



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“DISEÑO E INSTALACIÓN DEL SISTEMA TUNNEL LINER PARA LA REHABILITACIÓN DE LOS COLECTORES PRIMARIOS CANTO GRANDE Y LA HUAYRONA PERTENECIENTES A SEDAPAL, DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO, PROVINCIA LIMA, DEPARTAMENTO LIMA.”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de:

Ingeniera Civil

Autora:

Ana Lucia Ruiz Vasquez

Asesor:

Mg. Ing. Julio Christian Quesada Llanto

Lima - Perú

2022

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado enteramente a toda mi familia y en especial a mi hijo Lucio por su invaluable apoyo, a mi mamá por ser el soporte diario para el logro de cada meta trazada, a mi papá que desde donde esté jamás me abandona, y finalmente a Dios por darme cada día salud y fuerza para lograr todo lo que me he propuesto; a todo ellos por el ser el sustento incondicional que necesito y por haberme brindado su compañía en este trayecto para poder culminar esta parte de mi etapa profesional.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a la Universidad Privada del Norte y a los docentes que tuve el honor de conocer, y de los cuales recibí su valioso conocimiento, a todos ellos por su magnífica labor guiándonos a lo largo de nuestra etapa académica y que han formado la base de nuestra carrera profesional.

TABLA DE CONTENIDOS

| | |
|---|-----|
| DEDICATORIA | 2 |
| AGRADECIMIENTO | 3 |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | 5 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 6 |
| RESUMEN EJECUTIVO | 11 |
| CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN | 12 |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO | 15 |
| CAPÍTULO III. DESCRIPCION DE LA EXPERIENCIA | 36 |
| CAPÍTULO IV. RESULTADOS | 101 |
| CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMEDADIONES..... | 109 |
| REFERENCIAS..... | 111 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| TABLA 1. Catálogo De Tuberías HDPE Sin Presión NTP ISO 8872 2009.... | 33 |
| TABLA 2. Resumen De Caudales De Máxima Conducción – Tramos De Estación Bayóvar – Santa Rosa..... | 101 |
| TABLA 3. Resumen De Caudales De Máxima Conducción – Tramos De Estación Caja De Agua..... | 102 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1. Organigrama Empresa Mamut..... | 14 |
| FIGURA 2. Procedimiento Constructivo Del Tunnel Liner..... | 24 |
| FIGURA 3. Láminas De Acero..... | 25 |
| FIGURA 4. Dimensiones De Tunnel Liner..... | 27 |
| FIGURA 5. Túneles Para Servicios De Agua Y Desagüe..... | 27 |
| FIGURA 6. Túneles Ferroviarios..... | 28 |
| FIGURA 7. Ecuación De Iowa Modificada..... | 30 |
| FIGURA 8. Ecuación De Prisma..... | 30 |
| FIGURA 9. Teoría De Boussinesq..... | 31 |
| FIGURA 10. Ecuación De Manning..... | 32 |
| FIGURA 11. Ecuación De Continuidad..... | 32 |
| FIGURA 12. Ecuación De Caudal..... | 32 |
| FIGURA 13. Ubicación Del Proyecto..... | 37 |
| FIGURA 14. Desarrollo Del Proyecto..... | 38 |
| FIGURA 15. Vista De Rescatistas En Bote Actuando Durante La Inundación..... | 40 |
| FIGURA 16. Vista Del Nivel Del Líquido Durante El Aniego..... | 40 |
| FIGURA 17. Vista Parcial Del Plano De Interferencias..... | 43 |
| FIGURA 18. Parte De La Leyenda Del Plano De Interferencias..... | 43 |
| FIGURA 19. Polilíneas Del Tramo Bayovar Para Insumo Del Sewercad..... | 45 |
| FIGURA 20. Curvas De Nivel Para Insumo Del Sewercad..... | 45 |
| FIGURA 21. Comando Para Configurar Las Unidades Del Programa..... | 48 |
| FIGURA 22. Comando Calculation Options En El Menú Desplegable Analysis..... | 49 |

| | |
|--|----|
| FIGURA 23. Selección De La Ecuación De Manning..... | 50 |
| FIGURA 24. Comando Para Establecer Velocidad Y Profundidad En Tuberías “Default Design Constraints” Del Menú Desplegable “Components” | 51 |
| Figura 25. El Comando Permite Establecer El Rango De Velocidades Del Flujo, En Este Caso Entre 0.6 M/S Hasta 5.00 M/S..... | 52 |
| FIGURA 26. En La Pestaña “Cover” Se Indica El Recubrimiento Y En “Slope” Se Condiciona El Tirante A 75%..... | 53 |
| FIGURA 27. Comando “Conduit Catalog” Ubicado En El Menú Desplegable “Components”..... | 54 |
| FIGURA 28. El Comando Permite Seleccionar La Sección Y El Material De La Conducción..... | 55 |
| FIGURA 29. Se Selecciona La Sección Circular Para Materiales De HDPE Y PVC.. | 56 |
| FIGURA 30. Una Vez Escogida La Sección Y Material Se Puede Seleccionar El Rango De Diámetros Con Los Que Se Realiza El Diseño..... | 57 |
| FIGURA 31. Comando “Prototypes” Del Menú Desplegable “View”..... | 58 |
| FIGURA 32. Se Escoge La Opción “Conduit” En El Cuadro De Dialogo..... | 59 |
| FIGURA 33. Las Propiedades De Las Conducciones Se Deprenden En Un Nuevo Cuadro Y Se Escoge El Tipo De Conducción..... | 60 |
| FIGURA 34. Finalmente Se Selecciona El Catálogo Deseado..... | 61 |
| FIGURA 35. Comando “Unit Sanitary Loads” Del Menú Desplegable “Components”. | 62 |
| FIGURA 36. El Factor De Carga Unitaria Se Establece En Uno..... | 63 |
| FIGURA 37. Con “Background Layer” Se Puede Mostrar Las Lotizaciones, Redes, Curvas De Nivel, Etc; Solo De Manera Gráfica..... | 64 |

| | |
|---|----|
| FIGURA 38. Comando “Model Builder” Para Importar Las Redes En Sus Coordenadas Reales X Y Y..... | 65 |
| FIGURA 39. Se Debe Establecer Unidades Y Tolerancias Permitidas..... | 66 |
| FIGURA 40. Se Debe Seleccionar “Label” En La Pestaña “Key Fields”..... | 67 |
| FIGURA 41. Una Vez Ejecutado El Comando Las Polilneas Se Importan Georreferenciadas (X Y Y) Al Sewer Cad..... | 68 |
| FIGURA 42. Cada Punto De Unión Entre Dos Polilneas El Programa Lo Asume Como Un Buzón..... | 68 |
| FIGURA 43. Comando Para Establecer Las Cotas De Terreno (Cotas De Tapa De Buzones)..... | 69 |
| FIGURA 44. Al Ejecutar El TREX Los Buzones Son Asignados Con Una Cota De Tapa..... | 70 |
| FIGURA 45. Comando “Sanitary Load Control Center” Para Cargar El Caudal En Cada Buzón..... | 71 |
| FIGURA 46. Al Aplicar El Comando Se Abre Un Casillero Donde Al Seleccionar Nuevo, Se Abre Un Cuadro Para Su Llenado Manualmente..... | 72 |
| FIGURA 47. En El Cuadro Se Ingresan Los Datos De Caudales De Los Buzones Aportantes..... | 73 |
| FIGURA 48. Vista De Las Tuberías Con Datos De Diseño Después De La Corrida Del Programa Sewer Cad..... | 74 |
| FIGURA 49. Datos Consignados En El Plano De Modelamiento Hidráulico..... | 76 |
| FIGURA 50. Datos Consignados En El Plano De Colectores Proyectados..... | 76 |
| FIGURA 51. Vista Del Plano De Localización Y Ubicación..... | 77 |

| | |
|--|-----|
| FIGURA 52. Vista Del Plano De Colectores Principales Proyectados..... | 79 |
| FIGURA 53. Plano Típico Buzones TIPO I Y TIPO II – Detalles..... | 80 |
| FIGURA 54. Plano Típico Detalle De Buzones TIPO I Y TIPO II..... | 81 |
| FIGURA 55. Plano Típico Buzón Especial De Profundidad Mayor 6.00m..... | 82 |
| FIGURA 56. Plano Típico Estructuras De Buzón Especial Profundidad H <6.00 – 7.00m>..... | 83 |
| FIGURA 57. Plano Típico Excavación Y Relleno De Zanjas..... | 84 |
| FIGURA 58. Plano Típico Conexión Domiciliaria..... | 85 |
| FIGURA 59. Plantilla De Metrados Colector Bayovar..... | 89 |
| FIGURA 60. Planilla De Metrados Colector Bayovar..... | 90 |
| FIGURA 61. Planilla De Metrados Colector Bayovar..... | 91 |
| FIGURA 62. Planilla De Metrados Colector Caja De Agua..... | 92 |
| FIGURA 63. Planilla De Metrados Colector Caja De Agua..... | 93 |
| FIGURA 64. Planilla De Metrados Colector Caja De Agua..... | 94 |
| FIGURA 65. Ecuacion Que Determina Los Esfuerzos Laterales Del Terreno..... | 96 |
| FIGURA 66. Grafica De Esfuerzos De Presión Lateral. (Kg/m ²)..... | 97 |
| FIGURA 67. Tabla 12.13.3.3.1-1. Propiedades De La Sección Transversal. Placas De Acero Para Revestimientos De Túneles..... | 98 |
| FIGURA 68. Tabla 12.13.3.3.1-2. Mínima Resistencia De Las Costuras Longitudinales Para Revestimientos De Túneles De Placas De Acero Con Bulones Y Tuercas..... | 99 |
| FIGURA 69. Ecuacion Que Determina La Resistencia Al Pandeo Critico..... | 100 |
| FIGURA 70. Resultados Del Diseño De Las Tuberías..... | 103 |
| FIGURA 71. Resultados Del Diseño De Los Buzones..... | 104 |

| | |
|---|-----|
| FIGURA 72. Redistribución De Esfuerzos..... | 107 |
| FIGURA 73. Verificación Del Diseño De La Estructura..... | 108 |

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de suficiencia profesional tiene como objetivo detallar parte de las actividades que conformaron mi experiencia profesional y que realicé durante la obra de la rehabilitación de los colectores primarios que estructuran parte del sistema de alcantarillado en un tramo de la Av. Próceres de la Independencia en el distrito de San Juan de Lurigancho, más específicamente en los tramos comprendidos entre las estaciones Bayóvar - Santa Rosa y Caja de Agua. A su vez, se busca evidenciar la realidad actual en las que se encuentran este tipo de redes en algunos distritos urbanos de Lima Metropolitana, en donde muchos casos no se consideran los parámetros de diseño de manera correcta, como por ejemplo la interacción suelo - estructura.

Luego del diseño hidráulico obligatorio para proponer las características del nuevo colector principal de aguas residuales, finalmente se presenta como solución un método constructivo de excavación manual, que se viene usando cada vez con mayor frecuencia en obras de gran envergadura en el Perú, llamado Tunnel Liner, este método ha sido considerado un método constructivo eficiente, económico y versátil cuando se trata de realizar cruces de tuberías de diámetros considerables en vías urbanas, donde no es recomendable realizar excavaciones a cielo abierto, debido a los esfuerzos y deformaciones del suelo que resultan factores importantes de controlar.

Palabras claves: **Tunnel liner, cálculo hidráulico, colectores primarios.**

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La demanda de instalación de nuevos de servicios públicos subterráneos o la rehabilitación de los mismos en zonas o áreas de crecimiento poblacional congestionadas y con servicios públicos existentes, ha aumentado la necesidad de optimizar las técnicas de construcción y proponer sistemas innovadores y económicos que permitan la ejecución de obras sin tener que recurrir a zanjas, esto debido a que la realización de obras de manera convencional, si bien por un lado contribuyen al mejoramiento de una ciudad y benefician a la población, por otro lado muchas veces ocasionan perjuicio social y un excesivo gasto de recursos debido al cierre de calles, los desvíos de tránsito y congestión vehicular.

En el ámbito del saneamiento, las tecnologías sin zanja, representan un conjunto de procedimientos cuya finalidad es construir, rehabilitar, reemplazar o reparar todo tipo de tuberías, sin las molestias que ocasionan las obras convencionales, en ese contexto, el CONSORCIO SAN JUAN a través de la empresa MAMUT EQUIPMENT.SAC ha empleado un método constructivo utilizado en diferentes obras en países desarrollados, porque conjuga facilidad, seguridad, rapidez y un mínimo impacto social, nos referimos la innovadora tecnología del TUNNEL LINER.

En el presente trabajo de suficiencia profesional se expondrá lo aprendido durante el desarrollo del diseño e instalación del sistema tunnel liner y en general durante la rehabilitación de colectores primarios en Canto Grande y la Huayrona en el distrito de San Juan de Lurigancho en la ciudad de Lima, como parte de la experiencia adquirida durante mi labor como parte del equipo de proyectos, donde se desarrolló

el Expediente Técnico, documento que contiene toda la información de carácter técnica y económica que permitió la adecuada ejecución de obra.

De la aplicación de la tecnología tunnel liner, se puede decir que constituye la solución más simple, versátil, económica y segura para la construcción de túneles, sin interferir con la superficie ni con el tránsito, es ideal para la ejecución de túneles de diámetros pequeños y medianos (1.20 m a 5.00 m) con forma circular y túneles con variada geometría en forma de elipse, bóveda caño, bóveda y pasos vehiculares/peatonales, pudiendo ser instalados en distintos tipos de suelo.

La modalidad de contratación fue la directa identificándose en el Sistema de Contrataciones del Estado como CONTRATACIÓN DIRECTA N° 0009-2019-SEDAPAL, siendo la empresa ganadora de la buena pro para la elaboración del Estudio Definitivo, Expediente Técnico y ejecución de la Obra “Reparación de Colector Primario en el Colector Canto Grande y Colector La Huayrona ubicado en las estaciones Santa Rosa, Bayóvar y Caja de Agua del distrito de San Juan de Lurigancho, provincia Lima, departamento Lima”, el Consorcio San Juan, el Expediente Técnico de Obra se realizó durante el periodo de un año, habiendo sido mi participación de cinco meses aproximadamente. Esta obra se consideró de vital importancia debido a las condiciones deficientes en las que se encontraba el sistema de alcantarillado y que trajo como consecuencia el aniego de mes de febrero del 2019 que obligó al gobierno a declarar estado de emergencia en el distrito.

Por otro lado, la empresa MAMUT EQUIPMENT SAC en donde me desempeñe en gabinete cuenta con 07 años de actividad dedicada al desarrollo de actividades de arquitectura e ingeniería y actividades conexas de consultoría técnica. Está conformada por profesionales especializados y de gran experiencia en el rubro, ha desarrollado obras para empresas como CONSORCIO SAN JUAN, ECOPROJET.SAC, SEDAPAL, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, siendo una de las más destacadas el Sistema de Tratamiento de las Aguas Residuales de la Cuenca del Lago Titicaca Componente 1”, “Sistema de Tratamiento de las Aguas Residuales de la Cuenca del Lago Titicaca Componente 2”. A continuación, se muestra el organigrama de la empresa:



FIGURA 2. Organigrama Empresa Mamut

Fuente: Propia

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Metrados:

Según la ley de contrataciones del estado (2019), “es la cuantificación por partidas de la cantidad de recursos a utilizar en la ejecución de una obra, de acuerdo a la unidad métrica que se establezca”. (p.108)

En la elaboración de esta parte del expediente técnico, me apoyé en criterios y parámetros utilizados en la ingeniería sanitaria, tomando como base los planos de obra se determinó el metrado de todos los componentes del sistema de alcantarillado que involucran el proyecto, empezando por las longitudes de las tuberías y su diámetro, así como el tipo de material de las mismas, los empalmes de unión y la cantidad de buzones que serán instalados cada cierto espacio, teniendo en consideración la longitud de cada tramo donde serán colocadas. Por otro lado, también se contabilizó la cantidad de acero a emplear; así como también la cantidad de agregado (shotcrete) en el proceso de instalación del tunnel liner, etc. Esta actividad fue realizada con gran mayor precisión y veracidad conservando siempre la calidad de los materiales. Hago mención también lo normado en el RNE.OS_0.70 donde esta incluidos de manera clara y actualizada los lineamientos técnicos para la cuantificación de los recursos a usar para la obra.

2.2 Esquema integral del servicio de agua potable y alcantarillado:

“Son sistemas integrados hidráulicamente a un mismo punto de abastecimiento de agua potable o de descarga de desagüe común según su ubicación local y desarrollo topográfico. Por lo general, este tipo de esquemas se presentan en zonas con una gran proyección de desarrollo urbano o en lugares cuyo servicio ha sufrido cambios de zonificación”. (REGLAMENTO SEDAPAL Junio: 2010).

Sistema de distribución de agua potable:

“Es un sistema cuyo objetivo es transportar el agua desde el punto de abastecimiento, hacia todas las localidades para su consumo, esto en óptimas condiciones de calidad, cantidad, presión y continuidad. Está formado por los siguientes componentes: almacenamiento, líneas de aducción, redes de distribución, conexiones domiciliarias, pileta pública, surtidor público u otros”. (REGLAMENTO SEDAPAL, Junio: 2010)

Por otro lado, las tuberías o líneas de agua potable del sistema de distribución de agua potable comprenden a su vez, válvulas, cámaras de ingreso, grifos contra incendio, medidores de caudal, etc.

Este tipo de redes se vieron contempladas como parte de las interferencias que se presentan durante los sondeos realizados, esto con el fin de evitar incidentes en la ejecución del proyecto, y para los cuales, se tuvo que solicitar documentación a la empresa prestadora del servicio.

Sistema de Recolección o Alcantarillado:

“Son los sistemas que como objetivo recolectar el agua residual en cada lotización, hasta su disposición final. Está formado por conexiones domiciliarias, colectores, emisores, interceptores y disposición final”. (REGLAMENTO SEDAPAL, Junio: 2010)

Asimismo, los elementos que los constituyen son tales como buzones, manholes, buzonetas, cámaras especiales y cajas de registro, etc. A su vez, este sistema está clasificado en dos tipos:

Sistemas convencionales:

Alcantarillado separado: Alcantarillado sanitario, alcantarillado pluvial

Alcantarillado combinado

Sistemas no convencionales: También se le llama alcantarillado simplificado, alcantarillado condominal y alcantarillado sin arrastre de sólidos”.

(CONAA 2009, p.5).

Partes de un sistema de alcantarillado convencional:

- a) Ramal colector o colector secundario
- b) Tubería principal o Colector primario
- c) Cámaras de inspección
- d) Conexiones domiciliarias

a. Ramal colector o colector secundario

Es la tubería que se ubica en la vereda de los lotes, recolecta el agua residual de una o más viviendas y la descarga a una tubería principal.

b. Tubería principal o Colector primario

Son sistemas que recolectan aguas residuales de afluentes menores de acuerdo con determinadas áreas de drenaje, estos colectores primarios son de diámetros de 350 mm en adelante. (*Chumpitazi José, 2019*).

Sin embargo, este término es utilizado especialmente por SEDAPAL para denominar a la Tubería Principal, denominación establecida en la Norma OS-070 del Reglamento Nacional de Edificaciones la cual la describe como el colector que recibe las aguas residuales provenientes de otras redes y/o ramales colectores. Hay diferentes tipos de materiales para tuberías que trabajan sin presión, entre los más destacados y ampliamente usados en

nuestro medio está el plicloruro de vinilo no plastificado - PVC, polietileno de alta densidad - HDPE, hierro dúctil - HD y poliéster reforzado con fibra de vidrio - PRVF.

c. Cámaras de inspección

Las cámaras de inspección podrán ser cajas de inspección, buzones y/o buzones de inspección.

Cajas de inspección, también llamadas cámaras de inspección que se ubica en el trazo de los ramales colectores, destinadas a la inspección y mantenimiento del mismo. Forman parte de la conexión domiciliaria de alcantarillado. Se emplean en los siguientes casos:

- Al inicio de los tramos de arranque del ramal colector de aguas residuales
- En el cambio de dirección del ramal colector de aguas residuales
- En un cambio de pendiente de los ramales colectores
- En lugares donde se requieran por razones de inspección y limpieza

En aquellas zonas donde la pendiente es pronunciada se deberá colocar una caja por cada lote, esto servirá como punto de empalme para su respectiva conexión domiciliaria. Caso contrario, donde exista zonas de pendiente suave; el lote y el ramal colector podrán conectarse

mediante cachimba. tee sanitaria o yee en reemplazo de la caja y su registro correspondiente. La separación máxima entre cajas será de 20m.

Buzonetas, por lo general se emplean en las tuberías principales de vías peatonales en donde la profundidad no sobrepasa 1.00m sobre la clave del tubo. Se proyectarán solo para tuberías principales de hasta 200mm de diámetro. El diámetro de las buzonetas será de 0.60m.

El diámetro interior de las buzonetas será de 1.20m y 1.50 para tuberías de hasta 800mm y de 1200mm respectivamente. En tuberías de mayor diámetro las cámaras de inspección tendrán un diseño especial. Los techos de buzones contarán con una tapa de acceso de 0.60m de diámetro.

d. Conexiones domiciliarias

Son aquellos elementos sanitarios que son instalados para la evacuación continua de las aguas residuales provenientes de cada lote.

Durante la ejecución de la obra se han tenido que reinstalar las conexiones domiciliarias que descargaban a los colectores secundarios que iban a ser anulados, esto se hizo a los colectores secundarios proyectados, en total fueron 5 conexiones.

Para este concepto, las tuberías que se emplearon, para los colectores primarios, fueron de material polietileno de alta densidad (HDPE) correspondientes a la norma NTP ISO 8772:2009 – SISTEMA DE TUBERÍAS

PLÁSTICAS PARA DRENAJE Y ALCANTARILLADO SUBTERRÁNEO SIN PRESIÓN (PE), mientras que los colectores secundarios fueron de PVC correspondientes a la norma NTP ISO 4435:2005 TUBOS Y CONEXIONES DE POLICLORURO DE VINILO (PVC-U) NO PLASTIFICADO PARA SISTEMAS DE DRENAJE Y ALCANTARILLADO.

En la obra se ejecutó tanto ramales colectores como tuberías principales, la esencia de la misma fue cambiar el trazo de la tubería principal en los tramos que había presentados problemas comprobados como el atoro del 2019 donde hubieron cerca de 2,000 damnificados. Se instalaron 1,921.39 m de tubería utilizando los métodos de construcción: zanja abierta y tunnel liner. Además, durante toda la obra se ejecutaron 22 buzones nuevos comprendidos entre los 1.80 m y 6.61 m de profundidad y se rehabilitaron 19 existentes.

2.3 Rehabilitación de redes de alcantarillado:

“Para realizar el reemplazo de tubería puede aplicarse 02 métodos, el convencional con zanja o también sin zanja (túnel) la metodología que se aplicará dependerá del criterio del especialista debiendo ser sustentado de manera técnica y teniendo en cuenta que la elección que la tecnología que se elija sea la más adecuada para el caso (calculó hidráulico), sin ocasionar perjuicios a la población y al servicio de desagüe. Se debe detallar además, el proceso constructivo de cada etapa de la

ejecución y las respectivas especificaciones técnicas de los equipos, materiales y herramientas que serán usadas durante el proceso rehabilitación de las redes”.

(REGLAMENTO SEDAPAL, Junio: 2010)

La finalidad de la ejecución de este proyecto fue la reparación de los tramos de alcantarillado que sufrieron daño como consecuencia del aniego del 2019, en el distrito de San Juan, y que sirvió para sentar un antecedente en las empresas encargadas de la elaboración e instalación del tendido de redes de este servicio, y que con el cual deberán esquematizar un cronograma para la inspección y posterior evaluación del correcto funcionamiento del sistema de alcantarillado, asimismo las condiciones en las que se encuentran estas redes en tiempo real.

2.4 Excavaciones sin zanja:

“Llamada también tecnología sin zanja, es el conjunto de métodos, materiales y equipos que son empleados durante la instalación, reemplazo, transporte, diagnóstico, localización, modificación y recuperación de servicios subterráneos realizando una mínima excavación e interrupción de la superficie. Las tecnologías sin zanjas ha tenido bastante éxito general en las obras de tipo subterráneas desde tuberías de agua, alcantarillado, aguas lluvias, gas, tuberías industriales, conductos para redes eléctricas y de comunicaciones”. LATIN AMERICAN SOCIETY FOR TRENCHLESS TECHNOLOGY (LAMSTT, 2022)

En la primera etapa de la obra, en los reportes enviados de campo, luego de la inspección base se detectaron instalaciones y tuberías de servicios básicos, así como también conexiones domiciliarias, lo que es determinante, ya que servirá como guía para trazar la ruta inicial que continuará el diseño de los nuevos tramos que serán reparados.

2.5 Tunnel Liner:

“Es un sistema de construcción de túneles utilizados básicamente en las zonas urbanas, el cual se realiza sin zanja abierta como los métodos tradicionales, convirtiéndose así en una solución rápida y económica para problemas en redes de alcantarillado, cruces viales, atraviesos ferroviarios y piques, además de servicios públicos como redes de gas y eléctricas”. (Tecnovial, 2012).

Para su construcción se elabora un pozo vertical de 10m de profundidad aproximadamente, esto evita interferir con tuberías existentes de otros servicios. Para la instalación se emplean láminas de acero corrugado de 2.5mm hasta 8.0mm que son de fácil transporte para el personal, disponiendo de una primera lamina liviana como protección para luego continuar completando secciones de anillo, a medida que va avanzando la excavación; luego de cada 02 anillos instalados se realiza un sellado en los bordes de sobre excavación, y luego se inyecta mortero

para rellenar el espacio entre la tubería y el tunnel liner, finalmente se hace revestimiento a lo largo del túnel para su uso.

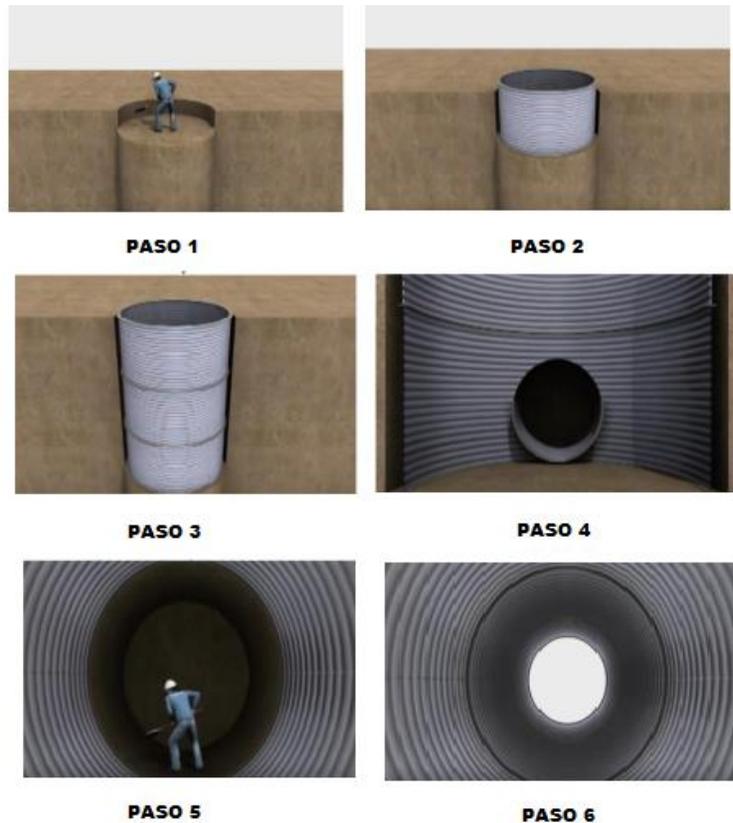


FIGURA 2. Procedimiento Constructivo Del Tunnel Liner

Tunnel Liner es la solución ideal para la ejecución de túneles de diámetros circulares pequeños y medianos (1,20m a 5,00m), y con geometrías en forma de elipse, bóveda caño, bóveda y pasos vehiculares y/o peatonales, el tipo de suelo no es un factor de limitante para su instalación.

A lo largo de varias décadas de uso del Tunnel Liner en obras subterráneas en Brasil y en otras regiones del mundo, fueron desarrolladas diversas técnicas para su instalación en diferentes tipos de suelo, con diferentes usos: como lo son; los conductos para desagües pluviales y cloacales, pasajes vehiculares y peatonales; así como también se ha empleado en obras y de minería. También se ha utilizado para la recuperación de conductos obstruidos o deteriorados; canalizados de cursos de agua y encamisados para protección mecánica de entubamientos de agua, cloacas, combustibles y demás instalaciones;

Este proceso constructivo se empleó básicamente en el tramo BAYOVAR dada las condiciones en las que se realizaría la rehabilitación de este problema, por el contrario de CAJA DE AGUA en donde solo se empleó el método convencional con zanja abierta.



FIGURA 3. Láminas De Acero.

Por otro lado, en el tunnel liner se emplean láminas de acero corrugado que se instalan por secciones, se elaboran en diferentes tamaños y formas. Facilita realizar obras subterráneas sin tener mayor impacto como abrir una zanja o destruir pavimentos (Carrasco y Trejo, 2013, P.37).

La calidad de las planchas de acero corrugado está especificada según la norma AASHTO M167M/M 167, y para el ensamblaje se requirió de 2 modelos de pernos de tipo cuello cuadrado y los de conexión radial.

Con un área reducida de suelo expuesto, este sistema ofrece un espacio seguro a los trabajadores en el frente de excavación. Durante el proceso constructivo los anclajes metálicos empleados garantizan la conservación de la forma geométrica de la estructura durante el montaje, estos funcionan como escudos frontales para apoyo y están sujetas en las bridas de las chapas de revestimiento para evitar posibles deformaciones y desmoronamiento.

Por su simple instalación, en donde la unión de las chapas de acero corrugado se realiza por medio de bulones, el aumento de productividad en la obra es significativo por el avance modular de 46cm. Al final de una nueva virola de túnel instalada es posible continuar con el armado del siguiente anillo sin tener necesidad de interrumpir o paralizar los servicios.



FIGURA 4. Dimensiones De Tunnel Liner.

Fuente: (TECNOVIAL, 2012)

Según las necesidades del proyecto se tienen los siguientes modelos del liner.

CIRCULARES: Como se observa en la Figura 5, por su fácil armado se emplea en la instalación de redes de servicio: alcantarillado, redes de agua potable, redes eléctricas, gas natural y telecomunicaciones.



FIGURA 5. Túneles Para Servicios De Agua Y Desagüe.

