniería, considerando el diámetro y espesor de la tubería, la variación de temperatura y la velocidad de variación de temperatura, a fin de determinar la fuerza axial que ejercerá la tubería y poder así determinar la cantidad de elementos de restricción que se deberán utilizar.

En la siguiente tabla, se indican la cantidad de restricciones axiales para diferentes diámetros de tubería:

Tabla 21

Cantidad de restricciones axiales de acuerdo con el diámetro de tubería

Diámetro de la tubería (DN)	Rigidez Nominal (SN)	Cantidad calculada
355	SN 4	2
400	SN 4	2
630	SN 4	4
800	SN 4	5
1000	SN 4	8
1000	SN 8	10

Nota: La fuente es el Expediente Técnico del proyecto

Estos accesorios de restricción axial son fabricados con resina PE 100 y son compatibles con cualquier tubería de polietileno (PE) en el rango comprendido entre DN 160 y DN 1800.

Para la fijación de las restricciones axiales en la tubería se usa una correa sobre los clips de los accesorios, comprobando la tensión ejercida en la correa para proceder la electrofusión.

Una vez instalada las restricciones axiales se procede al vaciado de los dados de anclaje de los buzones según la resistencia indicada en los planos.

Figura 41

Instalación de restricciones axiales en tubería de HDPE DN 1000



3.4.6.6 Instalación de pasamuros. Los pasamuros son de caucho y tienen como función evitar fugas alrededor de la tubería lisa, sea de PVC o polietileno de alta densidad (HDPE), que penetran estructuras de concreto como son los buzones, buzonetas y/o cámaras.

Los pasamuros de caucho se instalan sobre la circunferencia de la tubería, y se aseguran con abrazaderas de acero inoxidable, para posteriormente ser introducida en los muros de concreto de los buzones, donde su diseño flexible se adhiere y se comprime durante el proceso de vertido y curado de concreto, proporcionando así un sellado a prueba de fugas.

Procedimiento de instalación:

Prepare la tubería para su instalación, limpiando la superficie con un paño limpio.

- Se instala el pasamuro de caucho sobre la tubería, el pasamuro deberá ser estirado y empujado para que encaje en la ubicación correcta sobre la tubería.
- Colocar las dos (02) o tres (03) abrazaderas de acero inoxidable alrededor del pasamuro de caucho y ajustar con un torque mínimo según las indicaciones del fabricante.

- Ubicar el pasamuro de caucho en el pase del buzón, y cubrir con concreto alrededor, teniendo en cuenta que se debe utilizar un concreto impermeable para asegurar la hermeticidad.

Figura 42

Pasamuro de caucho instalados en ingreso a buzón



3.4.6.7 Datos de anclaje. El dado de anclaje permite anclar o prefijar la tubería en el buzón y/o cámara instalada, se usó concreto premezclado de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$, cuyas dimensiones se encuentran en los planos de detalle.

El vaciado se realizó por capas sobre las restricciones axiales previamente instalado en las tuberías de HDPE. Para la vibración se debe tener en cuenta el uso de una aguja de vibración para que el concreto ocupe todo el espacio del encofrado.

Figura 43

Dado de anclaje construido en buzón tipo II



3.5 Procedimiento constructivo de alcantarillado sanitario mediante método convencional

3.5.1 Cierre del área de trabajo

Esta actividad involucra el cierre del área de trabajo en un radio suficiente para realizar las maniobras con total seguridad en cuanto a la circulación y desplazamiento de maquinaria y equipos pesados, maniobras de izaje y termofusión de tuberías de gran diámetro; toda vez que los trabajos se realizan con cierre total de vías.

El cierre del área se ejecutó respetando la normativa vigente que se prevé en los desvíos de tránsito (calles, avenidas, vías auxiliares, etc.)

3.5.2 Acopio y descarga de la tubería

Las tuberías plásticas: sean de HDPE o PVC poseen una superficie muy lisa, por ello para prevenir deslizamientos durante su transporte deben ser firmemente aseguradas con eslingas de nylon.

Durante el manejo y transporte de las tuberías, no deben ser arrastrados, ni golpeados, para evitar daños en el cuerpo exterior de los tubos.

Para el acopio y descarga de la tubería de HDPE DN 1000 se usaron equipos ad hoc con la finalidad de asegurar su correcta disposición, las mismas que fueron descargadas en el almacén de obra ubicado cerca al Óvalo 200 Millas del Callao, donde también se realizaron los trabajos de termofusión de las tuberías.

Figura 44

Acopio y descarga de tubería HDPE DN 1000



3.5.3 Trazo y replanteo

Esta actividad se ejecutó implementando el trazo del eje de las tuberías a instalar, el ancho previsto de las zanjas para el corte del pavimento, así como los espaciamientos determinados para la sección prevista.

Se tuvo en cuenta los sobrecanchos por interferencias en paralelo, colineales, diagonales, transversales, estructuras adyacentes superficiales (sardineles, veredas, bermas, postes de alumbrado público, estructuras ornamentales, etc.); así como las enterradas: redes de telefonía, fibra óptica, eléctricas, agua potable, desagüe, gas, etc.; tipo de suelo existente (predomina el tipo de suelo conglomerado); tipo de pavimento, etc.

Teniendo en cuenta que la profundidad promedio de excavación fue de 5 a 6 m, por lo que fue sumamente importante ubicar las interferencias identificadas en los planos del proyecto y en el sitio.

3.5.4 Corte y rotura de pavimento

Previo al inicio de los trabajos de corte y rotura de pavimento y veredas se identificaron las interferencias existentes: eléctricas, gas, fibra óptica, agua potable, alcantarillado, etc.

El corte del pavimento y vereda fue realizado con una sierra diamantina, posteriormente se rompió dicho perímetro en fragmentos más pequeños con un martillo neumático.

La rotura del pavimento se realizó teniendo en cuenta de adoptar figuras geométricas regulares con ángulos rectos, y evitando los ángulos agudos, los bordes quedaron en forma perpendicular a la superficie.

El material demolido fue retirado por tramos y eliminado como material peligroso.

Figura 45

Corte de pavimento usando el equipo cortador de concreto



3.5.5 Excavación de zanjas

El trabajo de excavación de la zanja inicia con la demarcación del ancho de esta sobre el terreno, se usa yeso sobre terreno sin asfaltar y spray fluorescente sobre el pavimento. El ancho de la zanja está determinado por el diámetro del tubo que se va instalar, más los sobreamchos que permitan realizar una buena compactación a los laterales; pero en ningún caso será de dimensiones menores a los estrictamente necesarios para la adecuada manipulación de las tuberías y accesorios dentro de dicha zanja.

En la siguiente tabla, se indican los anchos considerados para la excavación de zanja de acuerdo con los diámetros de las tuberías a instalar.

Tabla 22

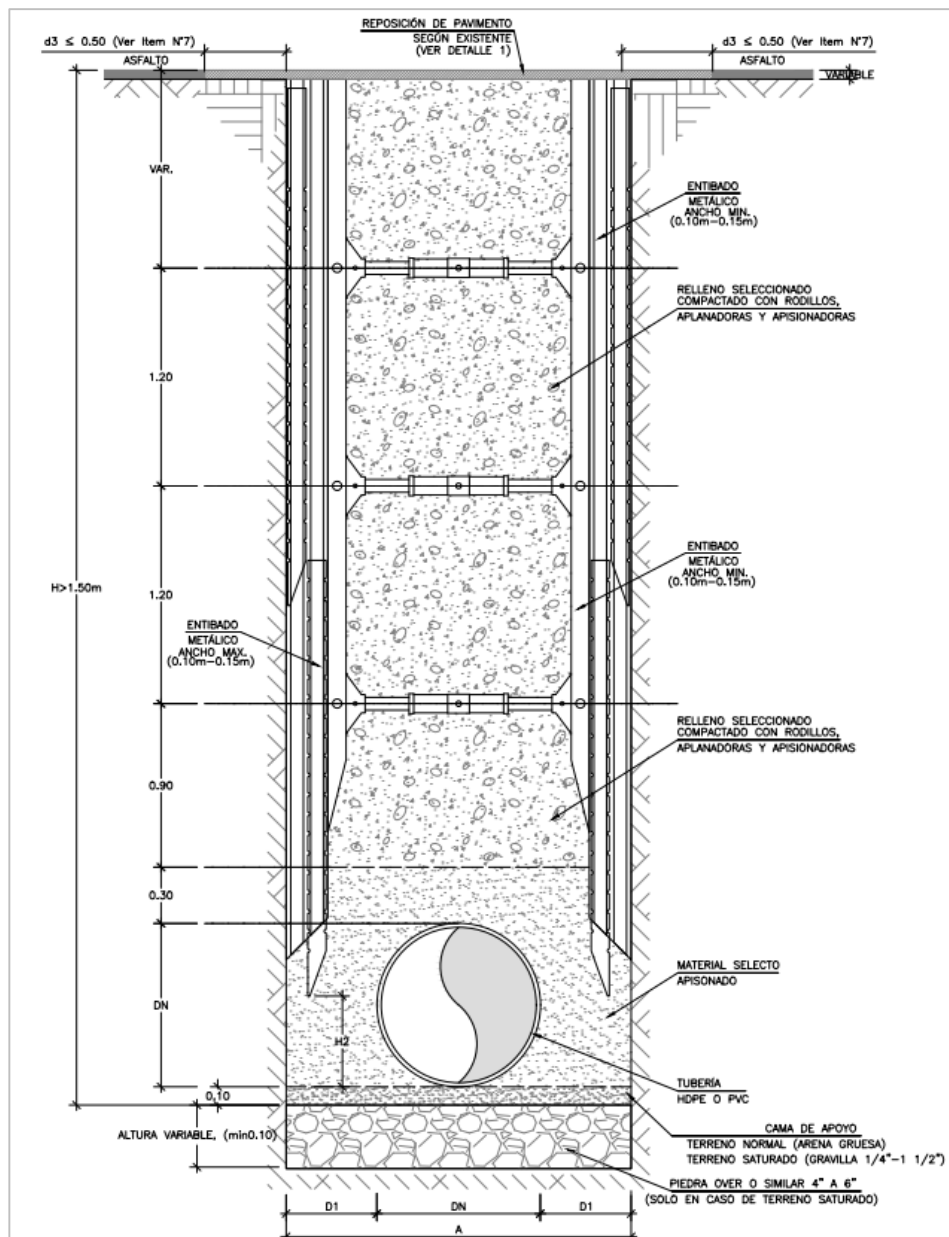
Dimensión de zanjas para profundidades mayores a 1.50 m

Diámetro tubería "DN"	Distancia lateral "D1" (m)	Ancho de la zanja "A" (m)
200	0.5	1.2
250	0.5	1.25
600	0.5	1.6
800	0.5	1.8
1000	0.5	2

Nota: La fuente es el expediente post construcción del proyecto.

Figura 46

Detalle de excavación de zanjas entibadas para profundidades mayores a 1.50 m



Nota: La fuente es el Expediente Técnico del proyecto.

En el caso de las excavaciones sobre pavimentos flexibles, rígidos o mixtos; previamente se realiza el corte del pavimento utilizando discos diamantados de acuerdo a su tipo. Posteriormente, con la ayuda de equipos neumáticos, se retira el pavimento y se acopia temporalmente, para luego ser eliminado por una empresa prestadora de servicios autorizada.

El trabajo de excavación de zanjas para el colector primario se realizó con excavadoras, mientras que la excavación para los colectores secundarios y redes de agua potable se realizó con retroexcavadora.

El material excavado producto del movimiento de tierras fue eliminado inmediatamente mediante volquetes al no contar con espacios para zonas de acopio en el entorno del área de trabajo, por ser una zona urbana de alto tránsito vehicular y peatonal.

Figura 47

Excavación de zanjas usando entibado tipo sistema corredera



3.5.5.1 Excavación en terreno saturado. Un terreno saturado es aquel que contiene únicamente dos fases, la sólida (propriadamente el suelo) y líquida (el agua) y se caracteriza porque el agua está ocupando la totalidad de los espacios vacíos entre las partículas de la muestra, un claro ejemplo de este tipo de suelo es aquel que se encuentra bajo el nivel freático, pues son suelos totalmente saturados.

Dentro del análisis geotécnico, un suelo saturado es aquel que no presenta resistencia al corte, debido que la presión del agua produce que las partículas se traten de

separar, lo que conlleva a tener suelos inestables, pues no existe fricción y cohesión entre sus partículas.

La excavación de suelos saturados o suelos bajo nivel freático, representa, en gran medida, un reto de ingeniería; pues, al no existir fricción y cohesión entre sus partículas, el terreno tiende a deslizarse o escurrirse.

Para llevar a cabo una “excavación” en terreno saturado se debe recuperar el principio de cohesión entre las partículas y esto se logra drenando el agua.

La acción de drenar el agua del suelo hace posible la recuperación de la atracción de las partículas del terreno debido al intercambio de agua por aire, siendo esta última la causante de ejercer presiones negativas o atracción entre las partículas.

Para iniciar el proceso de excavación en terreno saturado deberá ubicar la cota más baja con respecto al tramo o sección donde se iniciará con la excavación; perfore, e instale un equipo de bombeo con el cual se establecerá el proceso de drenaje. Durante todo el tiempo que dure la excavación deberá estar funcionando el equipo de bombeo, lo que va a permitir que se logre un avance continuo pero pausado.

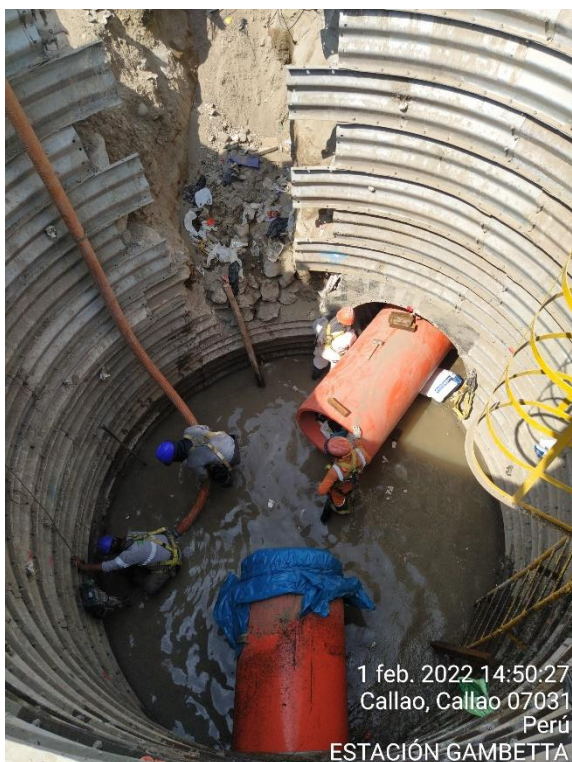
Apóyese en sistemas de sostenimiento o estructuras de contención de zanjas para llevar a cabo un trabajo seguro durante el proceso de excavación; debido que, las cargas en los bordes de zanjas generan fallas en los suelos saturados y facilita al deslizamiento o al cerramiento.

3.5.5.2 Remoción de agua. Durante todo el proceso de excavación, hasta la finalización de los trabajos se tendrá equipos de bombeo funcionando permanentemente para reducir el nivel freático del terreno.

No se permitirá que se incremente el nivel de agua y que entre en contacto con las estructuras en construcción hasta que el concreto y/o mortero haya fraguado satisfactoriamente.

Figura 48

Bombeo de agua subterránea en el pozo de ataque BP-18



Nota: Para drenar la napa freática se realizaron pozos de achique.

3.5.6 Entibado metálico en zanjas

En la obra, se consideró entibado metálico en las zanjas de profundidades mayores a 1.50 m, estos entibados son estructuras de contención provisional que actúan como barreras ante cualquier desplazamiento del terreno.

Se consideró entibado tipo sistema corredera, el cual está conformado por guías deslizantes y dos paneles base por lado de 3.50 m x 2.40 m, lo que permite una profundidad total efectiva de 4.80 m; ya que los colectores primarios ejecutados se encuentran en el rango de 5.0 m a 6.0 m.

La distancia interior entre paneles es regulable entre 1.00 m a 1.20 m; esta distancia puede ser incrementado agregando extensiones de riostra llegando hasta un ancho interior de 3.20 m. La operación de montaje se realizó usando excavadoras de 18 toneladas.

Para la instalación del entibado, se preverá un área designada para el armado de las guías deslizantes o pórticos y los paneles metálicos. El área fue establecida considerando la cantidad de equipos de entibación, piezas de ensamble y equipos de izaje.

Debido a que la profundidad de excavación se encuentra en el rango 5.0 a 6.0 m, se colocaron placas de acoplamiento entre paneles y sujetadas mediante pasadores o pines. Ahora deslizaremos otro panel metálico por las guías. La altura de los paneles metálicos se selecciona de acuerdo a la profundidad de la zanja.

Se continuará con la excavación hasta alcanzar la profundidad requerida, recordando siempre presionar los paneles y los pórticos para que estos descendan a la profundidad deseada.

Cuando el sistema de contención de zanja o entibado ha llegado a la profundidad deseada, se continuará con la excavación de forma longitudinal, siempre teniendo en cuenta en excavar una longitud mayor que la medida del largo de un panel metálico.

Se introducirá en las guías deslizantes de ambos pórticos los paneles metálicos y luego se continuará con la excavación hasta que la parte superior de los paneles estén casi al borde de la zanja. Así se repetirá los pasos hasta que todos sus bastidores y paneles metálicos se ubiquen en la posición correcta.

Datos técnicos del sistema de entibado:

- Dimensiones (longitud x alto): 3.50 m x 4.80 m
- Superficie de entibación: 34.60 m²
- Peso equipo base: 5,600 kg
- Carga admisible: 56.6 KN/m²
- Profundidad máxima de trabajo: 6.0 m
- Altura libre de ingreso tubería: 1.70 m

3.5.7 Refine y nivelación de zanja

El refine y nivelación de la zanja se efectúa una vez concluida la excavación, este trabajo consiste en el perfilado de sus paredes y del fondo, asegurándose que no queden protuberancias rocosas en la zanja excavada que hagan contacto con la tubería a instalar.

