



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 18 de noviembre de 2022

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Neiva, Huila

El (Los) suscrito(s):

German Mauricio Barrios Polania, con C.C. No. 1.075.319.632,

Juan Diego Tovar Cabrera, con C.C. No. 1.075.305.652,

_____, con C.C. No. _____,

_____, con C.C. No. _____,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o _____

Titulado "Diagnóstico técnico de la red de alcantarillado de aguas lluvias en puntos críticos donde se presentan inundaciones entre carrera 1ra y 2da con calles 26 y 42 del municipio de Neiva-Huila"

presentado y aprobado en el año 2022 como requisito para optar al título de

Ingeniero Civil _____;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.

Vigilada Mineducación



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

German Mauricio Barrios Polania

Firma: 

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Juan Diego Tovar Cabrera

Firma: 

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____



TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Diagnóstico técnico de la red de alcantarillado de aguas lluvias en puntos críticos donde se presentan inundaciones entre carrera 1ra y 2da con calles 26 y 42 del municipio de Neiva-Huila

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
BARRIOS POLANIA	GERMAN MAURICIO
TOVAR CABRERA	JUAN DIEGO

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
IZQUIERDO BAUTISTA	JAIME

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
----------------------------	--------------------------

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero Civil

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Ingeniería Civil

CIUDAD: Neiva

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2022

NÚMERO DE PÁGINAS: 157

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):



Diagramas X Fotografías X Grabaciones en discos ___ Ilustraciones en general X Grabados ___
Láminas ___ Litografías ___ Mapas X Música impresa ___ Planos X Retratos ___ Sin ilustraciones ___
Tablas o Cuadros X

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. <u>Redes de alcantarillado</u>	<u>Sewage networks</u>	6. <u>Sumideros</u>	<u>Drains</u>
2. <u>Precipitaciones</u>	<u>rainfall</u>	7. _____	_____
3. <u>Diagnóstico técnico general</u>	<u>General technical diagnosis</u>	8. _____	_____
4. <u>Pozos de inspección</u>	<u>Inspection wells</u>	9. _____	_____
5. <u>Tuberías</u>	<u>Pipes</u>	10. _____	_____

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

Los alcantarillados de aguas lluvias son importantes en las áreas urbanas debido a la ausencia de zonas verdes, donde se dificulta el drenaje natural de las aguas pluviales, por lo que ante fuertes precipitaciones se generan arroyos y represamientos de agua, produciendo afectaciones a la malla vial, a las viviendas y a la salud de los habitantes. En ciudades como Neiva, donde las precipitaciones son bajas, se tiende a descuidar el impacto que generan las fuertes lluvias donde en ocasiones colapsan las redes de alcantarillado debido a que no se cuenta con elementos suficientes para un óptimo drenaje de las aguas.

Se realizó un diagnóstico técnico general para evaluar el estado del sistema de alcantarillado actual en un área establecida dentro del barrio Cándido Leguizamo, de la comuna 1, en el norte de la ciudad de Neiva. Se examinaron los diferentes elementos que componen la red, como pozos de inspección, tuberías y sumideros. Esta información se registró detalladamente en una ficha técnica donde se establecieron los datos técnicos de cada elemento. Se realizaron gráficos estadísticos donde se evidencian los porcentajes de elementos en bueno, regular y mal estado.

Se determinó que la red actual es insuficiente ante la presencia de grandes caudales de agua lluvia, por lo tanto, se opta por realizar una propuesta de diseño de alcantarillado pluvial separado de la red actual. Éste se realizó de acuerdo a los parámetros establecidos en el método racional y siguiendo paso a paso los requerimientos mínimos que estipula el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS.



ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

Rainwater sewers are important in urban areas due to the absence of green areas, where the natural drainage of rainwater is difficult, which is why in the event of heavy rainfall, streams and water damming are generated, affecting the roads, homes and the health of the inhabitants. In cities like Neiva, where rainfall is low, the impact generated by heavy rains tends to be neglected, where sewerage networks sometimes collapse due to the lack of sufficient elements for optimal water drainage.

In this investigation, a general technical diagnosis was carried out to evaluate the state of the current sewage system in an area established within the Cándido Leguizamo neighborhood, of commune 1, in the north of the city of Neiva. The different elements that make up the network, such as inspection wells, pipes and sumps, were examined. This information was recorded in detail in a technical sheet where the technical data of each element was established. Statistical graphs were made where the percentages of elements in good, fair and poor condition are shown.