ABOVEDADAS: Este tipo de túneles son aplicados en túneles carreteros y ferroviarios; así como también en revestimientos de piques y pozos, como se muestra en la Figura 6.



FIGURA 6. Túneles Ferroviarios.

Los de tipos circulares son los que se emplearon en el tramo 2 del proyecto, debido a la geometría y características del terreno y los cálculos realizados por los especialistas de sistema constructivo, además que es lo más recomendado para alcantarillas en zona urbana.

2.6 Cálculo Hidráulico:

Según el diccionario de la RAE, la palabra calcular significa “considerar algo a partir de los datos que se tienen”. Con base en ello, podemos decir que el cálculo hidráulico establece la elaboración del diseño de un sistema mediante procedimientos empleando parámetros ya señalados, Tales como:

Capacidad Hidráulica de la Conducción

Según el RNE, deberá permitir que el caudal de diseño (caudal máximo) genere como máximo, un tirante igual o menor al 75% del diámetro de la tubería de conducción.

Tensión Tractiva

Cada tramo de conducción debe ser verificado por el criterio de Tensión Tractiva Media (σ_t) con un valor mínimo $\sigma_t = 1$ Pa, calculada para un coeficiente de Manning de 0,013. Para un manning de 0.011, la tensión tractiva será de 0.60 Pa.

Velocidad máxima

Según el RNE la velocidad máxima admisible de 5 m/s, por lo que las pendientes estarán limitadas superiormente por dicha restricción.

Rigidez angular de la tubería

Capacidad de deformación de la tubería o de admitir deformaciones debido a una sollicitación de carga exterior. Está representado por la rigidez angular (SN).

Ecuación de Iowa Modificada

Como se muestra en la Figura 7, la ecuación de Iowa permite calcular las deflexiones transversales (Δy) para las tuberías flexibles y que basado en la teoría de Marston y Spangler puedo determinarse el valor porcentual de deformación con respecto al diámetro exterior (D):

$$\frac{\% \Delta y}{D} = \frac{(K/D) (D_L W_C + W_L) 100}{0.149 PS + 0.061 E'}$$

Donde:

| | | |
|------------|---|---|
| Δy | = | Deflexión producida, en cm |
| D | = | Diámetro exterior del tubo, en cm |
| DL | = | Factor de deflexión a largo plazo = 1.5 |
| K | = | Constante de encamado = 0.10 |
| W_C | = | Carga muerta, kgf/cm |
| W_L | = | Carga viva, kgf/cm |
| E' | = | Módulo de reacción del suelo, kgf/cm ² |
| PS | = | Rigidez de la tubería, kgf/cm ² |

FIGURA 7. Ecuación De Iowa Modificada

La carga muerta y la acción sobre la tubería se obtuvieron mediante la ecuación del prisma que se muestra a continuación en la Figura 8.

$$P_c = P * H * D$$

Donde:

| | | |
|-------|---|--|
| P_c | = | Carga muerta (Kg/m) |
| P | = | Peso específico del material de Relleno (kg/m ³) |
| H | = | profundidad sobre la clave del Tubo. |
| D | = | Diámetro exterior del tubo (m) |

FIGURA 8. Ecuación De Prisma

La carga viva, debido a que sigue un patrón de acción distinto (varía de acuerdo al tráfico, profundidad de instalación y características del tubo), se estimó mediante la teoría de Boussinesq recomendada por el AWWA, tal y como se muestra en la Figura 9.

$$W_L = C_L P_C (1 + I_r)$$

FIGURA 9. Teoría De Boussinesq

donde H es la profundidad de instalación a la clave de la tubería, medida en pies).

Por lo tanto, se ha selecciona una rigidez angular (SN) para las tuberías, que permita soportar las cargas a las que serán sometidas, las cuales se indica abajo Ver Figura 8.

Hipótesis del cálculo

Para la verificación del diseño del sistema de alcantarillado proyectado, se emplea la ecuación de Manning y la Ecuación de continuidad.

Ecuación de Manning

La técnica de cálculo admitirá el escurrimiento en el régimen uniforme y permanente, donde el caudal y la velocidad media permanecen constantes en una determinada longitud de conducto.

Como se muestra en la Figura 10, para el dimensionamiento del diámetro de la tubería de la red de alcantarillado se ha utilizado la fórmula de Manning.

$$v = \frac{1}{n} \cdot R h^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

FIGURA 10. Ecuación De Manning

Dónde:

- V : Velocidad, en m/s
- n : Coeficiente de rugosidad de Manning, adimensional
- Rh : Radio hidráulico, en m
- S : Pendiente, en m/s

ECUACION DE CONTINUIDAD

$$Q = A_x v$$

FIGURA 11. Ecuación De Continuidad

Dónde:

- Q : Caudal, en m³/s
- A : Area de la sección mojada, en m²
- v : Velocidad, en m/s

Reemplazando (1) en (2)

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R h^{2/3} \cdot S^{1/2} \cdot A$$

FIGURA 12. Ecuación De Caudal

Material y Clase de la Tubería

El material de las tuberías trabajando a gravedad será de material polietileno de alta densidad (HDPE) correspondientes a la norma NTP ISO 8772:2009 – SISTEMA DE TUBERÍAS PLÁSTICAS PARA DRENAJE Y ALCANTARILLADO SUBTERRÁNEO SIN PRESIÓN (PE), SN4 y SN8, se utilizará el catálogo que se muestra abajo como base para el proceso de cálculo como se muestra en la Tabla 1.

TABLA 1

Catálogo De Tuberías HDPE Sin Presión NTP ISO 8872 2009

| DN | LONGITUD | LONGITUD UTIL | ESPESOR MINIMO (e) | | |
|------|----------|---------------|--------------------|--------------|-----------|
| | | | SDR33 SN2 | SDR26 SN4 | SDR21 SN8 |
| (mm) | (m) | (m) | | | |
| 110 | 6 | 5.85 | | 4.2 | 5.3 |
| 160 | 6 | 5.82 | 4.9 | 6.2 | 7.7 |
| 200 | 6 | 5.80 | 6.2 | 7.7 | 9.6 |
| 250 | 6 | 5.76 | 7.7 | 9.6 | 11.9 |
| 315 | 6 | 5.74 | 9.7 | 12.1 | 15.0 |
| 355 | 6 | 5.72 | 10.9 | 13.6 | 16.9 |
| 400 | 6 | 5.70 | 12.3 | 15.3 | 19.1 |
| 450 | 6 | 5.70 | 13.8 | 17.2 | 21.5 |
| 500 | 6 | 5.65 | 15.3 | 19.1 | 23.9 |
| 630 | 6 | 5.62 | 19.3 | 24.1 | 30.0 |

Por ejemplo, luego de los estudios realizados y según las condiciones de la obra se determinó que las tuberías a emplear para los colectores primarios y secundarios, serían las de polietileno de alta densidad (HDPE) correspondientes a la norma NTP ISO 8772:2009 – SISTEMA DE TUBERÍAS PLÁSTICAS PARA DRENAJE Y ALCANTARILLADO SUBTERRÁNEO SIN PRESIÓN (PE).

Comportamiento estructural de la tubería HDPE

Cuando una tubería lisa de HDPE lisa se encuentra sometida a cargas externas de presión debido a la profundidad que se hallan, es posible que presente una deformación, esto dependerá básicamente del tipo de material de relleno y el grado de compactación y rigidez de la tubería.

Las tuberías de este tipo de material fallan por deflexión más que por ruptura debido a la presión como aquellas tuberías rígidas; esto hace que deformación a la cual se encuentra este elemento presente una disminución del diámetro vertical y la sección transversal decrezca. En el punto de falla inminente, la clave de la tubería llega a ser casi horizontal y una mínima adición en la carga puede ocasionar una inversión de la curvatura con lo que la tubería colapsa.

Las tuberías flexibles permiten deformaciones de más de 3% sin que se rompan o se fisuren y un 20% para las deformaciones diametrales verticales, las

cuales no generaría mayores problemas sobre la capacidad hidráulica de la tubería, lo cual se traduce como una variación de un 4% en el área de flujo del tubo.

Como parte de mi experiencia durante este proyecto consideré el predimensionamiento de las tuberías de la red y se la incluyó pérdidas menores en el diseño de cámaras de inspección y de caída, además se comprobó la línea de gradiente hidráulico y energía total dentro de cada tramo de alcantarillado para la verificación de sobrecargas y formación de resaltos hidráulicos. Antes de proceder con el diseño, analicé la información disponible sobre el sitio, usuarios, redes existentes, etc., con el fin de modelar el sistema de la manera más coherente posible con las condiciones de operación del prototipo.

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

A inicios del mes de Julio del 2019, me presenté ante la empresa Mamut Equipment SAC debido a la convocatoria hecha por esta empresa para ocupar el cargo de Asistente Técnico en el marco del contrato del Consorcio San Juan con el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima – SEDAPAL para la realización del proyecto “Diseño e instalación del sistema tunnel liner en la rehabilitación e instalación de los colectores primarios en el distrito de San Juan de Lurigancho”.

La entrevista fue realizada por el Ing. Raúl Rodríguez Gerente General, quien evaluó mis capacidades y conocimientos dando conformidad de mi perfil para el puesto de trabajo, además de la disposición para trabajar en equipo. Luego de ello, se me envió la documentación y datos para la elaboración de algunos puntos del expediente técnico, tales como los metrados y los planos de obra, además como asistente técnico apoyé en las labores del diseño hidráulico.

El proyecto se desarrolló en el distrito de San Juan de Lurigancho, provincia de Lima, departamento de Lima como se muestra en la Figura 14, específicamente en los tramos comprendidos entre las estaciones Bayóvar - Santa Rosa y Caja de Agua como se muestra en la Figura 14.

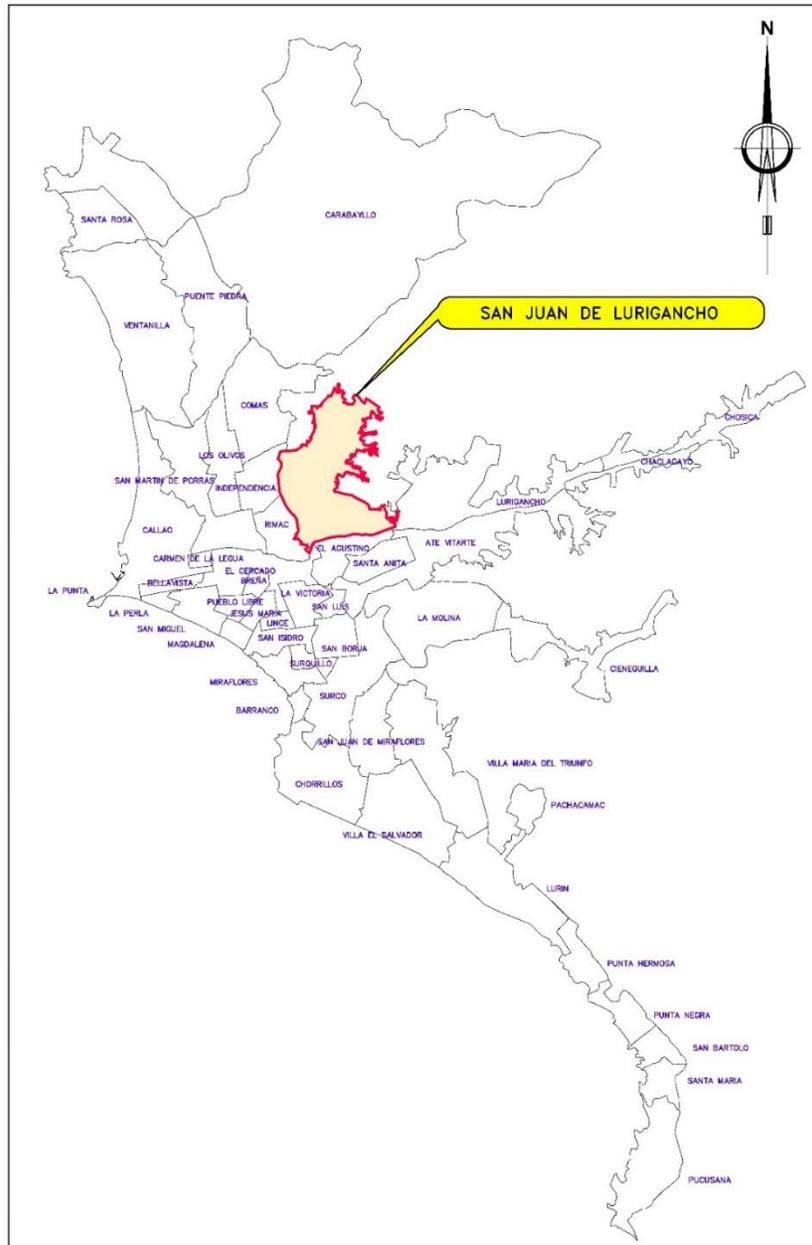


FIGURA 13. Ubicación Del Proyecto

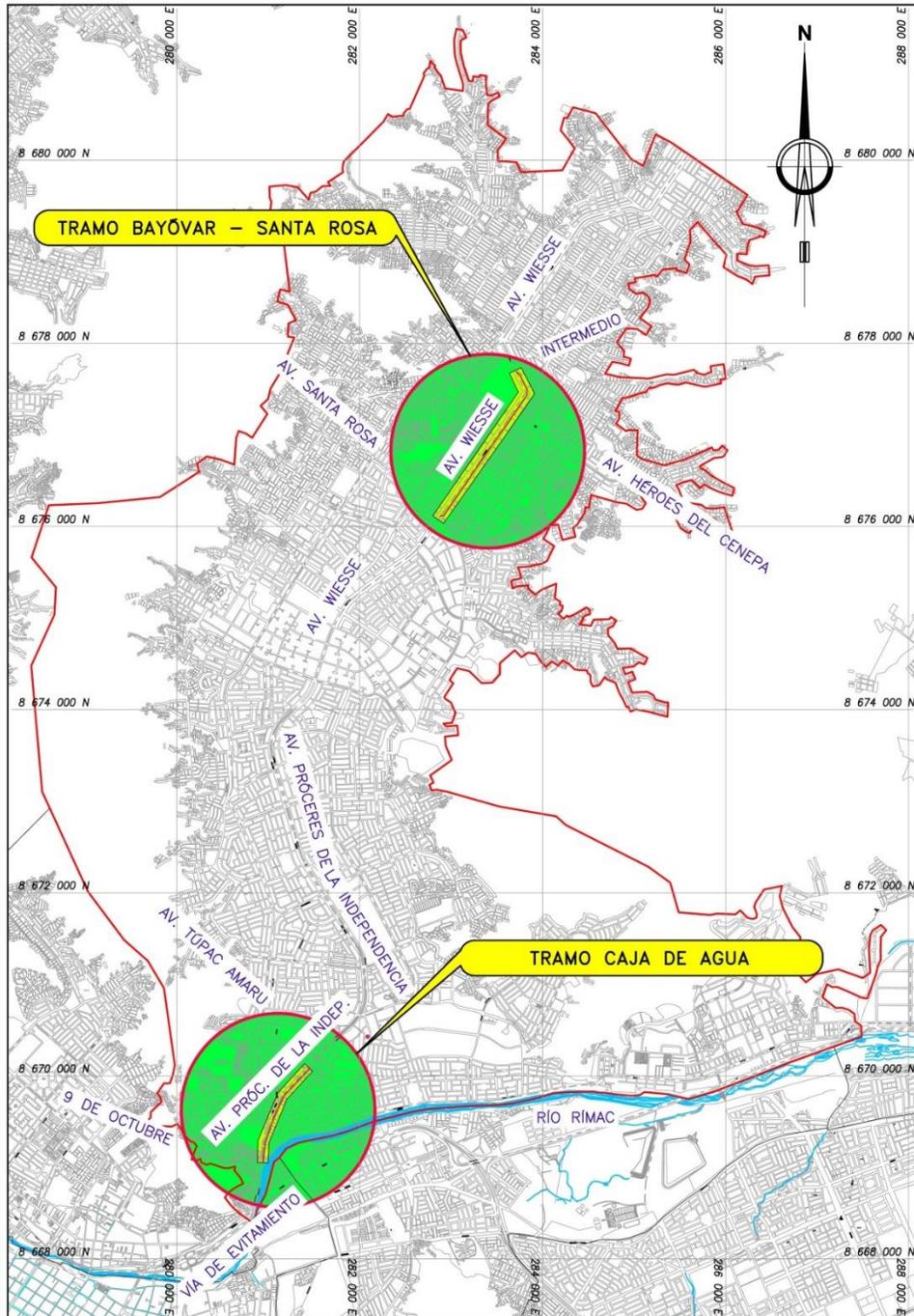


FIGURA 14. Desarrollo Del Proyecto

Antecedentes

El 13 de enero del 2019 a las 04:00 horas aproximadamente, se produjo un gran aniego por colapso del By pass ejecutado por las modificaciones realizadas a la tubería matriz de Sedapal en el distrito de San Juan de Lurigancho, como consecuencia miles de viviendas, colegios, vías de comunicación, centros comerciales y demás estructuras ubicadas a la altura de la cuadra 10 y 14 de la Av. Próceres de la Independencia y la Av. Tusilagos del mismo distrito fueron afectados como se muestra en la Figura 15.

De acuerdo a los reportes de Sedapal se identificaron 1,919 damnificados por el aniego, se suspendió el servicio de agua para trabajar en la red de alcantarillado y el gobierno declaró en estado de emergencia la zona afectada dadas las implicancias entre ellas y principalmente las sanitarias como se muestra en la Figura 16.

Por ello, Sedapal convoca la elaboración del expediente técnico y la ejecución del proyecto para la reparación, siendo la empresa ganadora de la buena pro el Consorcio San Juan.



FIGURA 15. Vista De Rescatistas En Bote Actuando Durante La Inundación
Fuente: Diario El Comercio



FIGURA 16. Vista Del Nivel Del Líquido Durante El Aniego
Fuente: Diario El Comercio

Actividades Desarrolladas durante la experiencia laboral:

Las actividades en las que consistió mi experiencia en el trabajo se enmarcan dentro de tres ítems principalmente como son la elaboración de planos, metrados y el diseño hidráulico de colectores.

Como primera actividad inicié apoyando las coordinaciones de requerimiento de información con SEDAPAL, siendo esta la entidad contratante es quien debía proveer de la información base, para ello la coordinación se realizó con la Gerencia de Obras, mi labor en estas coordinaciones era generar las citas en las oficinas de la Atarjea para las reuniones de coordinación técnica, llevar documentos a mesa de partes y recepcionar la información digital que en ese entonces era entregada en DVD con los cargos correspondientes.

Una vez obtenida la información proporcionada por la entidad, se cruzó ésta con la información de campo levantada por nosotros, se procesó georreferenciando los planos y uniéndolos en uno solo (se usó el comando XRef para no generar un peso innecesario de los planos), así también elaboré los planos de ubicación del proyecto insumo para la elaboración del Plan de Desvío del Tránsito Vehicular, luego con ellos se iniciaron los trámites con fines de obtener los permisos respectivos para el desvío vehicular, cierre de calles y apertura de zanjas, para cumplir este objetivo participé como parte de

las coordinaciones con la Oficina de Proyectos, Oficina de Obras y la Gerencia de Transporte Urbano de la Municipalidad de San Juan de Lurigancho.

Paralelo a lo anterior, mi trabajo inicial consistió en apoyar a la consecución de información para los estudios de interferencias, así que trabajé en conjunto con la coordinadora de gestión documentaria el desarrollo y derivación de solicitudes a cada empresa de servicios públicos (telefonía, eléctrica, gas, etc), mi participación en esta parte del trabajo básicamente fue de proveer la información necesaria tanto descriptiva como gráfica (planos) referidas al área de influencia de nuestro proyecto.

Luego de recepcionar la información de las diferentes empresas de servicios, lo cual fue relativamente rápido gracias a la intermediación de SEDAPAL (este tipo de información suele demorar varias semanas), juntamente con el informe de topografía, apoyé en el desarrollo de los planos que conformarían el Estudio de Interferencias como se observa en las Figuras 17 y 18, para este entonces ya se contaba con otro bachiller que apoyaría en las labores de dibujo; cabe mencionar que el estudio de interferencias es muy importante en la etapa de diseño hidráulico, ya que gracias a él se permite el conocimiento pleno de las obras existentes en la zona que marcarán las pautas para el diseño hidráulico, desde el tendido o trazo de las tuberías, hasta las profundidades y la ubicación de estructuras.

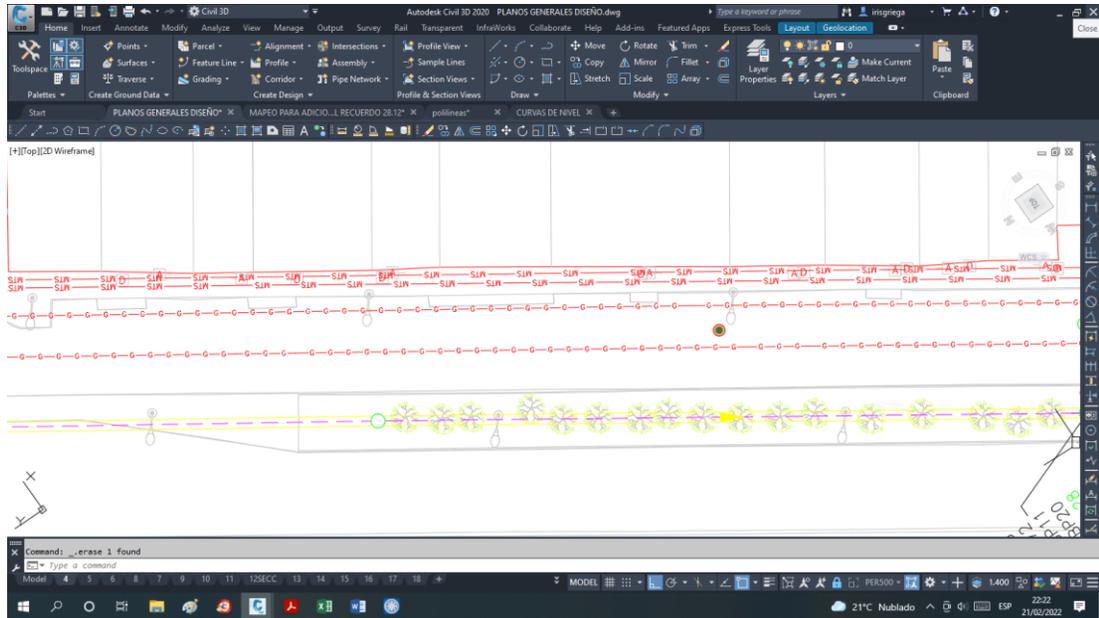


FIGURA 17. Vista Parcial Del Plano De Interferencias.

| | |
|---|---|
|  | DUCTO SISTEMA ELÉCTRICO EXISTENTE (PLANTA) |
|  | DUCTO SISTEMA TELEFONÍA EXISTENTE (PLANTA) |
|  | SISTEMA DE TELEFONÍA Y GAS EXISTENTES (PERFIL) |
|  | DUCTOS SISTEMA ELÉCTRICO EXISTENTE (PERFIL) |
|  | TUBERÍA SISTEMA GAS EXISTENTE (PLANTA) |
|  | DUCTO SISTEMA ELÉCTRICO EXISTENTE ALTA TENSIÓN (PLANTA) |

FIGURA 18. Parte De La Leyenda Del Plano De Interferencias

CALCULO HIDRAULICO (SEWER CAD)

Se me encargó bosquejar el modelo hidráulico, el gerente del proyecto Ing. Raúl Rodríguez indicó el nuevo trazo luego de coordinar con la entidad y previo trabajo del equipo de campo, el proceso de diseño es un proceso continuo de retroalimentación. Inicé este proceso recepcionando los planos de topología de la red existente y de las curvas de nivel (Ver Figura 16), que se extrajeron de la información brindada por SEDAPAL y del estudio topográfico respectivamente, también fueron relevantes en esta etapa el plano completo del sistema existente, plano de interferencias y el plano de la lotización, para poder preparar los planos usé el programa CIVIL3D, siempre previa georreferenciación usando el sistema UTM WGS84 y el correspondiente huso para Lima que es el 18SUR, solo así se pudo superponer los planos de la red existente de SEDAPAL, los planos topográficos, también los planos de interferencia y por último los planos de lotización, luego de ello, procedí a realizar las polilíneas correspondientes a los trazos de la tubería del sistema existente y del proyectado como se observa en la Figura 19), toda esta información la vacíe posteriormente al software Sewer Cad V8i que fue el utilizado para la realización del diseño hidráulico tentativo, tal y como se muestra en la Figura 20.

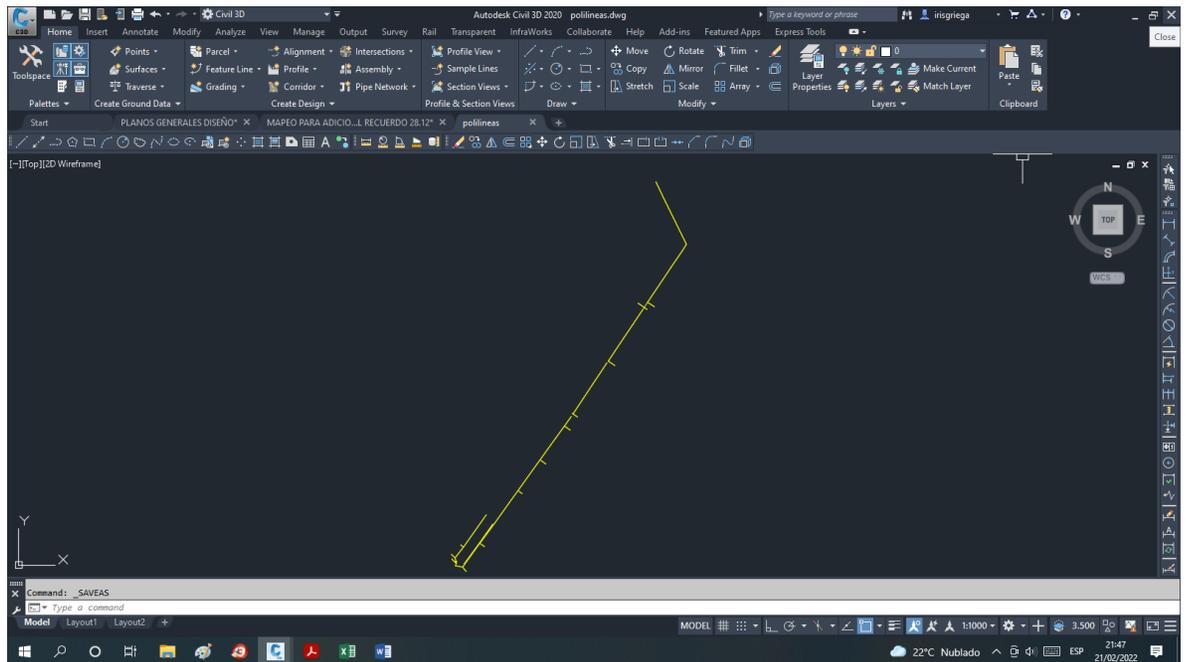


FIGURA 19. Polilíneas Del Tramo Bayovar Para Insumo Del Sewercad.

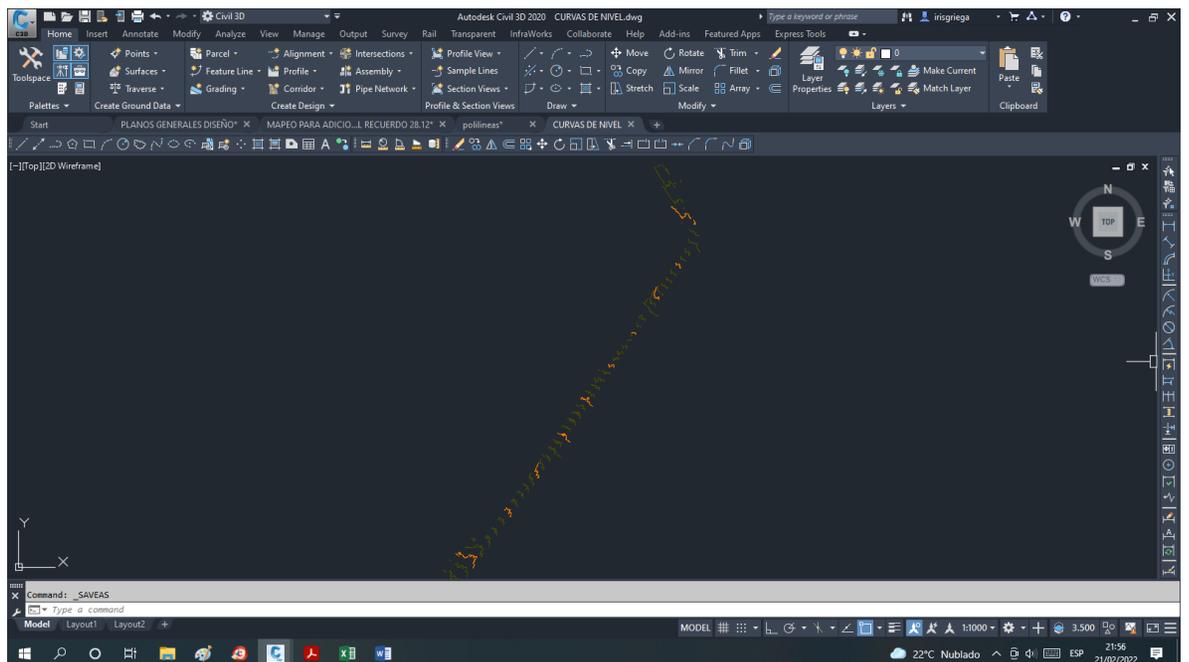


FIGURA 20. Curvas De Nivel Para Insumo Del Sewercad.

El procedimiento para el diseño del sistema de alcantarillado, se basó en el Trazo en Planta de las líneas Proyectadas definidas según los siguientes criterios:

Inteferencia con Redes e Infraestructura Existente, Se tuvo en consideración el “Estudio de Interferencias” con las redes de servicios e infraestructura existente instalada en el área de intervención del proyecto, entre las cuales se puede mencionar: redes de servicios (agua, alcantarillado, energía eléctrica, gas, entre otros), cámaras de válvulas, postes de alumbrado, infraestructura de soporte para publicidad, entre otros. El estudio de Interferencias ha determinado la ubicación tanto en planta como en profundidad (de ser el caso) de las interferencias con el trazo planteado.