La nivelación del fondo de la zanja se realiza con trabajos de corte y relleno hasta obtener en el terreno las cotas de corte indicada en los planos.

3.5.8 Relleno y compactación

Las estructuras enterradas serán protegidas con material de relleno y para ello se tomarán las previsiones necesarias tal como se muestra en la Figura 46 *Detalle de excavación de zanjas entibadas para profundidades mayores a 1.50 m*

El material de relleno puede ser material de la misma excavación, y si no es adecuado se usará "material de préstamo", el material de la excavación se emplea cuando cumpla las características de la definición como "material seleccionado" y/o "material selecto".

3.5.8.1 Material selecto. Es el material que se utiliza en la cama de apoyo y en el recubrimiento de las estructuras, en esta denominación se encuentran los suelos tipo I y II según lo clasificado por la ASTM 2321:

- Tipo I: Material granular 1/4" a 1 1/2" de diámetro.
- Tipo II: Son suelos gruesos conformados con gravas bien o mal graduadas, arenas bien o mal graduadas (SW, SP) o mezclas de gravas y arenas con poco o nada de finos (GW, GP).

3.5.8.2 Material seleccionado. Es el material que se usa para el relleno de las capas superiores que no están en contacto con las estructuras, deben poseer las mismas características físicas del material selecto, excepto que este material puede contener piedras de hasta Ø 6" como máximo en el 30%.

3.5.8.3 Material de Préstamo. Es el "material selecto" y/o "material seleccionado" que es transportado a la obra para reemplazar al material excavado, debido a que este no posee las características apropiadas para ser usado como material de relleno.

3.5.8.4 Compactación del primer y segundo relleno

3.5.8.4.1 Cama de apoyo. Para la cama de apoyo se empleó material selecto tipo 1: arena gruesa y/o tipo 2: confitillo de 10 cm de espesor, dependiendo de las interferencias existentes (redes de agua potable, ductos de energía, redes eléctricas, telefonía, etc.), tanto lineales como transversales, de esta manera evitar la compactación y la desconsolidación que pueda afectar el cimiento de estas interferencias.

3.5.8.4.2 Relleno inicial. El relleno inicial comprende la colocación de material selecto (arena gruesa o confitillo), considerando una altura de recubrimiento de 30 cm sobre la clave del tubo con la finalidad de evitar compactaciones a fondo de la zanja que pueda provocar socavación por existencia de interferencias paralelas a la red a instalar y/o redes existentes al desconsolidarse las zanjas y rellenos antiguos.

Se inicia el proceso deslizando o subiendo el entibado metálico hasta la clave de la tubería, que permitirá la colocación homogénea del material selecto.

Para mantener el alineamiento y nivelación del tubo que se está instalando se acomodará lateralmente la arena gruesa o confitillo mediante estacas de fierro corrugado de Ø 5/8", que restringirá cualquier desplazamiento de la tubería instalada en el proceso del relleno y compactación de la zanja.

Figura 49

Cama de apoyo y relleno inicial con confitillo en tubería HDPE



3.5.8.4.3 Relleno principal. Luego del primer relleno, se continuará el relleno con “material seleccionado”, se denomina relleno principal porque es el que estará directamente sobre la tubería y recibirá el mayor impacto de carga, se empleará material acorde a las especificaciones técnicas que ha sido debidamente ensayado (granulometría, Proctor, contenido óptimo de humedad, etc.).

El relleno principal se colocará de manera homogénea en capas de espesor 0.20 m y se compactará con equipos mecánicos que pueden ser: vibropisones, planchas compactadoras, rodillos compactadores, etc. El equipo de compactación seleccionado debe ejercer sobre el terreno la energía necesaria para llegar a un porcentaje de compactación del 95 % de la máxima densidad seca del Proctor Modificado ASTM D 698 o AASHTO T-180 como mínimo a nivel de subrasante.

Teniendo en cuenta que la cantidad mínima de ensayos de compactación que se debe realizar es uno (01) en cada 50 m de zanja compactada y en la capa que determine la Supervisión.

3.5.8.5 Compactación de base y sub base. Para las capas base y sub base, se usará el material seleccionado denominado “afirmado” y que cumpla la clasificación AASHTO, este material deberá estar libre de residuos sólidos y materia de origen vegetal, conservando el volumen de finos que garanticen su trabajabilidad y brinden estabilidad a la superficie antes de la colocación del riego de imprimación o la capa de rodamiento.

Para el proceso de compactación se usarán equipos mecánicos: planchas compactadoras, rodillos vibratorios, rodillos, etc. que permitan alcanzar el porcentaje (%) de compactación mínimo del 100% de la máxima densidad seca del Proctor modificado (ASHTO-T-180).

Figura 50

Compactación de base con afirmado para reposición de pavimento



3.5.9 Eliminación de desmonte

Esta actividad contempla el recojo, clasificación como peligroso o no peligroso, traslado y disposición final de los residuos generados en lugares autorizados, mediante vehículos autorizados y con certificados de operación vigente, tal como se encuentra estipulado en la Ley General de Residuos Sólidos (Ley N° 27314).

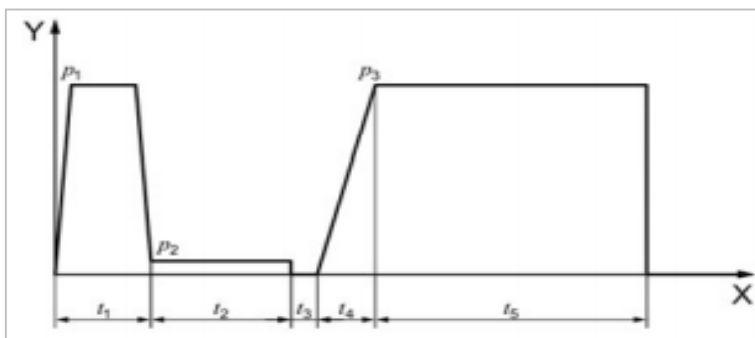
La eliminación del desmonte son aquellos desperdicios, tales como: residuos de mezclas, restos de asfalto, restos de demolición de buzones y basura, material excedente, etc. En caso del material excavado producto del movimiento de tierras fue eliminado inmediatamente con el uso de volquetes, debido a que no se contaban con espacios para acopio temporal en el entorno del área de trabajo, por ser una zona urbana de alto tránsito vehicular y peatonal.

3.5.10 Termofusión de tuberías de HDPE

3.5.10.1 Ciclo de termofusión a baja presión.

Figura 51

Ciclo de termofusión a baja presión



Fuente: Adaptado de la norma DVS 2207-1 Welding of Thermoplastics

- P1: Presión para la formación del bordón inicial
- P2: Presión de saturación de calor
- P3: Presión de fusión
- T1: Tiempo para la formación del bordón inicial
- T2: Tiempo de saturación de calor
- T3: Tiempo para remover la placa calefactora

- T4: Tiempo para alcanzar la presión de fusión
- T5: Tiempo de enfriamiento, manteniendo la presión de fusión

3.5.10.2 Equipo de termofusión. Es una máquina eléctrica que sirve para unir los extremos de tuberías de polietileno (HDPE), aplicando calor y presión controlados y que está conformado por:

- **Abrazaderas:** Sirven para sujetar las tuberías cerca a los extremos a unir.
- **Unidad hidráulica:** Ejerce la fuerza y presión necesaria a las abrazaderas para sujetar los tubos, juntarlos y alinearlos durante el proceso de soldadura.
- **Placa calefactora:** Aditamento metálico con recubrimiento antiadherente que se calienta y mantiene una temperatura tal que derrite los extremos de las tuberías a unir.
- **Estructura base:** Permite el montaje de las tuberías a soldar.
- **Plato rectificador o refrentador:** Tiene como función desbastar las caras de los tubos en forma simultánea, para lograr paralelismo entre ellas y dejar el material apto para ser soldado.
- **Mordazas:** Medidas para el ajuste y el agarre de los distintos diámetros.

3.5.10.3 Procedimiento de ejecución de la actividad. El área donde se unirán los tubos debe ser protegido contra los factores climáticos externos tales como el viento, la lluvia, el polvo, radiaciones solares o cualquier otra condición que pueda contaminar la superficie de los tubos.

Los tubos de HDPE se colocan sobre el carro alineador dejando que los extremos de los tubos sobresalgan aproximadamente 15 cm de las mordazas del carro de forma alineada. En lo posible tratar que los rótulos de las tuberías coincidan en la parte superior en una sola línea.

Se colocan expansores dentro de los tubos para mantenerlos alineados al momento de realizar la termofusión.

Se utilizan al menos dos polines en los extremos de cada tubería para que pueda ayudar con la presión de arrastre.

Figura 52

Colocación de polines para soporte de las tuberías a unir



Se utiliza una data logger para registrar los datos empleados en el proceso de soldadura de fusión.

Se limpian los extremos de los tubos con alcohol isopropílico o tela de material sintético; también puede usarse agua o alcohol cuando exista extrema contaminación. En ningún caso se debe usar algún tipo de solvente como thinner o jabón.

Se refrendan los tubos colocando la refrentadora sobre las guías del carro alineador, debiendo presionar los extremos de los tubos contra la refrentadora para perfilar completamente las superficies hasta que se forme un espiral de igual espesor en ambos extremos.

Se retira la refrentadora y los residuos generados, sin tocar las zonas perfiladas para evitar contaminarlas, de igual manera se debe revisar el interior de los tubos y retirar los residuos generados.

Figura 53

Retiro de refrendadora después del perfilado de los tubos



Se verifica el alineamiento de los tubos uniendo cuidadosamente los extremos refrentados y pasando la mano para verificar que no exista un desnivel pronunciado (la tolerancia es el 10% del espesor del tubo). En caso exista desalineamiento se debe ajustar la mordaza y realizar el refrentado final hasta conseguir que los tubos se encuentren alineados, la verificación se realizará mediante el uso del vernier.

Figura 54

Termofusión de las tuberías de HDPE DN 1000.



Se conecta la placa calefactora dejándolo estabilizar hasta una temperatura de $220\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ que será verificado mediante el termómetro digital, la placa calefactora debe estar limpia, sin rayones y debe tener un recubrimiento de teflón.

- **Precaentamiento (fase 1):** Se coloca la placa calefactora entre los tubos y/o accesorios de HDPE aplicando una presión continua, más la presión de arrastre; hasta que los cordones se muestren uniformes.

Figura 55

Colocación de plancha de calentamiento entre los tubos de HDPE



- **Calentamiento (fase 2):** Cuando el tamaño del bordón (B1) se encuentre en el rango recomendado, se disminuye la presión hasta llegar a la presión interfacial de calentamiento “P₂”. Debiendo tener cuidado en no separar los extremos de las tuberías de la placa calefactora, caso contrario, se deberá repetir el procedimiento.
- **Retiro de la plancha (fase 3):** Se separa el extremo móvil del carro alineador, luego se retira la placa calefactora evitando el contacto con el material fundido en ambos

extremos, y se inspecciona rápidamente que la fusión de los extremos haya sido uniforme, luego se unen de forma suave los extremos fundidos empleando como máximo el tiempo t_3 .

- **Alcance de la presión de soldadura (fase 4):** Se incrementa la presión de forma constante y gradual durante el tiempo " t_4 " establecido hasta alcanzar la presión de enfriamiento " P_5 ".
- **Enfriamiento con presión (fase 5):** Se sostiene la unión de los tubos en el carro alineador durante el periodo de enfriamiento " t_5 " sometido a una presión " P_5 ".
- **Enfriamiento sin presión (fase 6):** Finalizado el periodo de enfriamiento con presión (t_5), se disminuye la presión hasta la presión de contacto y se deja enfriar la unión sobre el carro alineador durante el tiempo de enfriamiento sin presión (t_6).
Bajo ninguna circunstancia se debe usar agua o solventes para acelerar el enfriamiento.

Figura 56

Ciclo de termofusión de las tuberías de HDPE



Nota: Adaptado de la norma DVS 2207-1 Welding of thermoplastics.

3.5.10.4 Aseguramiento de la calidad. Se verifica que se haya seguido el procedimiento de soldadura apropiado, respetando los tiempos de fusión y las presiones.

Se inspecciona que el doble cordón formado sea uniforme en todo el contorno de los tubos y que el valle entre dichos cordones no esté nunca por debajo del nivel de la generatriz exterior del tubo.

Finalmente, se codifica la soldadura indicando el registro del soldador, fecha, número de pega, hora de inicio y fin, presiones y tiempos de cada etapa de la termofusión.

Figura 57

Registro de datos de soldadura al finalizar la actividad

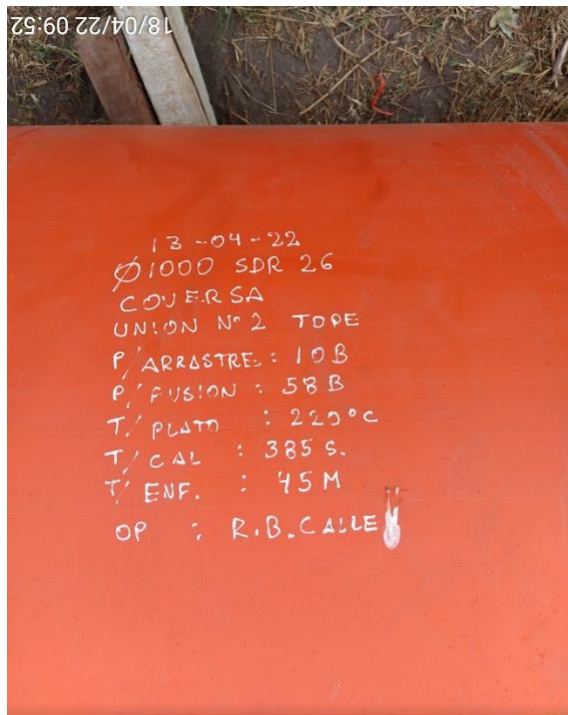




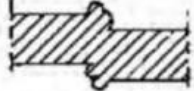



Figura 58

Recomendaciones sobre formación de rebabas después de la termofusión

Aspecto	Comentario
	Cordón redondeado Soldadura correcta
	El cordón es demasiado estrecho y largo Exceso de presión
	El cordón es muy pequeño Presión insuficiente
	Hendidura profunda en el centro del cordón Temperatura insuficiente o tiempo de transición demasiado largo
	Desalineamiento La desviación máxima permitida es del 10% del espesor de la pared
	Diferente tamaño de cordón Materiales con diferentes temperaturas de fusión

Nota: Adaptado de la norma DVS 2207-1 Welding of thermoplastics

3.5.10.5 Procedimiento de retiro de rebabas producto de la soldadura por termofusión. En cada pega se generan excesos superficiales conocidos como rebabas o cordones de HDPE, las cuales deben ser retiradas del interior del tubo para mantener su uniformidad.

Para el retiro de estas rebabas se usó una amoladora de Ø 4.5" con disco de desbaste, que permitió retirar el exceso de rebabas hasta dejarlo al nivel del tubo. Finalmente, con un disco de trapo de Ø 4.5" se procedió a pulir cualquier huella o resto dejado en el procedimiento anterior.

3.5.11 Instalación de tuberías

Para la instalación del colector primario de HDPE DN 1000 se termofusionaron 03 tuberías de 12 m cada uno, formando así un varillón de 36 m de longitud total; para su instalación se tuvo que maniobrar el izaje y la carga suspendida a través de una rampa de

ingreso con una pendiente adecuada hacia la zanja excavada y que se encontraba con entibados metálicos instalados.

Las maniobras de izaje del varillón se realizaron con eslingas, cadenas, grilletes, etc. que se encontraron operativos y contaban con certificado de calidad del Proveedor; la cual permitió desplazar la tubería horizontalmente en forma gradual hasta la zanja excavada y entibada.

Para las actividades de acopio de tubería de HDPE se implementaron espacios temporales cerca a los tramos ejecutados, debiendo ser un lugar seguro y que permita el desplazamiento de los equipos y personal de obra. Las tuberías termofusionadas (varillón) fueron colocados sobre cuarterones de madera para evitar el contacto directamente con el suelo.

Se colocaron eslingas al inicio y al final del varillón sujetadas a la excavadora y/o grúa para iniciar el desplazamiento de forma sincronizada bajo la dirección del rigger. A una sola indicación del rigger, muy lento y en simultáneo, los equipos de izaje hacen suspender la tubería a una distancia mínima del fondo de la zanja, mientras que la excavadora la desliza; tomando en cuenta que este movimiento se podrá realizar hasta que encontremos el primer travesaño del entibado. La actividad se detiene, la eslinga de la excavadora se sitúa pasando el travesaño y se continúa con el proceso; estos pasos serán repetitivos; puesto que, se encontrarán travesaños de entibado a medida que se vaya avanzando con el desplazamiento. La instalación culmina cuando el cuerpo de la tubería descansa en el interior de la zanja, sobre la cama de apoyo.

3.5.12 Nivelación y alineamiento de tubería

En la instalación de las tuberías, se inicia desde el buzón ubicado aguas abajo del tramo, teniendo en cuenta que las campanas de las tuberías de PVC siempre deben quedar aguas arriba. La tubería instalada debe quedar alineada, nivelada y con la pendiente de diseño.

El acompañamiento del topógrafo es constante, quien se encargará de verificar las cotas de corte del terreno (profundidad de la zanja), la cama de apoyo, el alineamiento y la pendiente de la tubería instalada usando equipos topográficos calibrados.

Para mantener el alineamiento y nivelación de la tubería se acomodará lateralmente el material confitillo de relleno mediante estacas de fierro corrugado de $\varnothing 5/8"$, esto restringirá cualquier desplazamiento de la tubería instalada en el proceso del relleno y compactación.

Figura 59

Alineamiento y nivelación de las tuberías dentro de la zanja



3.5.13 Anulación de colectores a quedar fuera de servicio

3.5.13.1 Relleno de colectores con mortero fluido. La nueva configuración del sistema de alcantarillado conlleva dejar fuera de servicio algunos tramos de colectores existentes, los mismos que fueron rellenos con mortero fluido de resistencia $f'c=100$ kg/cm².