It was determined that the current network is insufficient in the presence of large flows of rainwater, which is why it is decided to make a storm sewer design proposal separate from the current network. This was carried out under the methodology of the rational method and following step by step the minimum requirements stipulated in the Technical Regulation of the Potable Water and Basic Sanitation Sector - RAS.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado:

Firma:

Nombre Jurado: Mauricio Duarte Toro

Firma:

Nombre Jurado: Henry Mauricio Castillo Salgado

Firma:



Diagnóstico técnico de la red de alcantarillado de aguas lluvias en puntos críticos donde se presentan inundaciones entre carrera 1ra y 2da con calles 26 y 42 del municipio de Neiva-Huila

German Mauricio Barrios Polanía & Juan Diego Tovar Cabrera

Universidad Surcolombiana

Facultad de ingeniería, Programa de Ingeniería Civil

Neiva, Colombia

2022

Diagnóstico técnico de la red de alcantarillado de aguas lluvias en puntos críticos donde se presentan inundaciones entre carreras 1ra y 2da con calles 26 y 42 del municipio de Neiva-Huila

German Mauricio Barrios Polanía & Juan Diego Tovar Cabrera

Proyecto de grado presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Civil

Director (a):

Jaime Izquierdo Bautista

Línea de Investigación:

Estructuras hidráulicas y alcantarillado

Universidad Surcolombiana

Facultad de ingeniería, Programa de Ingeniería Civil

Neiva, Colombia

2022

Agradecimientos

Agradecemos en primera instancia a Dios por permitirnos cumplir nuestros objetivos y brindarnos fortaleza, sabiduría para no desistir al desarrollar el presente proyecto y culminar esta etapa de nuestras vidas. A nuestros padres, hermanos y demás familiares por ser nuestro soporte, inspiración y motivación de seguir adelante y superar los obstáculos que se presentan.

A nuestros maestros, compañeros y demás personas que han sido parte de este proceso, por las enseñanzas y conocimientos transmitidos, a nuestro director del proyecto el Ingeniero Jaime Izquierdo Bautista.

Resumen

Los alcantarillados de aguas lluvias son importantes en las áreas urbanas debido a la ausencia de zonas verdes, donde se dificulta el drenaje natural de las aguas pluviales, por lo que ante fuertes precipitaciones se generan arroyos y represamientos de agua, produciendo afectaciones a la malla vial, a las viviendas y a la salud de los habitantes. En ciudades como Neiva, donde las precipitaciones son bajas, se tiende a descuidar el impacto que generan las fuertes lluvias donde en ocasiones colapsan las redes de alcantarillado debido a que no se cuenta con elementos suficientes para un óptimo drenaje de las aguas.

En esta investigación, se realizó un diagnóstico técnico general para evaluar el estado del sistema de alcantarillado actual en un área establecida dentro del barrio Cándido Leguizamo, de la comuna 1, en el norte de la ciudad de Neiva. Se examinaron los diferentes elementos que componen la red, como pozos de inspección, tuberías y sumideros. Esta información se registró detalladamente en una ficha técnica donde se establecieron los datos técnicos de cada elemento. Se realizaron gráficos estadísticos donde se evidencian los porcentajes de elementos en bueno, regular y mal estado.

Se determinó que la red actual es insuficiente ante la presencia de grandes caudales de agua lluvia, por lo tanto, se opta por realizar una propuesta de diseño de alcantarillado pluvial separado de la red actual. Éste se realizó de acuerdo a los parámetros establecidos en el método racional y siguiendo paso a paso los requerimientos mínimos que estipula el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS.

Palabras clave: Redes de alcantarillado, precipitaciones, diagnóstico técnico general, pozos de inspección, tuberías, sumideros.

Abstract

Rainwater sewers are important in urban areas due to the absence of green areas, where the natural drainage of rainwater is difficult, which is why in the event of heavy rainfall, streams and water damming are generated, affecting the roads, homes and the health of the inhabitants. In cities like Neiva, where rainfall is low, the impact generated by heavy rains tends to be neglected, where sewerage networks sometimes collapse due to the lack of sufficient elements for optimal water drainage.

In this investigation, a general technical diagnosis was carried out to evaluate the state of the current sewage system in an area established within the Cándido Leguizamo neighborhood, of commune 1, in the north of the city of Neiva. The different elements that make up the network, such as inspection wells, pipes and sumps, were examined. This information was recorded in detail in a technical sheet where the technical data of each element was established. Statistical graphs were made where the percentages of elements in good, fair and poor condition are shown.

It was determined that the current network is insufficient in the presence of large flows of rainwater, which is why it is decided to make a storm sewer design proposal separate from the current network. This was carried out under the methodology of the rational method and following step by step the minimum requirements stipulated in the Technical Regulation of the Potable Water and Basic Sanitation Sector - RAS.

Keywords: Sewage networks, rainfall, general technical diagnosis, inspection wells, pipes, drains.

Contenido

	Pág.
Resumen	VIII
Lista de figuras.....	XIII
Lista de tablas	XIV
Lista de Símbolos y abreviaturas	XV
Capítulo 1.....	18
1. Introducción.....	18
1.1 Antecedentes.....	19
1.2 Justificación.....	21
1.3 Objetivos	23
1.3.1 Objetivo general.....	23
1.3.2 Objetivos específicos	23
1.4 Alcances y limitaciones	23
1.5 Estructura del documento.....	24
Capítulo 2.....	26
2. Marco teórico	26
2.1 Aguas lluvias.....	26
2.1.1 ¿Como se miden?.....	26
2.1.2 Curvas IDF.....	27
2.2 Alcantarillados.....	28
2.2.1 Sistema de alcantarillados.....	28
2.2.2 Clasificación de las tuberías	29
2.2.3 Otros elementos de alcantarillados.....	30
2.2.4 Parámetros generales de alcantarillado	31
2.3 Alcantarillados pluviales	32
2.3.1 Caudal de diseño.....	32