En lo posible, se tuvo como condicionante desarrollar el trazo de los colectores, a una distancia mayor a 9.00m del eje del tren eléctrico, que está a cargo de la Autoridad Autónoma del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao (AATE).

Se trató de aprovechar el trazo de los colectores existentes a rehabilitar, siendo una de las causales la falta de espacio para un trazo paralelo debido a redes de servicios existentes.

El trazo en Perfil de las líneas Proyectadas estuvo en función a los siguientes criterios:

Interferencia con Redes e Infraestructura Existente, Los tramos que se desarrollaron sobre el trazo de los colectores existentes, mantuvieron en lo posible las profundidades de los buzones. Los tramos que se desarrollaron bajo tunnel liner, se tuvo en cuenta el estudio de mecánica de suelos, para la determinación de la profundidad mínima a la cual debe instalarse las cimbras, lo cual definió a la vez el trazo en perfil del colector proyectado. Se tuvo en cuenta las cotas de llegada de las redes de aporte al colector existente. El trazo en perfil mantuvo en todo momento una cota inferior al tramo paralelo del colector existente.

Posteriormente se detallan los cuadros extraídos del programa Sewer Cad, programa utilizado para el cálculo hidráulico de los colectores, esto tanto para las tuberías como para las cámaras de inspección (buzones).

El programa Sewer Cad es un software bastante utilizado en el cálculo de redes a gravedad, en los siguientes esquemas explico el proceso que se siguió para la realización del modelo hidráulico.

Como todo proyecto, para dar inicio, debe de configurarse las unidades en las que se va a trabajar, por ejemplo, escoger si el caudal estará expresado en m³, l/s, galones o si las presiones estarán en PSI, mca o bares; las unidades con las que se trabajan los proyectos por lo general se configuran al sistema internacional, salvo si se trabajara con lineamientos de empresas extranjeras. Para poder configurar las unidades en el Sewer Cad se recurre al comando “Options”, se activa un cuadro editable donde

aparecen todas las magnitudes y una serie de opciones de unidades para seleccionar las que se deseen, como se observa en la Figura 21.

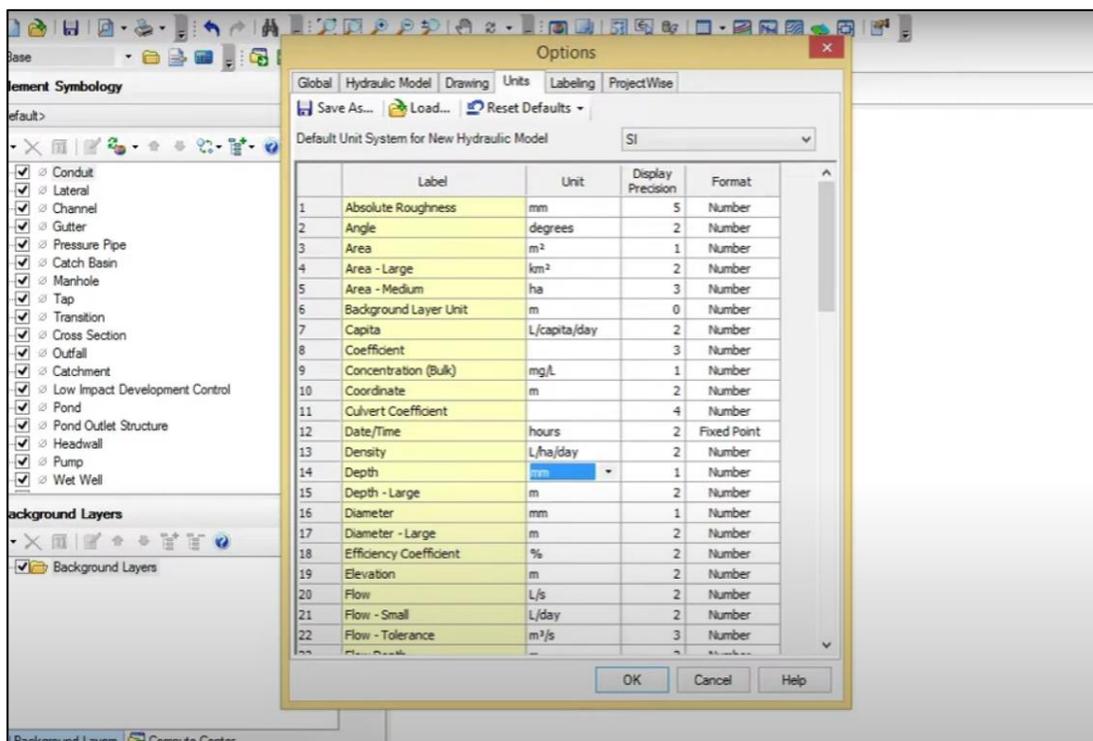


FIGURA 21. Comando Para Configurar Las Unidades Del Programa

También debe configurarse las opciones de cálculo usando el comando “Calculation options”, en donde se establece si el cálculo es para diseño o verificación, la diferencia es que el primero admite el cálculo de los diámetros, pendientes, velocidades, etc; es decir que luego de ingresar los datos de origen el programa te arroja los diámetros, pendientes y demás parámetros; mientras que en el segundo caso se tiene pre establecidos algunos parámetros como los diámetros o las pendientes, por ejemplo, de tal manera

que debe verificarse el funcionamiento del sistema para estas condiciones. En el caso de mi proyecto se debía realizar un diseño, pero condicionando las cotas de inicio y entrega del agua residual ya que los buzones en estos puntos son existentes, no obstante, pese a esto y a que se limitan algunos parámetros como las velocidades, no se trata de una verificación sino de un diseño con condiciones de inicio u operación, lo observamos en la Figura 22.

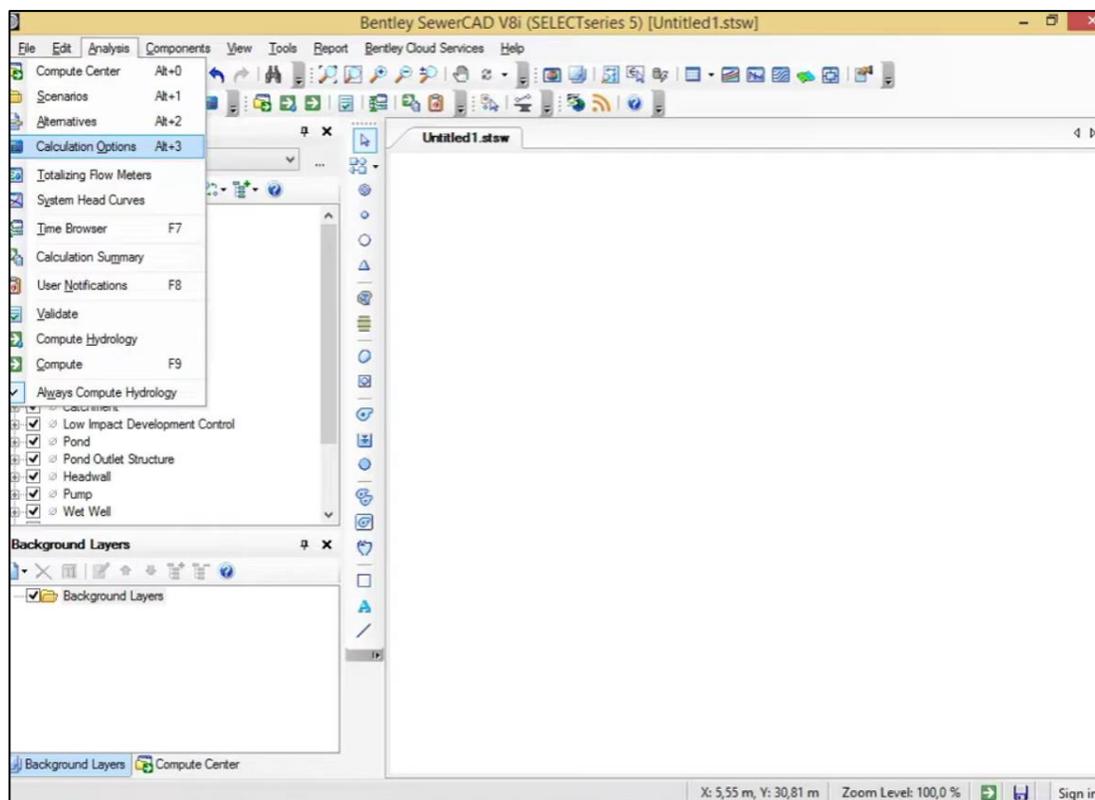


FIGURA 22. Comando Calculation Options En El Menú Desplegable Analysis

Así también, se elige la opción de cálculo según la fórmula que se aplicará para este, para el caso en particular se trabajó con la fórmula de Manning, lo que se muestra en la Figura 23.

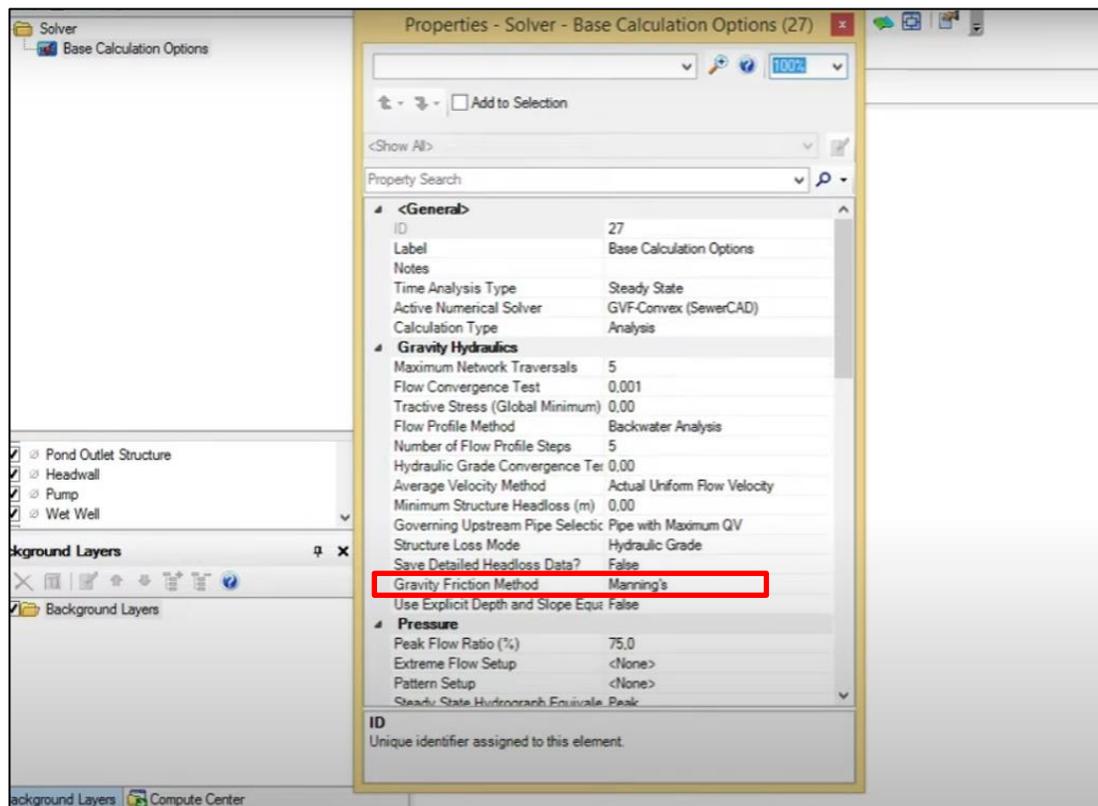


FIGURA 23. Selección De La Ecuación De Manning.

Usando el comando “Default Design Constraints” se establecen los rangos para las velocidades y la profundidad de enterramiento de las tuberías, en el primer caso este rango es de 0.60 m/s como mínimo hasta un máximo de 5.0 m/s, mientras que la profundidad de enterramiento se consideró de 1.00 m como mínimo respecto del lomo del tubo; no se establecen las pendientes mínimas y máximas ya que estas dependen de la tensión tractiva la cual si será limitada a una mínima de 1 Pa (pascal), así mismo se establece un 75% de tirante como máximo para todas las tuberías también, todos los criterios de diseño descritos corresponden a lo establecido en la norma OS 070 del RNE. Esto se observa en las Figuras 24,25 y 26.

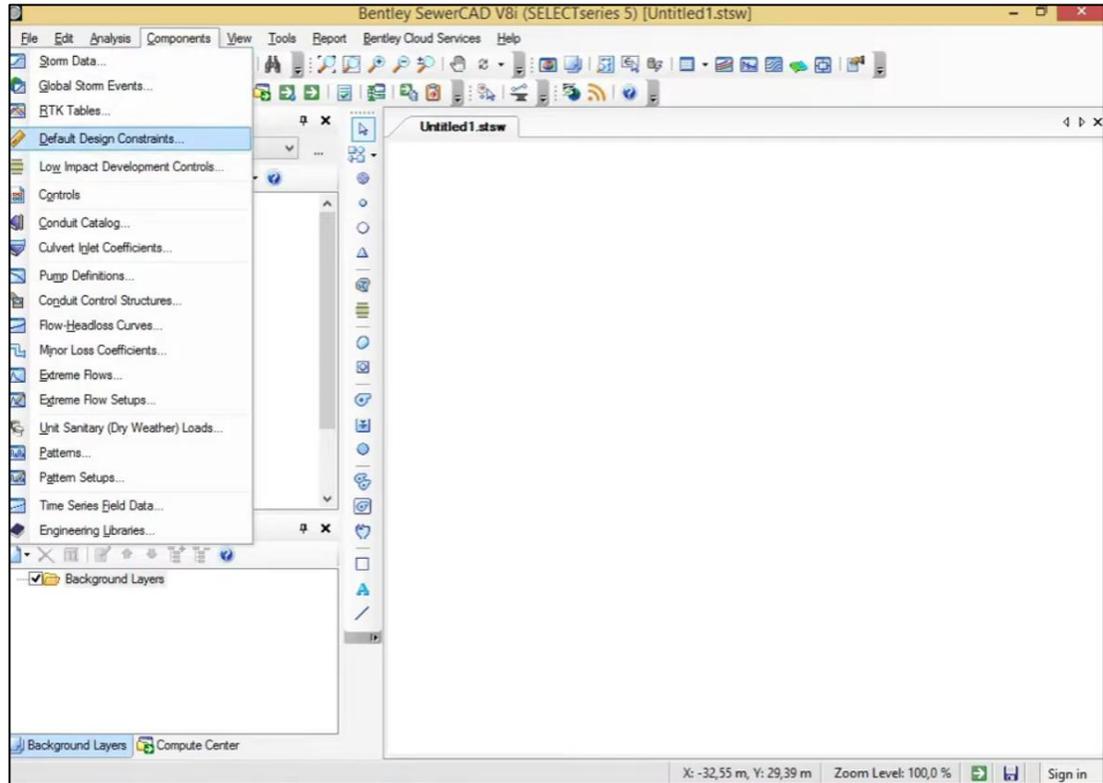


FIGURA 24. Comando Para Establecer Velocidad Y Profundidad En Tuberías “Defaut Design Constraints” Del Menú Desplegable “Components”

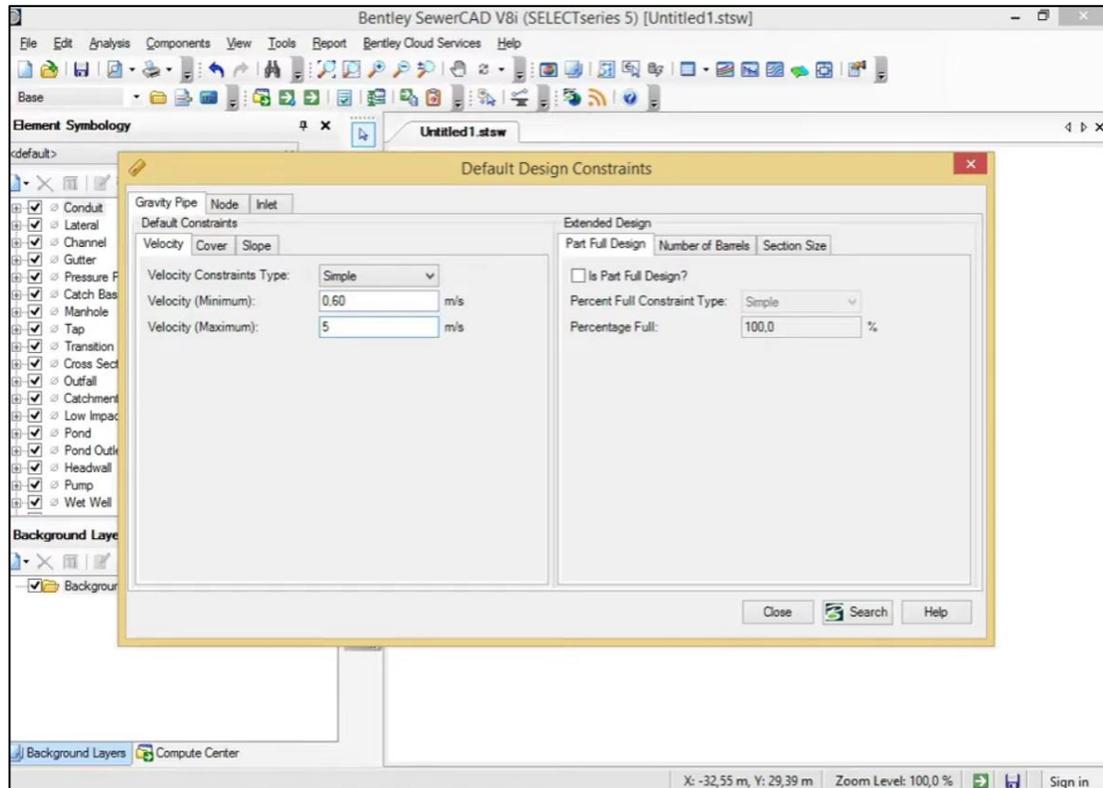


Figura 25. El Comando Permite Establecer El Rango De Velocidades Del Flujo, En Este Caso Entre 0.6 M/S Hasta 5.00 M/S.

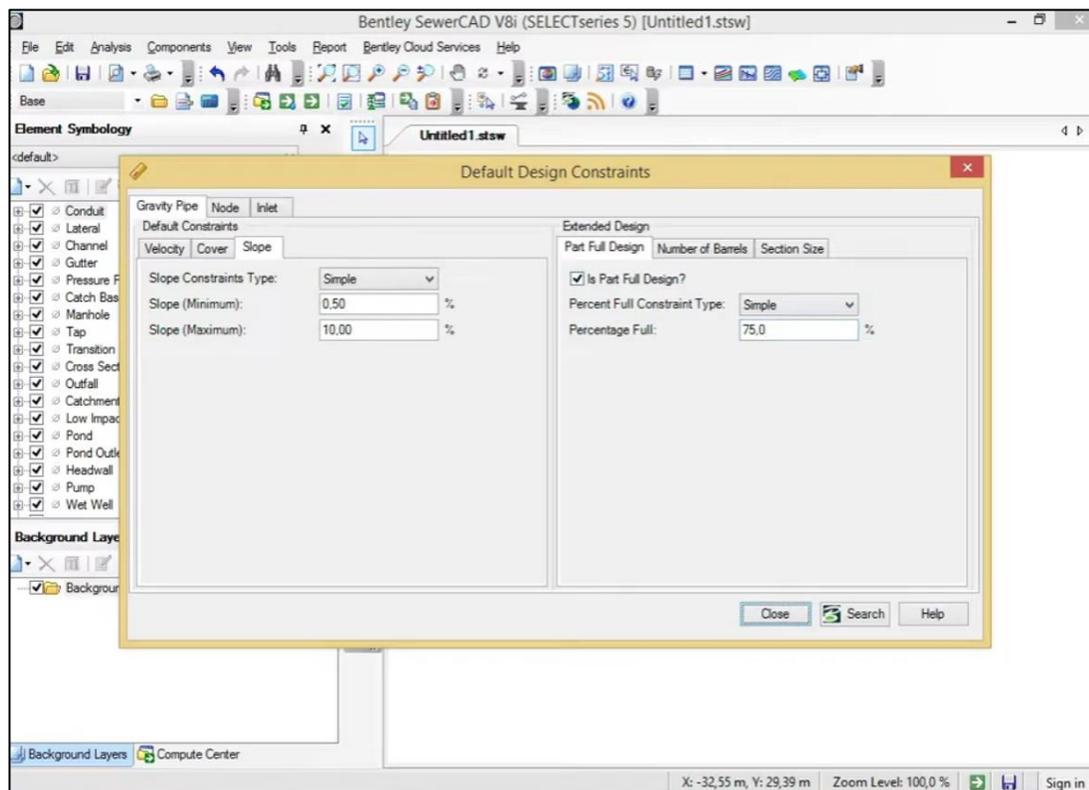


FIGURA 26. En La Pestaña “Cover” Se Indica El Recubrimiento Y En “Slope” Se Condiciona El Tirante A 75%.

Usando el comando “Conduit Catalog” se eligen los materiales de tuberías con los que procedió a realizar el cálculo, en mi proyecto se diseñaron tuberías de PVC para los colectores y para las tuberías principales HDPE, la sección también es elegible, el programa permite prácticamente cualquier sección del conducto, pero tratándose de tuberías la sección es circular, como se muestra en las Figuras 27,28 y 29.

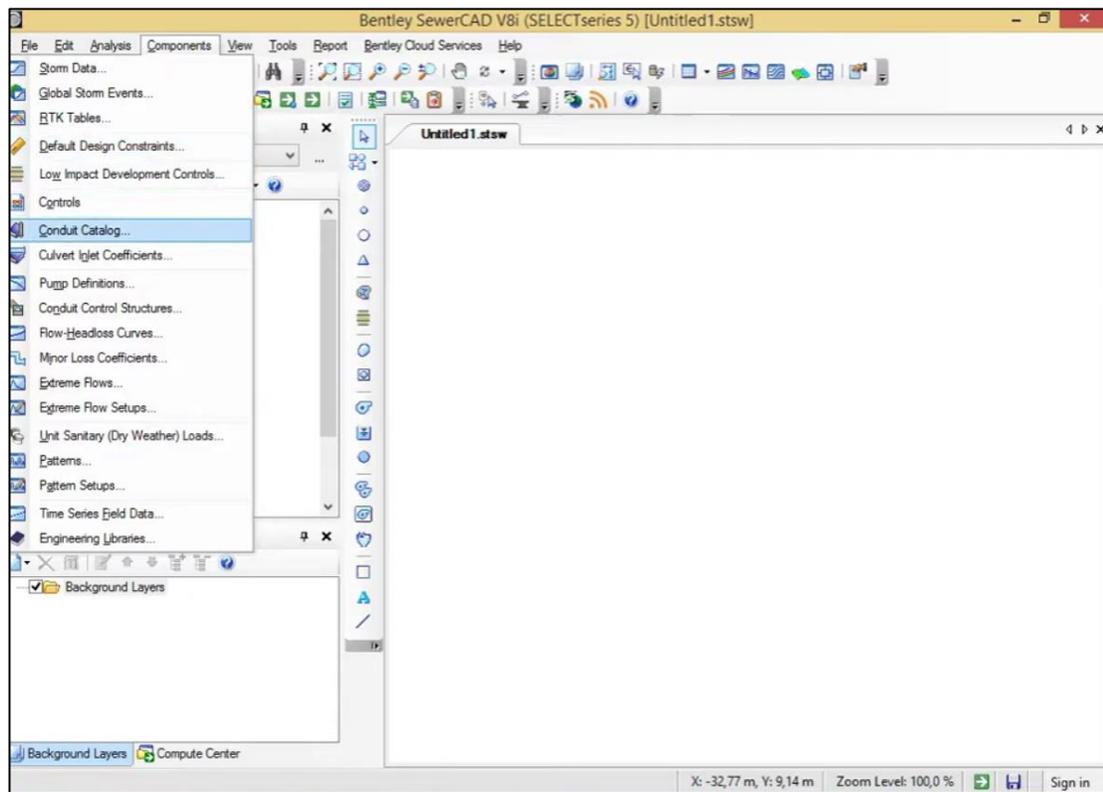


FIGURA 27. Comando “Conduit Catalog” Ubicado En El Menú Desplegable “Components”.

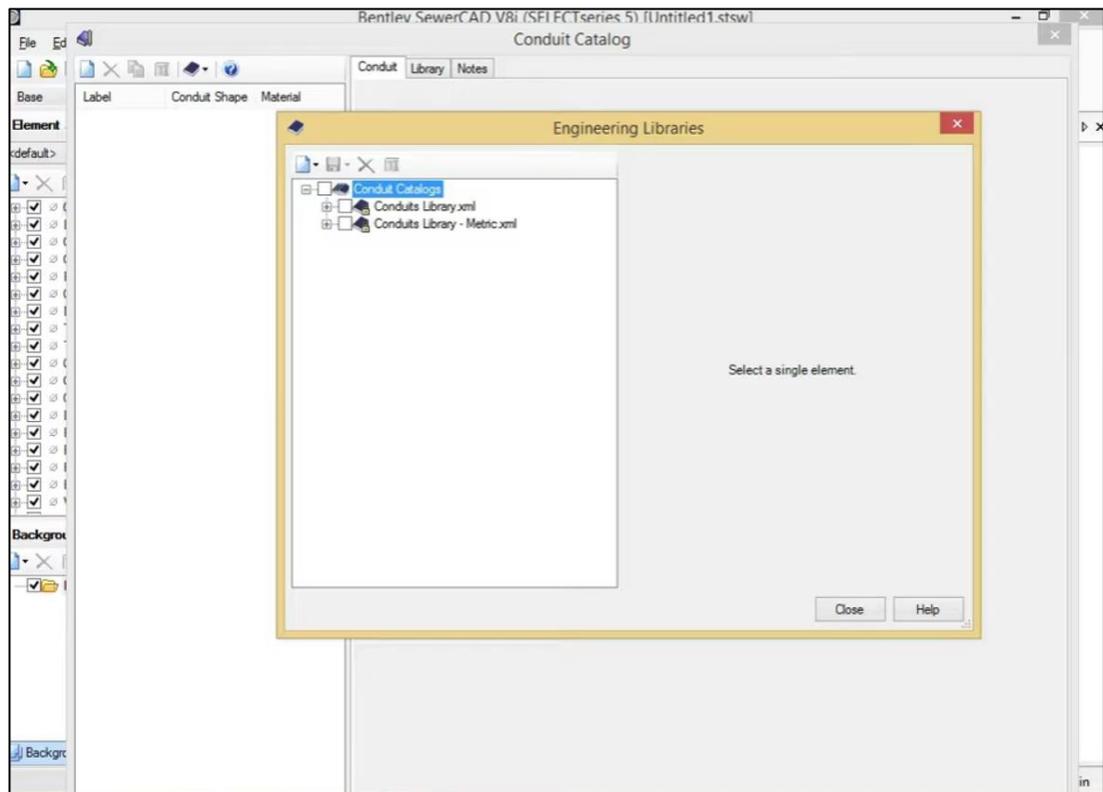


FIGURA 28. El Comando Permite Seleccionar La Sección Y El Material De La Conducción.

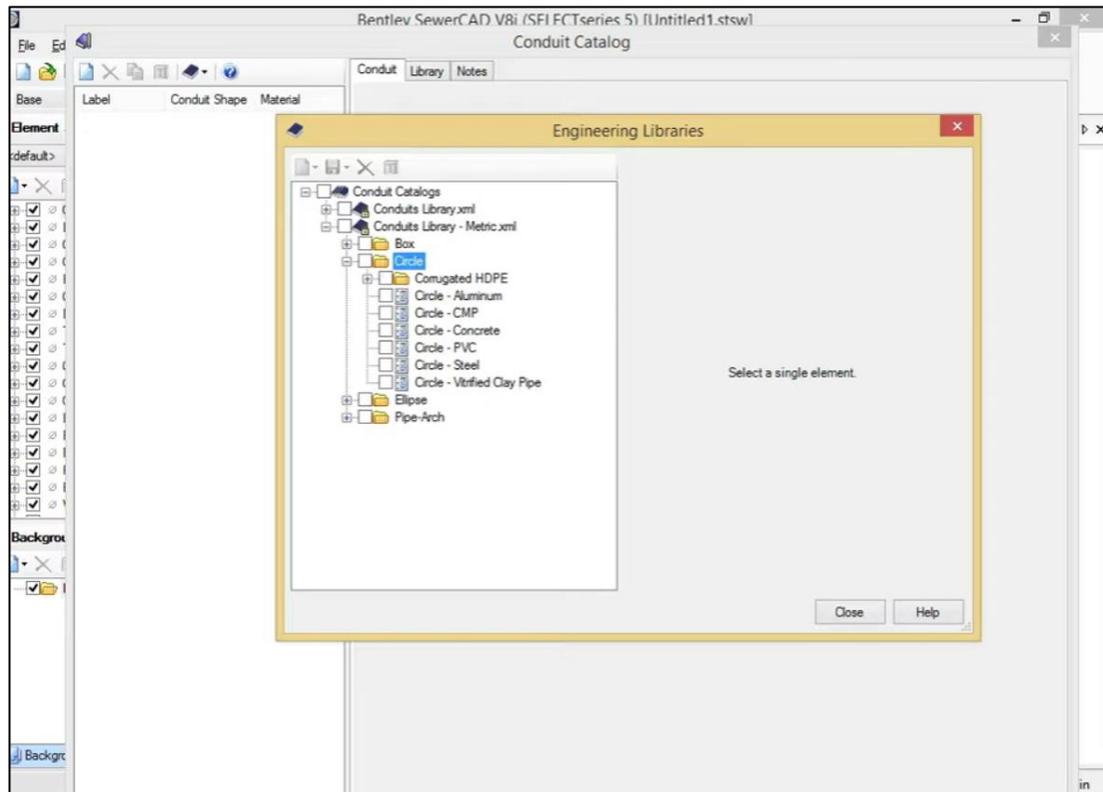


FIGURA 29. Se Selecciona La Sección Circular Para Materiales De HDPE Y PVC.

Como se muestra en la Figura 30, una vez seleccionado el catálogo se escoge el rango de diámetros entre los cuales puede fluctuar el diseño y se edita el valor de Manning si fuese necesario.