El mortero fluido o también denominado relleno fluido, es un material cementante autocompactable de baja resistencia. Este mortero es cuidadosamente dosificado y mezclado con la finalidad de lograr la fluidez necesaria y reducir los tiempos de vaciado en obra.

Tiene amplia aplicación desde reemplazo de rellenos granulares para cimentaciones de habilitaciones urbanas y bases de pavimentos hasta su empleo en rellenos de zanjas, tuberías y túneles.

Cuando se emplean para rellenar tuberías en estado de abandono o fuera de servicio, el mortero fluido es de fácil colocación debido que no requiere compactación (es autonivelante), tiene gran capacidad de desplazamiento longitudinal y debido a su fluidez es de fácil bombeo, lo que garantiza que se logre cubrir los espacios más pequeños y evita asentamientos de terreno en el mediano y largo plazo.

Para el relleno con mortero fluido se realiza el siguiente procedimiento constructivo:

- Se identifica el tramo o colector que quedará fuera de servicio y se verifica que no tenga llegadas de conexiones domiciliarias.
- Se prepara tapones para obturar la llegada del colector. Ingresar personal en el buzón aguas abajo del tramo y procede a colocar el tapón sellando la llegada y de ser necesario, apuntala contra la pared del buzón.
- Se retira la tapa del buzón que se encuentra aguas arriba del tramo y se procede ingresar la manguera de bombeo del relleno o mortero fluido. Tenga presente que este mortero tiene gran capacidad de desplazamiento horizontal, motivo por el cual, no es necesario forzar la manguera de bombeo a llegar al otro extremo.

- Se inicia el bombeo del relleno fluido de manera controlada y se lleva el control del volumen depositado para que el personal técnico vaya retirando de manera progresiva la manguera de bombeo.
- No se fuerza el bombeo del material, la fluidez del mortero irá ocupando el espacio de la tubería de manera progresiva y se autonivelará.
- Se culmina la actividad con la colocación del tapón al inicio del tramo y se procede con el sellado.

Figura 60

Anulación de colectores inoperativos con mortero fluido



3.5.13.2 Anulación de buzones a quedar fuera de servicio. En aquellos tramos donde el colector se rellenará con mortero fluido, se llevarán a cabo actividades de anulación de buzones para que estos queden inoperativos o fuera de servicio. Para estos casos, se realizan las siguientes actividades:

3.5.13.2.1 Buzones sobre pavimento flexible.

- En el colector que quedará fuera de servicio, se procede realizar señales o marcas sobre los techos de los buzones que quedarán inoperativos para una rápida identificación.
- Se realiza la delimitación del área a ser removida, de preferencia dicha área tendrá geometría cuadrada o rectangular, y se procede con el corte, rotura y eliminación del pavimento.
- Cuando la carpeta asfáltica haya sido removida y la losa de techo se encuentre expuesta, se procede con la demolición del techo del buzón.
- Se recupera el marco y tapa del buzón y, se realiza el inventario correspondiente para su devolución a SEDAPAL.
- Posteriormente, se realiza la demolición de la media caña del buzón y se retira el desmonte.
- Suministre y coloque arena gruesa húmeda, la primera capa de relleno se colocará y apisonará hasta alcanzar 0.30 m sobre el nivel de la canaleta. Por la geometría del buzón y el espacio interno, se dificulta el empleo de equipos de compactación, motivo por el cual, se utilizarán apisonadores manuales.
- Se continúa con el relleno por capas de 0.40 m espesor, la actividad culmina cuando el relleno se encuentre a 0.20 m por debajo del nivel de muro del buzón.
- Se procede con el vaciado del relleno fluido de resistencia $f'c=100 \text{ Kg/cm}^2$, hasta llegar al nivel del muro del buzón.
- Finalmente, se restituye la base y el asfalto del pavimento.

3.5.13.2.2 Buzones sobre pavimento rígido.

- Se realiza la delimitación del área a ser removida, de preferencia dicha área tendrá geometría cuadrada o rectangular. Asegurarse que el corte atraviese todo el espesor del pavimento, si el corte no ha sido efectuado de acuerdo a la indicación

anterior, el empleo de equipos de demolición y/o rotura pueden fisurar zonas adyacentes del pavimento rígido.

- Como el buzón se encuentra sobre pavimento rígido, la demolición comprometerá tanto el pavimento como la losa de techo de buzón.
- Se recupera el marco y tapa del buzón y, se realiza el inventario correspondiente para su devolución a SEDAPAL.
- Posteriormente, se realiza la demolición de la media caña del buzón y se retira el desmonte.
- Suministre y coloque arena gruesa húmeda, la primera capa de relleno se colocará y apisonará hasta alcanzar 0.30m sobre el nivel de la canaleta. Por la geometría del buzón y el espacio interno, se dificulta el empleo de equipos de compactación, motivo por el cual, se utilizarán apisonadores manuales.
- Se continúa con el relleno por capas de 0.40 m espesor, la actividad culmina cuando el relleno se encuentre a 0.20 m por debajo del nivel de muro del buzón.
- Se procede con el vaciado del relleno fluido de resistencia $f'c=100 \text{ Kg/cm}^2$, hasta llegar al nivel del muro del buzón.
- Finalmente, se restituye el pavimento rígido.

3.5.14 Pruebas en alcantarillado

3.5.14.1 Prueba de deflexión. La prueba de deflexión o aplastamiento se realiza cuando se haya culminado el relleno y compactación de la zanja (con la conformidad de las pruebas de compactación a nivel de subrasante) y antes de realizar la reposición del pavimento (rígido, flexible, mixto, etc.).

Tiene como objetivo verificar que la deflexión u ovalización en las tuberías instaladas no exceda el 5% del diámetro interior del tubo luego de haber ejecutado el relleno y compactación. En caso la deflexión sea excesiva, el Contratista deberá descubrir la tubería y mejorar la calidad del relleno y compactar nuevamente según lo indicado en la especificación CTPS-ET-002.

Para la prueba de deflexión se hizo circular libremente por el colector instalado un mandril metálico (cilindro metálico de L=30 cm. como mínimo) de diámetro equivalente al 95% del diámetro interior del tubo instalado.

En el siguiente cuadro, se indican las dimensiones del mandril usados en las pruebas de deflexión para los diferentes diámetros de las tuberías de HDPE NTP ISO 8772:2009.

Tabla 23

Dimensiones del mandril de acuerdo con los diámetros de la tubería HDPE NTP ISO

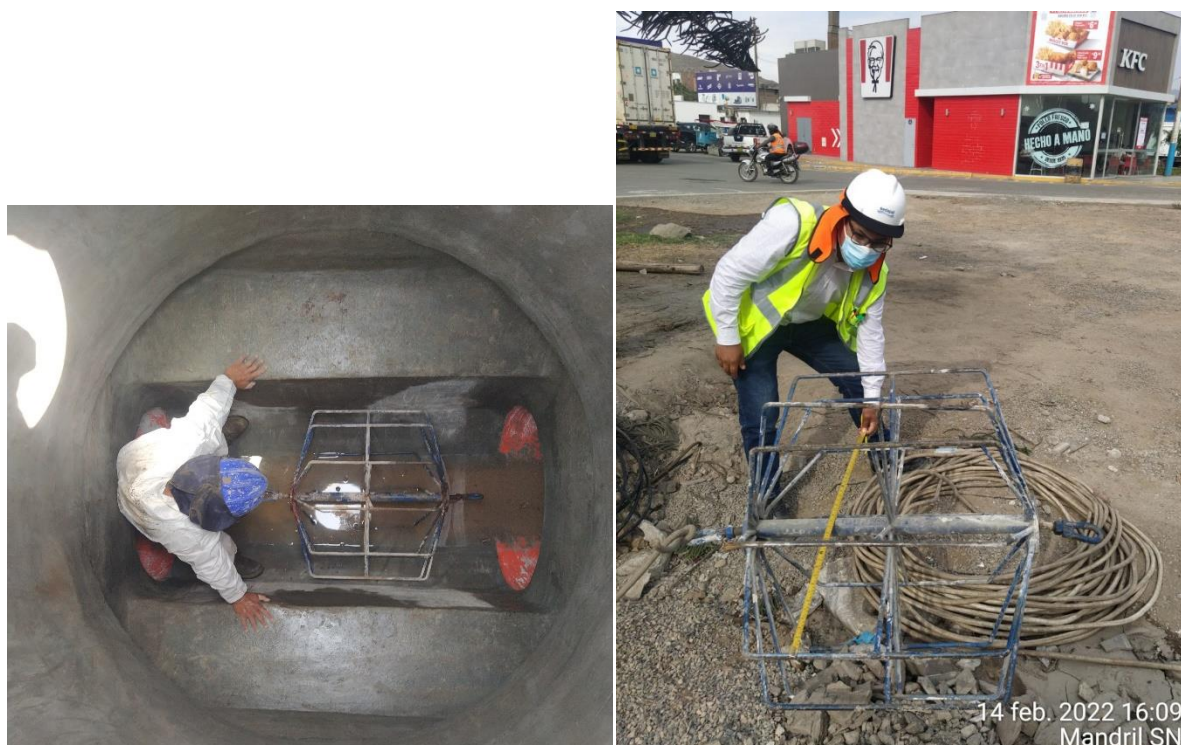
8772:2009

Diámetro Nominal	Espesor mínimo (mm)		Diámetro del mandril (95% diámetro interior)	
	SDR 26 (SN 4)	SDR 21 (SN 8)	SDR 26 (SN 4)	SDR 21 (SN 8)
200	7.7	9.6	175.37	171.76
250	9.6	11.9	219.26	214.89
315	12.1	15	276.26	270.75
355	13.6	16.9	311.41	305.14
400	15.3	19.1	350.93	343.71
450	17.2	21.5	394.82	386.65
500	19.1	23.9	438.71	429.59
630	24.1	30	552.71	541.5
800	30.6	38.1	701.86	687.61
1000	38.2	47.7	877.42	859.37

Nota: Adaptado de la Especificación técnica de SEDAPAL: CTPS-ET-002

Figura 61

Prueba de deflexión con mandril en colector de HDPE DN 1000



3.5.14.2 Prueba hidráulica de estanqueidad. Las pruebas hidráulicas en el sistema de alcantarillado deben ser dirigidos y verificados por el Supervisor, se realizaron dos (02) pruebas hidráulicas: a zanja abierta y a zanja tapada.

En el caso de la prueba hidráulica a zanja abierta, las tuberías deben permanecer descubiertas la $\frac{1}{4}$ parte superior con el relleno lateral compactado; asimismo, los anclajes de los buzones no deberán ejecutarse hasta después que la prueba resulte satisfactoria.

Cuando se observen filtraciones en las redes de alcantarillado o en los buzones, estos deberán ser reemplazados o reparados respectivamente de forma inmediata, y luego se procede a realizar nuevamente las pruebas hidráulicas hasta obtener resultados satisfactorios.

La prueba de estanqueidad en los colectores se realiza en un tiempo mínimo de 10 minutos y no se admiten pérdidas en el tramo probado.

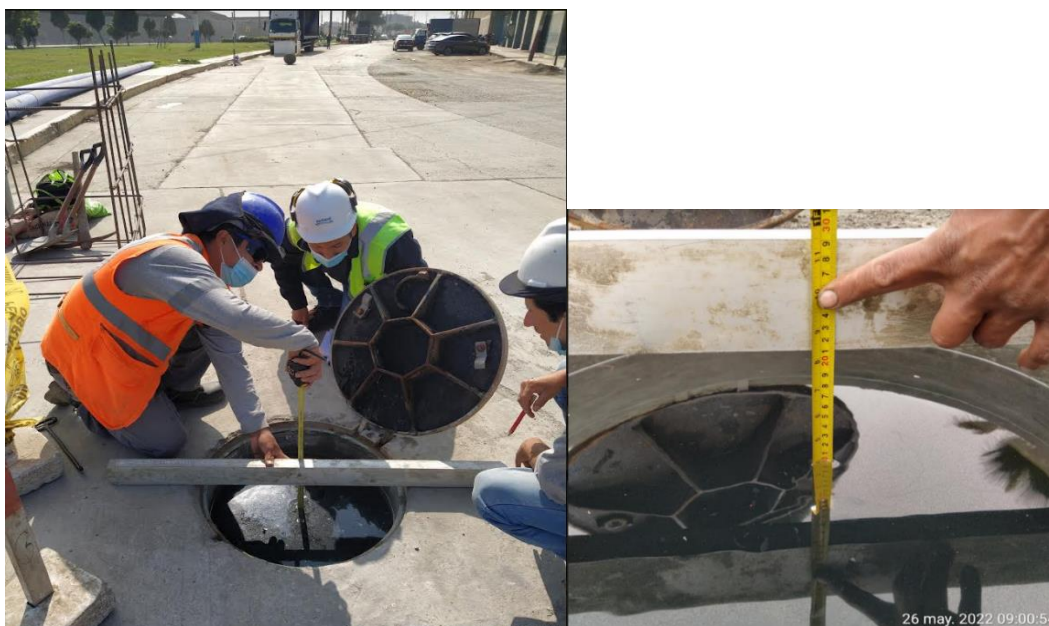
El procedimiento para la prueba hidráulica se inicia llenando agua el tramo por el buzón ubicado aguas arriba, se llena hasta el nivel del techo del buzón y taponado convenientemente el buzón aguas abajo. El tramo y buzones que pasarán la prueba hidráulica deben permanecer como mínimo 24 horas con agua antes de realizar dicha actividad, esto con la finalidad de saturar el concreto del buzón y/o cámara.

Transcurrido las 24 horas, se inicia la prueba hidráulica colocando una regla de aluminio sobre el techo del buzón en forma horizontal y nivelada; luego, se mide el borde libre desde la regla hasta el espejo de agua, transcurrido 10 minutos como mínimo se vuelve a realizar la medición debiendo ser la misma con la que se inició para que la prueba sea considerada *satisfactoria*. En caso, haya alguna diferencia entre las mediciones inicial y final, la prueba *no es conforme* y el Contratista deberá determinar la filtración o fuga para realizar el resane.

Una vez culminada la prueba hidráulica y este haya sido *satisfactoria*, el Contratista procede a retirar el agua del tramo probado y los tapones hidráulicos o convencionales.

Figura 62

Prueba hidráulica en colector primario de alcantarillado HDPE



3.5.14.3 Inspección televisiva móvil y fija. Las inspecciones televisivas se realizan después de concluir el relleno y compactación de los tramos, contando con la conformidad de la compactación de la zanja a nivel de subrasante, y antes de proceder con la reposición del pavimento.

Para la inspección **televisiva móvil**, se utiliza una cámara de inspección televisiva y un tractor robot, con la finalidad de identificar deficiencias en la instalación o daños en el colector instalado; asimismo, permite verificar el retiro de las rebabas de las tuberías de HDPE e inspeccionar los trabajos de limpieza de los colectores.

Mientras que, para la **inspección televisiva fija**, se utiliza una cámara tipo pértiga que tiene un gran zoom óptico, con la finalidad de verificar visualmente el alineamiento y ovalización del colector instalado cuando la zanja está tapada. Además, este tipo de cámaras con zoom óptico permiten la realización de un diagnóstico de los colectores sin necesidad de ingresar al interior; de esta manera, se incrementa la velocidad de inspección y se disminuye los costos de operación.

Este sistema de inspección televisiva también tiene las siguientes aplicaciones:

- Verificación visual del alineamiento y nivelación.
- Localización de descargas de conexiones clandestinas.

Figura 63

Inspección televisiva fija en colector primario HDPE DN 1000

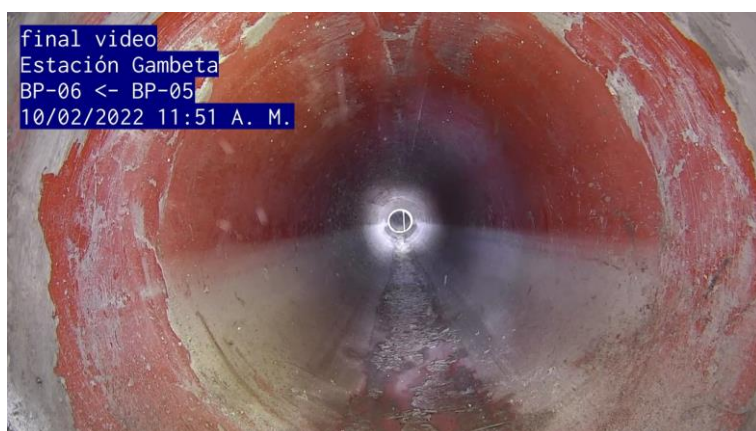


Figura 64

Estacionamiento del equipo de inspección televisiva tipo pértiga en el buzón BP-06



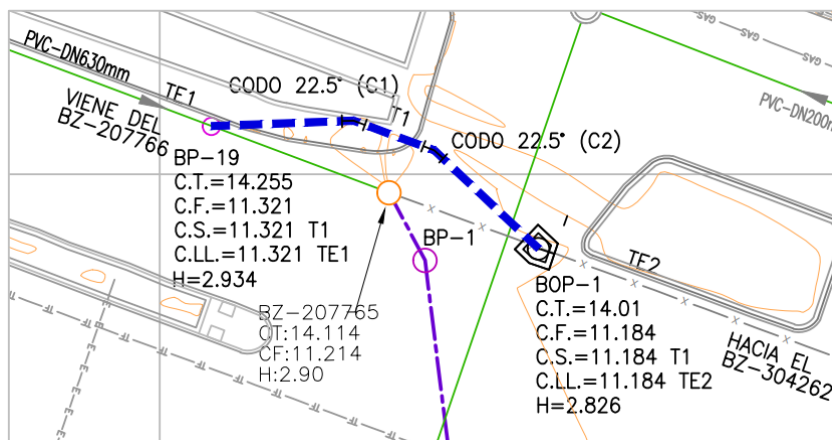
Nota: Inspección televisiva fija usando equipo tipo pértiga.