2.3.2	Método racional	32
2.3.3	Áreas de drenaje	34
2.3.4	Periodo de retorno de la lluvia de diseño	35
2.3.5	Coefficiente de permeabilidad o escorrentía.....	35
2.3.6	Tiempo de concentración	36
2.4	Normas de diseño.....	37
2.4.1	Diámetro interno mínimo.....	37
2.4.2	Relación máxima entre la profundidad y el diámetro de la tubería	37
2.4.3	Velocidad mínima	38
2.4.4	Velocidad máxima.....	38
2.4.5	Profundidad mínima a la cota clave de las tuberías	38
2.4.6	Profundidad máxima a la cota clave de las tuberías.....	38
Capítulo 3	39
3. Metodología	39
3.1	Recolección de información	40
3.2	Realización del diagnóstico técnico general.....	44
3.3	Estudio de alternativas de solución y elección de la más viable.....	46
3.4	Propuesta de diseño de alcantarillado pluvial.....	46
3.4.1	Área de estudio.....	47
3.4.2	Periodo de diseño.....	47
3.4.3	Periodo de retorno de la lluvia de diseño	48
3.4.4	Áreas de drenaje	48
3.4.5	Coefficiente de escorrentía.....	49
3.4.6	Tiempo de concentración	50
3.4.7	Intensidad de la lluvia.....	52
3.4.8	Caudal de diseño.....	54
3.4.9	Pendiente de diseño	54
3.4.10	Diámetro calculado de tubería	55
3.4.11	Diámetro nominal de la tubería	55
3.4.12	Caudal a tubo lleno.....	56
3.4.13	Velocidad a tubo lleno	56
3.4.14	Relación entre Q y Q_0	57
3.4.15	Relaciones hidráulicas para conductos circulares.....	57
3.4.16	Velocidad real en la sección de flujo.....	58
3.4.17	Altura de velocidad.....	58
3.4.18	Radio hidráulico.....	58

3.4.19	Esfuerzo cortante medio.....	58
3.4.20	Altura de la lámina de agua.....	59
3.4.21	Energía específica.....	59
3.4.22	Profundidad hidráulica en la sección de flujo.....	59
3.4.23	Número de Froude.....	60
3.4.24	Diámetro de pozos de inspección.....	60
3.4.25	Radio de curvatura.....	61
3.4.26	Perdidas de energía por transición.....	61
3.4.27	Perdidas de energía por cambio de dirección.....	62
3.4.28	Pérdida de energía total en el pozo.....	63
3.4.29	Cotas de construcción.....	63
3.5	Elaboración de planos y presupuesto para la propuesta de diseño de alcantarillado pluvial.....	64
Capítulo 4.....		65
4. Análisis de resultados.....		65
4.1	Diagnóstico de la red existente.....	65
4.2	Resultado del sistema de alcantarillado pluvial.....	66
Capítulo 5.....		74
5. Conclusiones y recomendaciones.....		74
5.1	Conclusiones.....	74
5.2	Recomendaciones.....	75
Bibliografía.....		77

Lista de figuras

	Pág.
Figura 2-1: Curva IDF Estación APTO Benito Salas (Neiva) (IDEAM, 2016).....	27
Figura 2-2: Formas típicas de pozos de inspección (López, 2003).....	30
Figura 2-3: Cámaras de caída (López, 2003).....	31
Figura 3-1: Metodología para el desarrollo del proyecto.....	40
Figura 3-2: Puntos críticos donde se represan aguas lluvias en la zona de estudio.....	41
Figura 3-3: Plano de la red de alcantarillado del barrio Cándido suministrado por Las Ceibas ESP.....	42
Figura 3-4: Trabajo de campo de topografía realizado con estación total.....	43
Figura 3-5: Curvas a nivel obtenidas en un tramo de la zona de estudio.....	43
Figura 3-6: Apertura de pozos de inspección.....	44
Figura 3-7: Visual interna de tubería y material existentes en el pozo.	44
Figura 3-8: Formato de inspección diligenciado para el pozo N° 1 y 2.....	45
Figura 3-9: Sumidero suspendido para reposición.....	46
Figura 3-10: Área de estudio.....	47
Figura 3-11: Áreas de drenaje.....	49
Figura 3-12: Constantes correspondientes para un TR de 3 años (IDEAM, 2016).....	53
Figura 3-13: Pérdida de energía por cambio de dirección. (López, 2003).....	63
Figura 4-1: Estado de los pozos de inspección.....	65
Figura 4-2: Estado de los sumideros.....	66
Figura 4-3: Cálculo de áreas y distribución inicial de las tuberías.....	67
Figura 4-4: Cálculo hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario.....	69
Figura 4-5: Continuación del cálculo hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario...	70
Figura 4-6: Continuación del cálculo hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario...	71