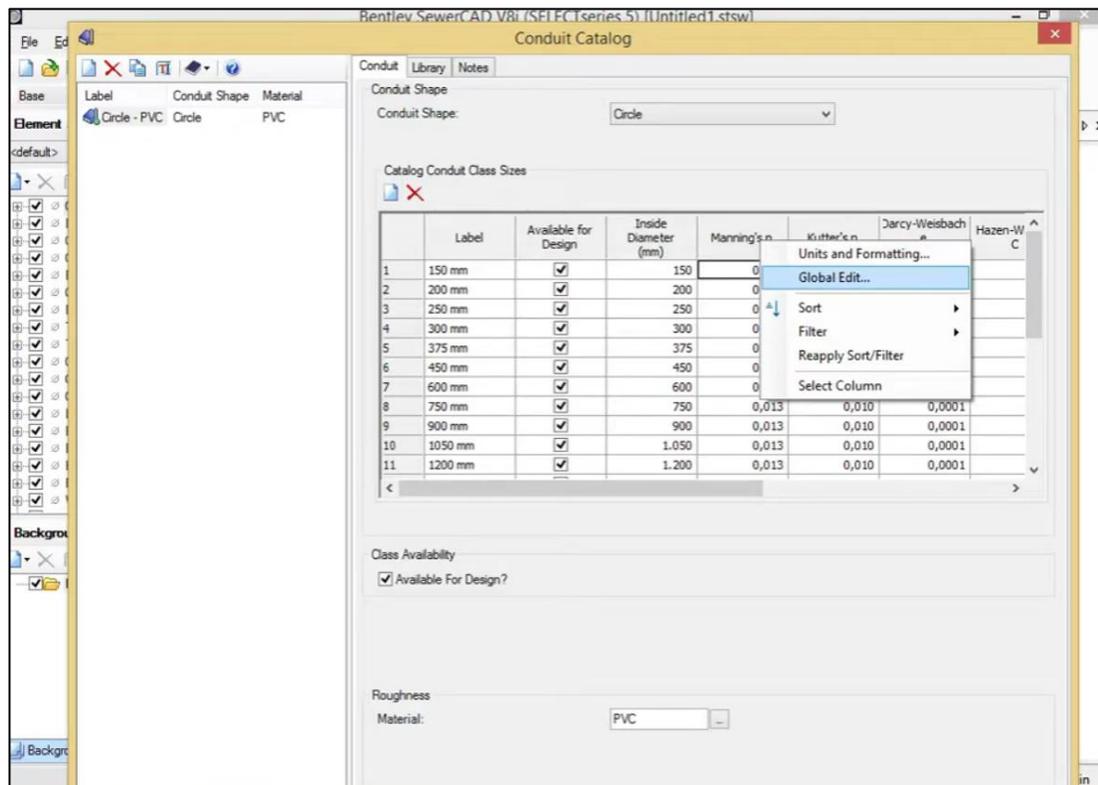


FIGURA 30. Una Vez Escogida La Sección Y Material Se Puede Seleccionar El Rango De Diámetros Con Los Que Se Realiza El Diseño.

Con el comando “Prototypes” establecemos que el catálogo de las tuberías escogidas en el paso anterior sea seleccionado. Se escoge la opción “Conduit” y de este menú desplegable en el ítem “Conduit Type” se elige “Catalog Conduit” y se cargan automáticamente por defecto las características de catálogo elegido anteriormente como se muestra en las Figuras 31,32,33 y 34.

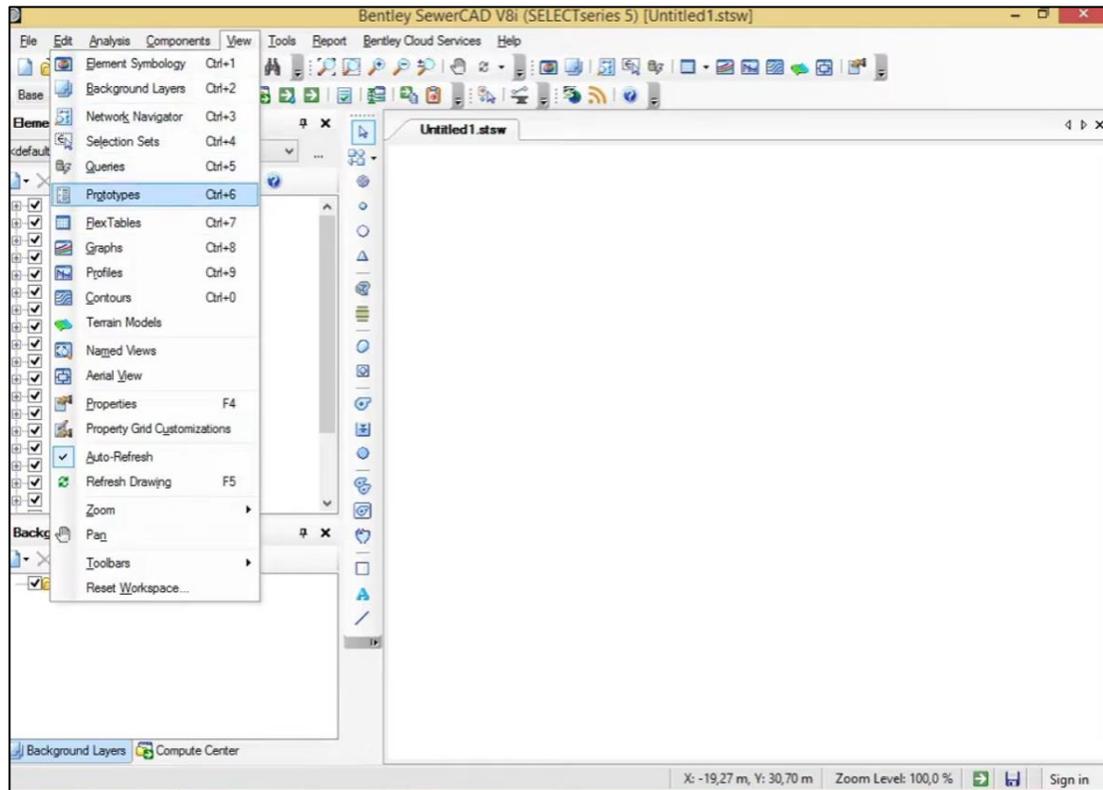


FIGURA 31. Comando “Prototypes” Del Menú Desplegable “View”

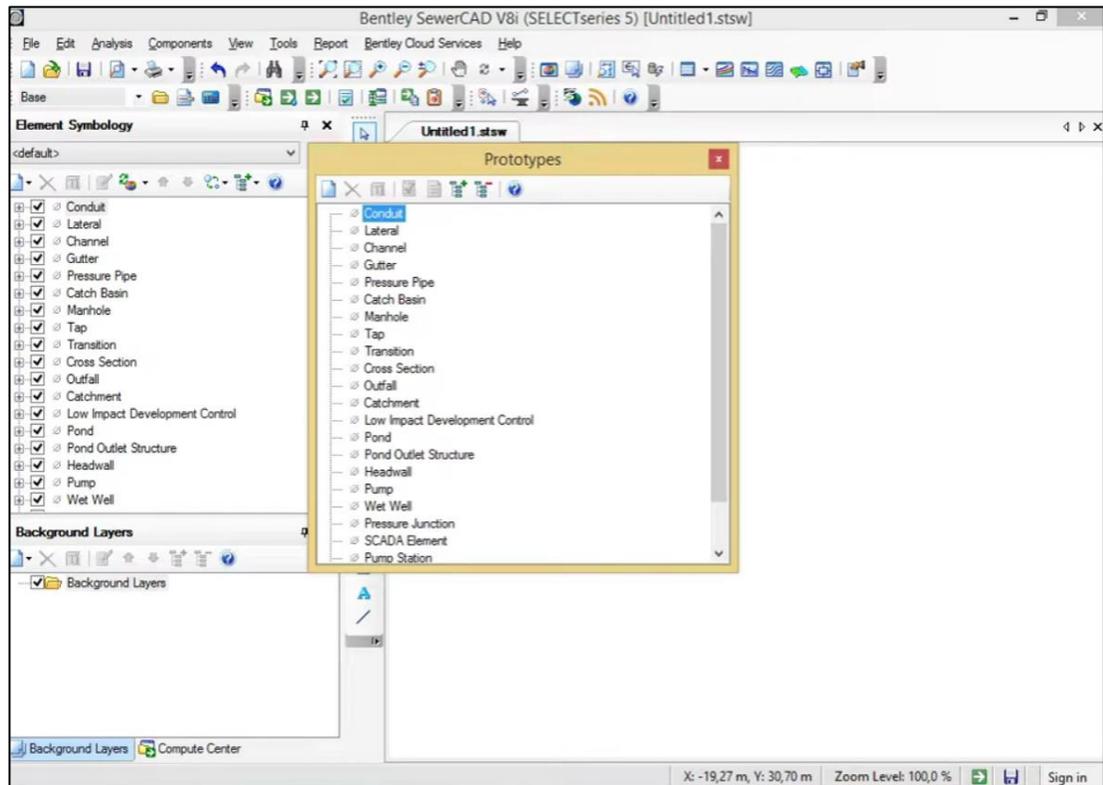


FIGURA 32. Se Escoge La Opción “Conduit” En El Cuadro De Dialogo.

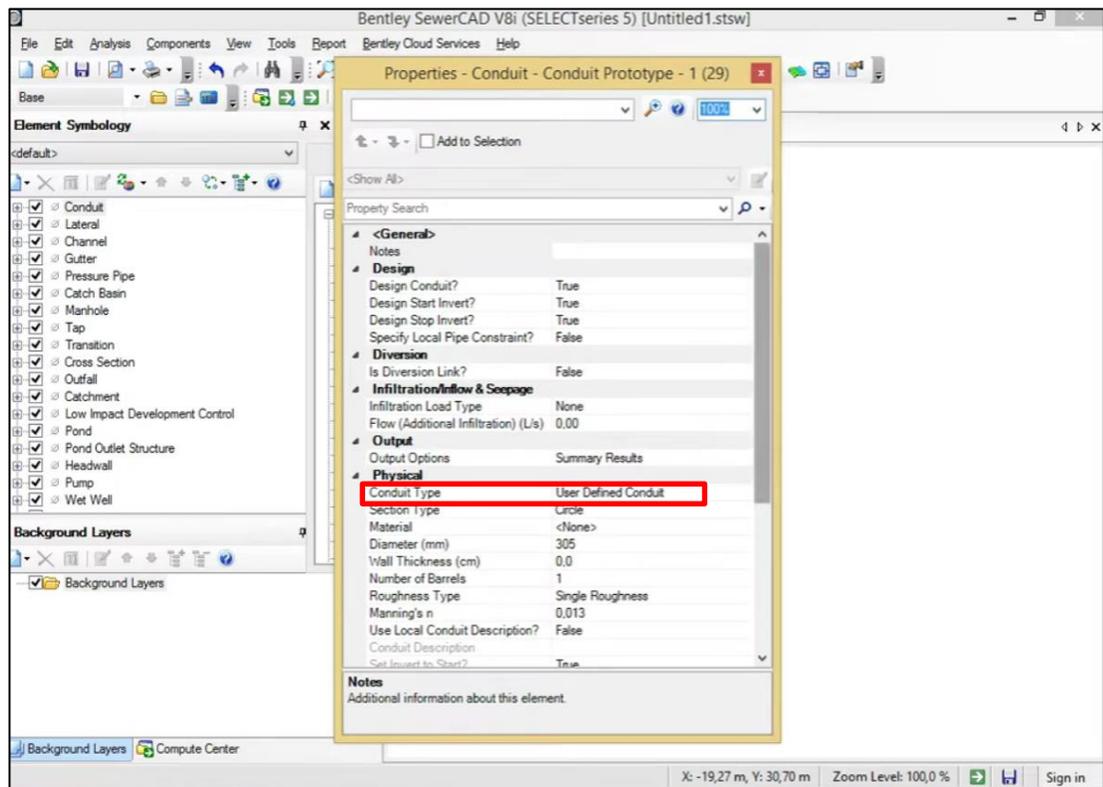


FIGURA 33. Las Propiedades De Las Conducciones Se Dependen En Un Nuevo Cuadro Y Se Escoge El Tipo De Conducción.

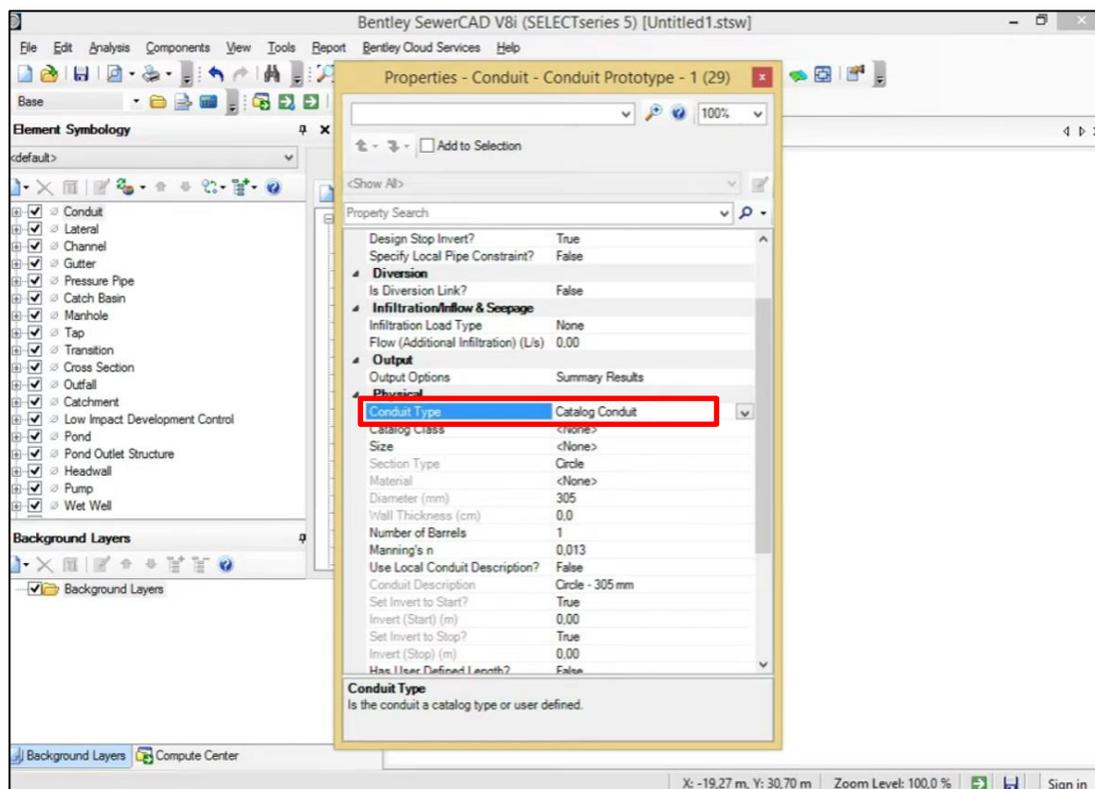


FIGURA 34. Finalmente Se Selecciona El Catálogo Deseado.

Con el comando “Unit Sanitary Loads” se carga el factor de carga unitaria, este factor se usa en algunos casos para asignar un caudal unitario (el caudal unitario es un caudal ideal que resulta de dividir el caudal total entre la longitud total de redes) y así el programa prorratea según las longitudes de cada tramo asignando automáticamente un caudal en función de esa longitud, en mi proyecto se tenía un caudal identificado en cada punto de aporte y por esa razón el factor de carga es de uno, ya que no importa la longitud del tramo. Tal como se puede ver en las Figuras 35 y 36.

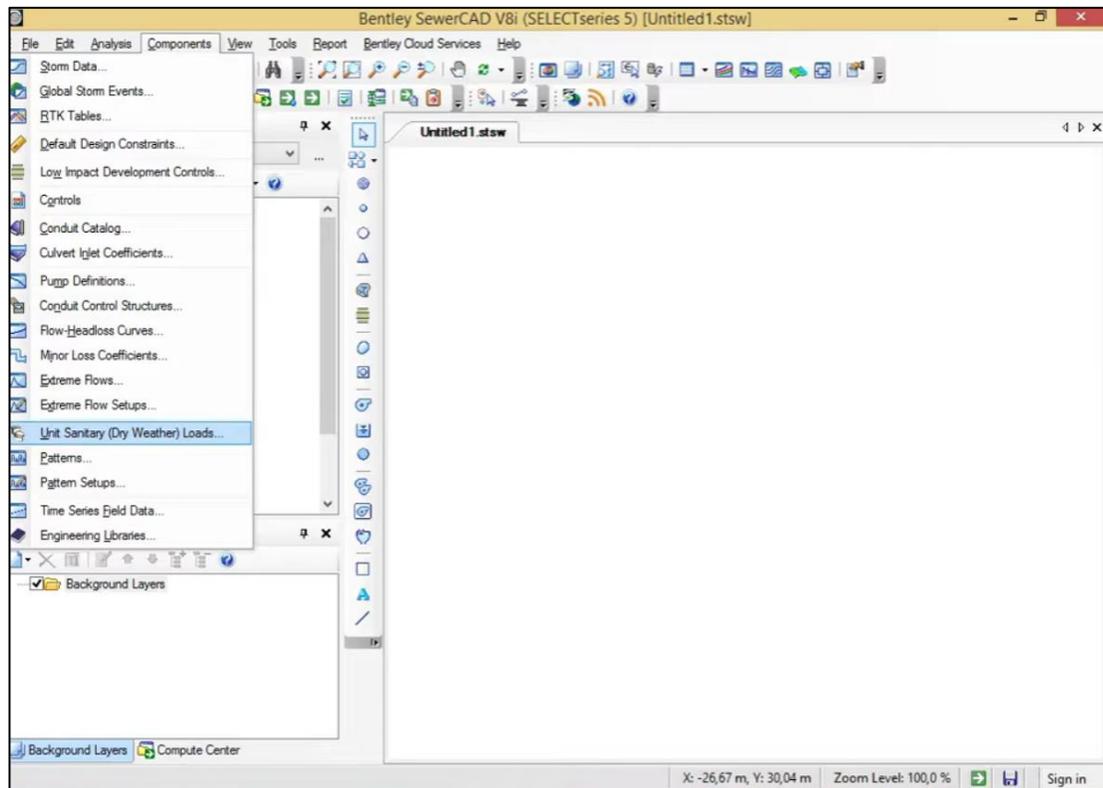


FIGURA 35. Comando “Unit Sanitary Loads” Del Menú Desplegable
“Components”

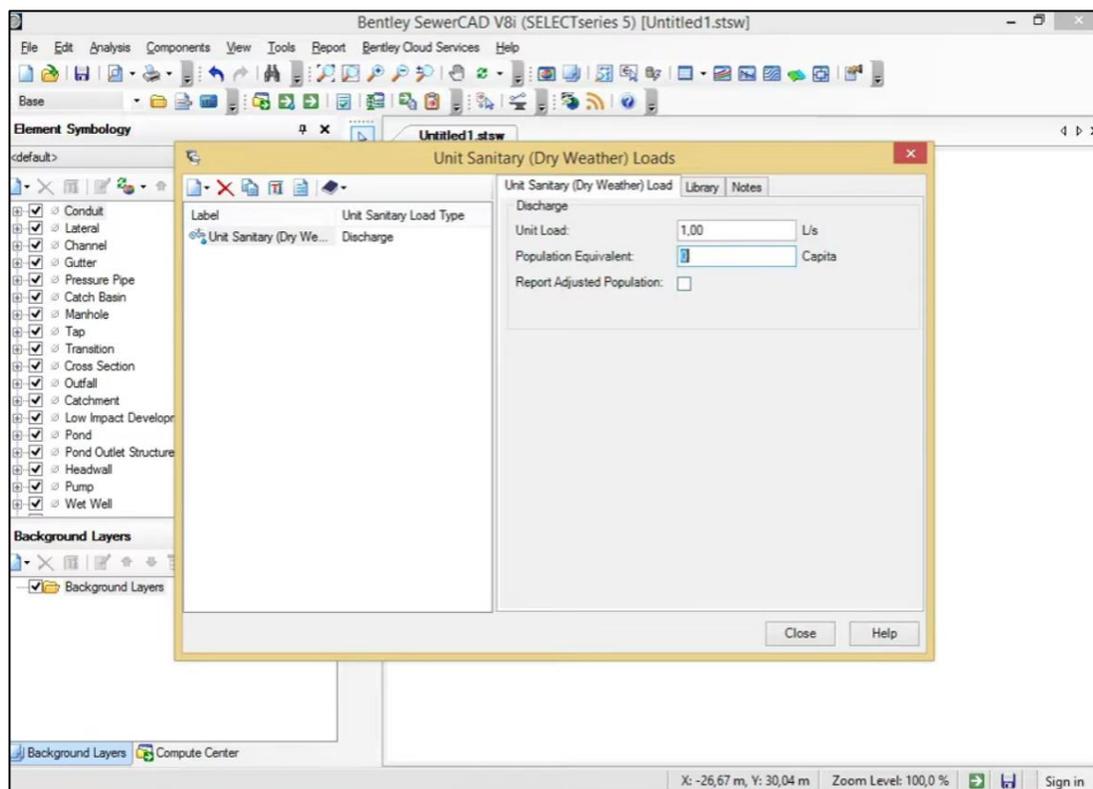


FIGURA 36. El Factor De Carga Unitaria Se Establece En Uno.

Para poder visualizar las curvas de nivel y las polilíneas, estas se cargan en “Background Layer”, los planos que sirven para este efecto fueron desarrollados en Civil 3d georreferenciados y solo presentados como elementos únicos, es decir en el caso de las líneas (solo polilíneas) y en el caso de las curvas de nivel (solo curvas), así también estos se importan al Sewer Cad en extensión *.dxf como lo mencioné anteriormente, como se muestra en la Figura 37; sin embargo esto es solo visual, ya que para efectos de cargar al sistema las polilíneas y asignarles características de red (x,y,z) utilicé los comandos “TREX” y “ModelBuilder” como lo explico en los siguientes gráficos.

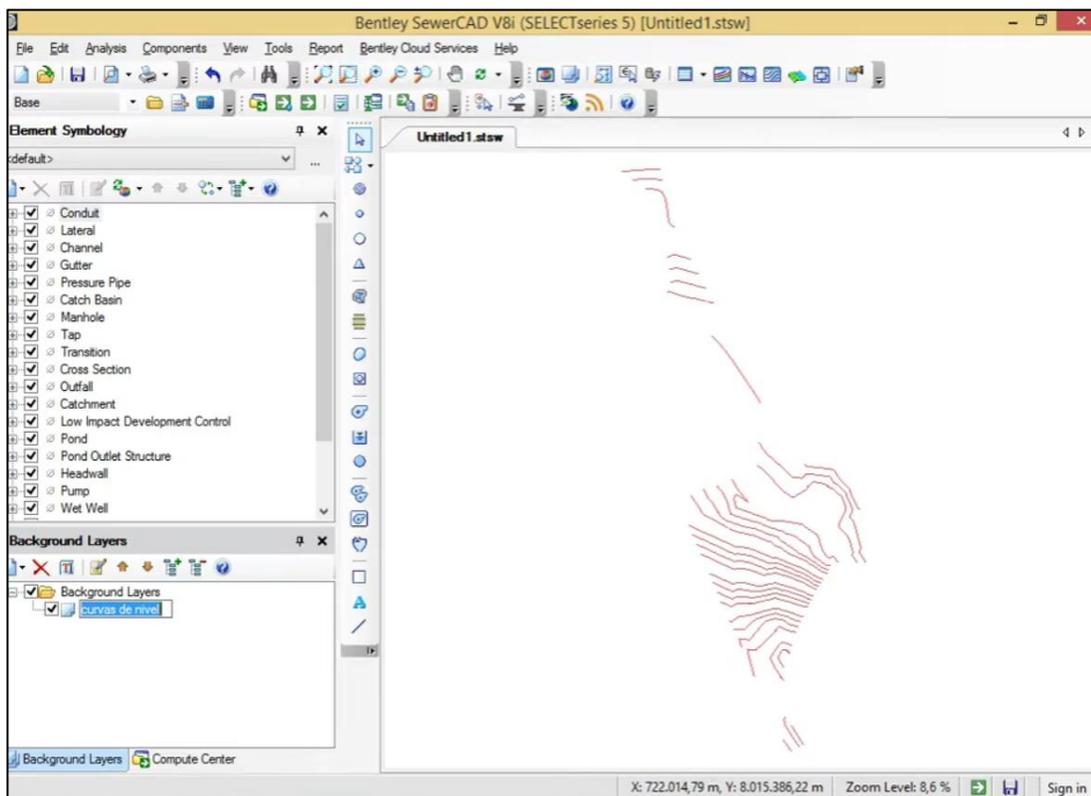


FIGURA 37. Con “Background Layer” Se Puede Mostrar Las Lotizaciones, Redes, Curvas De Nivel, Etc; Solo De Manera Gráfica.

Usando el comando “Model Builder” se importa el *.dxf que contiene las polilíneas, en el proceso de importación se configuran las unidades (metros) y las tolerancias, al final se obtiene al trazo de las tuberías con su georreferenciación original establecida en el Civil 3d (X y Y) como se muestra en las figuras de abajo, esto observa en las Figuras 38, 39, 40 y 41. Cabe mencionar que cada punto de unión entre dos polilíneas el programa lo asume como un buzón, como podemos ver en la Figura 42.

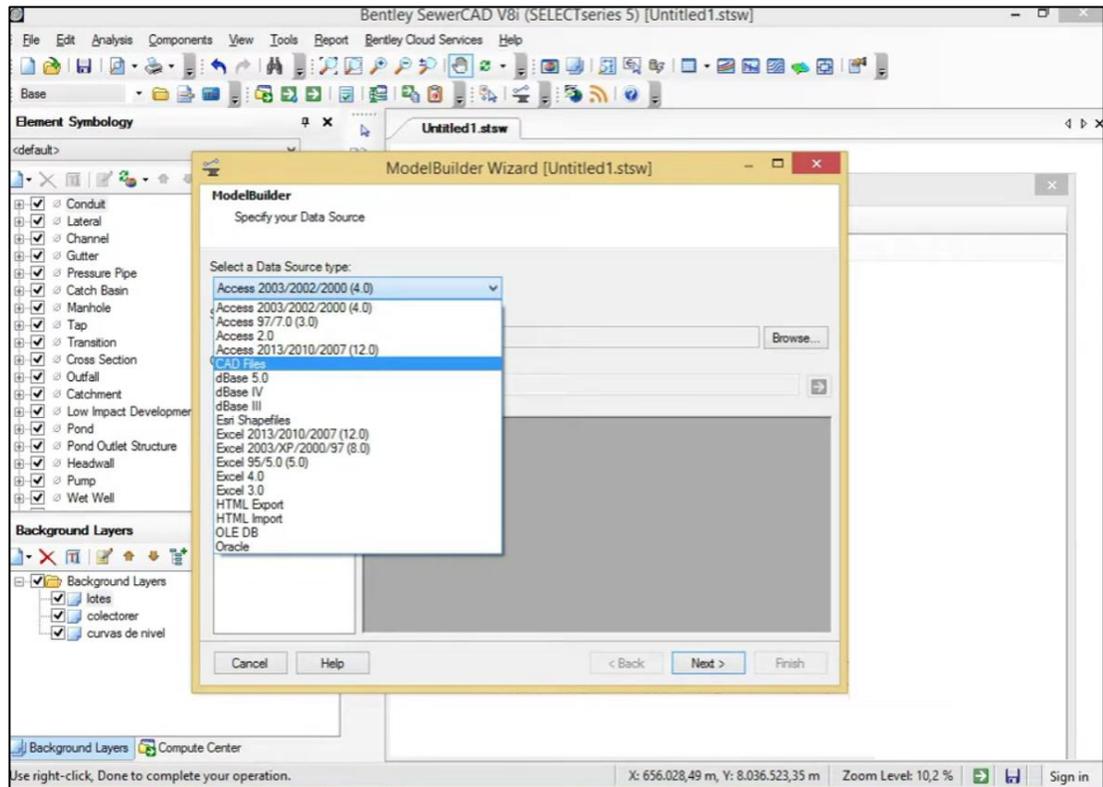


FIGURA 38. Comando “Model Builder” Para Importar Las Redes En Sus
Coordenadas Reales X Y Y.

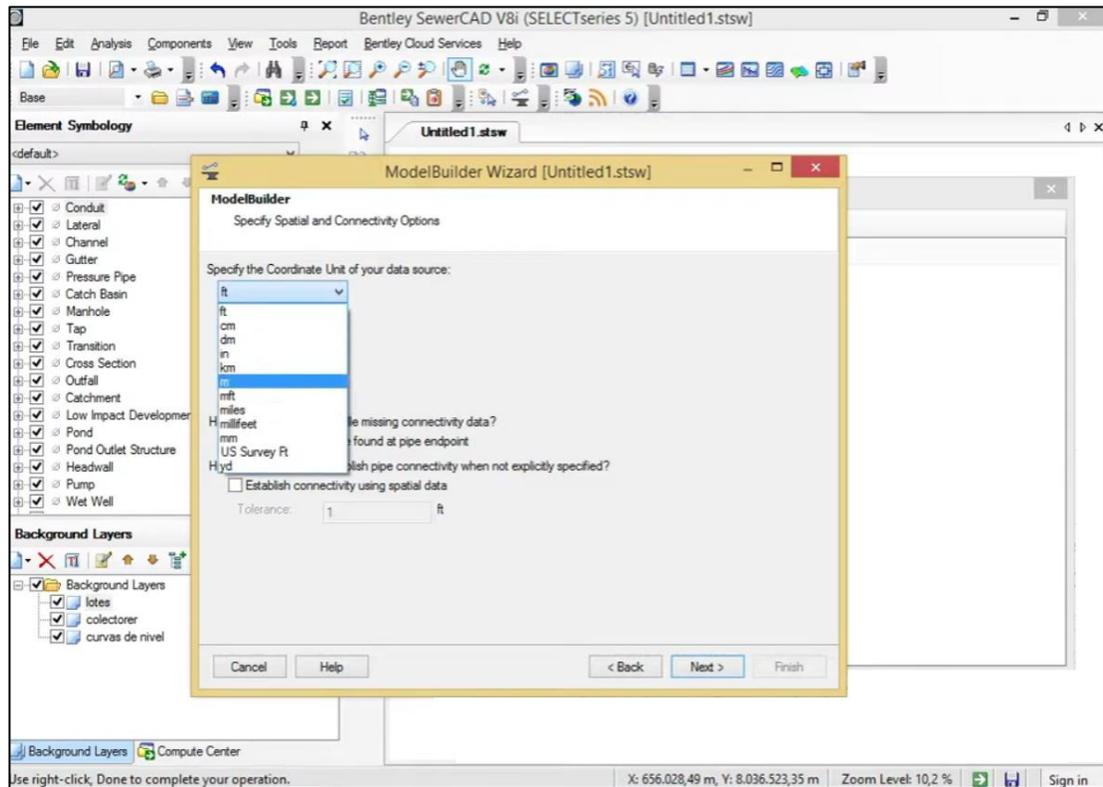


FIGURA 39. Se Debe Establecer Unidades Y Tolerancias Permitidas.