3.5.15 Puesta en servicio de la red provisional de alcantarillado

Se describe el procedimiento constructivo de la puesta en servicio de la red provisional de alcantarillado HDPE DN 630 ejecutada entre los buzones BOP-01 y BP-19, que permitió ejecutar el mejoramiento del buzón Bz-207765, y su posterior empalme al buzón BP-01.

Figura 65

Red provisional de alcantarillado HDPE DN 630



Nota: La fuente son los planos post construcción del proyecto.

Se insertaron los buzones BP-19 y BOP-01, mientras el colector existente de PVC DN 630 continuaba en funcionamiento.

Se instaló la tubería HDPE DN 630 entre los buzones BP-19 y BOP-01 para desviar el flujo, mientras el colector existente continuaba en funcionamiento.

El corte de la tubería existente de PVC DN 630 dentro de los buzones BP-19 y BOP-01 se realizó usando una amoladora, en horario de madrugada cuando el caudal es mínimo.

Luego de haber realizado el corte de las tuberías dentro de los buzones insertados, se colocaron tapones hidráulicos con mezcla cementicia en proporción de 3:1 (cemento: yeso), en la salida del BP-19 e ingreso del BOP-01 del colector existente en forma simultánea.

Herramientas:

- Amoladora de Ø7" y Ø4".
- Cincel
- comba

Materiales:

- Cemento y yeso
- Tapón tipo rejilla

Procedimiento:

En la salida del buzón BP-19 hacia la red existente PVC DN 630, se realizó un tapón de mezcla cementicia, también pudo usarse una rejilla metálica. Este elemento permitió sellar el punto de salida del BP-19 y derivar el flujo de desagüe por la red provisional instalada hacia el BOP-01.

En forma paralela a los trabajos en el BP-19, en el ingreso del buzón BOP-01 que llega de la red existente, se realizó un tapón con mezcla cementicia, para evitar el retorno del desagüe desde este buzón hacia el tramo aguas arriba.

Figura 66

Buzón insertado BP-19 en la obra provisional OP-01



3.5.15.1 Plan de contingencia. Como medida de contingencia, en el BP-19 se instaló una motobomba con una manguera flexible de Ø4" para el bombeo desde el BP-19 al BOP-01.

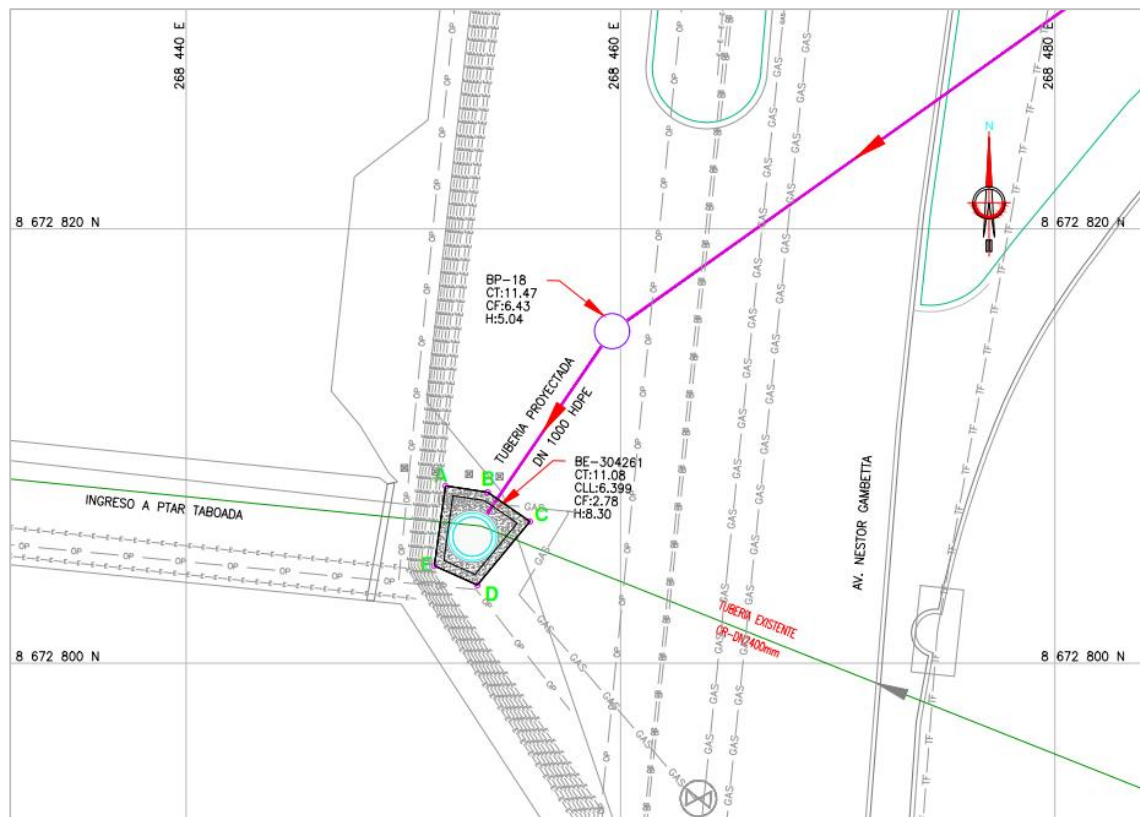
3.5.16 *Empalme del colector primario reubicado al Interceptor Norte*

Se describe el procedimiento constructivo del empalme del colector primario "Bocanegra" HDPE DN 1000 al "Interceptor Norte" de Concreto Reforzado DN 2400, este empalme se realizó en el buzón rehabilitado Bz-304261, ubicado en la puerta de ingreso a la PTAR Taboada. Posteriormente, el "Interceptor Norte" descarga sus aguas residuales en la PTAR Taboada para su tratamiento y disposición final en el mar.

Este procedimiento incluye la excavación periférica del buzón Bz-304261, corte vertical y horizontal con hilo diamantado del fuste del buzón, izaje de la estructura cortada y construcción del nuevo fuste del buzón Bz-304261.

Figura 67

Plano de ubicación del empalme del Colector Bocanegra en el Interceptor Norte



Nota: La fuente son los planos post construcción del proyecto.

3.5.16.1 Excavación periférica del buzón existente de empalme. Se define el área a excavar en la periferia del buzón existente Bz-304261 donde empalmará el colector primario ejecutado “Bocanegra” al “Interceptor Norte”.

Se aseguran las interferencias identificadas (tubería de gas, cables eléctricos, línea de agua, fibra óptica u otros); que deberán ser monitoreadas por el personal durante los trabajos de excavación.

Se realiza la excavación periférica hasta el nivel de la losa intermedia del buzón Bz-304261 y se elimina el material excavado.

En caso de socavación se procederá a perfilar el terreno para evitar colapsos. Asimismo, se vaciará una lechada de concreto para estabilizar el terreno suelto.

Figura 68

Excavación periférica en el buzón de empalme Bz-304261



3.5.16.2 Corte con hilo diamantado del fuste del buzón de empalme. A continuación, se presentan las definiciones de los equipos utilizados.

Equipo de corte con hilo diamantado DS WS15: Es un equipo de accionamiento eléctrico que está conformado por un conjunto de dispositivos (unidad de accionamiento, compresor 230V, polea y accesorios) que permiten guiar un cable de acero con incrustaciones de diamante. El corte de las estructuras es producto de la tensión y velocidad al cable, y generado por la fuerza motriz del equipo.

Hilo diamantado: Es un cable de acero de diámetro generalmente de $\varnothing=10.50$ mm que tiene discos alternados con incrustaciones de diamante, y permite cortar las estructuras (acero y concreto) cuando se aplica tensión y traslación al cable en rozamiento.

Control remoto: Es el dispositivo que permite al operador del equipo controlar de forma remota: la puesta en marcha del equipo, las poleas del equipo de corte, la velocidad y tensión del hilo diamantado y el movimiento del cabezal.

Manguera de refrigeración: Es el elemento de conducción de agua hacia los puntos de corte del hilo diamantado, y tiene como objetivo refrigerar y reducir la emisión

de polvo durante la ejecución del corte. La posición de las mangueras será cambiada por un operario a medida que avanza el hilo diamantado durante el trabajo de corte.

Carril de desplazamiento: Es un elemento longitudinal de acero que se fija a la superficie de corte mediante anclajes post instalados, y su función es guiar el desplazamiento del cabezal del equipo cuando se ejecuten los trabajos de corte.

Equipo de diamante: Es una perforadora de diamante accionado eléctricamente, es usado para perforaciones manuales y guiadas en superficies húmedas y secos.

- **Equipos y herramientas:**

Tabla 24

Equipos y herramientas usados para el corte con hilo diamantado

Equipos
Sistema de perforación y demoledor
Martillo combinado a batería TE 30-A36
Batería B 36/6.0 Li-Ion
Rotomartillo combinado TE 70-ATC/AVR
Sistema de perforación con diamante
Diamantina DD-200 BL 230V
Columna para DD 200
Sistema de corte con hilo diamantado
Sierra de corte con hilo DS WS15
Set de herramientas DS-WS15

Nota: El modelo del equipo varía de acuerdo con el proveedor.

A continuación, se muestran imágenes referenciales de los equipos utilizados:

Figura 69

Broca de diamante para corte con hilo diamantado



Figura 70

Hilo de diamante para corte con hilo diamantado.



Figura 71

Set del equipo de corte con hilo diamantado DS WS15



Figura 72

Equipo de perforación rotomartillo



Figura 73

Equipo de perforación de diamante



Figura 74

Broca carburada de tungsteno



3.5.16.2.1 Descripción de las actividades.

Consideraciones generales:

El Supervisor verificará que no haya interferencias en el área de trabajo; asimismo, se inspeccionará las instalaciones, los accesos, el estado de los equipos y las herramientas a emplearse en los trabajos, que deberán contar con la respectiva cinta de inspección.

Antes de operar un DS WS15 el responsable de operar el equipo de corte debe hacer una inspección de seguridad que incluya la revisión del equipo hidráulico, poleas, hilo, conectores, pinza hidráulica y en general todo el sistema.

Indicaciones para el uso del sistema de corte con hilo diamantado:

El Supervisor verificará que los puntos de agua y las mangueras de distribución se encuentren operativos y en buen estado.

El Supervisor indicará al operador del equipo y a su asistente abrir las válvulas del agua refrigerante verificando que en los puntos de refrigeración el flujo de agua sea el adecuado.

Las herramientas manuales deben ser atadas con soguillas a las muñecas de los operarios.

La instalación del equipo DS WS15 contempla el anclaje de poleas direccionales, para este fin se realizarán perforaciones con rotomartillo y brocas carburadas; el rotomartillo deberá contar con aislamiento dieléctrico y el personal debe contar con mascarilla de protección contra partículas y protectores auditivos.

La instalación del hilo diamantado en el equipo será realizada por el operario usando guantes de cuero. El operario del equipo debe verificar que la longitud del hilo diamantado sea la adecuada para cubrir toda la longitud de corte, verificada la longitud del hilo diamantado el operario colocará los conectores haciendo uso de una prensa manual.

El operador del equipo ingresará a la zona de trabajo con su equipo de protección personal para hacer una verificación final de la ubicación de la alimentación del equipo, las mangueras de agua refrigerante, las poleas direccionales, la posición del hilo diamantado y el cabezal sean las adecuadas. Esta verificación se realizará con el equipo desconectado de la fuente de energía (grupo electrógeno 440 V), además se debe verificar que todos los interruptores de arranque de los equipos se encuentran apagados.

El Supervisor del Trabajo debe verificar que no haya ninguna persona a una distancia menor de 3 m del equipo de corte. Se debe señalizar todo el perímetro alrededor del área de trabajo con cintas de seguridad para restringir el tránsito de personas por debajo del área de corte.

El Supervisor del Trabajo indicará al operador activar el equipo de corte mediante el control remoto con el fin de realizar una prueba del equipo en marcha durante 3 minutos, verificando que los componentes del equipo funcionan sin inconvenientes (poleas, hilo diamantado, cabezal).

Durante el trabajo de corte del equipo se restringirá el ingreso de personas ajenas a la tarea dentro del área de trabajo. Adicionalmente, se restringirá el acceso de cualquier persona a una distancia de 3 m alrededor del equipo.

Cuando sea necesario ingresar a la zona de trabajo, a menos de 3 m del equipo de corte, con el fin de reubicar las mangueras de refrigeración, acomodar la posición de las poleas, colocar cuñas de acero y/o cualquier tipo de intervención; la persona encargada de la intervención disminuirá al máximo las revoluciones en el corte y comunicará al personal de la tarea para que este realice la labor con precaución.

El Supervisor del Trabajo comunicará al personal del área el fin de la intervención y este realizará una inspección y verificación final que todo esté libre de riesgos y la persona que intervino en la zona de trabajo no haya dejado herramientas y/o equipos que puedan representar peligros al re energizar el equipo de corte.

Actividades preliminares:

Suministrar energía eléctrica con las siguientes salidas:

- 02 salidas trifásica de 400v tres fases 50/60HZ para el equipo DS-WS15 a 5 m del punto de trabajo como máximo.
- 04 salidas monofásicas de 220V (Perforadoras, taladros y demoledores).

01 torre de iluminación con una capacidad de 4000 watts, para la iluminación del área de trabajo.

Un tanque de agua de 2500 L con una salida de agua de Ø1", para la puesta en marcha del sistema de corte con hilo diamantado y los equipos de perforación diamantina.

Liberación del área de trabajo, no debe existir ninguna otra actividad paralela que perjudique el rendimiento de los trabajos de corte y perforación.

Trazo topográfico de la ubicación de las perforaciones y líneas de cortes. Se recomienda que las marcaciones se realicen con un material que no se borre fácilmente con el agua (pintura epóxica, indeleble, etc.).

Instalaciones hidráulicas y sanitarias para el funcionamiento de todos los equipos de corte (bomba hidráulica, mangueras de refrigeración, etc.)

Procedimiento de ejecución

Se realizaron cortes verticales y horizontales del fuste y losa intermedia del buzón de empalme Bz-304261 respectivamente, posteriormente estas estructuras cortadas fueron izados, demolidos y eliminados. A continuación, se detalla la secuencia de actividades:

Etapas I: Perforaciones

a) Perforaciones pasantes para paso del hilo diamantado.

Se realizan perforaciones pasantes de diámetro Ø1 ¼" a 2 ¼" en la losa de concreto mediante el equipo rotomartillo TE-70, para guiar al hilo diamantado y delimitar las líneas de corte en el muro, en caso de encontrar acero de refuerzo se desviará la perforación algunos centímetros a fin de realizar la perforación.

b) Perforaciones diamantinas pasantes para puntos de izaje.

Se realizó la instalación del equipo de perforación DD-200 para realizar las perforaciones horizontales pasantes con broca de diamante de Ø4" en los puntos de izaje de cada bloque marcados topográficamente y aprobados previamente por la Supervisión.

Etapa II: corte con hilo de diamante y maniobra de izaje

c) Corte horizontal y vertical con hilo diamantado

Se posicionará y fijará el sistema de corte con hilo DS WS15 y las poleas guía mediante anclajes mecánicos de ½" x 4 ½" sobre el muro de concreto armado.

Cortes verticales, para los cortes verticales, se instalará el hilo de diamantado por las poleas para guiar el hilo gris diamantado por las perforaciones. Se realizarán pruebas de corte preliminares y se procederá a iniciar con los cortes verticales.

Se realizó la perforación de cuatro (04) puntos equidistantes del buzón con taladro diamantado con un diámetro Ø4" en el primer tramo del fuste a retirar, las mismas que servirán para asegurar el gancho de la grúa.

Se realizó el corte del primer fuste de H=2.0 m del buzón existente con la cortadora de hilo diamantado. Una vez cortado se procede al izaje con el camión grúa de 30 toneladas para su retiro.

Asimismo, se continuará con la perforación de otros cuatro (04) puntos equidistantes con el taladro diamantado de diámetro Ø4" y con el corte del segundo fuste hasta el nivel de losa intermedia del buzón Bz-304261.

Cortes horizontales, para los cortes horizontales se repetirá el procedimiento descrito líneas arriba, pero añadiendo que deberá instalarse previamente una grúa que asegure que el bloque (losa intermedia) no se voltee durante el proceso de corte.

Se realizaron cinco (05) perforaciones con taladro diamantado de Ø4" en las esquinas equidistantes y uno (01) en el centro de la losa intermedia, esta última se utilizará para asegurar la losa al gancho de la grúa, que la mantendrá fija y asegurada al momento de realizar el corte con el hilo diamantado por las otras 04 perforaciones.

Una vez realizada el corte se procederá con el retiro de la losa intermedia previamente asegurada con el gancho de la grúa, a un punto de acopio.

Luego, se procederá a colocar una plancha metálica o de fenólico de madera apoyada sobre la abertura del buzón, para evitar el ingreso de elementos extraños al buzón en funcionamiento y evitar la salida de gases hacia el área de trabajo.

Figura 75

Corte horizontal con hilo diamantado de losa intermedia de buzón



d) Maniobra de Izaje

Una vez liberado los bloques de concreto, se realizó el izaje de estos cuerpos a un punto de acopio para su posterior eliminación.

3.5.16.3 Construcción del fuste del buzón de empalme

3.5.16.3.1 Habilitación y colocación de acero sobre la cámara del buzón de empalme. Se realizaron perforaciones de 10 cm al muro de la cámara existente en la parte superior, que servirá de anclaje de la nueva estructura.

Las varillas de acero corrugado serán marcados de acuerdo a los planos de detalle. Luego, las varillas serán cortadas empleando una tronzadora eléctrica.

Realizar los dobleces de 90° sobre un banco de doblado, la longitud de doblez será: $\emptyset 3/8" = 12 \text{ cm}$, $\emptyset 1/2" = 15 \text{ cm}$ y $\emptyset 5/8" = 20 \text{ cm}$ o el espesor del elemento menos los respectivos recubrimientos.