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 2-1: Periodos de retorno (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).....	35
Tabla 2-2: Coeficientes de escorrentía (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)	36
Tabla 3-1: Periodos de retorno de acuerdo con las áreas tributarias parciales. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)	48
Tabla 3-2: Coeficiente de escorrentía escogido. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)	50
Tabla 3-3: Constante α de velocidad superficial (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015).....	51
Tabla 3-4: Profundidades mínimas (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).54	
Tabla 3-5: Diámetro nominal para la tubería 5-3 (PAVCO, 2020).....	56
Tabla 3-6: Relaciones hidráulicas (López, 2003).....	57
Tabla 3-7: Diámetro interno mínimo de estructuras de conexión (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).....	61

Lista de Símbolos y abreviaturas

Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
A	Área tributaria de drenaje	ha	Ec. 2.2
C	Coefficiente de impermeabilidad		Ec. 2.2
D	Duración de la Lluvia	min	Cap 1.6.2
D	Diámetro de la tubería	m	Ec. 3.7
E	Energía específica	m	Ec. 3.16
F	<i>Frecuencia</i>	<i>Año</i>	Cap 1.6.2
g	Gravedad	m/s^2	Ec. 3.12
H	Profundidad hidráulica en la sección	m	Ec. 3.17
H	Perdidas de energía	m	Ec. 3.20
I	Intensidad de la Lluvia	mm/hr	Cap 1.6.2
L	Longitud	m	Ec. 3.2
NF	Número de Froude		Ec 2.1
n	Coefficiente de rugosidad de Manning		Ec. 3.7
Q ₀	Caudal a tubo lleno	L/s	Ec. 3.8
Q	Caudal de aguas lluvias	L/s	Ec. 2.2
R	Radio hidráulico	m	Ec. 3.13
S	Pendiente promedio	m/m	Ec. 3.3
T	Tiempo	min	Ec. 2.4
V _s	Velocidad media	m/s	Ec. 3.2
V ₀	Velocidad a tubo lleno	m/s	Ec. 3.9

Símbolos con letras griegas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
α	Constante que depende de la superficie		Tabla 3-3
π	PI		Ec. 3.9
τ	Esfuerzo cortante medio		Ec. 3.14
α	Ángulo de empate de las tuberías afines °		Ec. 3.19
r_c	Radio de curvatura	m	Ec. 3.19

Subíndices

Subíndice	Término
C	Concentración
E	Entrada
T	Recorrido
t	transición
d	Cambio de dirección
t	Pérdida total

Superíndices

Superíndice	Término
n	Exponente, potencia

Abreviaturas

Abreviatura	Término
<i>DANE</i>	Departamento administrativo nacional de estadística.
<i>IDF</i>	Intensidad-duración-frecuencia.
<i>IDEAM</i>	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
<i>RAS</i>	Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.

Lista de anexos

	Pág.
Anexo A: Hoja de cálculo del alcantarillado pluvial.....	100
Anexo B: Planos de la red:	
Plano Planta General.....	81
Plano de Detalle	82
Planos de planta perfil (17)	83
Presupuesto de la red	101
Anexo C: Ficha técnica del diagnóstico de la red existente	102

Capítulo 1

1. Introducción

El agua es esencial para la vida y su escasez afecta negativa y profundamente las posibilidades de desarrollo, progreso económico y bienestar de una región. Por otro lado, el exceso de agua también puede causar severos daños a la producción y la vida (pérdida de cosechas, empobrecimiento del suelo por lixiviación y erosión, riesgos de derrumbes, avalanchas e inundaciones, entre otros (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, FAO, 2013)).

De acuerdo con lo anterior, las primeras comunidades establecidas por el hombre buscaron fundar asentamientos en zonas aledañas a fuentes hídricas con el fin de obtener con mayor facilidad el agua que utilizaban para el consumo diario y riego de cultivos. A medida que estas poblaciones crecieron demográficamente percibieron la necesidad de construir redes para el transporte y a su vez evacuación del agua dando lugar a la aparición de los primeros acueductos y alcantarillados. Se tiene la primera referencia de la construcción de un alcantarillado en Nippur (India) alrededor del año 3750 A.C., pero no es hasta el año 1700 A.C. en la antigua Grecia donde se ven verdaderos alcantarillados en los que se utilizaron canales rectangulares cubiertos con losas planas; por otro lado, los alcantarillados destinados a la evacuación de aguas residuales se fueron construyendo a inicios del siglo XIX. (Poceria Sin Zanja, 2021)

La lluvia es un fenómeno meteorológico de ocurrencia aleatoria, la cual ha intervenido históricamente en las actividades cotidianas del hombre, alguna de ellas negativamente debido a distintos eventos como movimientos en masa, inundaciones, crecientes súbitas, vendavales, avenidas torrenciales y granizadas. Debido a esto se resalta la importancia de la implementación de estructuras que contribuyan con el buen manejo del recurso, pues

en Colombia, tan solo en los primeros meses del año 2022, estos eventos ya han afectado a más de 18.100 familias, además, de 47 colombianos que han perdido la vida, otros 49 han quedado heridos y siete (7) más siguen desaparecidos. Las precipitaciones también han impactado severamente viviendas, generando daños y averías en más de 9.300 y destruyendo 185 más. En otras infraestructuras, se presentan daños en 480 vías, 48 puentes vehiculares, 24 puentes peatonales; 64 acueductos, 27 alcantarillados; 2 centros de salud y 54 instituciones educativas. (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, UNGRD, 2022).