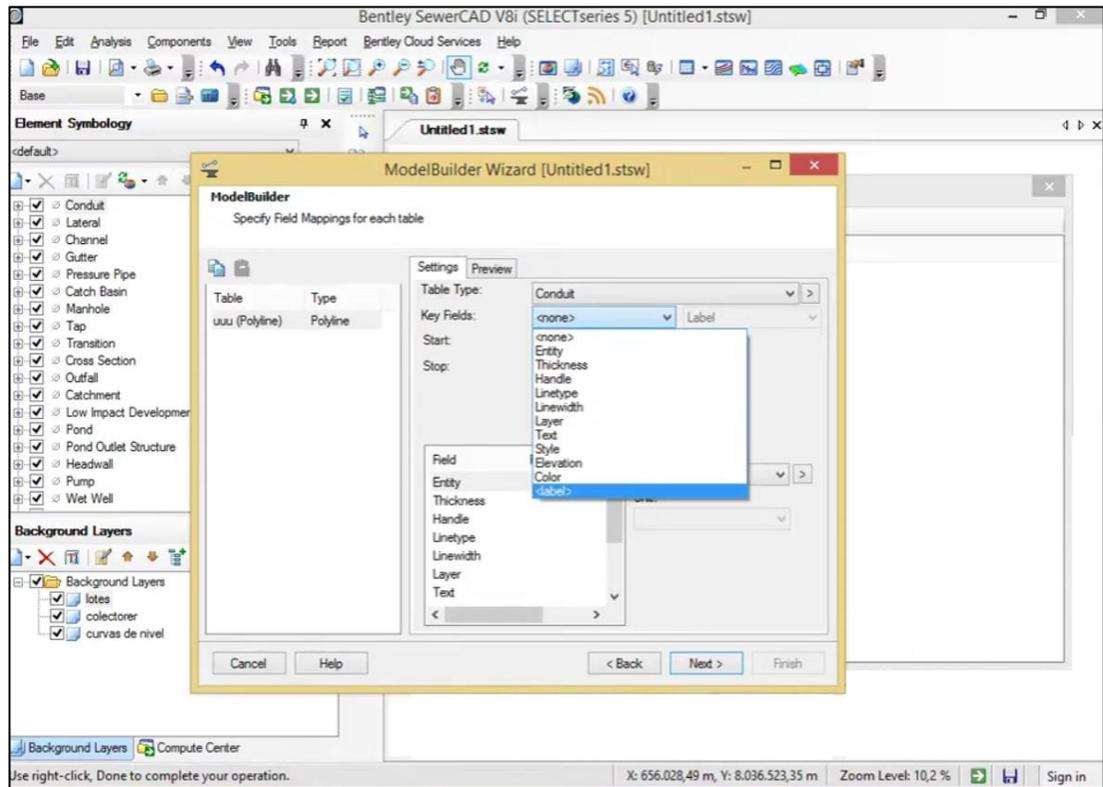


FIGURA 40. Se Debe Seleccionar "Label" En La Pestaña "Key Fields"

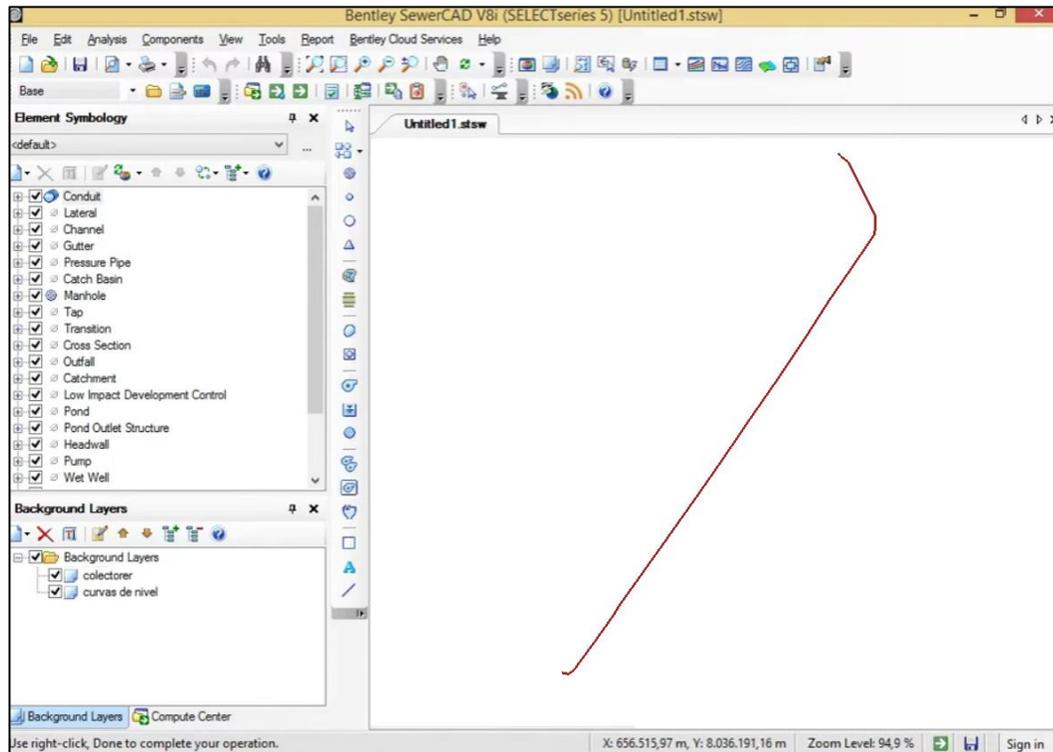


FIGURA 41. Una Vez Ejecutado El Comando Las Polilneas Se Importan Georreferenciadas (X Y Y) Al Sewer Cad.

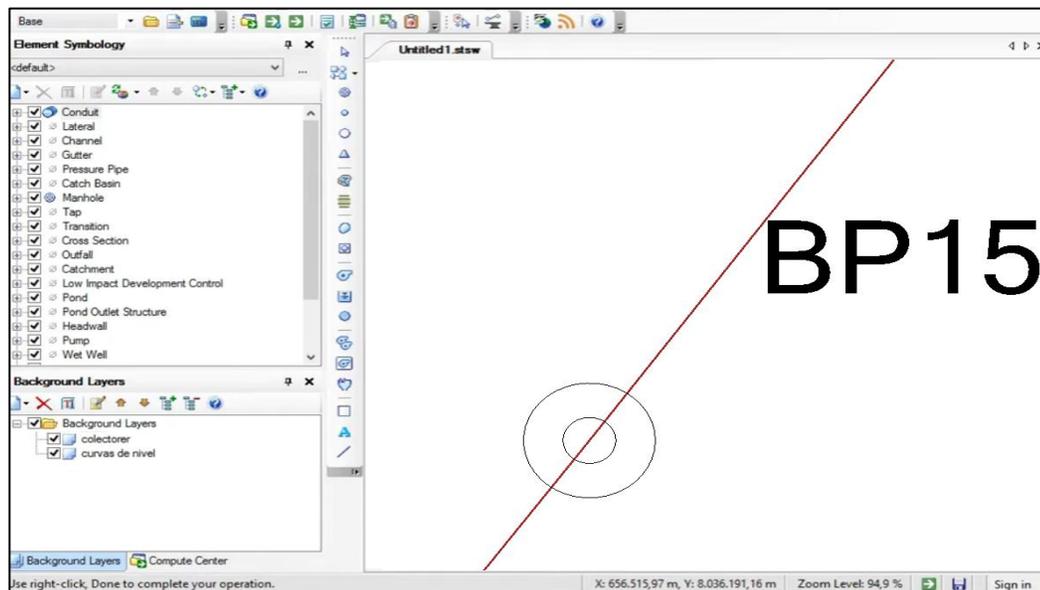


FIGURA 42. Cada Punto De Unión Entre Dos Polilneas El Programa Lo Asume Como Un Buzón.

Como se muestra en las Figuras 43 y 44, proseguimos usando el comando “TREX” se asignaron las alturas o cotas de terreno, esto a través de la importación del plano que contiene las curvas de nivel. Las cotas de terreno que se asignan automáticamente con este programa constituyen la cota de tapa de los buzones. Se escogen las unidades en metros y “Select Elevation Field” como “elevación” para que reconozca el programa los “z” del plano de curvas de nivel, al finalizar este comando cada buzón tiene asignado una cota de terreno.

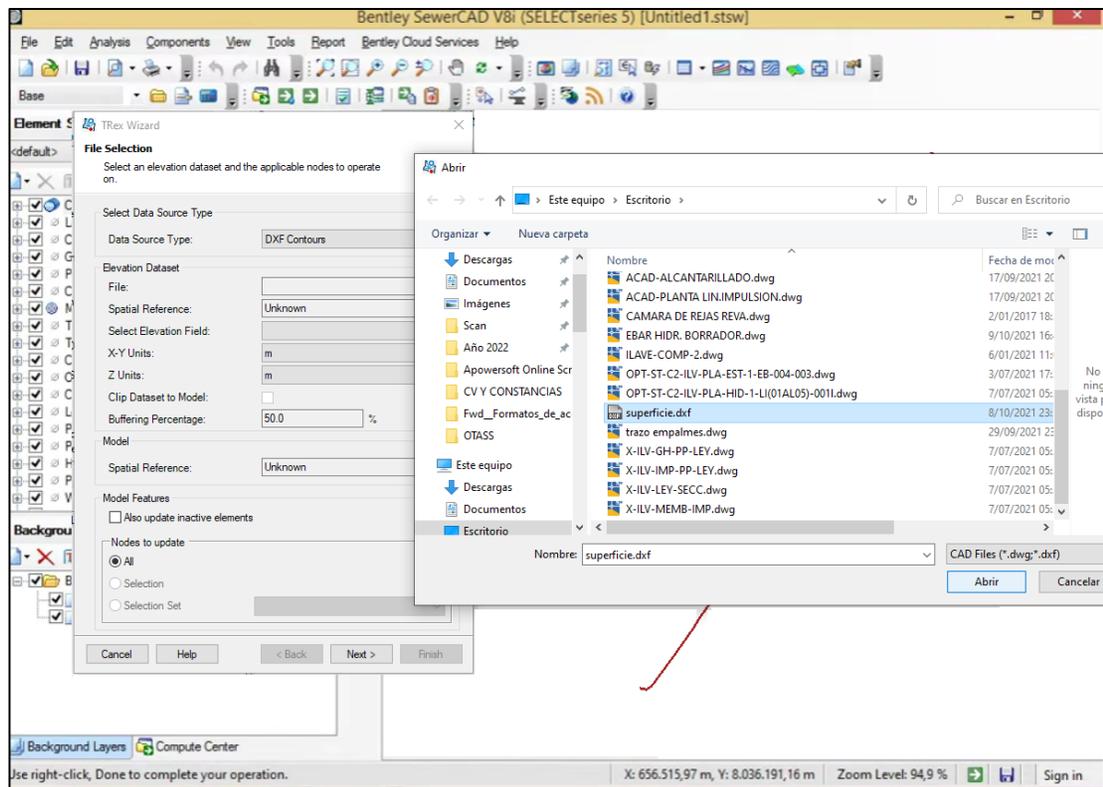


FIGURA 43. Comando Para Establecer Las Cotas De Terreno (Cotas De Tapa De Buzones).

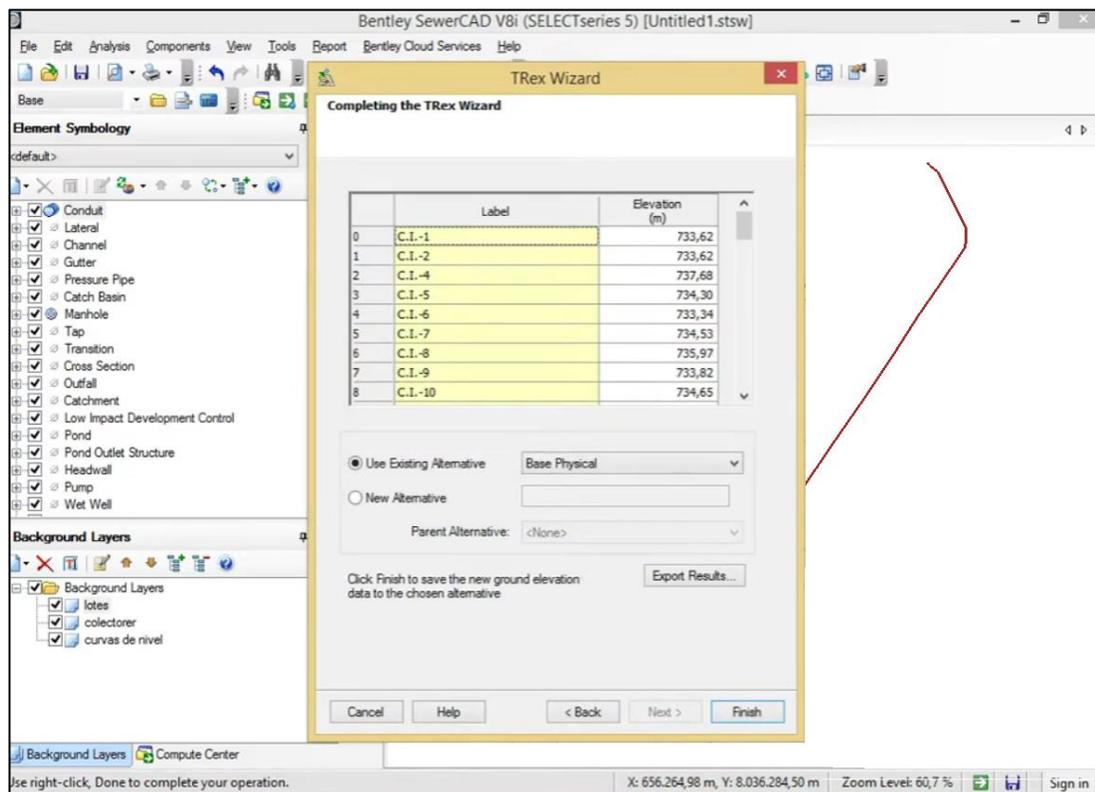


FIGURA 44. Al Ejecutar El TREX Los Buzones Son Asignados Con Una Cota De Tapa.

Finalmente cargamos los caudales con el comando “Sanitary Load Control Center” que se utiliza para cargar los caudales en cada buzón de aporte, lo caudales que se cargan son los determinados en campo través de las campañas de aforo, una vez ello se corre el programa y se tiene los resultados del modelamiento. Esto se observa en las Figuras 45, 46 y 47.

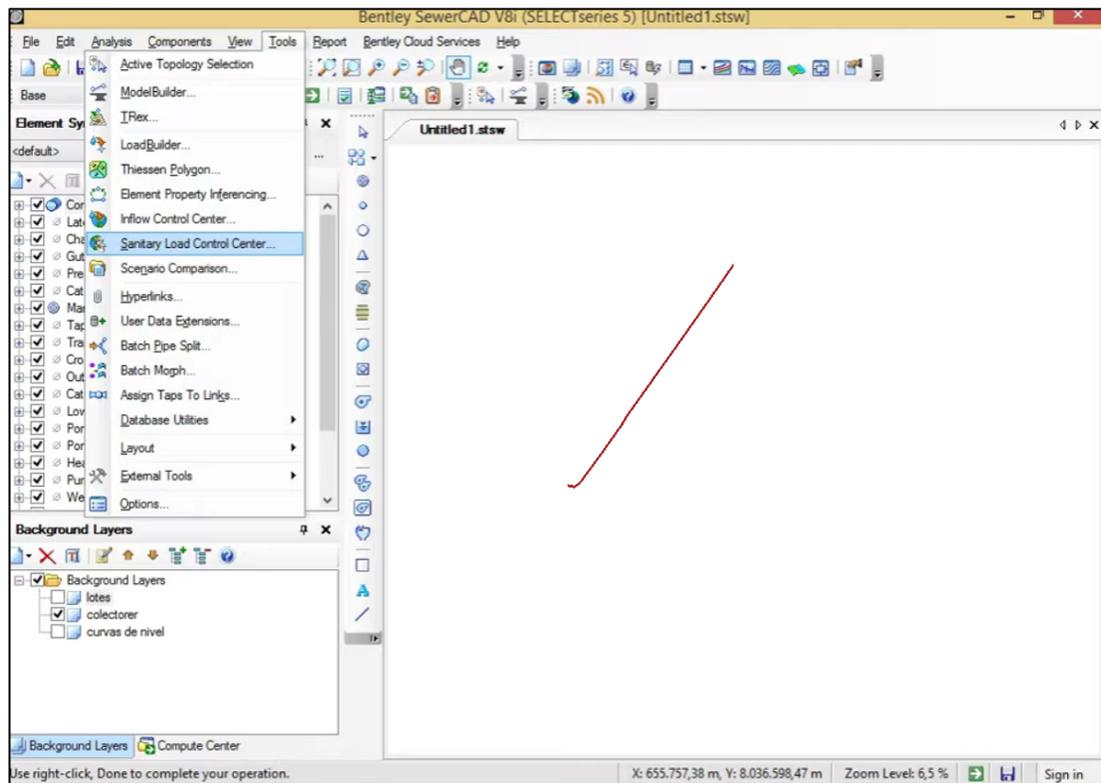


FIGURA 45. Comando “Sanitary Load Control Center” Para Cargar El Caudal
En Cada Buzón.

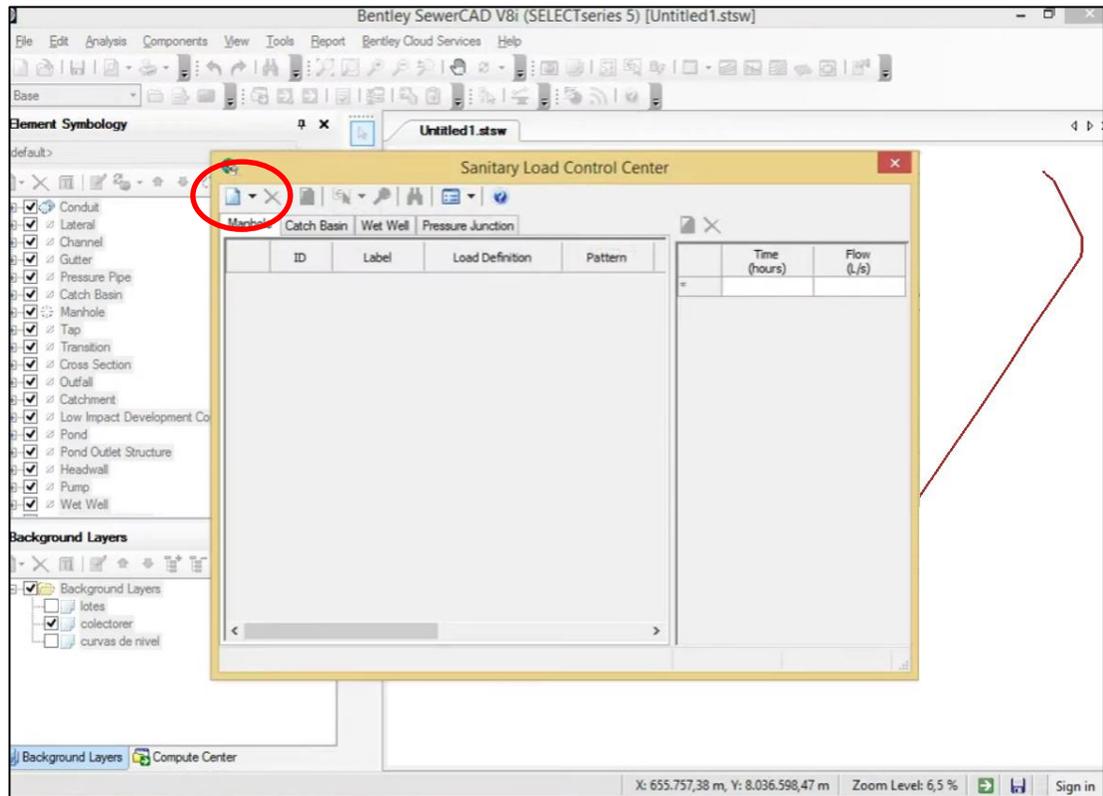


FIGURA 46. Al Aplicar El Comando Se Abre Un Casillero Donde Al Seleccionar Nuevo, Se Abre Un Cuadro Para Su Llenado Manualmente.

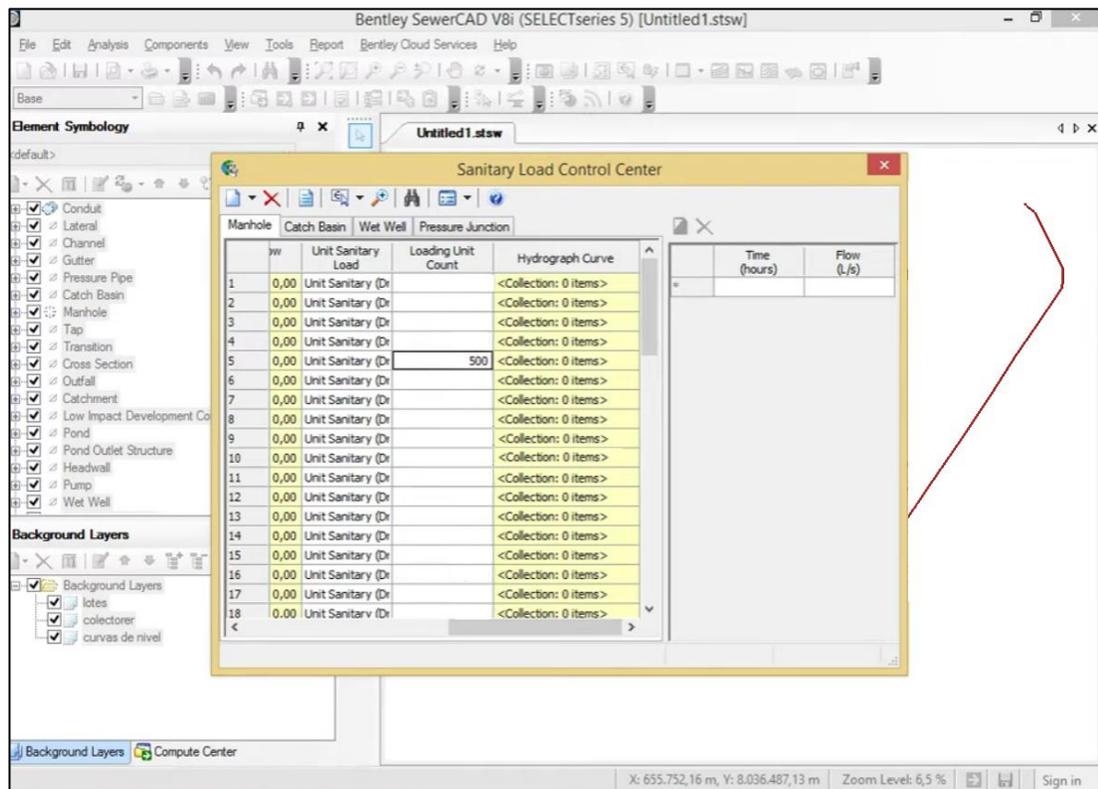


FIGURA 47. En El Cuadro Se Ingresan Los Datos De Caudales De Los Buzones Aportantes.

Una vez corrido el programa se da edición a los resultados indicando los caudales, diámetros, tensiones tractivas cotas de fondo, etc; como se muestra en la Figura 48.

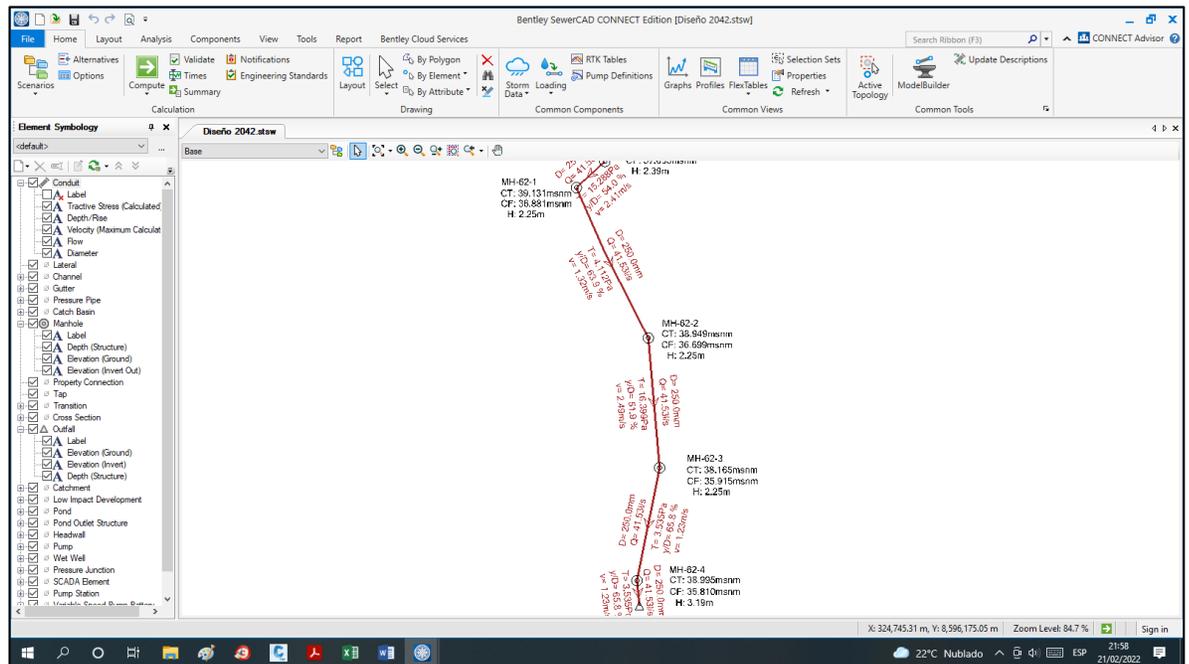


FIGURA 48. Vista De Las Tuberías Con Datos De Diseño Después De La Corrida Del Programa Sewer Cad.

Luego de realizar el cálculo tentativo, pasé a guardar la información en formato *.dxf, que es el tipo de archivo que permite exportar la información del Sewer Cad, así también extraje los reportes de las tuberías y buzones en formato pdf para proceder a elaborar los planos de diseño.

ELABORACIÓN DE PLANOS:

Una vez culminados los planos de diseño continuamos con la elaboración de los planos de obra, para lo cual se coordiné también con las otras especialidades, tales como estructuras, suelos, hidráulica y costos.

Cada plano debía contener detalles de su presentación dependiendo si se tratase de Planos de Estudios o Planos de Obra, si es de estudios como por ejemplo el plano de modelamiento hidráulico, este debía contener datos del diseño, es decir los parámetros de diseño, de los cuales apoyé con algunos y que consideré en mi experiencia, además de los resultados del modelamiento, como los caudales, diámetros, coeficiente de Manning, velocidades, tensión tractiva, etc; por otro lado, si se tratase de un plano de obra como por ejemplo el plano de colectores proyectados, este debe contener las especificaciones técnicas como el material, tipo, diámetro y calidad de tubería, así como la indicación de la norma de fabricación: esto se observa en las Figuras 49 y 50.

| Características Geométricas y Mecánicas | | | | Escenario 01 | | | | | | |
|---|--------------|----------|------------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|-------------|------------------------|----------------------------|
| Colector | Tramo | Material | Diámetro Nominal | Manning | Caudal (L/s) | Caudal (L/s) | Velocidad (m/s) | Tirante (m) | Tirante / Diámetro (%) | Tensión Tractiva (Pascals) |
| CO-1 | AD03-CO1-T56 | HDPE | 800mm SN4 | 0.010 | 95.041 | 96.669 | 0.89 | 0.309 | 74.40 | 0.957 |

FIGURA 49. Datos Consignados En El Plano De Modelamiento Hidráulico.

| CUADRO DE NORMAS TÉCNICAS VIGENTES | | |
|------------------------------------|--|--------------------|
| BZ.TIPO | DESCRIPCIÓN DE MATERIAL | ESPECIF. TÉCNICAS |
| BUZÓN PRIMARIO | TAPA DE HIERRO DÚCTIL CON SISTEMA DE SEGURIDAD | UNE-EN 124 |
| | MARCO DE HIERRO DÚCTIL PARA BUZÓN | UNE-EN 124 |
| BUZÓN SECUNDARIO | MARCO DE FIERRO FUNDIDO Y TAPA DE CONCRETO ARMADO PARA BUZÓN | NTP 339.111 : 1997 |

| NOTAS: |
|---|
| 1.- VER SECCIONES DE CALLE EN PLANO CCG-PL-SVI-COP2-PLG-014 |
| 2.- COLECTOR PROYECTADO Y REHABILITADO INSTALADO SOBRE TERRENO NORMAL |
| 3.- PARA COLECTORES PRIMARIOS LA CLASE SERÁ SN4 EN LOS TRAMOS DEL TUNNEL LINER, Y SN8 EN EL RESTO DE LOS TRAMOS. PARA REDES SECUNDARIAS DE ALCANTARILLADO SERÁ DE ACUERDO A LO INDICADO EN EL TRAMO |
| 4.- LOS COLECTORES A QUEDAR FUERA DE SERVICIO SE RELLENARÁN CON CONCRETO FLUIDO $f'c=10Kg/cm^2$ |
| 5.- VER DATOS DE PUNTO DE CONTROL EN EL INFORME DE TOPOGRAFÍA |
| 6.- VER PLANO TÍPICO DEL TUNNEL LINER EN PLANO N° CCG-PL-GEN-TL-TIP-005 |
| 7.- LA TUBERÍA HDPE PARA DESAGÜE DEBERÁ CUMPLIR CON LA NORMA ISO 8772-2009 |

FIGURA 50. Datos Consignados En El Plano De Colectores Proyectados.

Los planos que se desarrollaron tanto de Estudio como de Obra; entre los planos generales realicé el plano de ubicación del proyecto y para los planos típicos se trabajó los planos de conexiones domiciliarias y planos de cortes y detalles, además del plano de modelamiento hidráulico que muestra el plano de proyección de los colectores principales.