3.5.16.3.2 Armado de encofrado de madera para cámara de buzón de empalme. Se describen los procedimientos constructivos empleados:

Limpiar el encofrado y aplicar el desmoldante en la cara interna.

Se armará el encofrado de madera una vez liberado el acero de refuerzo sobre la losa de la cámara existente.

Al realizar el encofrado se debe tener cuidado el recubrimiento mínimo de 4 cm para la losa de techo y 5 cm para los muros.

Asegurar las piezas del encofrado con clavos y amarrar con alambre # 08.

Figura 76

Enmallado y encofrado de la cámara de buzón de empalme



3.5.16.3.3 Vaciado de concreto premezclado. Una vez liberado la armadura y el encofrado (dimensiones, estanqueidad, fijación, limpieza, etc.) y con la conformidad de la Supervisión, se procede con el vaciado de concreto.

Verificar la hora de salida de la planta del camión concretero y la hora de llegada a la obra para el vaciado, de esta manera se controla el tiempo de vida útil del concreto.

Se saca muestra de concreto no menor a 1 pie³ para medir el slump (4" – 6"), la temperatura (<32° C) y moldear los testigos (04 und).

Se procede a la colocación de concreto premezclado $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$. Dado que los elementos no tendrán más de 1.50 m de altura, la descarga será directa del chute del camión concretero.

Realizar el muestreo del concreto en estado plástico, tomando 2 muestras (02 probetas por cada muestra) por cada 50 m³.

Una muestra se ensayará a compresión a los 7 días y otra muestra a los 28 días.

Una vez que el concreto haya sido colocado hasta los niveles de vaciado, se procederá a dar el acabado de la superficie.

3.5.16.3.4 Desencofrado y curado del concreto. Luego de que desaparezca el agua libre de exudación de las superficies expuestas, se procede a realizar el curado, de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

El desencofrado se realizará luego de transcurrido 24 horas desde el fin del vaciado.

El encofrado debe retirarse con cuidado, limpiarse y acondicionarse para el siguiente uso.

Retirado el encofrado, inmediatamente se procederá aplicar la membrana de curado en las caras verticales del elemento prefabricado, siguiendo las instrucciones del fabricante.

3.5.16.3.5 Curado de testigos de concreto. Los testigos serán desmoldados al día siguiente, rotulados (correlativo y fecha de colado) y puestos en una poza con agua limpia y techada para curado. Posteriormente, las probetas serán trasladados al laboratorio con la presencia del Supervisor.

El ensayo a compresión se llevará a cabo en un laboratorio acreditado por INACAL.

3.5.16.3.6 Relleno y compactación periférico. Una vez culminada la construcción de la cámara rectangular sobre la losa intermedia del buzón de empalme, se montaron los fustes prefabricados de Ø1.50 m de diámetro y el techo.

Posterior a ello, se realizó el relleno y compactación con material seleccionado hasta el nivel de la sub rasante, para dar paso a la reposición del pavimento.

Figura 77

Relleno y compactación en la periferia del buzón de empalme



3.6 Redes de agua potable

3.6.1 Electrofusión

La electrofusión sirve para unir tubos o accesorios y tubos; los accesorios usados en la electrofusión deben contar con tarjetas magnéticas o etiquetas que contienen códigos de barras con los datos de fusión e información relevante.

Los accesorios usados en la electrofusión serán suministrados de forma individual empaquetados en bolsas de protección, que deberá mantenerse limpio durante la preparación de la soldadura.

A continuación, se detalla el procedimiento de electrofusión:

Paso 1: Medir la longitud de la unión enlace de electrofusión sin retirarla del empaque.

Paso 2: En cada tubo a pegar, marcar con un lápiz, la mitad del valor medido.

Paso 3: Raspar toda la región que estará en contacto entre los tubos y las conexiones usando un raspador mecánico o manual.

Paso 4: Limpiar la región raspada con una solución a base de acetona y evitar el contacto con la región a ser soldada.

Paso 5: Retirar la unión enlace del empaque, teniendo cuidado de no tocar el área interior de la pieza donde se encuentra la resistencia eléctrica. Encajar la unión tomando en cuenta la marcación efectuada, que indicará la profundidad hasta donde debe insertarse la conexión.

Paso 6: Instalar el alineador, conectar los cables del equipo de electrofusión a los bornes de la unión enlace y pasar el lector óptico sobre el código de barra.

Paso 7: Realizar la soldadura y esperar el tiempo de enfriamiento recomendado en el catálogo del fabricante, manteniendo el alineador y evitando mover el conjunto.

Figura 78

Electrofusión en tubería de agua potable HDPE DN 200



3.6.2 Prueba hidráulica de agua potable

La finalidad de la prueba hidráulica es verificar que antes de la puesta en servicio de la red, todos sus componentes hayan sido correctamente instalados y no presenten fugas.

Para las redes secundarias de agua potable, la presión de prueba será una y media (1.5) veces la presión nominal de la tubería, que será medida en el punto más bajo de la red. En caso en que el Constructor solicite pasar la prueba hidráulica una sola vez, tanto para las conexiones domiciliarias y redes secundarias, la presión de prueba será una y media (1.5) veces la presión nominal de la tubería.

Antes de la prueba hidráulica, todos los accesorios, válvulas y grifos contra incendio deben estar anclados; y como mínimo deben tener el primer relleno compactado, estando descubierto solo las uniones.

La prueba hidráulica tendrá una duración mínima de 30 minutos para las redes secundarias, debiendo en este periodo permanecer bajo la presión de prueba.

Al finalizar la prueba hidráulica, se purga la red y se verifica la disminución progresiva de la presión en el manómetro instalado.

Figura 79

Prueba hidráulica en la red secundaria de agua potable



3.6.3 Desinfección de red

Las redes de agua potable deben ser completamente desinfectadas antes ser puesta en servicio. Para la desinfección, la concentración de cloro aplicada debe ser 50 ppm, debiendo permanecer en contacto con el agua de la tubería un tiempo mínimo de 24 horas, luego se efectúa la prueba de cloro residual debiendo obtener como mínimo 5 ppm de cloro.

Durante el período de desinfección de la red; todos los grifos contra incendio y válvulas deben ser maniobrados repetitivamente para asegurar que todos los componentes de la red entren en contacto con la solución clorada.

Finalmente, el agua clorada es eliminada de la red y se inyecta nuevamente agua potable hasta alcanzar 0.5 ppm de cloro residual.

Figura 80

Medición de cloro residual durante la prueba de desinfección



3.6.4 Empalme a la red existente de agua potable

Se realizaron dos (02) empalmes de agua potable, entre la nueva red ejecutada de HDPE DN 200 y la red existente de PVC DN 200; para ello la nueva tubería instalada se dejó a 1 m de la tubería existente en la misma cota y alineamiento.

Para esta actividad, se programó el corte del servicio de agua potable en el subsector previa autorización de la SUNASS y comunicando a la población con cinco (05) días de anticipación mediante volantes de “restricción del abastecimiento de agua” en coordinación con el EOMR-Callao.

Una vez realizado el corte de servicio, se procede a cortar la tubería existente PVC DN 200 en los puntos de empalme E-01 y E-02 usando una sierra.

Seguidamente, el agua de remante acumulado en la zanja es bombeado hacia el buzón más cercano mediante una motobomba de Ø4”.

Cuando el terreno ya se encuentre seco, se instalan los acoples de unión flexible de amplio rango de hierro dúctil entre la tubería existente PVC y HDPE.

Se realizan los dados de anclaje de los accesorios con cambio de dirección según los planos de detalle.

Finalmente, se reapertura el servicio en el subsector correspondiente y se monitorea que los empalmes no presenten filtraciones.

Figura 81

Empalme E-01 de la red de agua potable ejecutada



3.6.5 Esquineros

Los esquineros tienen la finalidad de permitir localizar fácilmente las tuberías y accesorios de la red una vez concluida la obra durante los trabajos de operación y mantenimiento, y se realiza referenciando los componentes de la red: accesorios (codos, tees, reducciones, etc.) y válvulas hacia infraestructuras existentes conocidas: esquinas de las edificaciones, postes de luz, cercos perimétricos, semáforos, buzones, etc.

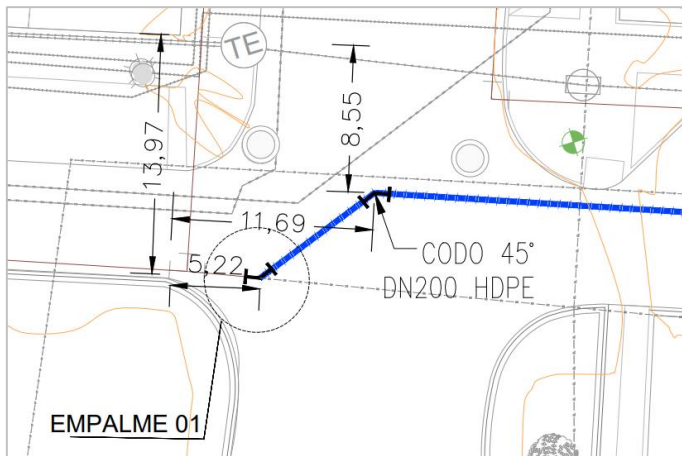
Los planos de esquineros deben contener:

- Distancia desde el accesorio hacia la referencia conocida.
- Material y diámetro de las tuberías y accesorios.
- Nombre de las vías públicas.
- Profundidad de las tuberías.

A continuación, se muestran los dos (02) esquineros realizados en el tramo ejecutado:

Figura 82

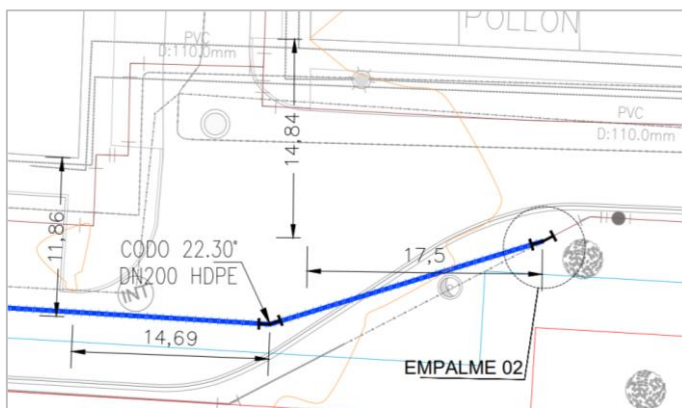
Esquinero N° 01, correspondiente al empalme 01 de la red



Nota: La fuente son los planos post construcción del proyecto.

Figura 83

Esquinero N° 02, correspondiente al empalme 02 de la red



Nota: La fuente son los planos post construcción del proyecto.

3.6.6 Reposiciones

3.6.6.1 Reposición de jardines. Los jardines fueron repuestos en iguales o mejores condiciones en las que estaban antes del inicio de la obra, incluye la tierra de cultivo, plantas de tallo corto, céspedes, árboles, etc. así como el riego de los jardines repuestos hasta que las plantas se adapten al terreno.

Figura 84

Reposición de áreas verdes en el cierre de obra



3.6.6.2 Reposición de veredas. Las losas de las veredas fueron de concreto simple de 10 cm de espesor, se usó concreto premezclado $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ con cemento Portland tipo I, agregado fino y agregado grueso. El acabado liso rico en pasta, y los paños de las veredas fueron definidos por las bruñas y siguieron las líneas de las veredas existentes.

El desencofrado no se realizó hasta 16 horas después del vaciado del concreto.

El curado de las veredas se realizó mediante el sistema “arroceras” cubierto de agua de forma permanente durante los 8 días posteriores al vaciado del concreto.

El acabado final se realizó a fin de obtener una superficie de textura rugosa y bruñado uniforme, teniendo en cuenta que el desnivel no sea superior a los 3 mm entre la rasante de la vereda repuesta y existente.

Para la base de las veredas, se usó afirmado y fue colocado sobre la subrasante; constituido por material granular con tamaño máximo de $\text{Ø}1''$.

Figura 85

Reposición de martillo de vereda en la berma central de la avenida



3.6.6.3 Reposición de sardineles. Los sardineles repuestos tuvieron las dimensiones: 15 cm de altura libre, 45 cm de altura total y 15 cm de ancho; el borde exterior es redondeado con un radio mínimo de 2.50 cm

Los sardineles fueron vaciados con concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, se colocaron acero de refuerzo en aquellos sardineles que contaban con armadura antes de su demolición.

El vaciado se realizó de forma independientemente de la vereda, de tal manera que durante las reparaciones no se comprometiera ninguna de las estructuras.

Figura 86

Encofrado y pintado de sardineles repuestos



Capítulo IV. Análisis y discusión

La instalación de tuberías mediante el método sin zanja tipo túnel liner es altamente efectivo cuando se requiere realizar instalaciones de redes de agua potable, alcantarillado y otros servicios en vías principales de alto flujo vehicular que no pueden ser restringidos durante un periodo de tiempo considerable; ya que con este método se evita la interrupción de actividades en la superficie, mientras se ejecutan los trabajos descritos en el desarrollo del presente informe.

En la etapa de instalación de tuberías dentro del túnel liner, se debe tener las precisiones en la instalación de los rieles dentro del túnel, ya que este elemento determinará los niveles y alineamiento de la tubería del sistema de alcantarillado. Asimismo, los niveles de los rieles deberán ser estimados a partir de la cota de fondo de los colectores de alcantarillado en los perfiles hidráulicos.

Para la inyección de relleno con mortero fluido entre la tubería instalada y el túnel liner, deberá realizarse en por lo menos dos (02) fases para evitar la sub presión y cuando la tubería se encuentra fijada dentro del túnel; de esta manera se garantizará que no se afecte la nivelación y el alineamiento del colector.

Cuando se realicen excavaciones en terrenos saturados, que son aquellos que contienen únicamente dos fases: la sólida (propiamente el suelo) y líquida (el agua); se debe recuperar el principio de cohesión entre sus partículas, y esto se logra drenando el agua subterránea del terreno. Para tal efecto, se debe ubicar la cota más baja de la excavación y realizar un pozo de achique o sumidero para la instalación de equipos de bombeo que deberá estar en funcionamiento constante durante la ejecución de los trabajos.

En la unión de las tuberías plásticas (HDPE y PVC) con los buzones y/o cámaras, se deben instalar pasamuros de caucho que permitan garantizar la hermeticidad de la estructura, y tener resultados satisfactorios durante las pruebas hidráulicas de

alcantarillado. Sin embargo, en estas obras de liberación de interferencias, no se consideraron pasamuros en los ingresos de colectores secundarios.

Las pruebas hidráulicas permiten verificar que antes de la puesta en servicio de las redes, todos sus componentes hayan sido correctamente instalados y no presenten fugas. Sin embargo, durante la ejecución de las obras se ha oído decir que las pruebas hidráulicas permiten garantizar la calidad de los materiales, lo cual es incorrecto porque la calidad de los materiales e insumos de obra, se garantizan con los certificados de calidad.

Durante la ejecución de las obras de liberación de interferencias, se han visto observaciones recurrentes del área operativa Equipo Recolección Primaria (ERPrim) respecto a los acabados de las medias cañas de los buzones y/o cámaras, siendo principalmente los siguientes: generar curvatura en el plano vertical desde el 50% de su altura hacia el fondo del buzón, eliminación de protuberancias y grumos de las paredes, dar una pendiente del 5% en los aleros y resane de los emboquillados de los buzones usando mortero de alta resistencia Sikarep 500 y/o similar.

Por otro lado, para una mejor ejecución de obra, se recomienda la implementación de modelos de flujo computacional (CFD) en el diseño de las cámaras especiales y de empalme, y otras estructuras primarias de alcantarillado durante la etapa de elaboración de Expediente Técnico; ya que estos modelos permiten representar mejor el comportamiento real del sistema proyectado.

Finalmente, se recomienda la implementación de la metodología BIM en los proyectos de saneamiento, principalmente en el ámbito urbano; ya que esta metodología brinda grandes ventajas comparadas con la información en CAD, pues ayuda a prevenir interferencias con otros servicios públicos (telefonía, gas, fibra óptica, etc.) y plasmar detalles constructivos más específicos para cada componente proyectado.

Conclusiones

- El método sin zanja mediante túnel liner es un método efectivo para la instalación de redes de alcantarillado, ya que evita la interrupción de las actividades en la superficie durante su ejecución, no se interrumpe el tránsito vehicular y genera menor contaminación en el medio ambiente.
- La calidad de la obra se garantizó con el cumplimiento de las Especificaciones Técnicas de SEDAPAL (CTPS), Especificaciones Técnicas del proyecto, normas técnicas internacionales y recomendaciones de los fabricantes.
- Los procedimientos constructivos pueden ir mejorándose durante el proceso de ejecución, mientras que las Especificaciones Técnicas son de estricto cumplimiento.
- Durante la obra, el Contratista presentó los certificados de calidad y garantía de los materiales y equipos usados en la obra, para la conformidad de la Supervisión.
- La ejecución de las pruebas hidráulicas permitió verificar que antes de prestar servicio, todos los componentes de las redes de agua potable y alcantarillado, hayan sido correctamente instaladas y no presenten fugas.
- Las inspecciones televisivas móviles permitieron verificar el buen estado de los colectores primarios instalados antes de la puesta en servicio; para ello, se coordinó oportunamente con el Equipo de Recolección Primaria (ERPrim) de SEDAPAL la programación de las inspecciones.
- La Entidad (SEDAPAL), brindó acompañamiento al Contratista en la obtención de las autorizaciones relacionadas a la ejecución de obra, las mismas que fueron acompañadas de reuniones de trabajo colaborativas.
- Durante la ejecución de la obra, se encontraron interferencias no identificadas en la etapa de Expediente Técnico; que, en algunos casos, obligó a replantear las estructuras proyectadas.

- En cada liberación de actividades de obra, se diligenció el respectivo protocolo con la firma de los profesionales responsables, lo cual permitieron al Contratista sustentar dichas actividades.
- Cuando se intervengan colectores primarios, se debe contar con un plan de contingencia.