El barrio cándido de la ciudad de Neiva es una de las zonas urbanas más antiguas del municipio, debido a esto, sus redes de acueducto y alcantarillado llevan bastantes años en funcionamiento lo que genera un desconocimiento del estado actual de la red. Además, esta red de alcantarillado presenta un sistema combinado donde se transportan aguas negras y pluviales, ocasionando que, ante fuertes precipitaciones, no soporte la carga hidráulica aportada por la lluvia, provocando calles inundadas por un periodo de tiempo que dificultan el tránsito de la población, malos olores, deterioro de casas causando pérdidas económicas y afectaciones a la salud de los habitantes del sector.

De acuerdo con lo anterior, el presente trabajo de grado busca mediante un diagnóstico técnico de la red de alcantarillado pluvial determinar el estado de la red y su funcionamiento ante fuertes lluvias, para luego realizar una posible propuesta de diseño donde se mitigue los impactos generados por esta problemática.

1.1 Antecedentes

Colombia siempre ha estado rezagado en materia de prestación de los servicios públicos como el del alcantarillado, es decir, no toda su población cuenta con el acceso a estos. En los últimos años se han efectuado grandes esfuerzos para aumentar el número de hogares beneficiados, tal como lo indica el boletín técnico de la encuesta nacional de calidad de vida 2019 emitido por el DANE, donde se evidencia que el 87% de la población cuenta con servicio de acueducto y el 74,4% de alcantarillado (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE, 2019); a pesar de esto, en varios municipios del país se siguen presentando deficiencias en los sistemas de alcantarillados, los cuales colapsan

provocando inundaciones debido a que no están diseñados para soportar grandes caudales que se generan ante fuertes lluvias. Tal como sucede en el departamento del Huila, donde el porcentaje de hogares que cuenta con acceso al servicio de acueducto y alcantarillado es un poco inferior a la media nacional, ya que tienen un porcentaje del 86,5% y 66,5% respectivamente (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE, 2019).

(Vivas & Caiza, 2019) En la ciudad de Quito, Ecuador realizaron el desarrollo de un sistema de alcantarillado combinado para el barrio Chaupimolino etapa II, debido a que la población del sector no dispone de todos los servicios básicos, como es el caso de evacuación de aguas negras, lo que ocasiona problemas de estancamiento de agua y por ende problemas a la salud. Para tratar la problemática, los autores utilizaron una metodología específica basada en el libro elementos de diseño para acueductos y alcantarillado de López Cualla, realizando levantamiento de información socioeconómica de la población, levantamiento topográfico, cálculos hidráulicos e hidrológicos los cuales se ajustaron a la normativa del país, dibujos de planos del sistema y estimación de presupuesto.

De acuerdo con lo anterior, son varios los estudios que se han realizado en Colombia respecto al tema como (Corredor, 2016) quien llevó a cabo el proceso de investigar y diagnosticar la red de alcantarillado sanitario y pluvial para el proceso de densificación de un sector del centro de Bogotá, resaltando la importancia de indagar sobre el sistema de alcantarillado respecto a la carga hidráulica de acuerdo con el crecimiento demográfico y precipitaciones de la zona, arrojando como resultado que el sistema existente fue elaborado con materiales que al día de hoy se consideran obsoletos; adicional a esto, algunos colectores no tienen la capacidad para evacuar el total de las aguas, dando como una posible solución la construcción de una nueva red de alcantarillado en la que se separe el sistema sanitario de las aguas lluvias.

Similar a esta investigación, (Murillo & Carrero, 2017) realizaron un diagnóstico de la infraestructura de la red de alcantarillado de la calle 40 de la ciudad de Girardot, el cual permitió conocer los procesos de inspección de sumideros, colectores y pozos, logrando realizar la caracterización de la red, cuyo resultado expuso la falta de mantenimiento e ineficacia del sistema, debido a que se presenta saturación de los colectores cuando se

generan lluvias de gran intensidad, esto a causa de que es un alcantarillado combinado y no tiene la capacidad de soportar el drenaje de aguas lluvias y sanitarias al tiempo.

En el barrio San Vicente Suroriental de la ciudad de Bogotá, (Pardo, 2018) destaca los inconvenientes de tener alcantarillados combinados y propone dimensionar una red de alcantarillado exclusiva para el manejo de aguas lluvias, además de estructuras complementarias como sumideros, sistemas de drenaje prefabricados con bordillo o sardinel drenante, entre otros, que permitan un óptimo drenaje de las aguas y así poder evitar inundaciones.