Plano de localización y ubicación:

Este plano contiene la ubicación de los dos tramos que fueron intervenidos en el proyecto, se realizó a partir de información proporcionada por SEDAPAL y utilizando un plano cartográfico del distrito de San Juan de Lurigancho, se realizó a una escala 1/25,000 y contiene además un plano clave en la parte superior derecha donde se muestra la ubicación del distrito dentro de la ciudad de Lima, como se muestra en la Figura 51.

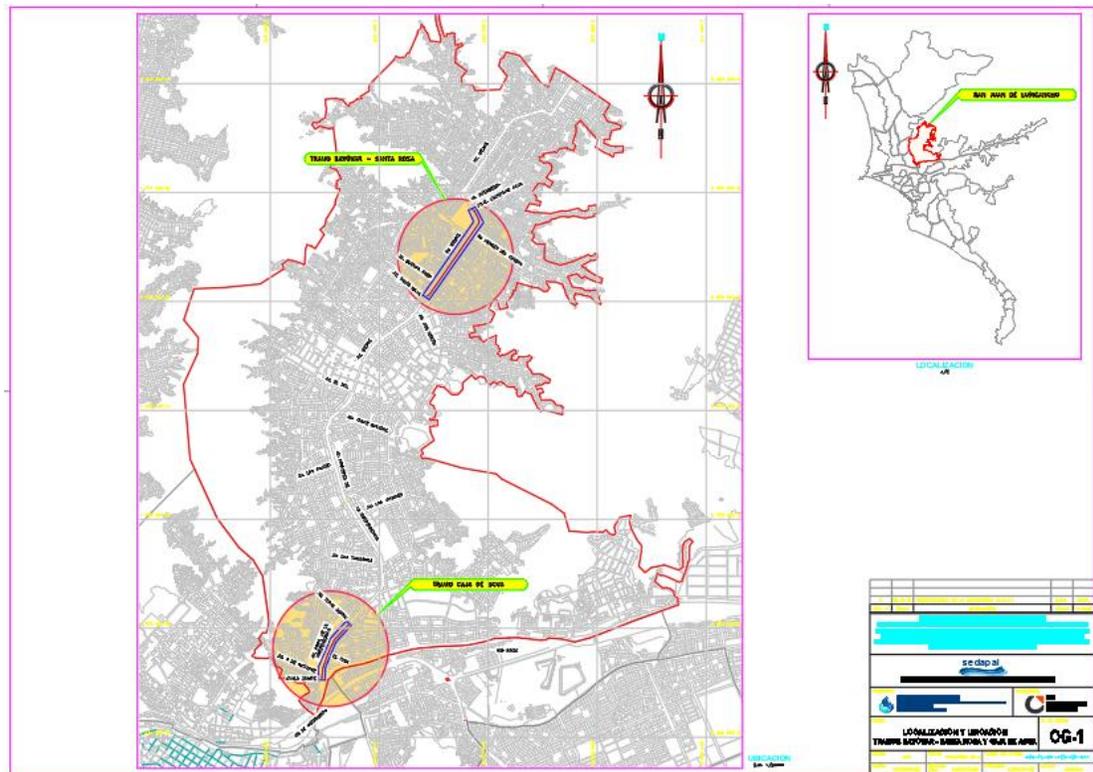


FIGURA 51. Vista Del Plano De Localización Y Ubicación.

Sistema de Colectores Principales Proyectados:

Los planos presentados se han elaborado en dos vistas, una de planta y otra de perfil; en el primer caso a una escala de 1/500 donde se detalla aparte de la línea existente que quedará fuera de servicio, también la planimetría, las curvas de nivel, las interferencias y lógicamente las tuberías proyectadas con sus características físicas más importantes, como diámetro, longitud y pendiente, también se representan los buzones con la cota de tapa, cota de fondo y profundidad; el perfil que se presenta tiene una escala horizontal de 1/500 y una vertical de 1/50, en él se indica a parte de todos los datos consignados en planta, también la distancia parcial, acumulada, superficie de rodadura y el método de instalación. La leyenda en este plano es amplia, pues se tienen elementos diversos que conforman parte del entorno de instalación que deben ser correctamente identificados, las normas técnicas vigentes que rigen el diseño y el material de los elementos conformantes del mismo también son imprescindibles de colocar, lo que podemos ver en la Figura 52.

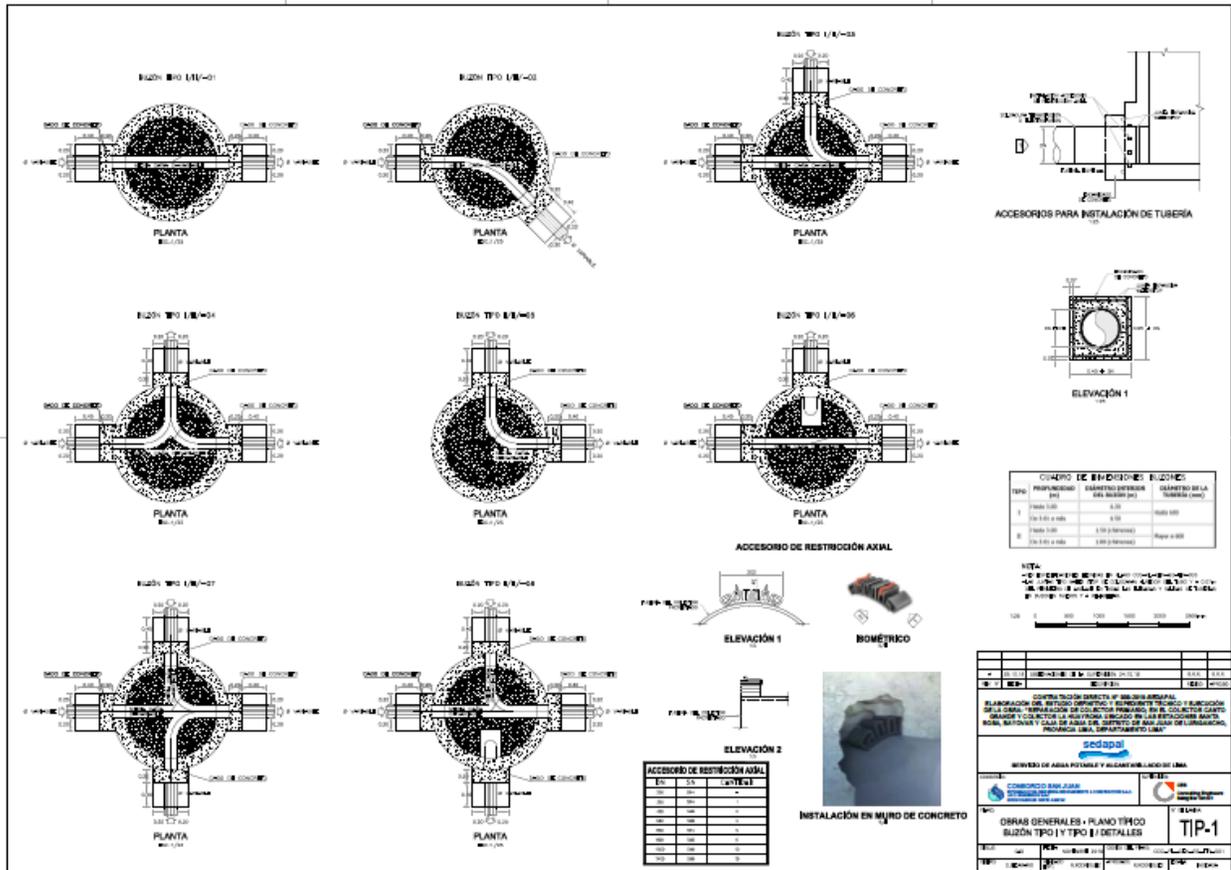


FIGURA 53. Plano Típico Buzones TIPO I Y TIPO II - Detalles

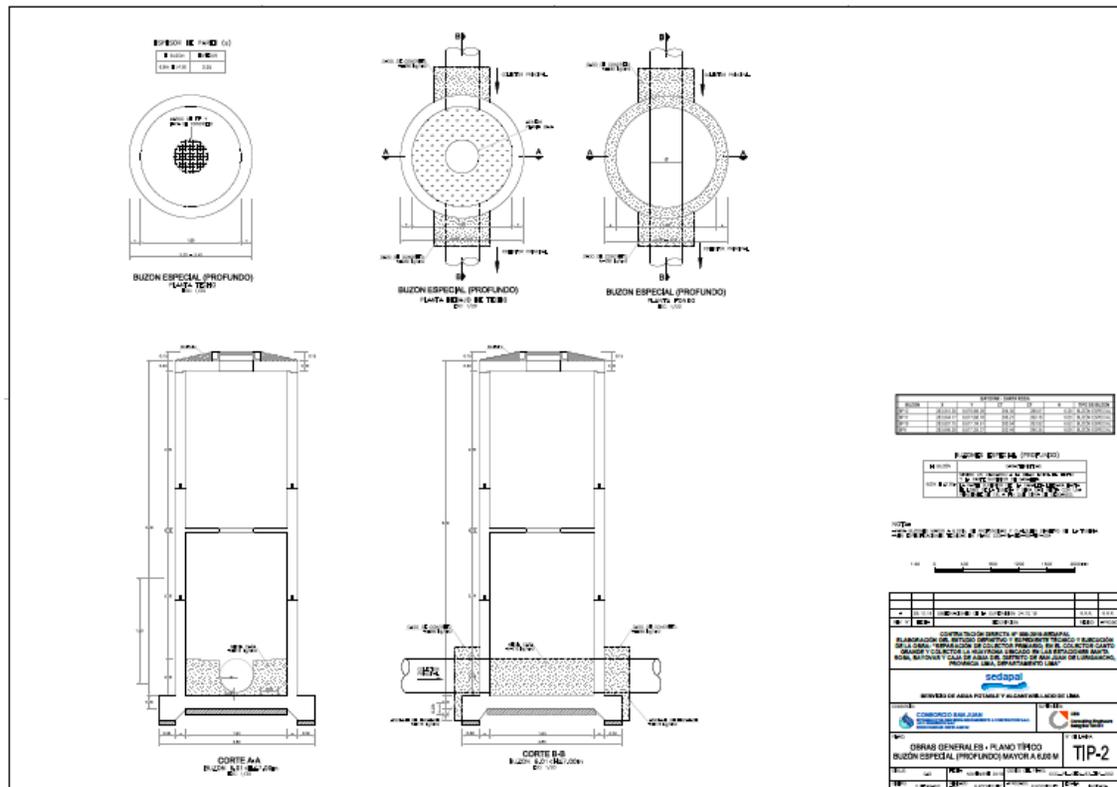


FIGURA 55. Plano Típico Buzón Especial De Profundidad Mayor 6.00m.

Plano de excavación y relleno de zanjas:

En esta parte, se elaboró el plano de excavación y relleno de zanjas, en ello podemos indicar que para el método constructivo de zanja abierta se han establecido 03 secciones típicas para la excavación, en pavimento flexible con profundidad de relleno de entre 2.00 y 3.00m, y también mayores a 3.00m, así mismo para el terreno natural en corte transversal se desarrolló hasta una profundidad de 3.00m como se observa en las Figuras 56 y 57.

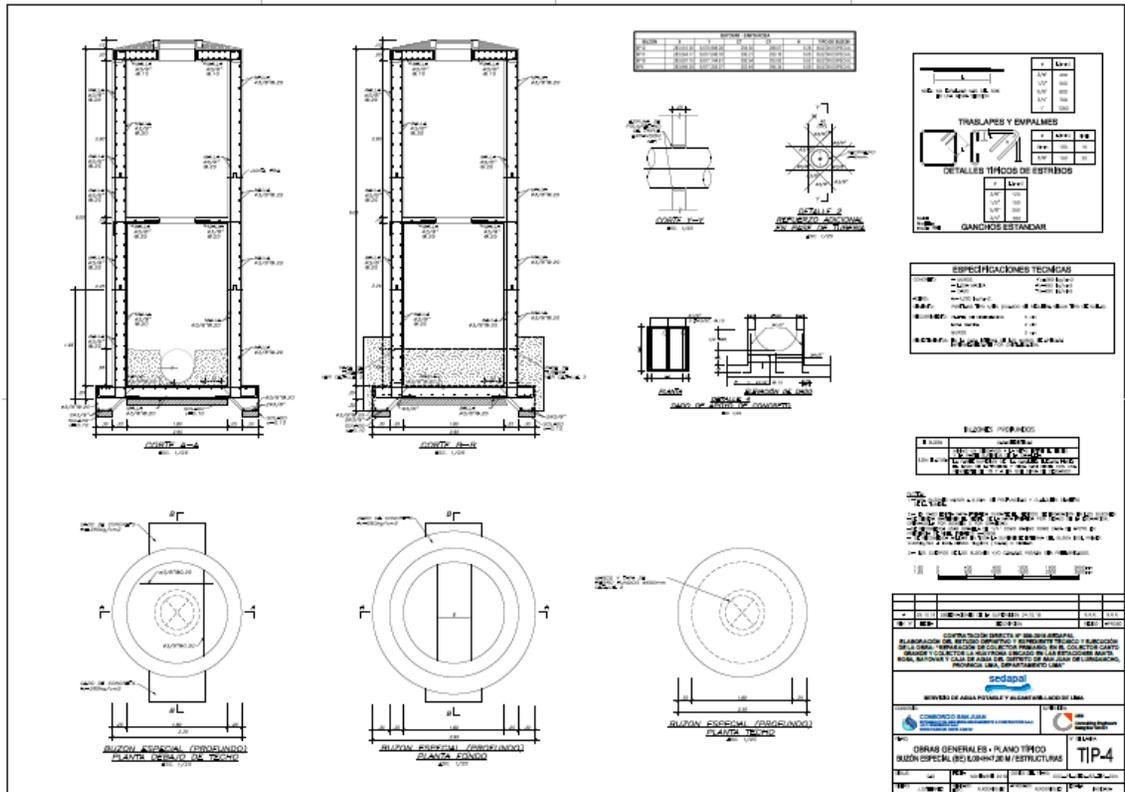


FIGURA 56. Plano Típico Excavación Y Relleno De Zanjas.

altura es variable ya que ello dependerá de la ubicación de la vivienda respecto de la vía. La pendiente mínima entre la tubería de conexión y la red secundaria de desagüe es de 1.5%, como podemos ver en la Figura 58.

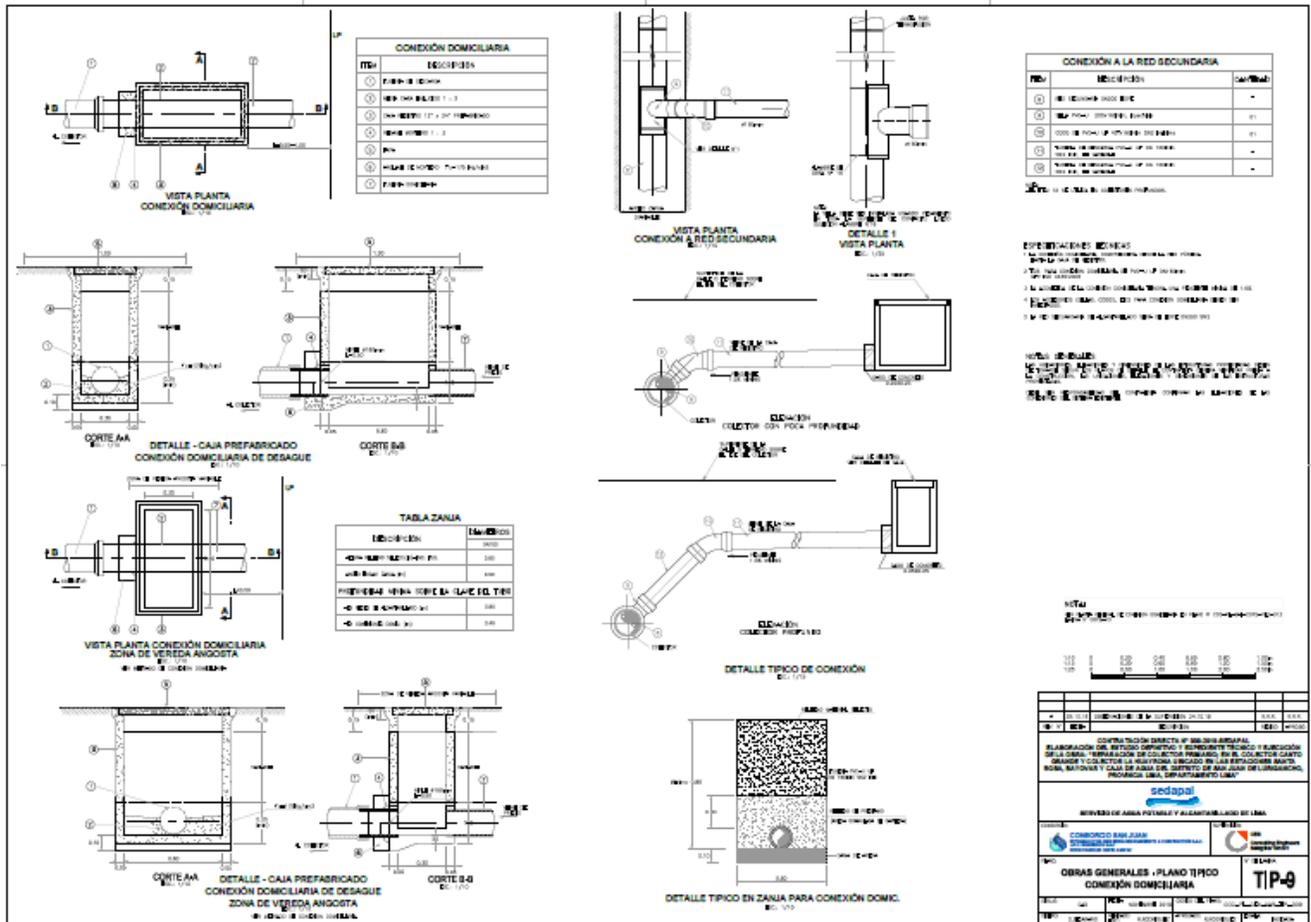


FIGURA 58. Plano Típico Conexión Domiciliaria.

METRADOS

Colector Bayóvar con zanja; en esta etapa se realizó el cálculo y cuantificación por partidas de las cantidades que se requerirá para el desarrollo de la obra. Del tramo en mención podemos indicar que la sub partida “trazo y replanteo” se contabilizó en Km considerando las longitudes de los colectores primarios y las redes secundarias (aportes); también se empleó sub partidas para la “protección de líneas de interferencia” ubicadas a lo largo de la prolongación de la obra; en el “movimiento de tierras se cuantifico en metros lineales. Con respecto a excavación y relleno, esto fue calculado en tramos con profundidades y DN distintos. La “eliminación de transporte, refine y nivel de zanja” se consideraron los tramos por DN a cualquier profundidad y la distancia de flete para la descarga del material.

Para el “suministro e instalación de tuberías HDPE” se tuvo en consideración la rigidez angular (SN) de cada tubería, que en algunos casos los valores fueron de 4 y en otros de 8 asociados a la rigidez angular para tuberías de HDPE (SDR) con valores de 21 y de 26. En la sub partida de “instalación de la tubería” se incluyó el procedimiento de pegado por termofusión. Para la unión de las tuberías HDPE-PVC a la cámara de concreto se utilizó cinta WATERSTOP cuantificada por diámetro en mm. También se emplearon accesorios de electrofusión para anclaje como los Acople-Unión en

tuberías con SN 4 y 8; y en los elementos de restricción axial instaladas se tuvo 04 cámaras a una profundidad entre 4.00 y 5.00m y 04 cámaras a una profundidad entre 5.00 y 6.00m que fueron sometidas a prueba hidráulica.

Colector Bayóvar sin zanja, en esta parte del metrado se consideraron 09 cámaras de ataque que son perforaciones verticales para el acceso al tunnel liner con un diámetro de 1.30m y un espesor de 500mm. El “trazo y replanteo” para la instalación se contabilizó un total de 1,113.56m, sin embargo, el “suministro e instalación de tubería de HDPE- PVC fue de 1110.56m con un diámetro nominal de 800mm y finalmente se empleó 697.79m³ de mortero con resistencia a la compresión de 10kg/cm², como se muestran en las Figuras 59,60 y 61.

Colector Caja de agua con zanja; para este tramo empleé las mismas partidas con algunas modificaciones, por ejemplo en la sub partida “trazo y replanteo” solo se contabilizó las longitudes de los colectores primarios; también se empleó nuevamente sub partidas para la “protección de líneas de interferencia” ubicadas a lo largo de la prolongación de la obra; en el “movimiento de tierras se cuantifico en metros lineales. En la sub partida “entibado metálico” fue de tipo cajón y por ambas caras con profundidades de entre 2.00 y 4.00m.

Para el “suministro e instalación de tuberías HDPE” se consideró solo la rigidez angular de 8 asociados a un valor de SDR 21. En la sub partida de “instalación de la tubería” se incluyó el procedimiento de pegado por termofusión excepto aquella con DN 1400. Se cuantificó finalmente el “desmontaje y retiro de tuberías” existentes de alcantarillado eso incluía la eliminación de este material, asimismo se usó 29.40m³ de concreto fluido con valor de 10kg/cm² de resistencia a la compresión, para el llenado de tuberías existentes que fueron clausuradas. Se realizó también “pruebas de compactación de suelos (Proctor modificado), tal como se muestra en las Figura, 62,63 y 64.

CONSORCIO SAN JUAN
INTERGRADO POR INGENIERIA MEDIOAMBIENTE CONTRUCCION S.A.C. - I.P.C. INGENIEROS S.A.C. - NIXON FRANK INGENIEROS

PLANILLA DE METRADOS

PROYECTO: REPARACION DEL COLECTOR PRIMARIO: EN EL(LA) COLECTOR CANTO GRANDE Y COLECTOR LA HAYRONA
UBICADO EN LAS ESTACIONES SANTA ROSA, BAYOVAR Y CAJA DE AGUA DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO,
PROVINCIA LIMA, DEPARTAMENTO LIMA.

| Item | Descripción | Und. | Metrado |
|--------------|---|------|----------|
| 01 | OBRAS PROVISIONALES | | |
| 01.01 | Campamento provisional para la obra | und | 1.00 |
| 01.02 | Construcción provisional para almacén, depósito de materiales, equipos y herramientas | und | 2.00 |
| 01.03 | Cantel de identificación de la obra de 7,20 m x 3,80 m incl mantenimiento | und | 2.00 |
| 01.04 | Movilización de campamentos, maquinarias, herramientas para la obra tipo | und | 1.00 |
| 01.05 | Iluminación para la obra | mes | 6.00 |
| 02 | COLECTOR BAYOVAR | | |
| 02.01 | PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL | | |
| 02.01.01 | Plan de Seguridad y Salud Ocupacional (Incl. Equipos de protección personal - colectivo, señalizaciones, exámenes médicos) - Líneas de Alcantarillado | gb | 1.00 |
| 02.02 | OBRAS PRELIMINARES | | |
| 02.02.01 | Trazo y replanteo inicial del proyecto, para líneas-redes con estación total | km | 0.85 |
| 02.02.02 | Replanteo final de la obra, para líneas redes con estación total | km | 0.85 |
| 02.02.03 | Desvío de agua servidas en Bayovar | Qlb | 1.00 |
| 02.02.04 | Protección de cables de telefonía | und | 1.00 |
| 02.02.05 | Protección de cable eléctrico | und | 5.00 |
| 02.02.06 | Ubicación y protección de tuberías de Gas | und | 4.00 |
| 02.03 | MOVIMIENTO DE TIERRAS | | |
| 02.03.01 | Excavac. zanja (máq.) p.tub. teri-normal DN 200 - 315 de 4.01 m a 5.00 m prof. | m | 23.96 |
| 02.03.02 | Excavac. zanja (máq.) p.tub. teri-normal DN 200 - 315 de 5.01 m a 6.00 m prof. | m | 5.45 |
| 02.03.03 | Excavac. zanja (máq.) p.tub. teri-normal DN 355 - 400 de 4.01 m a 5.00 m prof. | m | 27.42 |
| 02.03.04 | Excavac. zanja (máq.) p.tub. teri-normal DN 500 - 630 de 5.01 m a 6.00 m prof. | m | 5.40 |
| 02.03.05 | Excavac. zanja (máq.) p.tub. teri-normal DN 700 - 800 de 4.01 m a 5.00 m prof. | m | 342.50 |
| 02.03.06 | Excavac. zanja (máq.) p.tub. teri-normal DN 700 - 800 de 5.01 m a 6.00 m prof. | m | 286.29 |
| 02.03.07 | Refine y nivel de zanja teri-normal para tub. DN 200 - 250 para toda profund. | m | 29.42 |
| 02.03.08 | Refine y nivel de zanja teri-normal para tub. DN 300 - 350 para toda profund. | m | 27.42 |
| 02.03.09 | Refine y nivel de zanja teri-normal para tub. DN 500 - 600 para toda profund. | m | 5.40 |
| 02.03.10 | Refine y nivel de zanja teri-normal para tub. DN 700 - 800 para toda profund. | m | 626.80 |
| 02.03.11 | Relleno comp.zanja (máq.) p.tub. t-normal DN 200 - 315 de 4.01 m a 5.00 m prof. | m | 23.96 |
| 02.03.12 | Relleno comp.zanja (máq.) p.tub. t-normal DN 200 - 315 de 5.01 m a 6.00 m prof. | m | 5.45 |
| 02.03.13 | Relleno comp.zanja (máq.) p.tub. t-normal DN 355 - 400 de 4.01 m a 5.00 m prof. | m | 27.42 |
| 02.03.14 | Relleno comp.zanja (máq.) p.tub. t-normal DN 500 - 630 de 5.01 m a 6.00 m prof. | m | 5.40 |
| 02.03.15 | Relleno comp.zanja (máq.) p.tub. t-normal DN 700 - 800 de 4.01 m a 5.00 m prof. | m | 342.50 |
| 02.03.16 | Relleno comp.zanja (máq.) p.tub. t-normal DN 700 - 800 de 5.01 m a 6.00 m prof. | m | 286.29 |
| 02.03.17 | Carguo, Zanardeo y retorno de para material de relleno | m3 | 5,193.87 |
| 02.03.18 | Elimin. desmonte(carg+rv) t-normal D=20-25cm p.tub. DN 200 - 315 para toda prof. | m | 29.42 |
| 02.03.19 | Elimin. desmonte(carg+rv) t-normal D=20-25cm p.tub. DN 355 - 400 para toda prof. | m | 27.42 |
| 02.03.20 | Elimin. desmonte(carg+rv) t-normal D=20-25cm p.tub. DN 500 - 630 para toda prof. | m | 5.40 |
| 02.03.21 | Elimin. desmonte(carg+rv) t-normal D=20-25cm p.tub. DN 700 - 800 para toda prof. | m | 626.80 |
| 02.03.22 | Riego de zona de trabajo para mitigar la contaminación - polvo (Incl. Costo de agua y transporte Surtidor a obra) | m | 691.04 |
| 02.03.23 | Entibado metálico tipo Riel de zanjas de 4.01 a 5.00 m de prof. | m | 393.89 |
| 02.03.24 | Entibado metálico tipo Riel de zanjas de 5.01 a 6.00 m de prof. | m | 297.15 |
| 02.03.25 | Instalación de Entibado metálico de zanjas hasta 5.00m/m de prof. (Incl. Instalación, mantenimiento y retiro) | m | 393.89 |
| 02.03.26 | Instalación de Entibado metálico de zanjas hasta 6.00m/m de prof. (Incl. Instalación, mantenimiento y retiro) | m | 297.15 |
| 02.03.27 | Riego zona trabajo sin acceso v. pmitir la contaminación-polvo por m3 de material a eliminar (incl. agua y transporte Surtidor) | m3 | 5,193.87 |
| 02.04 | SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS HDPE | | |
| 02.04.01 | Suministro de tubería HDPE ISO 8772, SDR 26, SN-4 de DN 200 mm (incl. desperd.) | m | 31.17 |
| 02.04.02 | Suministro de tubería HDPE ISO 8772, SDR 26, SN-4 de DN 350 mm (incl. desperd.) | m | 10.76 |
| 02.04.03 | Suministro de tubería HDPE ISO 8772, SDR 21, SN-8 de DN 400 mm (incl. desperd.) | m | 18.46 |
| 02.04.04 | Suministro de tubería HDPE ISO 8772, SDR 21, SN-8 de DN 630 mm (incl. desperd.) | m | 6.50 |
| 02.04.05 | Suministro de tubería HDPE ISO 8772, SDR 21, SN-8 de DN 800 mm (incl. desperd.) | m | 755.88 |
| 02.04.06 | Instalación tubería HDPE DN 200 mm, incluye pega por termofusión | m | 31.17 |
| 02.04.07 | Instalación tubería HDPE DN 350 mm, incluye pega por termofusión | m | 10.76 |
| 02.04.08 | Instalación tubería HDPE DN 400 mm, incluye pega por termofusión | m | 18.46 |
| 02.04.09 | Instalación tubería HDPE DN 630 mm, incluye pega por termofusión | m | 6.50 |
| 02.04.10 | Instalación tubería HDPE DN 800 mm, incluye pega por termofusión | m | 755.88 |
| 02.04.11 | Cinta watenitop hidrofílica para conexión de tub HDPE-PVC a cámara de concreto (incluye instalación) | m | 420.74 |
| 02.04.12 | Accesorios de electrofusión para anclaje (Elemento de Restricción) | und | 282.00 |

FIGURA 59. Plantilla De Metrados Colector Bayovar

CONSORCIO SAN JUAN
INTERVENCIÓN POR INGENIERÍA METEOROLÓGICA CONTRIBUCIÓN S.A.C. - I.P.C. INGENIEROS S.A.C. - NIXON FRANKLIN OCHOA
PLANILLA DE METRADOS

PROYECTO: REPARACION DEL COLECTOR PRIMARIO: EN EL(LA) COLECTOR CANTO GRANDE Y COLECTOR LA HAYRONA
UBICADO EN LAS ESTACIONES SANTA ROSA, BAYOVAR Y CAJA DE AGUA DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO,
PROVINCIA LIMA, DEPARTAMENTO LIMA.