Recomendaciones

- Se recomienda la implementación de la metodología BIM en los proyectos de saneamiento, principalmente en el ámbito urbano; a fin de mejorar los procesos de ejecución.
- Se recomienda realizar un modelamiento hidráulico del sistema post construcción de tal manera que se compare escenarios del sistema proyectado y en funcionamiento.
- Se recomienda una mejor revisión del Expediente Técnico por parte del equipo de revisores, debido a que durante la ejecución de la obra se encontraron deficiencias e incompatibilidades.
- Se recomienda que la Supervisión coordine permanentemente con las áreas usuarias involucradas: Equipo de Recolección Primaria (ERPrim) y Equipo de Operación y Mantenimiento de Redes de Callao (EOMR-C).
- Se recomienda implementar modelos de flujo computacional (CFD) para el diseño de las cámaras especiales, cámaras de empalme y otras estructuras primarias de alcantarillado; a fin de optimizar los diseños propuestos.
- Se recomienda minimizar los trabajos nocturnos, cuando la obra se ejecute cerca a zonas residenciales, a fin de evitar conflictos sociales con los vecinos.
- Se recomienda supervisar y controlar la anulación de colectores existentes que quedarán fuera de servicio, a fin de evitar riesgos de hundimiento del pavimento en el mediano y largo plazo.
- Se recomienda tomar en cuenta los tiempos de procura de los materiales, especialmente de aquellos que son importados.
- Se recomienda verificar el retiro de las rebabas del interior de los tubos de HDPE producto de la termofusión, a fin de mantener la uniformidad en la sección del tubo.

- Se recomienda realizar análisis fisicoquímico del agua subterránea cuando haya presencia de napa freática en las excavaciones, y de los resultados, evaluar posibles afectaciones a las estructuras proyectadas.

Referencias bibliográficas

- Flores, J. (2014). *Procesos constructivos de rehabilitación y ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado en la localidad de Calango y el anexo San Bartolo - Distrito de Calango - Cañete – Lima*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional Cybertesis UNI. <https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/10974>
- Guanilo, C. (2017). *Estudio de los procesos de electrofusión y termofusión en unión de tuberías de HDPE en una refinería* [Tesis de pregrado, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional PIRHUA. <https://hdl.handle.net/11042/3195>
- Maldonado, J. (2014). *Procedimiento constructivo para la instalación del sistema de alcantarillado y planta de tratamiento de aguas residuales domesticas de la ciudad de San Rafael, Distrito de San Rafael - provincia de Ambo - región de Huánuco* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional Cybertesis UNI. <https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/12062?locale=en>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. MVCS. <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/informes-publicaciones/2309793-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>
- Norma DVS 2207-1. (2016, diciembre). *Welding of thermoplastics - Heated element welding of pipes, piping parts and panels made out of polyethylene*. DVS – German Welding Society. <https://www.dvs-regelwerk.de/media/198476/1.jpg>
- Norma Técnica Peruana NTP-RT-ISO/TR 4191. (2016): *Sistemas de tuberías de plástico para el suministro de agua. Recomendaciones para su instalación*. NTP. Normalización Española. (2005, febrero). *UNE-EN 13705:2005: Soldadura de materiales termoplásticos. Máquinas y equipos para el soldeo por gas en caliente (incluyendo el soldeo por extrusión)*. UNE
- NTP ISO 4427:2008. (2008). *Sistema completo de tuberías y conexiones de HDPE para abastecimiento de agua*. NTP.

- NTP ISO 4435:2014. (2014). *Sistema de tuberías de PVC para alcantarillado, drenaje y canales*. NTP.
- NTP ISO 8772:2009. (2009). *Sistema de tuberías de HDPE para alcantarillado, drenaje y canales*. NTP.
- Organización Panamericana de la Salud. (2015). *Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado*. OPS/CEPIS/05.169
- Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima. (2010). *Reglamento de elaboración de proyectos de agua potable y alcantarillado para habilitaciones urbanas de Lima Metropolitana y Callao*. SEDAPAL.
- Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima. (2021, setiembre). *CTPS-ET-008 Instalación, rehabilitación y/o reposición de líneas de agua potable y alcantarillado*. SEDAPAL. <http://cloud.sedapal.com.pe/owncloud/index.php/s/7ewAy5nxRZt0XEd#pdfviewer>
- Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima. (2022, marzo). *CTPS-RE-002: Consideraciones Técnicas para el uso de tuberías y accesorios en obras y servicios de SEDAPAL (Desagüe)*. SEDAPAL. <http://cloud.sedapal.com.pe/owncloud/index.php/s/ddii9Xdke0QYFjD#pdfviewer>
- Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima. (2023, mayo). *CTPS-ET-002 Pruebas en redes y en estructuras de almacenamiento del sistema de agua potable y alcantarillado*. SEDAPAL. <http://cloud.sedapal.com.pe/owncloud/index.php/s/bLv8hOfWDWwcyEi#pdfviewer>
- Torres, S. (2008). *Procedimiento constructivo y control de calidad en la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Acolla - Jauja - Junín* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional Cybertesis UNI. <https://cybertesis.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/17808>

Anexos

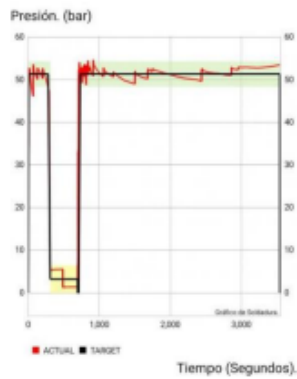
Anexo 1: Reporte de termofusión de tubería HDPE DN 1000	1
Anexo 2: Planos de detalle de buzones tipo I y II	3
Anexo 3: Protocolos de registro de liberaciones en campo	6

Anexo 1: Reporte de termofusión de tubería HDPE DN 1000

PEWeldBank PEWeldBank Individual Weld Report

Date	Weld Number	Start Time	Ambient Temp	Status
06-04-2022	202204060921.4531	09:21	28.0° C	Accepted

Weld Details	Required	Actual	
P1 bead-up pressure	48.4-54.4	11.4-53.6	bar
t1 bead-up size	3.50	310.00	Seconds
P2 heat soak pressure	0.0-6.4	1.1-5.8	bar
t2 heat soak time	385-385	385	Seconds
t3 heater plate removal time	≤16	16	Seconds
P3 fusion jointing pressure	48.4-54.4	48.8-54.7	bar
t5 fusion jointing time (bead roll-over time)	≥46:50	46:50	Min:Sec



Welding Standard	
Standard name	DVS 2207-1 PE

Pipe / Fitting Details		METRIC (mm)					
Material	Manufacturer	Type	Shape	dn	SDR	en	Batch No.
Spigot 1	Pipe Manufacturer 1	PE100	Tubería.	1000	26	38.5	01
Spigot 2	Pipe Manufacturer 1	PE100	Tubería.	1000	26	38.5	01

Machine Details				
Brand	Model	Ram Size	Serial No.	Calibration Date
Riyang	V1000	3880 mm ²	100020090251	26-05-2021

Sensor Details					
Brand		Model	Serial No.	Calibration Date	Firmware Version
PEWeldBank	Pressure	PWB-P133	30:AE:A4:F3:A7:1E	09-08-2021	V 1.3.7

Project Details		
Project Name	Job Number	Project Contact Details
Intervencion Estacion Aeropuerto	01	Carlos Chavez 961109901

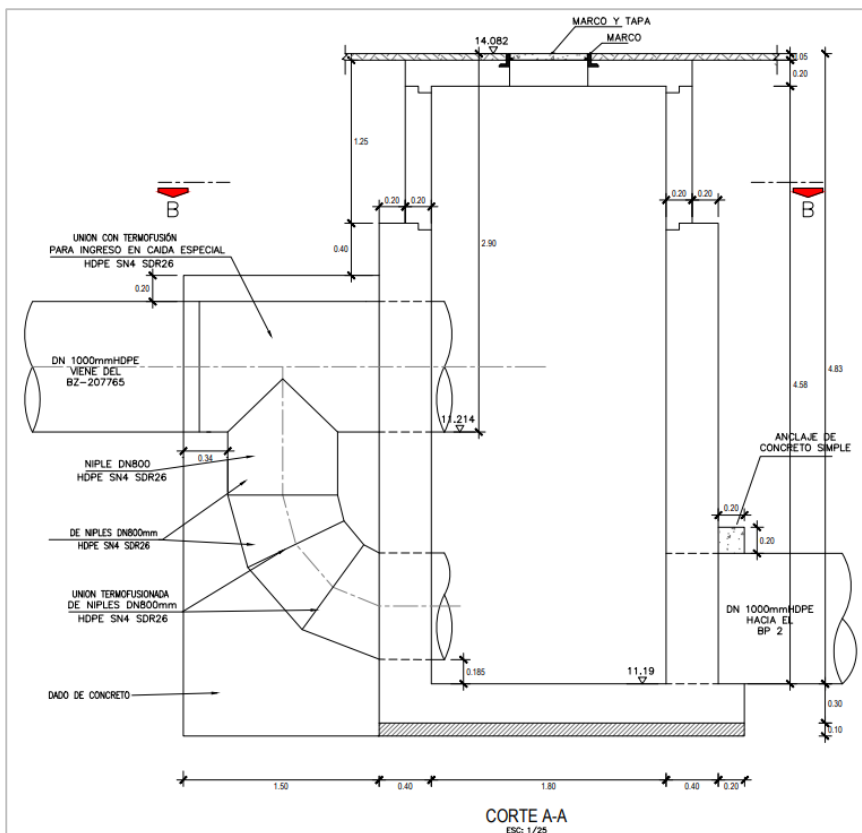
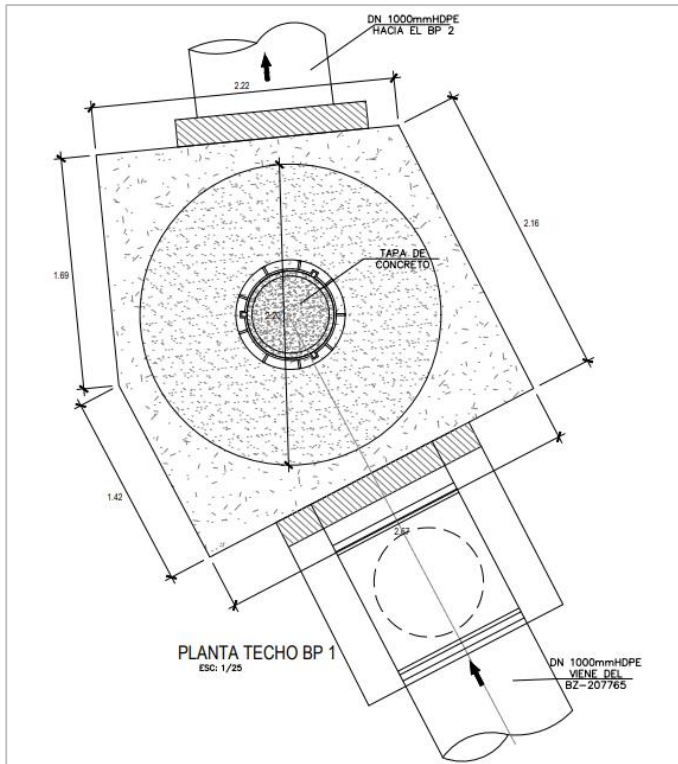
Asset Details		
Drawing Number	Spool Number	Line Number
-	-	-

GPS Coordinates at Time of Completed Weld	
Longitude	Latitude
-77.113694	-12.007602

Heater Plate Target (° C)		210-230
	Front	Back
Zone 1	220	220
Zone 2	220	220
Zone 3	220	220
Zone 4	220	220
Average	220	
Fixed Point Sensor	-	

At commencement of weld
Measured during Phase 1 and 2

iii. Plano de detalle de buzón con caída BP-01 ($H \leq 3$ m)



Anexo 3: Protocolos de registro de liberaciones en campo

i. Protocolo de registro topográfico: liberación de alineamiento de tubería

PROTOCOLO DE REGISTRO		Código	CB-PA004-CC-FOR-001						
		Revisión	02						
REPORTE TOPOGRAFICO		Fecha	27/05/2021						
		Página 1 de 1							
OBRA: INTERVENCIÓN EN POZO DE ATAQUE, ESTACIÓN GAMBETTA E-1, ESTACIÓN SANTA CALLAD E-2, ESTACIÓN BOCANEGRA E-3, POZO DE VENTILACIÓN 1 PV4 -1, POZO DE VENTILACIÓN 2 - PV4 -2.		N° REGISTRO: EI-AL-004	PAGINA: ↓ de ↓						
FECHA: 24/09/2021									
ESTRUCTURA / TRAMO: PA - EL GAMBETTA		PLANO DE REFERENCIA: E-1/ALC-01 (LAM 01/03)							
PARTIDA: DEL BP-03 AL BP-03									
EQUIPO TOPOGRAFICO	N° SERIE	CERTIFICADO CALIBRACION	PUNTOS DE CONTROL EMPLEADOS						
ESTACIÓN TOTAL LEICA	1892602	021 - 260/21	BM-03A N: 8672731.141 E: 267016.217 BM-03 N: 8672660.635 E: 269044.022						
DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES		COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES							
Ubicación de BM / Puntos auxiliares	<input type="checkbox"/> Trazo y replanteo de ejes	<input type="checkbox"/>	ALINEAMIENTO DE TUBERIA HOPE 1000						
Distancia y proporcionalidad entre ejes	<input type="checkbox"/> Colocación de niveles	<input type="checkbox"/>							
Verticalidad y alineamiento	<input checked="" type="checkbox"/> Otros	<input type="checkbox"/>							
DATOS TOPOGRAFICOS									
N° PUNTO	COORDENADAS TEÓRICAS			COORDENADAS REALES			DIFERENCIA		
	Este (X)	Norte (Y)	Cota (Z)	Este (X)	Norte (Y)	Cota (Z)	Este (X)	Norte (Y)	Cota (Z)
BP-03	269014.460	8672716.570							
1	269015.316	8672714.764		269015.317	8672714.765		0.001	0.001	
2	269016.597	8672712.051		269016.598	8672712.051		0.001	0.000	
3	269018.732	8672707.530		269018.733	8672707.531		0.001	0.001	
4	269020.865	8672703.028		269020.867	8672703.009		0.001	0.001	
5	269023.001	8672698.487		269023.002	8672698.489		0.001	0.002	
6	269025.135	8672693.956		269025.138	8672693.967		0.001	0.001	
7	269026.622	8672690.820		269026.623	8672690.821		0.001	0.001	
BP-02	269027.480	8672680.010							
CROQUIS/SECCION									
<p>HOPE 1000 mm L = 30.48 m S = 3.009 %</p>									
<p> BP-3 O.T. = 13.741 O.F. = 0.940 (T3) n = 4.941 n = 4.751 (T3) </p> <p>SECCION</p> <p>MATERIAL SELECCIONADO ARISADO</p> <p>TUBERIA HOPE O PVC 1000 DN</p> <p>CAMA DE APOYO</p> <p>TERRENO NORMAL (ARENA GRUESA)</p> <p>TERRENO NORMAL (ARENA GRUESA)</p> <p>PIEDRA OBER O SIMILAR 4" A 5" (SOLO EN CASO DE TERRENO SATURADO)</p>									

ii. Protocolo de registro topográfico: liberación de cama de apoyo de confitillo

PROTOCOLO DE REGISTRO		Código	CB-PA004-CC-FOR-001						
		Revisión	02						
REPORTE TOPOGRAFICO		Fecha	27/05/2021						
		Página 1 de 1							
OBRA: INTERVENCIÓN EN POZO DE ATAQUE, ESTACIÓN GAMBETTA E-1, ESTACIÓN SANTA CALLAD E-2, ESTACIÓN DOCKMEDIOTA E-3, POZO DE VENTILACIÓN 1 - PV4 -1, POZO DE VENTILACIÓN 2 - PV1 -2,		N° REGISTRO: E1 - (QNF-034)	PAGINA: 1 de 1						
ESTRUCTURA / TRAMO: PA - E1 GAMBETTA DEL BP-03 AL BP-02		FECHA: 23/09/21							
PARTIDA:		PLANO DE REFERENCIA: E-1/ALC-01 (LAM 01/03)							
EQUIPO TOPOGRAFICO	N° SERIE	CERTIFICADO CALIBRACION	PUNTOS DE CONTROL EMPLEADOS						
NIVEL DE INGENIERO TOPCON	WP 028071 AT - B4A	6968-09-2021	BM - 03A COTA = 13.939						
DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES		COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES							
Ubicación de BM / Puntos auxiliares	<input type="checkbox"/> Trazo y replanteo de ejes	LIBERACIÓN DE CAMA DE APOYO DE CONFITILLO							
Distancia y proporcionalidad entre ejes	<input type="checkbox"/> Colocación de niveles								
Verticalidad y alineamiento	<input type="checkbox"/> Otros								
DATOS TOPOGRAFICOS									
N° PUNTO	COORDENADAS TEORICAS			COORDENADAS REALES			DIFERENCIA		
	Este (X)	Norte (Y)	Cota (Z)	Este (X)	Norte (Y)	Cota (Z)	Este (X)	Norte (Y)	Cota (Z)
1			8.937			8.927			-0.010
2			8.948			8.938			-0.010
3			8.966			8.956			-0.010
4			8.984			8.974			-0.010
5			9.002			8.992			-0.010
6			9.020			9.010			-0.010
7			9.033			9.023			-0.010
CROQUIS/SECCION									

iii. Protocolo de registro topográfico: nivelación de lomo de tubería

PROTOCOLO DE REGISTRO		Código	CB-PA004-CC-FOR-001						
REPORTE TOPOGRAFICO		Revisión	02						
		Fecha	27/05/2021						
		Página 1 de 1							
OBRA:		N° REGISTRO: E1-LTUB-004	PAGINA: 1 de 1						
		FECHA: 24/09/2021							
ESTRUCTURA / TRAMO: PA - EL GAMBETTA DEL BP-03 AL BP-02		PLANO DE REFERENCIA: E-1./ALC-01 (LAM 01/03)							
PARTIDA:									
EQUIPO TOPOGRAFICO	N° SERIE	CERTIFICADO CALIBRACION	PUNTOS DE CONTROL EMPLEADOS						
NIVEL DE INGENIERO	WP 028071	69GB-09-2021	BM - 03A						
TOPCON	AT - B4A		COTA = 13.939						
DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES		COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES							
Ubicación de BM / Puntos auxiliares	<input type="checkbox"/>	Trazo y replanteo de ejes	<input type="checkbox"/>						
Distancia y proporcionalidad entre ejes	<input type="checkbox"/>	Colocación de niveles	<input checked="" type="checkbox"/>						
Verticalidad y alineamiento	<input type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>						
NIVELACIÓN DEL LOMO DE TUBERÍA HOPE 1000									
DATOS TOPOGRAFICOS									
N° PUNTO	COORDENADAS TEORICAS			COORDENADAS REALES			DIFERENCIA		
	Este (X)	Norte (Y)	Cota (Z)	Este (X)	Norte (Y)	Cota (Z)	Este (X)	Norte (Y)	Cota (Z)
1			9.957			9.958			0.001
2			9.968			9.969			0.001
3			9.986			9.987			0.001
4			10.004			10.005			0.001
5			10.022			10.023			0.001
6			10.040			10.041			0.001
7			10.053			10.054			0.001
CROQUIS/SECCION									
HDPE 1000 mm L = 30.48 ml S = 3.609 %									
BP - 3 C.T= 13.741 C.F= 8.800 C.F= 8.990 (T3) h= 4.941 h= 4.751 (T3)							BP - 2 C.T= 14.187 C.F= 9.100 h= 5.067		
C.L.T = COTA LOMO DE TUBO 29.020 DISTANCIA DE TERMOFUSION									

iv. Protocolo de registro: unión a tope de tuberías PEAD por termofusión (Norma DVS 2207-1)