Así como en las ciudades mencionadas anteriormente, Neiva presenta falencias en su servicio de drenaje y alcantarillado, dado que cuenta con una red de alcantarillado donde predomina el sistema combinado, es decir, que cuando se presentan fuertes lluvias suele ocurrir el colapso de las redes. Para el mantenimiento y mejoramiento progresivo del acueducto y alcantarillado se formó la entidad Empresas Públicas "Las Ceibas", cuya función es “la prestación y/o operación y/o administración y/o distribución y/o generación y/o comercialización de los servicios públicos de Acueducto, Alcantarillado” (LAS CEIBAS E.S.P., 2022). Esta empresa elaboró en el año 2017 una guía para el mantenimiento preventivo y correctivo de redes de alcantarillado en forma manual y con equipos de lavado. En esta guía se contempla un conjunto de procesos como lo son la etapa de diagnóstico que consiste en visualizar y definir el problema para así mismo identificar las acciones que se deben realizar, posteriormente se debe preparar el área de trabajo y en caso de que sea necesario, el manejo del agua se debe realizar por medio de bombas cumpliendo con la norma técnica colombiana, entendida como “manejo de aguas en actividades de construcción y mantenimiento de redes”. A la hora de remoción de lodos y residuos sólidos se deben disponer en los sitios adecuados, también explica cuándo se debe usar la limpieza manual y en qué casos se requieren equipos; por último, se debe verificar el estado en que quedó la red (LAS CEIBAS E.S.P., 2017).

1.2 Justificación

El disponer de agua es esencial para la salud, la protección del medio ambiente, el desarrollo de la agricultura, minería, industria y paisajismo, sin embargo, en ciudades y

centros poblados se ha hecho obligatorio el desarrollo de tecnologías que controlen el agua proveniente de las fuentes hídricas y de las lluvias para disminuir los efectos de los fenómenos climáticos.

La población del municipio de Neiva-Huila conformada por 357.392 habitantes en 84.126 viviendas particulares, según un registro realizado por Las Ceibas cuenta con 578 km de red de alcantarillado, de los cuales el 13.84 % de la red corresponde al alcantarillado de aguas lluvias y el 86.16 % restante correspondiente a la red de alcantarillado sanitario (LAS CEIBAS E.S.P., 2011), el cual es insuficiente, pues ante fuertes precipitaciones es común que se presenten inundaciones en la vías, viviendas, edificaciones, desborde de afluentes y desplome de árboles, situación que es constante como lo indica el periódico diario del Huila (Rueda, 2021).

El barrio Cándido Leguizamo de la comuna 1 de la ciudad de Neiva no es la excepción ante esta problemática, pues ya desde el 2011, la administración del municipio advertía que, históricamente esta comuna ha tenido dificultades en su alcantarillado y en el sistema de recolección de aguas lluvias, donde cada vez que se aproxima la época de precipitaciones, se observan represamientos en la vía convirtiéndose en posibles focos de infección y alterando la movilidad de diferentes sectores. (Diaz, 2011)

Debido a lo mencionado anteriormente, el presente trabajo se concentra en realizar un estudio de la red existente y determinar las causas de los reiterativos represamientos de aguas ante fuertes precipitaciones para así mismo, desde el punto de vista de la ingeniería civil poder formular una propuesta de diseño de alcantarillado pluvial que brinde una posible solución y a su vez se mitigue el colapso de la red de alcantarillado, con el fin de mejorar la calidad de vida y reducir las pérdidas económicas de los habitantes del sector, es por esto que surge el siguiente interrogante: ¿Cómo es el diseño de un sistema de alcantarillado pluvial para evacuar las zonas que se inundan en el sector de Cándido?.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Realizar el diagnóstico técnico de la red de alcantarillado de la carrera 1^a y 2^a entre las calles 26 y 34 del barrio Cándido Leguizamo de la ciudad de Neiva y presentar una propuesta de diseño que permita optimizar el drenaje de aguas pluviales de la zona.

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar la presencia y estado actual de la red por medio de un diagnóstico técnico general del alcantarillado pluvial que funciona en el área establecida.
- Presentar una propuesta de diseño de alcantarillado pluvial teniendo en cuenta la normativa correspondiente y los registros históricos de precipitaciones en la zona.
- Realizar los respectivos planos y el presupuesto para la propuesta de diseño de alcantarillado pluvial de la zona establecida dentro del barrio Cándido Leguizamo de la ciudad de Neiva.

1.4 Alcances y limitaciones

Se pretende realizar un diagnóstico técnico a la red de alcantarillado existente para determinar las causas del empozamiento de agua al ocurrir precipitaciones y a su vez realizar una propuesta de diseño de una red de alcantarillado pluvial siguiendo lo requerido en el Reglamento Técnico del Sector de Saneamiento y Agua Potable - RAS y sus actualizaciones, la cual brinde una solución a la problemática mencionada y así poder mejorar la calidad de vida de los habitantes del barrio Cándido de la ciudad de Neiva.

Para ello, se tomará en cuenta el registro histórico de lluvias presentadas en la zona, el estado visual mediante una verificación de los pozos de inspección del alcantarillado actual, el levantamiento topográfico, el coeficiente de escorrentía, el caudal de diseño y demás parámetros necesarios. El presente trabajo de grado está limitado por ciertos aspectos como el acceso a la información del alcantarillado actual, la existencia de diseños

o proyectos que abarquen un alcantarillado pluvial, los datos recopilados para información del proyecto tienden a estar incompletos o desactualizados, la falta de disposición de las entidades públicas para suministrar la información requerida y la ausencia de permisos necesarios para poder realizar la inspección interna de las estructuras que componen la red.