| Item | Descripción | Und. | Metrado |
|-----------------|--|----------------|----------|
| 02.04.13 | Instalación de elementos de restricción axial | und | 282.00 |
| 02.05 | BUZONES | | |
| 02.05.01 | Buzon tipo "A" Ø Int. 1.80m, hasta 5.00m, f _c >280 kg/cm ² | und | 1.00 |
| 02.05.02 | Camara -1 Normal a máq. 4.01m a 5.00m profundidad (incl. prueba hidráulica) | und | 4.00 |
| 02.05.03 | Camara -1 Normal a máq. 5.01m a 6.00m profundidad (incl. prueba hidráulica) | und | 4.00 |
| 02.06 | VARIOS (PRUEBAS, CORTES, REPOSICION DE PAVIM., OTROS) | | |
| 02.06.01 | Corte+rotura, ED y reposic. de pavimento flexible - via principal | m ² | 1,044.50 |
| 02.06.02 | Desmontaje y retiro de tubería HDPE DN 800 - 800 mm incl eliminación de tuberías | m | 205.94 |
| 02.06.03 | Relleno de Tubería con Mortero Fluido - para sellado de tubería existente DN 200 mm. | m | 4.90 |
| 02.06.04 | Relleno de Tubería con Mortero Fluido - para sellado de tubería existente DN 630 mm. | m | 1,701.75 |
| 02.06.05 | Rotura, ED y reposición de sardinel de concreto armado f _c >210 kg/cm ² , de 15 x 45 cm | m | 204.64 |
| 02.06.06 | Sembrío de grasas y plantas de tallo corto (jardín) | m ² | 3.11 |
| 02.06.07 | Rotura y reposición de vereda de adoquinado | m ² | 182.80 |
| 02.06.08 | Retiro, eliminación e instalación de Muro de separación de vía | m | 209.82 |
| 02.06.09 | Prueba compactación de suelos (proctor modificado, control de compactación - densidad de campo) | und | 344.00 |
| 02.06.10 | Prueba hidráulica de tubería p/desague DN 200 | m | 30.72 |
| 02.06.11 | Prueba hidráulica de tubería p/desague DN 395 | m | 10.01 |
| 02.06.12 | Prueba hidráulica de tubería p/desague DN 400 | m | 18.31 |
| 02.06.13 | Prueba hidráulica de tubería p/desague DN 600 | m | 8.50 |
| 02.06.14 | Prueba hidráulica de tubería p/desague DN 800 | m | 755.88 |
| 02.06.15 | Reconexión domiciliar de desague convencional 1-normal | und | 1.00 |
| 02.07 | EMPALMES | | |
| 02.07.01 | Empalme BR-E13 AL BP6 | und | 1.00 |
| 02.07.02 | Empalme BR-E23 AL BP9 | und | 1.00 |
| 02.07.03 | Empalme BR-E08 AL BP20 | und | 1.00 |
| 02.07.04 | Empalme BR-E09 AL BP14 | und | 1.00 |
| 02.07.05 | Empalme BR-E76 AL BP21 | und | 1.00 |
| 02.07.06 | Empalme BZ-18 AL B-4 | und | 1.00 |
| 02.07.07 | Empalme BP-19 a BRE-1A | und | 1.00 |
| 02.07.08 | Empalme BR-E14 a BP1 | und | 1.00 |
| 02.07.09 | Inserción de buzón BZ-19 | und | 1.00 |
| 02.08 | COLECTOR BAYOVAR, TRAMO BP-19 a BRE-1A, INSTALACIÓN EMPLEANDO METODO CON ZANJA EN HORARIO NOCTURNO | | |
| 02.08.01 | OBRAS PRELIMINARES | | |
| 02.08.01.01 | Trazo y replanteo inicial del proyecto, para líneas-redes con estación total | km | 0.02 |
| 02.08.01.02 | Replanteo final de la obra, para líneas redes con estación total | km | 0.02 |
| 02.08.02 | MOVIMIENTOS DE TIERRAS | | |
| 02.08.02.01 | Excavac. zanja (máq.) p/ub. 1-norm. DN 700 - 800 de 5.01 m a 6.00 m prof. | m | 19.41 |
| 02.08.02.02 | Refine y nivel de zanja 1-norm. para tub. DN 700 - 800 para toda profund. | m | 19.41 |
| 02.08.02.03 | Relleno comp.zanja (máq.) p/ub. 1-normal DN 700 - 800 de 5.01 m a 6.00 m prof. | m | 19.41 |
| 02.08.02.04 | Carguio, Zanandeo y retorno de para material de relleno | m ³ | 126.75 |
| 02.08.02.05 | Elimin. desmonte(carg+u) 1-normal D=20-25cm p/ub. DN 700 - 800 para toda prof. | m | 19.41 |
| 02.08.02.06 | Riego de zona de trabajo para mitigar la contaminación - polvo (incl. Costo de agua y transporte Surtidor a obra) | m | 19.41 |
| 02.08.02.07 | Entibedo metálico tipo Riel de zanjas de 5.01 a 6.00 m de prof. | m | 19.41 |
| 02.08.02.08 | Instalación de Entibedo metálico de zanjas hasta 5.50m/m de prof. (incl. instalación, mantenimiento y retiro) | m | 19.41 |
| 02.08.03 | SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS HDPE 800 mm. | | |
| 02.08.03.01 | Suministro de tubería HDPE ISO 8772, SDR 21, SN-8 de DN 800 mm (incl. desperd.) | m | 20.51 |
| 02.08.03.02 | Instalación tubería HDPE DN 800 mm incluye prueba hidráulica | m | 20.51 |
| 02.08.03.03 | Cinta watenstop hidrofílica para conexión de tub HDPE-PVC a cámara de concreto (incluye instalación) | m | 5.03 |
| 02.08.03.04 | Accesorios de electrofusión para anclaje (Elemento de Restricción) | und | 12.00 |
| 02.08.03.05 | Instalación de elementos de restricción axial | und | 12.00 |
| 02.08.04 | VARIOS (PRUEBAS, CORTES, REPOSICION DE PAVIM., OTROS) | | |
| 02.08.04.01 | Corte+rotura, ED y reposic. de pavimento flexible - via principal | m ² | 35.25 |
| 02.08.04.02 | Sembrío de grasas y plantas de tallo corto (jardín) | m ² | 26.28 |
| 02.08.04.03 | Rotura, ED y reposición de sardinel de concreto armado f _c >210 kg/cm ² , de 15 x 45 cm | m | 7.70 |
| 02.08.04.04 | Desmontaje y retiro de tubería HDPE DN 800 - 800 mm incl eliminación de tuberías | m | 20.51 |
| 02.08.04.05 | Retiro, eliminación e instalación de Muro de separación de vía | m | 6.59 |
| 02.08.04.06 | Prueba compactación de suelos (proctor modificado, control de compactación - densidad de campo) | und | 12.00 |
| 02.08.04.07 | Prueba de calidad del concreto (prueba a la compresión) | und | 4.00 |

FIGURA 60. Planilla De Metrados Colector Bayovar

CONSORCIO SAN JUAN
INTEGRADO POR: INGENIERIA MEDIOAMBIENTE CONSTRUCCION S.A.C. - J.P.C. INGENIEROS S.A.C. - NIXON FRANKI INGENIERIA
PLANILLA DE METRADOS

PROYECTO: REPARACION DEL COLECTOR PRIMARIO: EN EL(LA) COLECTOR CANTO GRANDE Y COLECTOR LA HAYRONA
UBICADO EN LAS ESTACIONES SANTA ROSA, BAYOVAR Y CAJA DE AGUA DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO,
PROVINCIA LIMA, DEPARTAMENTO LIMA.

| Item | Descripción | Und. | Metrado |
|-----------------|---|------|----------|
| 02.08.04.08 | Prueba hidráulica de tubería p/desague DN 800 | m | 20.51 |
| 02.09 | COLECTOR BAYOVAR: INSTALACION DE TUBERIAS (METODO SIN ZANJA - CON TUNEL LINER) | | |
| 02.09.01 | TRABAJOS PRELIMINARES | | |
| 02.09.01.01 | Movilización y desmovilización de campamentos,maquinarias, herramientas para la obra | und | 1.00 |
| 02.09.01.02 | Cerco perimetrico | m | 684.00 |
| 02.09.01.03 | Señalización vial, según normativa para Pozos de Liner | und | 9.00 |
| 02.09.02 | EXCAVACION, INSTALACION Y ACONDICIONAMIENTO DE CAMARAS DE ATAQUE | | |
| 02.09.02.01 | Construcción de camaras de ataque (incluye, excavacion, eliminacion, relleno, entibado, sis. izaje, ventilacion, sis. electrico, base de concreto, etc) | und | 9.00 |
| 02.09.03 | TUNEL LINER D=1.30 M | | |
| 02.09.03.01 | Trazos y replanteos Inicial, control de niveles para tunel Liner | m | 1,113.56 |
| 02.09.03.02 | Suministro de Liner D=1.30m e=2.5mm | m | 1,113.56 |
| 02.09.03.03 | Construcción de tunel liner circular D=1.30m, e=2.50mm incl. mortero | m | 1,113.56 |
| 02.09.03.04 | Acarreo de material excedente | m3 | 1,637.23 |
| 02.09.03.05 | Eliminación de desmonte en terreno normal R=20 km con maquinaria | m3 | 1,637.23 |
| 02.09.03.06 | Riego zona trabajo sin acceso v. p/mitigar la contaminación-polvo por m3 de material a eliminar (incl. agua y transport) | m3 | 1,637.23 |
| 02.09.03.07 | Suministro e instalación de sistema de iluminación | m | 1,113.56 |
| 02.09.03.08 | Suministro e instalación de sistema de ventilación y extracción (incluye diseño) | m | 1,113.56 |
| 02.09.04 | SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DN 800 EN LINER | | |
| 02.09.04.01 | Suministro de tubería HDPE ISO 8772, SDR 26, SN-4 de DN 800 mm (incl. desperd.) | m | 1,110.56 |
| 02.09.04.02 | Puesta a pie de zanja tubería de polietileno DN 800. | m | 1,110.56 |
| 02.09.04.03 | Instalación de tubería al interior del tunnel liner | m | 1,110.56 |
| 02.09.04.04 | Suministro e instalación de mortero fluido fc=10 kg/cm2 para fijación de tubería en el interior del tunnel | m3 | 697.79 |
| 02.09.04.05 | Prueba hidráulica de tubería p/desague DN 800 | m | 1,110.56 |
| 02.09.05 | BUZONES EN INSTALACION DEL TUNEL LINER | | |
| 02.09.05.01 | Camara - t. Normal a máq. 5.01m a 6.00m profundidad (incl. prueba hidráulica) | und | 12.00 |

FIGURA 61. Planilla De Metrados Colector Bayovar

CONSORCIO SAN JUAN
INTEGRADO POR: INGENIERIA MEDIOAMBIENTE CONSTRUCCION S.A.C. - J.P.C. INGENIEROS S.A.C - NIXON FRANKLIN
COOICIO ASAYAC

PLANILLA DE METRADOS

**PROYECTO: REPARACION DEL COLECTOR PRIMARIO: EN EL(LA) COLECTOR CANTO GRANDE Y
COLECTOR LA HAYRONA UBICADO EN LAS ESTACIONES SANTA ROSA, BAYOVAR Y CAJA DE AGUA**

| Item | Descripción | Und. | Metrado |
|----------|---|------|----------|
| 03 | COLECTOR CAJA DE AGUA | | |
| 03.01 | PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL | | |
| 03.01.01 | Plan de Seguridad y Salud Ocupacional (Incl. Equipos de protección personal - colectivo, señalizaciones, exámenes médicos, riesgo en obra) - Líneas de Alicantzillado | gib | 1.00 |
| 03.02 | OBRAS PRELIMINARES Y PROVISIONALES | | |
| 03.02.01 | Trazo y replanteo inicial del proyecto, para líneas-redes con estación total | km | 1.02 |
| 03.02.02 | Replanteo final de la obra, para líneas redes con estación total | km | 1.02 |
| 03.02.03 | Plan de desvío de agua servidas en Caja de Agua | gib | 1.00 |
| 03.02.04 | Protección de cable de telefonía | und | 2.00 |
| 03.02.05 | Protección de cable eléctrico | und | 4.00 |
| 03.02.06 | Ubicación y protección de tuberías de óas | und | 1.00 |
| 03.03 | MOVIMIENTO DE TIERRAS | | |
| 03.03.01 | Excavac. zanja (máq.) pitub. tem-normal DN 700 - 800 de 2,01 m a 2,50 m prof. | m | 60.77 |
| 03.03.02 | Excavac. zanja (máq.) pitub. tem-normal DN 700 - 800 de 2,51 m a 3,00 m prof. | m | 203.84 |
| 03.03.03 | Excavac. zanja (máq.) pitub. tem-normal DN 900 - 1000 de 3,01 m a 3,50 m prof. | m | 482.65 |
| 03.03.04 | Excavac. zanja (máq.) pitub. tem-normal DN 1300 - 1400 de 2,51 m a 3,00 m prof. | m | 44.51 |
| 03.03.05 | Excavac. zanja (máq.) pitub. tem-normal DN 1300 - 1400 de 3,01 m a 3,50 m prof. | m | 57.40 |
| 03.03.06 | Excavac. zanja (máq.) pitub. tem-normal DN 1300 - 1400 de 3,51 m a 4,00 m prof. | m | 123.37 |
| 03.03.07 | Refine y nivel de zanja tem-normal para tub. DN 700 - 800 para toda profund. | m | 264.61 |
| 03.03.08 | Refine y nivel de zanja tem-normal para tub. DN 900 - 1000 para toda profund. | m | 482.65 |
| 03.03.09 | Refine y nivel de zanja tem-normal para tub. DN 1300 - 1400 para toda profund. | m | 225.28 |
| 03.03.10 | Relieno comp.zanja (máq) pitub. t-normal DN 700 - 800 de 2,01 m a 2,50 m prof. | m | 60.77 |
| 03.03.11 | Relieno comp.zanja (máq) pitub. t-normal DN 700 - 800 de 2,51 m a 3,00 m prof. | m | 203.84 |
| 03.03.12 | Relieno comp.zanja (máq) pitub. t-normal DN 900 - 1000 de 3,01 m a 3,50 m prof. | m | 482.65 |
| 03.03.13 | Relieno comp.zanja (máq) pitub. t-normal DN 1300 - 1400 de 2,51 m a 3,00 m prof. | m | 44.51 |
| 03.03.14 | Relieno comp.zanja (máq) pitub. t-normal DN 1300 - 1400 de 3,01 m a 3,50 m prof. | m | 57.40 |
| 03.03.15 | Relieno comp.zanja (máq) pitub. t-normal DN 1300 - 1400 de 3,51 m a 4,00 m prof. | m | 123.37 |
| 03.03.16 | Cargulo, Zanando y retorno de para material de relleno | m3 | 2,844.16 |
| 03.03.17 | Elimin. desmonte(carg+v) t-normal D=20-25km pitub. DN 700 - 800 para toda prof. | m | 264.61 |
| 03.03.18 | Elimin. desmonte(carg+v) t-normal D=20-25km pitub. DN 900 - 1000 para toda prof. | m | 482.65 |
| 03.03.19 | Elimin. desmonte(carg+v) t-normal D=20-25km pitub. DN 1300 - 1400 para toda prof. | m | 225.28 |
| 03.03.20 | Riego de zona de trabajo para mitigar la contaminación - polvo (Incl. Costo de agua y transporte (Surtdor a obra) | m | 972.54 |
| 03.03.21 | Entibado metálico ambas caras, tipo cajón (Box), de zanjas de 2.01 a 2.50 m de prof. (Incl. Instalación, mantenimiento y retiro) | m | 60.77 |
| 03.03.22 | Entibado metálico ambas caras, tipo cajón (Box), de zanjas de 2.51 a 3.00 m de prof. (Incl. Instalación, mantenimiento y retiro) | m | 248.35 |
| 03.03.23 | Entibado metálico ambas caras, tipo cajón (Box), de zanjas de 3.01 a 3.50 m de prof. (Incl. Instalación, mantenimiento y retiro) | m | 540.06 |
| 03.03.24 | Entibado metálico ambas caras, tipo cajón (Box), de zanjas de 3.51 a 4.00 m de prof. (Incl. Instalación, mantenimiento y retiro) | m | 123.37 |
| 03.03.25 | Instalacion de Entibado metálico de zanjas de 2.01 a 2.50 mt m de prof. (Incl. Instalación, mantenimiento y retiro) | m | 60.77 |
| 03.03.26 | Instalacion de Entibado metálico de zanjas de 2.51 a 3.00mt m de prof. (Incl. Instalación, mantenimiento y retiro) | m | 248.35 |
| 03.03.27 | Instalacion de Entibado metálico de zanjas de 3.01 a 3.50 mt m de prof. (Incl. Instalación, mantenimiento y retiro) | m | 540.06 |
| 03.03.28 | Instalacion de Entibado metálico de zanjas de 3.51 a 4.00 mt m de prof. (Incl. Instalación, mantenimiento y retiro) | m | 123.37 |
| 03.03.29 | Riego zona trabajo sin acceso v. pimitigar la contaminación-polvo por m3 de material a eliminar (Incl. agua y transport | m3 | 2,844.16 |

FIGURA 62. Planilla De Metrados Colector Caja De Agua

CONSORCIO SAN JUAN
INTEGRADO POR: INGENIERIA MEDIOAMBIENTE CONSTRUCCIONES S.A.C. - I.P.C. INGENIEROS S.A.C - NIXON FRANKLIN
ODICIO ASAYAC

PLANILLA DE METRADOS

**PROYECTO: REPARACION DEL COLECTOR PRIMARIO: EN EL(LA) COLECTOR CANTO GRANDE Y
COLECTOR LA HAYRONA UBICADO EN LAS ESTACIONES SANTA ROSA, BAYOVAR Y CAJA DE AGUA**

| Item | Descripción | Und. | Metrado |
|-----------------|---|----------------|----------|
| 03.04 | SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS HDPE | | |
| 03.04.01 | Suministro de tubería HDPE ISO 8772, SDR 21, SN-8 de DN 800 mm (Incl. desperd.) | m | 267.81 |
| 03.04.02 | Suministro de tubería HDPE ISO 8772, SDR 21, SN-8 de DN 1000 mm (Incl. desperd.) | m | 488.25 |
| 03.04.03 | Suministro de tubería HDPE ISO 8772, SDR 21, SN-8 de DN 1400 mm (Incl. desperd.) | m | 230.08 |
| 03.04.04 | Instalación tubería HDPE DN 800 mm, incluye pega por termofusion | m | 267.81 |
| 03.04.05 | Instalación tubería HDPE DN 1000 mm, incluye pega por termofusion | m | 488.25 |
| 03.04.06 | Instalación tubería HDPE DN 1400 mm (No incluye inst. de uniones-acoples de electrofusión) | m | 230.08 |
| 03.04.07 | Acople-union de electrofusión ISO HDPE PE-100 en Tubería DN 1400mm, incluye pega por electrofusión a tubería | und | 23.00 |
| 03.04.08 | Acople-union de electrofusión ISO HDPE PE-100 en Tubería DN 1000mm, incluye pega por electrofusión a tubería | und | 7.00 |
| 03.04.09 | Acople-union de electrofusión ISO HDPE PE-100 en Tubería DN 800mm, incluye pega por electrofusión a tubería | und | 4.00 |
| 03.04.10 | Cinta waterstop hidrofílica para conexión de tub HDPE-PVC a cámara de concreto (Incluye instalación) | m | 423.61 |
| 03.04.11 | Accesorios de electrofusión para anclaje (Elemento de Restricción) | und | 512.00 |
| 03.04.12 | Instalación de elementos de restricción axial | und | 512.00 |
| 03.05 | VARIOS (PRUEBAS, CORTES, REPOSICION DE PAVIM, OTROS) | | |
| 03.05.01 | Corte+rotura, ED y reposic. de pavimento flexible - vía principal | m ² | 2,800.18 |
| 03.05.02 | Desmontaje y retiro de tubería HDPE DN 600 - 800 mm Incl eliminación y disposición final de tuberías a centro autorizado de 20 - 25km | m | 267.81 |
| 03.05.03 | Desmontaje y retiro de tubería HDPE DN 900 - 1000 mm Incl eliminación y disposición final de tuberías a centro autorizado de 20 - 25km | m | 488.25 |
| 03.05.04 | Desmontaje y retiro de tubería HDPE DN 1300 - 1400 mm Incl eliminación y disposición final de tuberías a centro autorizado de 20 - 25km | m | 230.08 |
| 03.05.05 | Relleno de Tubería con Mortero Fluido - para sellado de tubería existente DN 1400 mm. | m | 29.40 |
| 03.05.06 | Sembrío de grass y plantas de tallo corto (jardin) | m ² | 85.97 |
| 03.05.07 | Rotura, ED y reposición de sardinel de concreto armado f'c 210 kg/cm ² , de 15 x 45 cm | m | 330.13 |
| 03.05.08 | Retiro, eliminación e instalación de Muro de separación de vía | m | 180.36 |
| 03.05.09 | Retiro, eliminación e instalación de Placa de concreto | m | 84.81 |
| 03.05.10 | Prueba compactación de suelos (proctor modificado, control de compactación - densidad de campo) | und | 136.00 |
| 03.05.11 | Prueba hidráulica de tubería pidesague DN 800 | m | 267.81 |
| 03.05.12 | Prueba hidráulica de tubería pidesague DN 1000 | m | 488.25 |
| 03.05.13 | Prueba hidráulica de tubería pidesague DN 1400 | m | 230.08 |
| 03.05.14 | Rehabilitación fondo de buzones | und | 19.00 |
| 03.06 | EMPALME | | |
| 03.06.01 | Empalme - B3-5 AL B3-4 | und | 1.00 |
| 03.06.02 | Empalme B3-2 AL B3-1A | und | 1.00 |
| 03.07 | TRABAJO NOCTURNO - TRAMO B3-6A a B3-4 | | |
| 03.07.01 | OBRAS PRELIMINARES | | |
| 03.07.01.01 | Trazo y replanteo inicial del proyecto, para líneas-redes con estación total | km | 0.03 |
| 03.07.01.02 | Replanteo final de la obra, para líneas redes con estación total | km | 0.03 |
| 03.07.02 | MOVIMIENTOS DE TIERRAS | | |
| 03.07.02.01 | Excavac. zanja (máq.) p/tub. 1-n-normal DN 900 - 1000 de 2.51 m a 3.00 m prof. | m | 23.21 |
| 03.07.02.02 | Refine y nivel de zanja 1-n-normal para tub. DN 900 - 1000 para toda profund. | m | 23.21 |
| 03.07.02.03 | Relleno comp.zanja (máq.) p/tub. 1-n-normal DN 900 - 1000 de 2.51 m a 3.00 m prof. | m | 23.21 |
| 03.07.02.04 | Cargulo, Zanaddeo y retorno de para material de relleno | m ³ | 44.43 |
| 03.07.02.05 | Elimin. desmonte(carg+v) 1-n-normal D=20-25km p/tub. DN 900 - 1000 para toda prof. | m | 23.21 |
| 03.07.02.06 | Entibado metálico ambas caras, tipo cajón (Box), de zanjas de 2.51 a 3.00 m de prof. (Incl. instalación, mantenimiento y retiro) | m | 23.21 |
| 03.07.02.07 | Instalación de Entibado metálico de zanjas de 2.51 a 3.00m de prof. (Incl. instalación, mantenimiento y retiro) | m | 23.21 |
| 03.07.03 | SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS HDPE | | |

FIGURA 63. Planilla De Metrados Colector Caja De Agua

| CONSORCIO SAN JUAN INTEGRADO POR: INGENIERIA MEDIOAMBIENTE CONSTRUCCIONES S.A.C. - J.P.C. INGENIEROS S.A.C - NIXON FRANKLIN ODICIO ASAYAC | | | |
|---|--|----------------|---------|
| PLANILLA DE METRADOS | | | |
| PROYECTO: REPARACION DEL COLECTOR PRIMARIO: EN EL(LA) COLECTOR CANTO GRANDE Y COLECTOR LA HAYRONA UBICADO EN LAS ESTACIONES SANTA ROSA, BAYOVAR Y CAJA DE AGUA | | | |
| Item | Descripción | Und. | Metrado |
| 03.07.03.01 | Suministro de tubería HDPE ISO 8772, SDR 21, 6N-8 de DN 1000 mm (Incl. desperd.) | m | 24.01 |
| 03.07.03.02 | Instalación tubería HDPE DN 1000 mm, incluye pega por termofusion | m | 24.01 |
| 03.07.03.03 | Cinta waterstop hidrofílica para conexión de tub HDPE-PVC a cámara de concreto (Incluye instalación) | m | 6.28 |
| 03.07.03.04 | Accesorios de electrofusión para anclaje (Elemento de Restricción) | und | 16.00 |
| 03.07.03.05 | Instalación de elementos de restricción axial | und | 16.00 |
| 03.07.04 | VARIOS (PRUEBAS, CORTES, REPOSICIÓN DE PAVIM., OTROS) | | |
| 03.07.04.01 | Corte+rotura, ED y reposic. de pavimento flexible - vía principal | m ² | 54.70 |
| 03.07.04.02 | Sembrío de grass y plantas de tallo corto (jardín) | m ² | 37.89 |
| 03.07.04.03 | Rotura, ED y reposición de sardinel de concreto armado f'c 210 kg/cm ² , de 15 x 45 cm | m | 14.06 |
| 03.07.04.04 | Prueba compactación de suelos (proctor modificado, control de compactación - densidad de campo) | und | 3.00 |
| 03.08 | TRABAJO NOCTURNO - TRAMO B3-2A a B3-1A | | |
| 03.08.01 | OBRA'S PRELIMINARE'S | | |
| 03.08.01.01 | Trazo y replanteo inicial del proyecto, para líneas-redes con estación total | km | 0.03 |
| 03.08.01.02 | Replanteo final de la obra, para líneas redes con estación total | km | 0.03 |
| 03.08.02 | MOVIMIENTOS DE TIERRAS | | |
| 03.08.02.01 | Excavac. zanja (máq.) p/tub. t-normal DN 1300 - 1400 de 2.01 m a 2.50 m prof. | m | 30.55 |
| 03.08.02.02 | Refine y nivel de zanja t-normal para tub. DN 1300 - 1400 para toda profund. | m | 30.55 |
| 03.08.02.03 | Relleno comp.zanja (máq) p/tub. t-normal DN 1300 - 1400 de 2.01 m a 2.50 m prof. | m | 30.55 |
| 03.08.02.04 | Cargulo, Zanqueo y retorno de para material de relleno | m ³ | 19.04 |
| 03.08.02.05 | Elimin. desmonte(carg+y) t-normal D=20-25km p/tub. DN 1300 - 1400 para toda prof. | m | 30.55 |
| 03.08.02.06 | Entibado metálico ambas caras, tipo cajón (Box), de zanjas de 2.01 a 2.50 m de prof. (Incl. instalación, mantenimiento y retiro) | m | 30.55 |
| 03.08.02.07 | Instalación de Entibado metálico de zanjas de 2.01 a 2.50 mt m de prof. (Incl. instalación, mantenimiento y retiro) | m | 30.55 |
| 03.08.03 | SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS HDPE | | |
| 03.08.03.01 | Suministro de tubería HDPE ISO 8772, SDR 21, 6N-8 de DN 1400 mm (Incl. desperd.) | m | 32.15 |
| 03.08.03.02 | Instalación tubería HDPE DN 1400 mm | m | 32.15 |
| 03.08.03.03 | Cinta waterstop hidrofílica para conexión de tub HDPE-PVC a cámara de concreto (Incluye instalación) | m | 17.59 |
| 03.08.03.04 | Accesorios de electrofusión para anclaje (Elemento de Restricción) | und | 60.00 |
| 03.08.03.05 | Instalación de elementos de restricción axial | und | 60.00 |
| 03.08.04 | VARIOS (PRUEBAS, CORTES, REPOSICIÓN DE PAVIM., OTROS) | | |
| 03.08.04.01 | Corte+rotura, ED y reposic. de pavimento flexible - vía principal | m ² | 54.70 |
| 03.08.04.02 | Sembrío de grass y plantas de tallo corto (jardín) | m ² | 37.89 |
| 03.08.04.03 | Rotura, ED y reposición de sardinel de concreto armado f'c 210 kg/cm ² , de 15 x 45 cm | m | 11.49 |
| 03.08.04.04 | Prueba compactación de suelos (proctor modificado, control de compactación - densidad de campo) | und | 2.00 |
| 03.09 | CAMARAS | | |
| 03.09.01 | Cámara - t. Normal a máq. 2.01m a 2.50m profundidad (Incl. prueba hidráulica) | und | 1.00 |
| 03.09.02 | Marco y tapa de ho. ductil con seguridad de diámetro 0.50 m (Instalación) | und | 19.00 |

FIGURA 64. Planilla De Metrados Colector Caja De Agua

MEMORIA DE CÁLCULO

En esta parte de la experiencia apoyé puntualmente en el diseño del tunnel liner ya que me encargaron recabar los datos necesarios para la elaboración de la memoria de cálculo, para tal fin debí revisar los Estudios de Mecánica de suelos y extraer los parámetros que previamente me había indicado el especialista estructural, parámetros necesarios para proceder con su cálculo, el mismo que en todo momento se basó en las normas ASSHTO.

De los diseños hidráulicos iniciales se obtuvo la profundidad de instalación y la altura del relleno sobre la clave de la tubería (H), también se estimó a partir del diámetro máximo del colector de HPDE previamente calculado el diámetro ideal para la estructura liner (D). Del estudio de suelos se obtuvo el peso específico del suelo (γ_s), sobrecarga alrededor de la perforación (w) y ángulo de fricción interna del suelo (Φ_s).

Estos datos que sirvieron para resolver las ecuaciones en el cálculo del análisis de cargas fueron los siguientes:

$$H = 7.2\text{m}$$

$$D = 8.5\text{m}$$

$$\gamma_s = 1800 \text{ kg/m}^3$$

$$w = 500 \text{ kg/m}^2$$

$$\Phi_s = 33^\circ$$

Otros datos de importancia fueron la presión natural (K) y el empuje activo del terreno (K_a), los cuales se determinaron durante el proceso de excavación usándose el valor del ángulo de fricción indicado líneas arriba, que para el caso de la presión del suelo sin alteración como el nuestro, se plantean dos posibles valores, aplicando la fórmula establecida por la norma AASHTO para estos parámetros, como se muestra en la Figura 65, teniendo como factor condicionante el ángulo de fricción; tal es así que K será igual a 0.22 si el ϕ_s es menor o igual a 15° caso contrario su valor será de 0.44.; por otro lado, el K_a arrojó un valor de 0.29,

$$k := \begin{cases} 0.22 & \text{if } \phi_s \geq 15^\circ \\ 0.44 & \text{if } \phi_s < 15^\circ \end{cases} = 0.22$$

$$k_a := \tan\left(45^\circ - \frac{\phi_s}{2}\right)^2 = 0.29$$

FIGURA 65. Ecuación Que Determina Los Esfuerzos Laterales Del Terreno.