PROTOCOLO DE REGISTRO														Código: CB-PAD04-CC-FOR-005			
UNION A TOPE DE TUBERIAS PEAD POR TERMOFUSION (NORMA DVS 2207-1)														Revisión: 01			
														Fecha: 5/05/2021			
														Página 1 de 1			
OBRA: INTERVENCIÓN EN POZO DE ATAQUE, ESTACIÓN GAMBETTA E-1, ESTACIÓN CANTA CALLAO E-2, ESTACIÓN BOCANEGRA E-3, POZO DE VENTILACIÓN 1 PV4 -1, POZO DE VENTILACIÓN 2 PV4 -2.														N° REGISTRO: E1-TERM-002		PÁGINA: 01 de 01	
														FECHA: 10/06/21			
DATOS DEL SOLDADOR				DATOS DEL EQUIPO TERMOFUSION				UBICACIÓN / FRENTE DE TRABAJO									
NOMBRE Y APELLIDOS		REGISTRO	MARCA	MODELO													
M. ROSAS. CH.		40557968	EYANG	V 1000		Estación GAMBETTA E-1. TRAMO BP2 - BP3											
N° UNION	DATOS DE LAS TUBERIAS				PARAMETROS DE SOLDADURA							INSPECCION VISUAL / ACEPTACION					
	LOTE TUBERIA 1	LOTE TUBERIA 2	DN (mm)	SDR	ESPESOR (mm)	TEMP. PLACA (°C)	PRESION FUSION P1 (BAR)	PRESION SATURACION P2 (BAR)	TIEMPO SATURACION t2 (S)	TIEMPO RETIRO t3 (S)	TIEMPO ENFRIAR t5 (S)	CONDICIONES AMBI / TRAB (*)	UNIFORMIDAD DEL DOBLE CORDON (C/NC)	K>0	CONFORMIDAD		
03	100802407	100802407	1000	26	38.1	220	68.3	15	551	16	40M	B	C	C			
04	100803613	100802407	1000	26	38.1	220	68.3	15	551	16	40M	B	C	C			
COMENTARIOS: L=29.02m																	
(*) CONDICIONES AMBIENTALES / DE TRABAJO		SOLEADO = 1 BAJO CARPA = A		LLUVIOSO = 2 EN SUPERFICIE = B		CON VIENTO = 3 EN ZANJA = C											
								PARALELISMO Max. 0.5 mm		Max. 10% espesor del tubo		*h = Altura del bordón final on un tiempo t ₅ . = 0.5+0.1*Espesor nom. (No mayor a 6mm)		Bordón final			

- v. Protocolo de registro: unión de tuberías y accesorios PEAD (restricciones axiales) por electrofusión (Norma DVS 2207-1)

PROTOCOLO DE REGISTRO											Código: CB-PA004-CC-FOR-010			
UNION DE TUBERIAS Y ACCESORIOS PEAD POR ELECTROFUSION (NORMA DVS 2207-1)											Revisión: 01			
											Fecha: 21/06/2021			
OBRA: "INTERVENCIÓN EN POZO DE ATAQUE, ESTACIÓN GAMBETTA E-1, ESTACIÓN CANTA CALLAO E-2, ESTACION BOCANEGRA E-3, POZO DE VENTILACION 1- PV4-1, POZO DE VENTILACION 2 - PV4-2"											N° REGISTRO: <u>EL-ELEC-004</u>		PAGINA: <u>01</u> de <u>01</u>	
											FECHA: <u>08/10/21</u>			
DATOS DEL SOLDADOR			DATOS DEL EQUIPO DE ELECTROFUSION				ESTACION / TRAMO / PUNTO							
NOMBRE Y APELLIDOS		REGISTRO	MARCA	MODELO		ESTACION GAMBETTA E-1, BP-2 (SALIDA)								
Dennis Orlando Cordova S.		47293175	PLASSON	POLY MATIC PLUS										
N° UNION	CARACTERISTICAS DE LOS ELEMENTOS						PARAMETROS DE SOLDADURA			CONDICIONES AMB / TRAB (*)	INSPECCION VISUAL / ACEPTACION			
	ELEMENTO 1	ELEMENTO 2	LOTE 1	LOTE 2	DIAMETRO (mm)	SDR	VOLTAJE (S)	TIEMPO DE FUSION (S)	TIEMPO ENFRIAR (S)		TESTIGO DE FUSION? (C/NC)	ALINEAMIENTO (C/NC)	CONFORMIDAD (C/NC)	
1	RA	TUBERIA	065163	100802407	1000	26	25	130	1800	7	C	C	C	
2	RA	TUBERIA	065163	100802407	1000	26	25	130	1800	7	C	C	C	
3	RA	TUBERIA	065163	100802407	1000	26	25	130	1800	7	C	C	C	
4	RA	TUBERIA	065163	100802407	1000	26	25	130	1800	7	C	C	C	
5	RA	TUBERIA	065163	100802407	1000	26	25	130	1800	7	C	C	C	
6	RA	TUBERIA	065163	100802407	1000	26	25	130	1800	7	C	C	C	
7	RA	TUBERIA	065163	100802407	1000	26	25	130	1800	7	C	C	C	
8	RA	TUBERIA	065163	100802407	1000	26	25	130	1800	7	C	C	C	

(*) CONDICIONES AMBIENTALES / DE TRABAJO: SOLEADO = 1, LLUVIOSO = 2, NUBLADO = 3, CON VIENTO = 4, BAJO CARPA = 5, FUERA DE ZANJA = 6, EN ZANJA = 7.

COMENTARIOS: RA : JUNTA DE RESTRICCIÓN AXIAL

vi. Protocolo de registro: prueba de deflexión en redes de alcantarillado

PROTOCOLO DE REGISTRO		Código: CB-PA004-CC-FOR-011			
		Revisión: 01			
PRUEBA DE DEFLEXIÓN EN TUBERÍAS		Fecha:			
		Página 1 de 1			
OBRA: "INTERVENCIÓN EN POZO DE ATAQUE, ESTACIÓN GAMBETTA E-1, ESTACIÓN CANTA CALLAO E-2, ESTACION BOCANEGRA E-3, POZO DE VENTILACION 1- PV4-1, POZO DE VENTILACION 2 - PV4 - 2"		N° REGISTRO: <u>E1-PD-001</u> FECHA: <u>04/02/22</u>			
		PAGINA: <u>1</u> de <u>1</u>			
ESTACION / TRAMO: <u>BP-1 al B2 207765/E-1 Gambeta</u>		PLANO DE REFERENCIA: <u>E-1 ALC-01 (Lámina 01/01)</u>			
CARACTERÍSTICAS DEL TRAMO					
DN EXTERIOR (mm)	DN INTERIOR (mm)	DN MANDRIL (mm)	LONGITUD DEL TRAMO (m)	CLASE DE TUBERIA	FABRICANTE
1000	923.6	877.42	3.65	SN4	TIGRE
ACTIVIDADES DE LA PRUEBA					
MATERIAL UTILIZADO EL MANDRIL CUMPLE CON LAS DIMENSIONES PARA LA PRUEBA: DIAMETRO (95% DIAMETRO INTERNO DE LA TUBERIA) <u>CONFORME</u> LONGITUD 0.50m <u>CONFORME</u>					
ESTADO DEL TRAMO DONDE SE REALIZARA LA PRUEBA SE CUENTA CON LOS DOS BUZONES CONSTRUIDOS <u>CONFORME</u> EL TRAMO ESTA RELLENADO <u>CONFORME</u>					
RESULTADO FINAL CON ESPECIFICACION TECNICA, ITEM 8.4 PRUEBA DE DEFLEXIÓN DE SEDAPAL, SE VERIFICO EL TRAMO INSTALADO, DE TAL FORMA QUE NO SUPERE EL 5% DEL DIAMETRO INTERNO DEL TUBO, SIENDO EL RESULTADO DE LA PRUEBA: CONFORME <input checked="" type="checkbox"/> NO CONFORME <input type="checkbox"/>					
COMENTARIOS					

vii. Protocolo de registro: prueba hidráulica de redes de alcantarillado

	FORMULARIO	Código : GPOFO021
	PROTOCOLO DE PRUEBAS DE NIVELACIÓN E HIDRAULICA DE REDES PARA ALCANTARILLADO	Revisión : 06
		Aprobado : JEO
		Fecha : 2019.11.11
		Página : 1 de 1

Nro.: EI-PNH-AL-014

Obra/Habilitación CONTRATO N° 282 - 2020

Distrito: CALLAO Contratista: _____

CROQUIS (puede completar al reverso de la página con VºBº)

CF=12.358
CF=7.583
H=4.775

S=4.009%
L=41.566

CF=12.610
CF=7.466
H=5.194

UBICACIÓN: E-1 GAMBETTA

PLANO DE REFERENCIA: E-1 /ALC-01 (Lamina 02/03)

COLECTOR

DN Mm	MATERIAL	CLASE DE TUBERIA	LONGITUD ¹	PENDIENTE %	FABRICANTE
1000	HDPE	SN4	40.16	4.009	TIGRE

CONEX.DOMICILIARIAS

DN Mm	MATERIAL	CLASE DE TUBERIA	LONGITUD TOTAL ²	FABRICANTE	N° CONEXIONES	
					IZQ.	DER.
-	-	-	-	-	-	-

1° PRUEBA	2° PRUEBA	3° PRUEBA
Zanja Abierta	Conexiones	Zanja Tapada
FECHA	FECHA	FECHA
<u>— / — / —</u>	<u>— / — / —</u>	<u>19 / 01 / 22</u>
FIRMA	FIRMA	FIRMA

PERDIDA (mm) Admisible / Real

/	/	/
---	---	---

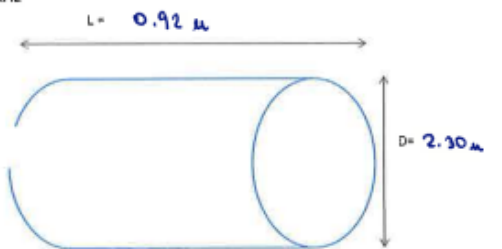
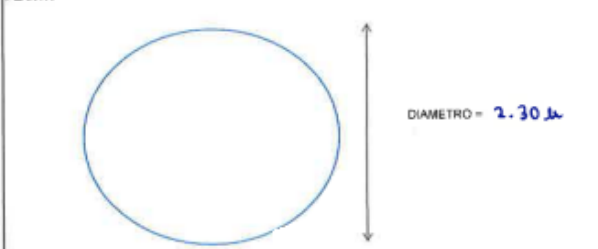
SOLICITUD DE PRUEBA O COMUNICACIÓN DE PRUEBA

N° <u>—</u> / F: <u>—</u>	N° <u>—</u> / F: <u>—</u>	N° <u>2</u> / F: <u>081</u>
---------------------------	---------------------------	-----------------------------

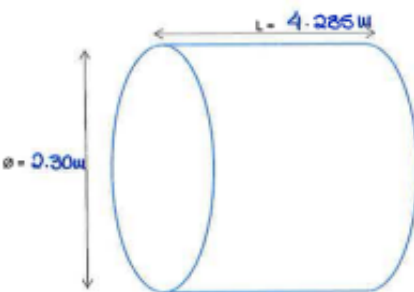
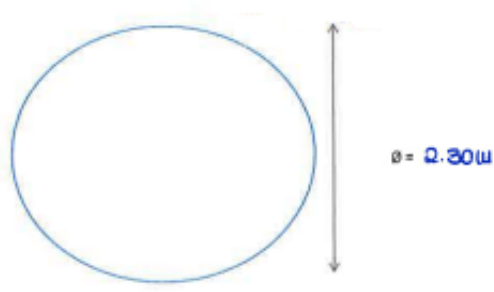
FECHA DE NIVELACIÓN: 10/11/2021

¹ Longitud medida en campo (ml)
² Longitud total medida en campo (ml)
³ Medio mediante el cual se solicitó la revisión de la prueba. En caso de que el medio sea el Cuaderno de Obra, realizar el llenado del campo N° y F.
⁴ N°: Número de Cuaderno de Obra
⁵ F: Número de Folio

viii. Protocolo de registro: movimiento de tierras en excavación del túnel liner

GESTIÓN DE CONTROL DE CALIDAD						
AREA: CALIDAD (Q)	PROTOCOLO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS DE EXCAVACIÓN DE TUNEL LINER					
CODIGO: 010.Q.PRT.002_0	Contrato N°292-2020-SEDAPAL: Intervención en Pozo de Ataque, Estación Gambetta E-1, Estación Santa Callao E-2, Estación Bocanegra E-3, Pozo de Ventilación 1 - Pv4-1, Pozo de Ventilación 2-Pv4-2.					
Ubicación: E-1 -GAMBETTA - POZO DE ATAQUE TUNNEL LINER	Fecha: 20-10-2021					
	N° de Protocolo: 021					
DIÁMETRO DEL TUNEL (m):	1.85					
DIÁMETRO DE TUBERÍA (m):	1.00					
MOVIMIENTO DE TIERRAS	TUNEL:	TRAMO BP-16 al BP-18				
	PROGRESIVA:	Inicial: 179.490 Final: 180.490				
	EXCAVACIÓN (m³):	3.82				
	TIPO DE MATERIAL:	Arena limosa				
	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE (m³):	4.59				
1. INSPECCIÓN VISUAL AL TERRENO						
Se detectó presencia de napa freática en el túnel BP-16.						
2. APROBACIÓN DE TOPOGRAFÍA						
- Verificación de verticalidad	<input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO					
- Verificación de cotas.	<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO					
- Bench Mark:	12.337					
- Cota:	6.230					
3. ESQUEMA DE PERFIL Y PLANTA						
PERFIL	PLANTA					
						
DESCRIPCIÓN	Nº	DIÁMETRO (m)	RADIO (m)	LONGITUD(m)	VOLUMEN (m³)	OBSERVACIONES
Excavación correspondiente a los anillos 43 al 44	1	2.30	1.15	0.92	3.82	
	2					
	3					
	4					
	5					
	TOTAL (m³)				3.82	

ix. Protocolo de registro: eliminación de material de excavación del túnel liner

GESTIÓN DE CONTROL DE CALIDAD							
AREA: CALIDAD (Q)	PROTOCOLO DE ELIMINACIÓN	REVISIÓN: 0					
CODIGO: 010.Q.PRT.003_0	Contrato N°282-2020-SEDAPAL: Intervención en Pozo de Ataque, Estación Gambetta E-1, Estación Santa Callao E-2, Estación Bocanegra E-3, Pozo de Ventilación 1 - Pv4-1, Pozo de Ventilación 2-Pv4-2.	FECHA: 3/05/2021					
Ubicación: E-1-GAMBETTA- POZO DE ATAQUE -TUNNEL LINER		Fecha: 21-10-2021					
ELEMENTO: Túnel BP-15		N° de Protocolo: 024					
DIÁMETRO DEL TUNEL (m):	1.85						
DIÁMETRO DE TUBERÍA (m):	1.00						
DESCRIPCIÓN:	Eliminación de material de excavación en el túnel BP-15 al BP-13						
UBICACIÓN	TIPO DE MATERIAL:	arena liviana					
	PROGRESIVA INICIAL:	50.82					
	PROGRESIVA FINAL:	42.085					
PLANOS DE REFERENCIA:		E-21					
1. DATOS DEL EQUIPO							
EQUIPO EMPLEADO: Wincha, Buggy							
MODELO Y MARCA: Topex.							
OPERADOR/RESPONSABLE:							
2. ESQUEMA DE PERFIL Y PLANTA - TUNEL LINER							
PERFIL	PLANTA						
							