1.5 Estructura del documento

El documento está compuesto por cinco capítulos, que están organizados de la siguiente manera.

Capítulo 1: Contiene los aspectos generales del trabajo de grado, como la introducción, los antecedentes, la justificación y los objetivos.

Capítulo 2: Contiene el marco teórico, donde se presentan los conceptos básicos y necesarios para la comprensión del presente proyecto, como lo son, las aguas lluvias, su medición, generalidades y definiciones de alcantarillado, el cual se compone de alcantarillados residuales, pluviales y combinados, normativas y método racional para el cálculo hidráulico.

Capítulo 3: Contiene la metodología para desarrollar el proyecto, allí se muestra el procedimiento para realizar la propuesta de diseño y se divide en cinco (5) fases, las cuales son: recolección de información, realización del diagnóstico técnico general, estudio de alternativas de solución y elección de la más viable, la propuesta de diseño de alcantarillado pluvial y finalmente, la elaboración de planos y presupuesto del alcantarillado propuesto.

Capítulo 4: Se presentan los resultados finales del diagnóstico técnico general de la red existente y de la propuesta de diseño del alcantarillado pluvial.

Capítulo 5: Se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas del diagnóstico técnico y la propuesta de diseño del alcantarillado pluvial.

En el anexo A se presenta el cálculo hidráulico y dimensionamiento de la red de alcantarillado pluvial propuesto, en el anexo B, se presentan los planos y el presupuesto

para la construcción de la red y el anexo C, contiene las fichas técnicas para cada pozo existente en la red actual.

Capítulo 2

2. Marco teórico

2.1 Aguas lluvias

Proviene de la precipitación pluvial y, debido a su efecto de lavado sobre tejados, calles y suelos, pueden contener una gran cantidad de sólidos suspendidos; en zonas de alta contaminación atmosférica, pueden contener algunos metales pesados y otros elementos químicos. (López, 2003).

Con relación a su origen, pueden distinguirse los siguientes tipos:

- Las ciclónicas son las provocadas por los frentes asociados a una borrasca o ciclón. La mayor parte del volumen de precipitación recogido en una cuenca se debe a este tipo de precipitaciones.
- Las de convección se producen por el ascenso de bolsas de aire caliente; son las tormentas de verano.
- Las precipitaciones orográficas se presentan cuando masas de aire húmedo son obligadas a ascender al encontrar una barrera montañosa.

El estudio de las precipitaciones es de gran importancia debido a que suministra los datos requeridos para diseñar los elementos que componen una red de alcantarillado de aguas lluvias. (Sanchez, 2022).

2.1.1 ¿Como se miden?

Los criterios para la medición de la cantidad de agua de lluvia son determinados en mililitros de agua como también en litros caídos por unidad de superficie de metros

cuadrados, considerando que un 1 mililitro de agua sobre un 1 m² de superficie terrestre es equivalente a 1 litro.

La cantidad de agua que expenden las lluvias en áreas determinadas, son medidas con los pluviómetros. A través de ellos, se expresan en mililitros de agua, el semejante de agua acumulable en una superficie durante un periodo de precipitación. (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., 2018).

2.1.2 Curvas IDF

La Curva Intensidad-Duración-Frecuencia, representa la intensidad (I) o magnitud de una lluvia fuerte expresada en milímetros por hora, para una duración (D) determinada que usualmente puede ser 30, 60, 90, 120 o 360 minutos y que se estima tiene una probabilidad de ocurrencia, o frecuencia (F) expresada en años, lo que también se conoce como periodo de retorno. (IDEAM, 2016). En la figura 2-1 se ilustra la curva IDF de la estación del aeropuerto Benito Salas de la ciudad de Neiva.