Estos datos sirvieron para que el especialista iniciara el desarrollo del cálculo, partiendo por el cálculo del análisis de cargas, empezando por las presiones laterales en el terreno debido a la sobrecarga y el peso propio del mismo; este resultado también tiene dos posibles valores y dependen de la profundidad de excavación (z) siendo así que cuando z es igual a 0 ó z es mayor que 0; y de acuerdo a este valor se le atribuye dos ecuaciones distintas en donde se involucran los parámetros K_a , w y γ_s . Como se muestra en la

Figura 66, observamos que la presión lateral tuvo un valor de 150kg/m² a una profundidad de 0 y de 3970kg/m² a una altura de 7.2m por debajo del terreno natural.

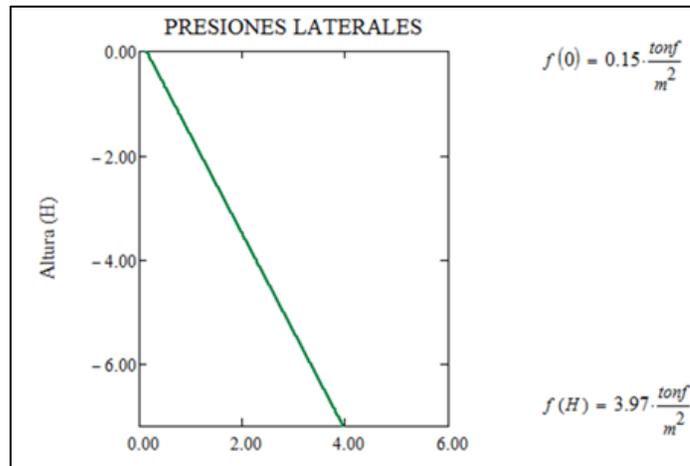


FIGURA 66. Grafica De Esfuerzos De Presión Lateral. (Kg/m²)

También se procedió con el cálculo de la rigidez mínima por instalación para determinar el espesor del perfil liner, el cual, a su vez, está en función de la rigidez (C_{Smin}) que debe proveer el sistema y al momento de inercia (I). Para nuestro caso la rigidez tuvo un valor de 938.18kg/m; y la inercia para el perfil el valor fue de 332.23cm⁴/m; posterior a ello se seleccionó el tipo de perfil del Liner el cual como requisito debía tener que su un momento de inercia sea mayor al valor anterior, esto solo se cumplió con el espesor de 6.00mm, procediéndose a verificar sus propiedades y los valores de las mismas según la norma AASHTO (Tabla 12.13.3.3.1 - 1 y 2) indicada en la Figuras 67 y 68.

Para la rigidez del sistema liner, en este caso en particular no cumplió con el valor mínimo, por lo tanto este sistema no soportará presiones irregulares, ya que son diametralmente uniformes se consideró un reforzamiento especial a modo de prevención en caso se presenten aberturas. De los parámetros indicados en la normas AASHTO se obtienen el área (A_m), la inercia (I_m) y la resistencia ultima del perfil seleccionado (F_{Um}).

$$A_m = 79.25\text{cm}^2/\text{m}$$

$$I_m = 193.37\text{cm}^4/\text{m}$$

$$F_{Um} = 120.54\text{Tn}/\text{m}$$

| Placas para revestimiento de túneles con 2 alas | | | | |
|---|-------------------------------------|--|--|--------------------|
| Espesor (mm) | Área efectiva (mm ² /mm) | Momento de inercia (mm ⁴ /mm) | Radio de giro (mm) | |
| 1,91 | 2,44 | 557 | 15,12 | |
| 2,67 | 3,43 | 808 | 15,29 | |
| 3,43 | 4,42 | 1048 | 15,39 | |
| 4,17 | 5,42 | 1296 | 15,47 | |
| 4,55 | 5,92 | 1428 | 15,52 | |
| 5,31 | 6,91 | 1692 | 15,63 | |
| 6,08 | 7,92 | 1932 | 15,63 | |
| Placas para revestimiento de túneles con 4 alas | | | | |
| Espesor (mm) | Área (mm ² /mm) | Área efectiva (mm ² /mm) | Momento de inercia (mm ⁴ /mm) | Radio de giro (mm) |
| 2,67 | 3,38 | 1,70 | 689 | 14,3 |
| 3,04 | 3,86 | 1,93 | 803 | 14,4 |
| 3,43 | 4,32 | 2,16 | 901 | 14,4 |
| 4,17 | 5,31 | 2,67 | 1150 | 14,7 |
| 4,55 | 5,77 | 2,90 | 1230 | 14,1 |
| 5,31 | 6,71 | 3,35 | 1430 | 14,6 |
| 6,07 | 7,62 | 3,81 | 1970 | 16,1 |
| 6,35 | 7,85 | 3,94 | 1660 | 14,5 |
| 7,94 | 9,80 | 4,90 | 2020 | 14,3 |
| 9,53 | 11,68 | 5,84 | 2340 | 14,2 |

FIGURA 67. Tabla 12.13.3.3.1-1. Propiedades De La Sección Transversal. Placas De Acero Para Revestimientos De Túneles

| Espesor de las placas (mm) | Placas con 2 alas | | | Placas con 4 alas | | |
|----------------------------|--|---------------|---|--|---------------|---|
| | Bulones en las costuras longitudinales | | Resistencia última de la costura (N/mm) | Bulones en las costuras longitudinales | | Resistencia última de la costura (N/mm) |
| | Diámetro (mm) | Material ASTM | | Diámetro (mm) | Material ASTM | |
| 1,91 | 16 | A 307 | 292 | – | – | – |
| 2,67 | 16 | A 307 | 438 | 13 | A 307 | 380 |
| 3,43 | 16 | A 307 | 686 | 13 | A 307 | 628 |
| 4,17 | 16 | A 307 | 803 | 13 | A 307 | 730 |
| 4,55 | 16 | A 307 | 905 | 16 | A 307 | 788 |
| 5,31 | 16 | A 449 | 1270 | 16 | A 307 | 978 |
| 6,07 | 16 | A 449 | 1343 | 16 | A 307 | 1183 |
| 7,95 | 16 | – | – | 16 | A 307 | 1679 |
| 9,53 | 16 | – | – | 16 | A 307 | 1737 |

FIGURA 68. Tabla 12.13.3.3.1-2. Mínima Resistencia De Las Costuras Longitudinales Para Revestimientos De Túneles De Placas De Acero Con Bulones Y Tuercas.

Posteriormente se calculó la carga final del diseño, en las que se tiene en cuenta las máximas presiones en perforaciones verticales en las paredes del liner, cuyas ecuaciones relacionaban la presión por peso propio del suelo (P_p), la presión por sobrecarga (P_l) y la presión última (P_u). Para el caso de P_p , se trabajó con el empuje activo del terreno, la altura del relleno de la tubería y el peso específico del suelo, el valor arrojado fue de $3.82Tn/m^2$. La P_l se calculó teniendo en cuenta también el empuje pasivo y la sobrecarga obteniéndose un valor de $0.15Tn/m^2$ y la P_u se calculó mediante la sumatoria de P_p y P_u multiplicado por un factor de 1.60 y el resultado fue de $6.35Tn/m^2$.

También dentro del cálculo de carga final se halló la resistencia de los nudos, la cual considera la carga máxima por las presiones laterales y que corresponde a la máxima compresión en cada lado de la sección del liner; en donde el valor debe ser mayor a 3 para ser aceptable.

$$T_L = P_u (D/2) = 26.99 \text{ Tn/m}$$

$$F_{S_{\min_real}} = F_{U_m} / T_L = 4.47$$

Finalmente se calculó la resistencia al pandeo crítico (DC_{pandeo}) por presión de las presiones laterales de las paredes del liner, en donde se trabajó con el factor de resistencia (Φ) y el diámetro de la excavación (D). La resistencia requerida (f_{cr}) depende básicamente del valor del diámetro de la sección excavada, es decir:

$$f_{cr} = F_U - \frac{\left(\frac{F_U \times k \times D}{r_m}\right)}{48 \times E_S} \text{ if } D < \left(\frac{r_m}{k}\right) \times \sqrt{\frac{24 \times E_S}{F_U}}$$

$$f_{cr} = \frac{12 \times E_S}{\left(\frac{k \times D}{r_m}\right)^2} \text{ if } D > \left(\frac{r_m}{k}\right) \times \sqrt{\frac{24 \times E_S}{F_U}}$$

Dando como resultado un valor de 24.28 Tn, el cual, multiplicado por la fluencia del acero 4200Kg/cm², el área del perfil y el factor de resistencia obtenemos como valor 135.3 tn/m para la resistencia debido al pandeo, por lo que divido entre el periodo no da al final un pandeo crítico de 5.01, cuyo valor por norma debe ser mayor a 2.00.

$$R_N = \Phi \cdot \min(f_{cr}, f_y) \cdot A_m = 90915.58 \frac{\text{lb} \cdot \text{ft}}{\text{ft}}$$

FIGURA 69. Ecuacion Que Determina La Resistencia Al Pandeo Critico.

CAPITULO IV. RESULTADOS

Luego de aplicar lo que aprendí durante mi formación universitaria y los conocimientos que adquirí, de manera personal, a través de mi experiencia laboral en mi paso por la empresa MAMUT EQUIPMENT y en la obra que dio lugar a este trabajo, se obtuvieron los siguientes resultados.

Del informe de “evaluación y diagnóstico del sistema existente”, se elaboraron las siguientes tablas de resultados:

TABLA 2.

Resumen De Caudales De Máxima Conducción – Tramos De Estación
Bayóvar – Santa Rosa

| Tramo Existente | Caudal máximo Y/D=0.75 (L/s) | Caudal de máxima conducción (L/s) | Tramo Proyectado Correspondiente |
|--------------------|------------------------------------|---|--|
| B-E14 al B-15 | 571.40 | 626.63 | BR-E14 al BP8 |
| B-15 al B-3 | 735.00 | 987.17 | BP8 al BR-3 |
| B-3 al BE-1 | 735.00 | 1837.30 | BR-3 al BRE-1A |

TABLA 3.

Resumen De Caudales De Máxima Conducción – Tramos

De Estación Caja De Agua

| Tramo | Caudal máximo Y/D=0.75 (L/s) | Caudal de máxima conducción (L/s) | Tramo Proyectado Correspondiente |
|----------------|------------------------------------|---|--|
| B1-20 al B2-15 | 489.90 | 537.28 | BR1-20 al BR2-15 |
| B2-15 al B3-1 | 1362.10 | 1493.68 | BR2-15 al BR3-1A |

Las tablas anteriores, son los caudales de demanda actual, estos, previa mayoración (incremento para cubrir la demanda futura), se utilizaron en el diseño del nuevo colector como se muestra en la tabla 2 y tabla 3. La corrida hidráulica en el programa Sewer Cad arrojó los siguientes resultados:

Los colectores principales se diseñaron para los diámetros nominales comprendidos entre 630 mm y 800 mm, el material considerado fue el HDPE con un manning de 0.010 con caudales de diseño que van entre los 571.40 l/s y los 735 l/s, las velocidades según las restricciones impuestas en el modelo inicialmente se han mantenido en el rango de 0.60 m/s y 5.0 m/s, mientras las tensiones tractivas han superado holgadamente el valor mínimo de 1 pascal que se restringió en el modelo hidráulico.

En el cuadro que muestra la Figura 70, se indican las características de los tramos, en la primera columna la denominación del tramo (T1, T2), luego el punto de inicio identificado por el símbolo BP o BR de buzón

proyectado o buzón rehabilitado respectivamente, seguido de la elevación de la tubería al inicio del tramo (invert start) y el punto final del tramo que también es un buzón con su respectiva cota de llegada de la tubería (invert stop), también se muestra la longitud de los tramos, el diámetro, el coeficiente de Manning, el caudal de cada tramo, la pendiente, la velocidad, el porcentaje de trabajo de la tubería respecto de su máxima capacidad y la tensión tractiva.

Scenario: Base
Current Time Step: 0.000 h
FlexTable: Conduit Table

| Label | Start Node | Invert (Start) (m) | Stop Node | Invert (Stop) (m) | Length (Scaled) (m) | Diameter (mm) | Manning's n | Flow (L/s) | Slope (Calculated) (m/m) | Velocity (m/s) | Flow / Capacity (Design) (%) | Depth/Rise (%) | Tractive Stress (Calculated) (Pascals) |
|-------|------------|--------------------|-----------|-------------------|---------------------|---------------|-------------|------------|--------------------------|----------------|------------------------------|----------------|--|
| T-1 | BR-E14 | 312.06 | BP1 | 311.89 | 8.0 | 570.0 | 0.010 | 571.40 | 0.022 | 4.14 | 55.5 | 76.3 | 31.776 |
| T-2 | BP1 | 311.72 | BP2 | 311.45 | 29.6 | 723.8 | 0.010 | 571.40 | 0.009 | 2.96 | 45.9 | 57.5 | 15.339 |
| T-3 | BP2 | 311.45 | BP3 | 310.38 | 120.0 | 723.8 | 0.010 | 571.40 | 0.009 | 2.96 | 45.9 | 56.4 | 15.339 |
| T-4 | BP3 | 310.38 | BP4 | 309.80 | 65.0 | 723.8 | 0.010 | 571.40 | 0.009 | 2.96 | 45.9 | 56.5 | 15.339 |
| T-5 | BP4 | 309.80 | BP5 | 307.85 | 52.0 | 723.8 | 0.010 | 571.40 | 0.038 | 5.00 | 22.4 | 49.0 | 48.144 |
| T-6 | BP5 | 307.73 | BP6 | 303.23 | 120.0 | 723.8 | 0.010 | 571.40 | 0.037 | 5.00 | 22.4 | 48.7 | 48.144 |
| T-7 | BP6 | 303.14 | BP7 | 298.64 | 120.0 | 723.8 | 0.010 | 571.40 | 0.037 | 5.00 | 22.4 | 48.7 | 48.144 |
| T-8 | BP7 | 298.20 | BP8 | 297.42 | 24.9 | 738.8 | 0.010 | 571.40 | 0.031 | 4.66 | 23.3 | 50.0 | 41.320 |
| T-9 | BP8 | 297.24 | BP9 | 296.55 | 22.3 | 738.8 | 0.010 | 735.00 | 0.031 | 4.99 | 30.0 | 57.7 | 45.873 |
| T-10 | BP9 | 296.35 | BP10 | 294.12 | 71.9 | 738.8 | 0.010 | 735.00 | 0.031 | 4.99 | 30.0 | 55.0 | 45.873 |
| T-11 | BP10 | 293.92 | BP11 | 290.36 | 115.0 | 738.8 | 0.010 | 735.00 | 0.031 | 4.99 | 30.0 | 54.9 | 45.873 |
| T-12 | BP11 | 290.16 | BP12 | 288.27 | 60.8 | 738.8 | 0.010 | 735.00 | 0.031 | 4.99 | 30.0 | 55.3 | 45.873 |
| T-13 | BP12 | 288.07 | BP13 | 283.42 | 150.0 | 738.8 | 0.010 | 735.00 | 0.031 | 4.99 | 30.0 | 54.9 | 45.873 |
| T-14 | BP13 | 283.22 | BP14 | 278.90 | 139.3 | 738.8 | 0.010 | 735.00 | 0.031 | 4.99 | 30.0 | 54.9 | 45.873 |
| T-15 | BP14 | 278.70 | BP15 | 274.56 | 145.7 | 738.8 | 0.010 | 735.00 | 0.028 | 4.84 | 31.3 | 55.3 | 42.847 |
| T-16 | BP15 | 274.56 | BP16 | 270.29 | 150.0 | 738.8 | 0.010 | 735.00 | 0.028 | 4.84 | 31.3 | 55.3 | 42.847 |
| T-17 | BP16 | 270.29 | BP17 | 266.70 | 150.0 | 738.8 | 0.010 | 735.00 | 0.024 | 4.54 | 34.2 | 72.3 | 37.346 |
| T-18 | BP17 | 266.70 | BP18 | 264.79 | 100.0 | 738.8 | 0.010 | 735.00 | 0.019 | 4.18 | 38.3 | 57.6 | 31.153 |
| T-19 | BP18 | 264.63 | BR-4 | 264.23 | 27.0 | 723.8 | 0.010 | 735.00 | 0.015 | 3.82 | 45.7 | 62.9 | 25.626 |
| T-20 | BR-4 | 264.23 | BR-3 | 262.71 | 101.7 | 723.8 | 0.010 | 735.00 | 0.015 | 3.82 | 45.7 | 60.8 | 25.587 |
| T-21 | BR-3 | 262.71 | BR-2 | 260.15 | 107.8 | 723.8 | 0.010 | 735.00 | 0.024 | 4.53 | 36.2 | 57.9 | 37.142 |
| T-22 | BR-2 | 259.95 | BP19 | 259.38 | 18.4 | 723.8 | 0.010 | 735.00 | 0.031 | 5.00 | 31.7 | 59.9 | 45.959 |
| T-23 | BP19 | 259.18 | BRE-1A | 258.50 | 22.0 | 723.8 | 0.010 | 735.00 | 0.031 | 5.00 | 31.7 | 59.3 | 45.959 |

FIGURA 70. Resultados Del Diseño De Las Tuberías

El segundo cuadro que muestra la Figura 71, se indican los resultados de los buzones diseñados, en la etiqueta se indica si se trata de un buzón proyectado (BP) o rehabilitado (BR), sigue la columna de Elevation (ground) que es la cota de terreno, la cual para el caso es coincidente con la cota de

tapa de cada uno de ellos (Elevation Rim), la cuarta columna indica la elevación del fondo del buzón (Elevation Invert), sigue la columna correspondiente a la profundidad de cada buzón, el caudal de aporte y finalmente la gradiente hidráulica. La máxima profundidad de buzón determinada por el cálculo fue de 6.61 m.

Scenario: Base
Current Time Step: 0.000 h
FlexTable: Manhole Table

| Label | Elevation (Ground) (m) | Elevation (Rim) (m) | Elevation (Invert) (m) | Depth (Structure) (m) | Flow (Total Out) (L/s) | Hydraulic Grade Line (Out) (m) | Hydraulic Grade Line (In) (m) |
|--------|------------------------|---------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| BP1 | 317.32 | 317.32 | 311.72 | 5.60 | 571.40 | 312.19 | 312.19 |
| BP2 | 317.11 | 317.11 | 311.45 | 5.65 | 571.40 | 311.93 | 311.93 |
| BP3 | 315.24 | 315.24 | 310.38 | 4.85 | 571.40 | 310.85 | 310.85 |
| BP4 | 314.09 | 314.09 | 309.80 | 4.29 | 571.40 | 310.27 | 310.27 |
| BP5 | 312.55 | 312.55 | 307.73 | 4.82 | 571.40 | 308.20 | 308.20 |
| BP6 | 308.95 | 308.95 | 303.14 | 5.81 | 571.40 | 303.61 | 303.61 |
| BP7 | 304.20 | 304.20 | 298.20 | 6.00 | 571.40 | 298.66 | 298.66 |
| BP8 | 303.10 | 303.10 | 297.24 | 5.85 | 735.00 | 297.78 | 297.78 |
| BP9 | 302.44 | 302.44 | 296.35 | 6.09 | 735.00 | 296.89 | 296.89 |
| BP10 | 300.54 | 300.54 | 293.92 | 6.61 | 735.00 | 294.46 | 294.46 |
| BP11 | 296.21 | 296.21 | 290.16 | 6.05 | 735.00 | 290.69 | 290.69 |
| BP12 | 294.35 | 294.35 | 288.07 | 6.28 | 735.00 | 288.61 | 288.61 |
| BP13 | 289.03 | 289.03 | 283.22 | 5.81 | 735.00 | 283.76 | 283.76 |
| BP14 | 284.48 | 284.48 | 278.70 | 5.78 | 735.00 | 279.24 | 279.24 |
| BP15 | 279.94 | 279.94 | 274.56 | 5.38 | 735.00 | 275.09 | 275.09 |
| BP16 | 275.47 | 275.47 | 270.29 | 5.18 | 735.00 | 270.82 | 270.82 |
| BP17 | 271.89 | 271.89 | 266.70 | 5.19 | 735.00 | 267.23 | 267.23 |
| BP18 | 269.82 | 269.82 | 264.63 | 5.19 | 735.00 | 265.17 | 265.17 |
| BP19 | 264.27 | 264.27 | 259.18 | 5.09 | 735.00 | 259.72 | 259.72 |
| BR-2 | 264.50 | 264.50 | 259.95 | 4.55 | 735.00 | 260.49 | 260.49 |
| BR-3 | 267.11 | 267.11 | 262.71 | 4.40 | 735.00 | 263.25 | 263.25 |
| BR-4 | 269.45 | 269.45 | 264.23 | 5.22 | 735.00 | 264.76 | 264.76 |
| BR-E14 | 317.31 | 317.31 | 312.06 | 5.25 | 571.40 | 312.56 | 312.56 |

FIGURA 71. Resultados Del Diseño De Los Buzones.

Como resumen a continuación se indica las características del diseño para cada colector:

Colector Canto Grande, se diseñó para la instalación de tubería de polietileno de alta densidad (HDPE) y presentó una longitud de 1872.94m con un diámetro nominal de 630 y 800mm. Para la rehabilitación en el primer tramo se trabajó con método paralelo en un metrado de 500.12m de los cuales 6.50m corresponden a tubería de DN630 y 490.12m corresponden a tubería de DN800.

La propuesta para la rehabilitación de dicho colector fue de la siguiente manera:

El tramo comprendido entre calle Laurencio Silva hacia la avenida Héroes del Cenepa se empleó método paralelo con un metrado de 500.12m, de los cuales 6.50m corresponden a tubería de DN630 y 490.12m corresponden a tubería de DN800.

El tramo comprendido entre la avenida Héroes del Cenepa hacia calle Los Antropólogos, por método sin zanja (tunnel liner) con un metrado de 1113.56m.

El tramo comprendido entre la calle Los Antropólogos y la avenida Santa Rosa, por método sobre el mismo trazo con un metrado de 263.96m

Colector La Huayrona, este colector se diseñó para la instalación de tuberías de polietileno de alta densidad (HDPE), con una longitud de 986.14m y diámetros DN800, DN1000 y DN1400.

La propuesta para la rehabilitación de dicho colector fue de la siguiente manera:

El tramo comprendido entre calle César Vallejo hacia la avenida Lima por el método sobre el mismo trazo con un metrado de 267.81m en diámetro de DN800.

El tramo comprendido entre avenida Lima hacia calle Sacsayhumán por el método sobre el mismo trazo con un metrado de 512.27m en diámetro de DN1000.

El tramo comprendido entre calle Sacsayhumán y avenida Malecón Checa (Óvalo Zárate) por el método sobre el mismo trazo con un metrado de 262.23m en diámetro de DN1400.

Por otro lado, para los buzones, cámaras de inspección y empalmes, se proyectaron tipo cámara en el fondo y fuste cilíndrico, para las redes primarias y totalmente cilíndricas para las redes secundarias. El colector Canto Grande comprendió la construcción e instalación de diecinueve (19) buzones y/o cámaras. En el Colector La Huayrona, como se instaló la tubería de polietileno sobre el trazo existente del antiguo colector, no se ejecutaron

buzones nuevos; sino, se rehabilitaron los fondos de los buzones y/o cámaras existentes.

Del cálculo del sistema liner podemos indicar que se realizó el reajuste para la verificación de interacción de la estructura, mediante el programa SAP, como se muestra en la Figura 72, donde se realizó el reforzamiento indicado en el proceso de diseño, que consistió en una distribución de esfuerzos, mediante los cuales se pudo controlar los desplazamientos laterales disminuyendo así las aberturas en las paredes del liner,

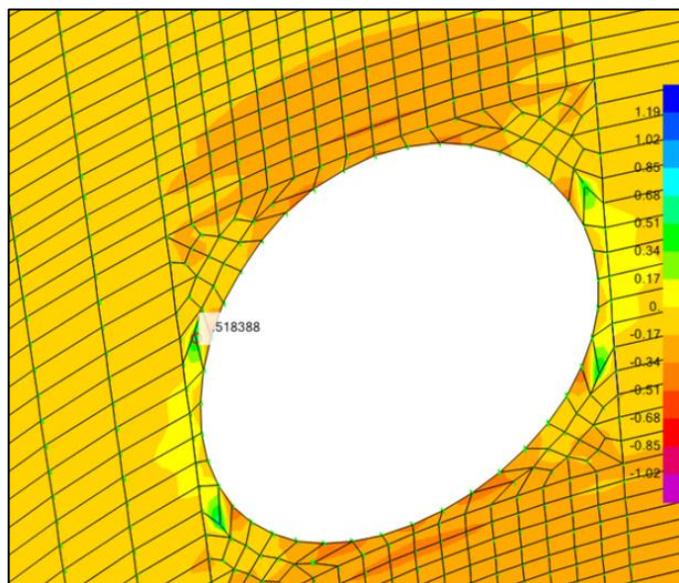


FIGURA 72. Redistribución De Esfuerzos.

También se verificó el diseño como un conjunto se muestra en la Figura 73, donde se detallan los valores del ratio de la demanda versus la capacidad en función a los esfuerzos en cada punto, siendo el valor máximo aproximadamente de 0.60, lo que significa que este elemento será esforzado a lo más en 60 % de su capacidad, y así garantiza que el diseño es adecuado

para las cargas involucradas sobre esta estructura, cabe indicar que al inicio la capacidad de la estructura era del 30%.

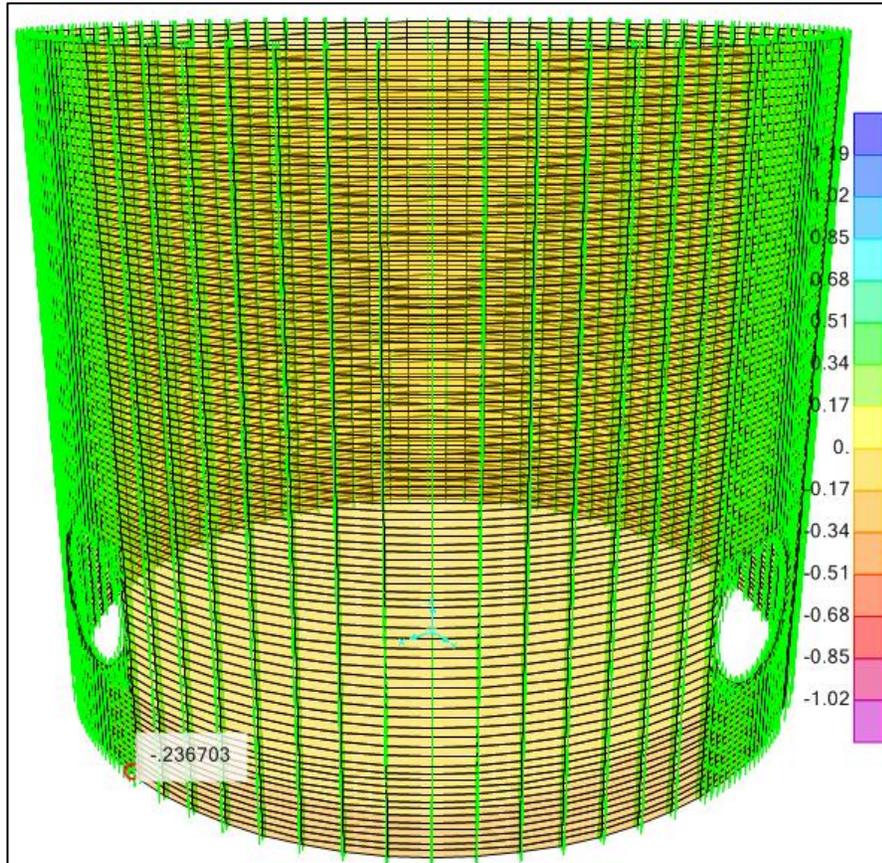


FIGURA 73. Verificación Del Diseño De La Estructura.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se concluyó que luego de la evaluación y análisis central del problema de aniego en el distrito de SJL, que dio pie al desarrollo del proyecto a cargo de la empresa MAMUT EQUIPMENT, la aplicación del innovador concepto Tunnel liner, resultó ser alternativa de solución más efectiva para obras de alcantarillado a zanja abierta cuya ubicación geográfica no permita la realización de procesos constructivos tradicionales.

Resulta ser una metodología altamente competitiva, además de que independientemente del diámetro de la instalación es factible por presentar estructuras apertables ligera y de fácil transporte, sin necesidad de maquinaria pesada o personal especializado para ello hasta zonas de difícil acceso o alejadas.

Se concluye además de que se pudo obtener una mayor optimización de 05 meses en cuanto al tiempo de ejecución de la obra, y que durante de la realización del proyecto se pudieron observar inconvenientes a la hora de elaborar la ruta de solución para el tramo de reparación de la red de servicio, debido a las interferencias ocasionadas por el tendido de redes de las empresas de servicio público, por la buena gestión y conocimiento del tema se pudo cumplir con lo programado y el proyecto fue entregado en tiempo establecido.

Y finalmente se concluye que este tipo de metodología puede soportar importante cargas en su uso a bajo desnivel; por ser flexible permite una alta resistencia a los sismos. Además resulta ser una tecnología eco amigable, ya que el acero es reciclable y no presenta impacto ambiental negativo.

Se recomienda considerar la tecnología liner como primera opción de solución para obras de saneamiento urbano, a fin de reducir al mínimo la realización de procesos constructivos que generan congestión vehicular y una prolongación innecesaria de tiempo de ejecución de obra, en zonas urbanas de alto tránsito de Lima.

Se recomienda también, mantener un ambiente de trabajo óptimo que permita de manera más eficaz recepcionar los conocimientos que se vayan adquiriendo durante el tiempo de duración laboral, ya que esto ayudará a resolver con mayor rapidez inconvenientes y urgencias que puedan presentarse en el camino; y esto se verá reflejado cuando el cliente vea cumplidas sus expectativas.

REFERENCIAS

- Chumpitazi Tumay, José Antonio (2019) “Determinación de la capacidad hidráulica del colector primario N°6, San Juan de Lurigancho – Lima” [Título profesional, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio de tesis digitales UNMS. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/8592>.
- REGLAMENTO DE ELABORACION DE PROYECTOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO PARA HABILITACIONES URBANAS DE LIMA METROPOLITANA Y CALLAO, Junio: 2010.
- (MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO, COMISION NACIONAL DEL AGUA, 2009, p.5).
- NORMA E050.REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES RNE 2021
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)