DESCRIPCIÓN	Nº	DIÁMETRO / ANCHO (m)	LONGITUD (m)	ALTURA/ RADIO (m)	VOL. EXC. (m3)	ESPON.	VOL. ELIM (m3)
Eliminación correspondiente a los anillos 51 al 59.	1	2.30	4.235	1.15	17.60	1.20	21.12
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						
					TOTAL (m3)		21.12

x. Protocolo de registro: liberación de anillos del túnel liner

GESTIÓN DE CONTROL DE CALIDAD															
AREA: CALIDAD (Q)	REGISTRO DE VERIFICACIÓN TOPOGRÁFICA	REVISIÓN: 0													
CODIGO: 010.Q.PRT.001_0	Contrato N°282-2020-SEDAPAL: Intervención en Pozo de Ataque, Estación Gambetta E-1, Estación Canta Callao E-2, Estación Bocanegra E-3, Pozo de Ventilación 1 - Pv4-1, Pozo de Ventilación 2-Pv4-2.	FECHA: 3/05/2021													
Ubicación:	E-1-GAMBETTA-POZO DE ATAQUE-TUNNEL LINER	Fecha: 28/10/2021													
		N° Protocolo: 024													
Estructura: TUNEL LINER	Registro N°														
Elemento: LIBERACIÓN DEL ANILLO DEL TRAMO BP-13 al BP-15	Turno: DIA														
Planos de Referencia: E-21															
EQUIPOS UTILIZADOS															
EQUIPO: ESTACIÓN TOTAL	MARCA: LEICA	MODELO: TS 03 2 ^{II}													
EQUIPO CALIBRADO: 27/09/2021	CADUCIDAD DE CALIBRACIÓN: 03/03/21	SERIE: 3509891													
EQUIPO CERTIFICADO:	CADUCIDAD DE OPERATIVIDAD:														
TAREA															
MOVIMIENTO DE TIERRAS		GENERAL													
Eliminación de material Inadecuado	<input type="checkbox"/>	Puntos de control horizontal / vertical													
Levantamiento de excavación	<input type="checkbox"/>	Verificación de alineamiento y verticalidad													
Levantamiento de Inicio de excavación en Roca	<input type="checkbox"/>	Tuberías													
Levantamiento de rellenos	<input type="checkbox"/>	Ubicación de Pernos													
Levantamiento de cambio de materiales	<input type="checkbox"/>	Ubicación de Embedidos													
Nivelación gruesa	<input type="checkbox"/>	Verificación de ubicación													
Nivelación final	<input type="checkbox"/>	Verificación de niveles y cotas													
aplanteo y señalización	<input type="checkbox"/>	Elemento a Liberar: Anillo 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15													
Otros:		Otros:													
VERIFICACIÓN Y LECTURA DE DATOS															
PUNTO	COORDENADAS DEL PLANO			COORDENADAS DE CAMPO			DIFERENCIAS								
	NORTE (N)	ESTE	COTA (Z)	NORTE (N)	ESTE	COTA (Z)	Δ Norte (m.)	Δ Este (m.)	Δ Cota Z (m.)						
0+02.344	8672827.481	268689.246	6.895	8672827.482	268688.229	6.919	0.001	- 0.017	0.024						
0+02.944	8672827.639	268687.395	6.893	8672827.384	268687.733	6.939	0.009	- 0.020	0.045						
0+03.424	8672827.798	268687.540	6.891	8672827.808	268687.255	6.895	0.010	0.015	0.040						
0+03.904	8672827.957	268686.887	6.889	8672827.966	268686.864	6.934	0.009	- 0.023	0.045						
0+04.284	8672828.116	268686.434	6.887	8672828.123	268686.413	6.927	0.007	- 0.018	0.040						
0+04.804	8672828.075	268685.981	6.885	8672828.284	268685.963	6.922	0.009	- 0.018	0.037						
0+05.344	8672828.434	268685.528	6.883	8672828.444	268685.508	6.903	0.010	- 0.020	0.020						
0+05.824	8672828.593	268685.075	6.881	8672828.605	268685.060	6.906	0.012	- 0.015	0.025						
0+06.304	8672828.751	268684.622	6.879	8672828.755	268684.605	6.889	0.004	- 0.017	0.015						
0+06.784	8672828.910	268684.169	6.877	8672828.926	268684.149	6.892	0.016	- 0.020	0.008						
0+07.204	8672829.069	268683.716	6.875	8672829.085	268683.698	6.893	0.016	- 0.018	- 0.015						
0+07.744	8672829.228	268683.264	6.873	8672829.024	268683.244	6.869	0.012	- 0.015	- 0.013						
0+08.224	8672829.387	268682.811	6.871	8672829.277	268682.788	6.889	- 0.010	- 0.023	- 0.015						
0+08.704	8672829.546	268682.358	6.869	8672829.536	268682.346	6.874	- 0.010	- 0.012	- 0.016						
PROQUIS:															
	ANILLO 1	ANILLO 2	ANILLO 3	ANILLO 4	ANILLO 5	ANILLO 6	ANILLO 7	ANILLO 8	ANILLO 9	ANILLO 10	ANILLO 11	ANILLO 12	ANILLO 13	ANILLO 14	ANILLO 15
	0+02.944	0+02.944	0+03.424	0+03.904	0+04.384	0+04.864	0+05.344	0+05.824	0+06.304	0+06.784	0+07.264	0+07.744	0+08.224	0+08.704	0+09.184
COMENTARIOS:															

- xi. Protocolo de registro: inyección de mortero entre láminas liner y excavación horizontal

GESTIÓN DE CONTROL DE CALIDAD			
AREA: CALIDAD (Q)	PROTOCOLO DE INYECCIÓN DE MORTERO		REVISIÓN: 0
CODIGO: 010.Q.PRT.005_0	Contrato N°282-2020-SEDAPAL: Intervención en Pozo de Ataque, Estación Gambetta E-1, Estación Santa Callao E-2, Estación Bocanegra E-3, Pozo de Ventilación 1 - Pv4-1, Pozo de Ventilación 2-Pv4-2.		FECHA: 3/06/2021
Ubicación:	E-1 - GAMBETTA - POZO DE ATAQUE - TUNEL LINER		Fecha: 03-11-2021
N° de Protocolo:	022		
Progresivas	Inicio: 9.184	Final: 17.004	Elemento: TUNEL BP-13
DIÁMETRO DEL TUNEL (m):	1.85		
DIÁMETRO DE TUBERÍA (m):	1.00		
ELEMENTO:	TUNEL BP-13		
HORA DE INICIO:	5:20		
HORA DE TERMINO:	6:45		
1. TIPO DE ELEMENTO A INYECTAR			
1. TUNEL	TRAMO BP-13 al BP-15		
2. CARACTERÍSTICA DEL MORTERO REOPLASTICO			
TIPO DE MORTERO :	1:5	Kg/m ²	
N° GUÍA:	T258 - 0018873		
#P:	10 ⁴	MUESTREO:	
3. ESQUEMA DE PLANTA Y CORTE			
CORTE:		PLANTA:	
4. DIMENSIONES DEL PROYECTO EJECUTADO			
DIÁMETRO (m)	RADIO (m)	LONGITUD (m)	VOLUMEN (m ³)
2.10	1.05	7.31	25.32
1.85	0.93	7.31	19.65
			5.67
5. OBSERVACIONES			
La inyección de mortero corresponde a los anillos 16 al 32.			

- xii. Protocolo de registro: inyección de mortero entre láminas liner y excavación vertical

GESTIÓN DE CONTROL DE CALIDAD			
AREA: CALIDAD (Q)	PROTOCOLO DE INYECCIÓN DE MORTERO		REVISIÓN: 0
CODIGO: 010.Q.PRT.009_0	Contrato N°282-2020-SEDAPAL: Intervención en Pozo de Ataque, Estación Gambetta E-1, Estación Santa Callao E-2, Estación Bocanegra E-3, Pozo de Ventilación 1 - Pv4-1, Pozo de Ventilación 2-Pv4-2.		FECHA: 3/05/2021
Ubicación: E-1 - GAMBETTA - POZO DE ATAQUE- TUNEL LINNER		Fecha: 17-12-2021	N° de Protocolo: 012
Cotas	Inicio: 7.215	Final: 5.835	Elemento: Pozo BP-18
DIÁMETRO DEL TUNEL (m):	5.20		
DIÁMETRO DE TUBERÍA (m):	1.00		
ELEMENTO:	Pozo BP-18		
HORA DE INICIO:	16:26		
HORA DE TERMINO:	17:30		
1. TIPO DE ELEMENTO A INYECTAR			
1. POZO	Pozo BP-18		
2. CARACTERÍSTICA DEL MORTERO/CONCRETO			
TIPO DE MORTERO/CONCRETO :	1:5	Kg/cm ²	
N° DE GUIA:	T 258 - 0021277		
JMP:	10 ^a	MUESTREO:	
3. ESQUEMA DE PLANTA Y CORTE			
CORTE:		PLANTA:	
4. DIMENSIONES DEL PROYECTO EJECUTADO			
DIÁMETRO (m)	RADIO (m)	LONGITUD (m)	VOLUMEN (m ³)
5.20	2.60	1.38	29.09
4.80	2.40	1.38	24.09
			5.00
5. OBSERVACIONES			
Inyección de concreto correspondiente a los anillos 10 al 12.			

xiii. Protocolo de registro: instalación y armado de anillos del túnel liner

GESTIÓN DE CONTROL DE CALIDAD					
ÁREA: CALIDAD (Q)	PROTOCOLO DE INSTALACIÓN Y ARMADO DE ANILLOS		REVISIÓN: 0		
CODIGO: 010.Q.PRT.004_0	Intervención en Pozo de Ataque, Estación Gambetta E-1, Estación Canta Callao E-2, Estación Bocanegra E-3, Pozo de Ventilación 1 - Pv4-1, Pozo de Ventilación 2-Pv4-2.		FECHA: 3/05/2021		
Ubicación: E-1-GAMBETTA- POZO DE ATAQUE-TUNNEL LINER		Fecha: 18-10-2021	N° de Protocolo: 018		
Progresivas	Inicio: 59.345	Final: 57.455	Elemento: TUNEL BP-15		
DIÁMETRO DEL TUNEL (m)	1.85				
DIÁMETRO DE TUBERÍA (m):	1.00				
DESCRIPCIÓN:	Instalación y armado de anillos en el túnel BP-15				
PLANOS DE REFERENCIA:	E-21				
1. TIPO DE ELEMENTO					
TUNEL:	TRAMO BP-15 al BP-13				
2. CARACTERÍSTICA DEL LINER					
DESCRIPCIÓN	MATERIAL	MEDIDA	OBSERVACIONES		
Láminas Liner	Acero galvanizado	$\phi = 1.85 \text{ m}$, $e = 3.9 \text{ mm}$			
Pernos cabeza redonda	Acero galvanizado	5/8"			
Pernos Hexagonal	Acero galvanizado	5/8"			
Tuercas Hexagonal	Acero galvanizado	5/8"			
3. ESQUEMA DE PLANTA Y CORTE					
LONGITUD (m): 1.84	N° DE ANILLO: 32 al 35				
LONG. ACUMUL.: 16.10	N° DE ANILLOS ACUM: 35				
PROGRESIVA INI: 59.345	PROGRESIVA FINAL: 57.455				
DIÁMETRO (m): 1.85	RADIO (m): 0.93				
NUM. DE ANILLOS	ALTURA ANILLO (M)	LONG. ANILLO (M)	LONG. ACUM. (M)	DIÁMETRO ANILLO (M)	ANILLO N°
04	1.85	1.84	16.10	1.85	32 al 35

xiv. Protocolo de registro: instalación y armado de anillos del pozo vertical

GESTIÓN DE CONTROL DE CALIDAD					
AREA: CALIDAD (Q)	PROTOCOLO DE INSTALACIÓN Y ARMADO DE ANILLOS				
CODIGO: 010.Q.PRT.003_0	Intervención en Pozo de Ataque, Estación Gambetta E-1, Estación Canta Cañao E-2, Estación Bocanegra E-3, Pozo de Ventilación 1 - Pv4-1, Pozo de Ventilación 2-Pv4-2.				
Ubicación: E-1-Gambetta - Pozo de ataque -Tunnel liner		Fecha: 23-09-2021			
Cotas		N° de Protocolo: 003			
Inicio: 9.619	Final: 7.748	Elemento: Bugón BP-15			
DIÁMETRO DEL TUNEL (m)	5.00				
DIÁMETRO DE TUBERÍA (m)	1.00				
DESCRIPCIÓN:	Instalación y armado de anillos del bugón BP-15				
PLANO DE REFERENCIA:	INTE0001P-ID-SAN-PL-003-01				
1. TIPO DE ELEMENTO					
1. POZO DE INGRESO		2. POZO CENTRAL			
		3. POZO DE SALIDA			
2. CARACTERÍSTICA DEL LINER					
DESCRIPCIÓN	MATERIAL	MEDIDA	OBSERVACIONES		
Láminas línea 9 N	Acero Galvanizado	$\phi=4.80m, e=3.9mm$			
Pernos	Acero Galvanizado	5/8"			
Tuercas	Acero Galvanizado	5/8"			
3. ESQUEMA DE PLANTA Y CORTE					
CORTE:					
PROFUNDIDAD (m): 1.84	N° DE ANILLO: 07 al 10				
PROF. ACUMULADA (m): 4.60	N° DE ANILLOS ACUM.: 04				
COTA INICIAL: 9.619	COTA FINAL: 7.748				
DIÁMETRO (m): 4.80	RADIO (m): 2.40				
NUM. DE ANILLOS	ALTURA ANILLO (M)	PROF. ANILLO (M)	PROF. ACUM. (M)	DIÁMETRO ANILLO (M)	ANILLO N°
04	0.46	1.84	5.06	4.80	07 al 10
4. OBSERVACIONES					

xv. Protocolo de registro: fijación de rieles dentro del túnel liner

GESTIÓN DE CONTROL DE CALIDAD		
AREA: CALIDAD (Q)	PROTOCOLO DE FIJACIÓN DE RIELES	REVISIÓN: 0
CODIGO: 010.Q.PRT.012_0	Intervención en Pozo de Ataque, Estación Gambetta E-1, Estación Santa Callao E-2, Estación Bocanegra E-3, Pozo de Ventilación 1 - Pv4-1, Pozo de Ventilación 2-Pv4-2.	FECHA: 3/05/2021
Ubicación: E-1-GAMBETTA-POZO DE ATAQUE- TUNNEL LINER		Fecha: 10-01-2022
Progresiva Inicial: 2.50 Final: 53.017		Nº de Protocolo: 002
		Elemento: TUPEL BP-16
DIÁMETRO DEL TUNEL (m):	1.85	
DIÁMETRO DE TUBERÍA (m):	1.00	
1. TIPO DE ELEMENTO A LLENAR		
ZONA DE VACIADO:		
RAMPA <input type="checkbox"/> PAVIMENTO <input type="checkbox"/> VEREDA <input type="checkbox"/> SARDINE <input type="checkbox"/> LOSA <input checked="" type="checkbox"/> OTROS: _____		
2. INSPECCIÓN		
AGREGADOS:		
CEMENTO:	PIEDRA:	ARENA:
<input checked="" type="checkbox"/> ACEPTA	<input checked="" type="checkbox"/> ACEPTA	<input checked="" type="checkbox"/> ACEPTA
<input type="checkbox"/> RECHAZA	<input type="checkbox"/> RECHAZA	<input type="checkbox"/> RECHAZA
AGUA:	PREMEZCLADO:	
<input checked="" type="checkbox"/> ACEPTA	<input type="checkbox"/> ACEPTA	
<input type="checkbox"/> RECHAZA	<input type="checkbox"/> RECHAZA	
VERIFICACIÓN DE VACIADO:		
TIPO: ACEPTA <input checked="" type="checkbox"/> RECHAZA <input type="checkbox"/>		
3. ESQUEMA DE REFERENCIA		
<p>The diagram shows a cross-section of a tunnel liner. At the top, there is a concrete structure. Below it, a horizontal line represents the ground level (NV=8.29). A circular water pipe (TUBO DE AGUA Ø= 1.00) is shown resting on a concrete base. The base is divided into two layers: the top layer is for pipe fixation (F'c=50kg/cm2) and the bottom layer is for rail fixation (F'c=210kg/cm2). The bottom of the base is at elevation NV=6.780.</p>		
4. NOTAS / COMENTARIOS / OBSERVACIONES		
En la fijación de rieles se utilizó 22.5 m ³		
Nº guía 2 T258 - 0022102		Nº guía 3 T258 - 0022110
Nº guía 4 T258 - 0022104		

xvi. Protocolo de registro: instalación de rieles dentro del túnel liner

GESTIÓN DE CONTROL DE CALIDAD			
AREA: CALIDAD (Q)	PROTOCOLO DE INSTALACIÓN DE RIELES		REVISIÓN: 0
CODIGO: 010.Q.PRT.010_0	Intervención en Pozo de Ataque, Estación Gambetta E-1, Estación Santa Callao E-2, Estación Bocanegra E-3, Pozo de Ventilación 1 - Pv4-1, Pozo de Ventilación 2-Pv4-2.		FECHA: 3/06/2021
Ubicación: E-1-GAMBETTA -POZO DE ATAQUE -TUNNEL LINER		Fecha: 8-01-2022	N° de Protocolo: 003
Gotas	Inicio: 6.780	Final: 6.962	Elemento: TUNEL BP-16
DIÁMETRO DEL TUNEL (m):	1.85		
DIÁMETRO DE TUBERÍA (m):	1.00		
ELEMENTO:	Instalación de rieles en el tunel BP-16		
HORA DE INICIO:	7:00 am		
HORA DE TERMINO:	8:30 pm		
1. TIPO DE ELEMENTO			
TUNNEL:	TRAMO BP-16 al BP-18		
2. CARACTERISTICA DEL RIEL			
	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	MEDIDA
	Plancha plegada de 1/4"	LAC 1/4"	176mm x 36mm x 6000 mm
3. ESQUEMA DE PLANTA Y CORTE			
CORTE:			
LONGITUD RIEL (m):	78	N° DE SOPORTE DE RIEL	13
LONG. ACUMULADA (m)	78	N° DE SOPORTE DE RIEL ACUM	13
PROGRESIVA INICIAL	2.50	PROGRESIVA FINAL	81.20
<p style="text-align: center;">VISTA SUPERIOR RIEL TÍPICA</p>			
4. OBSERVACIONES			
La instalación de rieles corresponde a los anillos 01 al 168.			