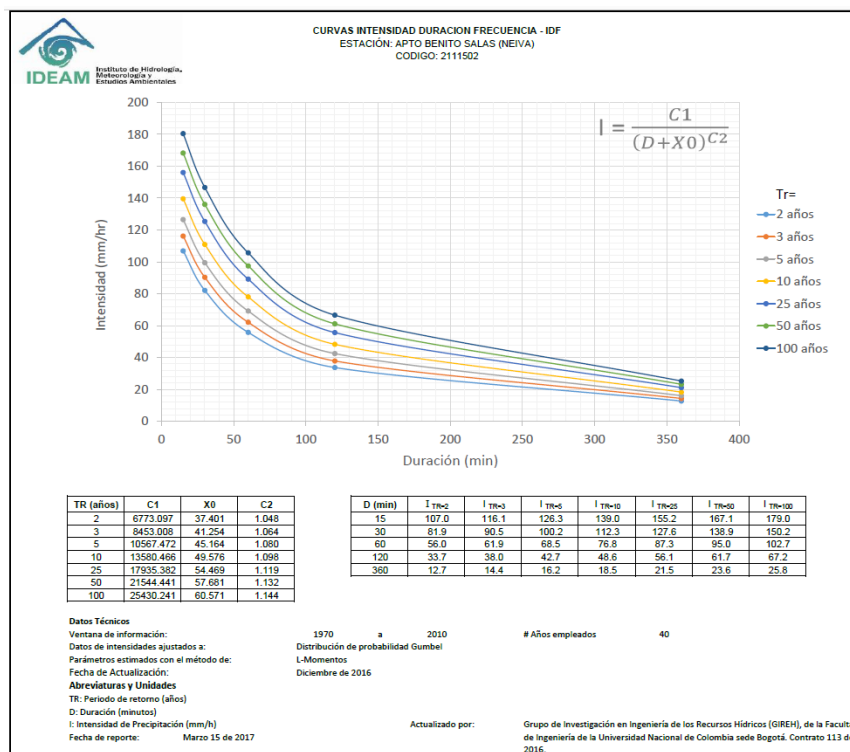


Figura 2-1: Curva IDF Estación APTO Benito Salas (Neiva) (IDEAM, 2016)

- **Intensidad de la lluvia (I):** Este valor se obtiene a través de un estudio hidrológico de la zona, analizando la información pluviográfica a nivel local o regional, del cual se obtienen las curvas de intensidad, duración y frecuencia.

De acuerdo con estas curvas, la intensidad es inversamente proporcional a la duración y directamente proporcional a la frecuencia de la lluvia. Entonces, para obtener un valor de intensidad de la lluvia es necesario definir la frecuencia de diseño de la lluvia y su duración.

- **Frecuencia de la lluvia:** En general las frecuencias utilizadas varían entre dos años, como mínimo y valores del orden de cien años. La escogencia de un valor dependerá de varios criterios, tales como la importancia relativa de la zona, sus usos, los perjuicios potenciales que una inundación. (López, 2003).
- **Duración de la lluvia (Tiempo de concentración):** Es el tiempo que tarda el agua en llegar a la salida de la cuenca desde el punto más alejado. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015).

2.2 Alcantarillados

Los alcantarillados están conformados por una serie de tuberías y obras complementarias, necesarias para recibir y evacuar las aguas residuales de la población y la escorrentía superficial producida por la lluvia. De no existir estas redes de recolección de aguas, se pondría en riesgo la salud de las personas debido a la exposición de enfermedades epidemiológicas, además de las pérdidas materiales que se pueden generar. (Ramírez & Úcros, 2018).

2.2.1 Sistema de alcantarillados

- **Alcantarillados convencionales:** Son sistemas con tuberías de grandes diámetros que permiten una gran flexibilidad en la operación del sistema, necesaria debido en muchos casos a la incertidumbre en los parámetros que definen el caudal: densidad de población y su estimación futura, a un sistema de mantenimiento inadecuado o

insuficiente, que conlleva una mayor exigencia de las normas y, por tanto, unos costos mayores. Estos se clasifican según el tipo de agua que conduzcan:

- Alcantarillado sanitario: Es el sistema de recolección diseñado para evacuar exclusivamente las aguas residuales domésticas e industriales.
 - Alcantarillado pluvial: Es el sistema de evacuación de la escorrentía superficial producida por la precipitación.
 - Alcantarillado combinado: Es un alcantarillado que conduce simultáneamente las aguas residuales (domésticas e industriales) y las aguas lluvias.
- **Alcantarillados no convencionales:** Estos sistemas se aplican como saneamiento básico de poblaciones con recursos económicos limitados, pero son sistemas poco flexibles que requieren una mayor definición y control de los caudales, de un mantenimiento intensivo y se debe tener por parte de la comunidad una cultura que acepte y controle el sistema dentro de las limitaciones que éstos puedan tener. Se clasifican en:
 - Alcantarillado simplificado: Se diseña igual que un alcantarillado convencional, pero teniendo en cuenta la posibilidad de reducir diámetros y disminuir distancias entre pozos.
 - Alcantarillados condominales: Recogen las aguas residuales de un pequeño grupo de viviendas (de un área menor a 1 hectárea) y las conducen a un sistema de alcantarillado convencional.
 - Alcantarillados sin arrastre de sólidos: En estos sistemas se eliminan los sólidos de los efluentes de la vivienda por medio de un tanque interceptor. El agua es transportada luego a una planta de tratamiento o sistema de alcantarillado convencional a través de tuberías de diámetro pequeño generando que el sistema trabaje a presión en algunos tramos. (López, 2003).

2.2.2 Clasificación de las tuberías

A continuación, se clasifican las tuberías que se pueden encontrar en una red de alcantarillado:

- Laterales o iniciales: Reciben únicamente los desagües provenientes de los domicilios.
- Secundarias: Reciben el caudal de dos o más tuberías iniciales.
- Colector secundario: Recibe el desagüe de dos o más tuberías secundarias.
- Colector principal: Capta el caudal de dos o más colectores secundarios.
- Emisario final: Conduce todo el caudal de aguas residuales o lluvias a su punto de entrega, que puede ser una planta de tratamiento o un vertimiento a un cuerpo de agua, como un río, un lago o el mar.
- Interceptor: Es un colector colocado paralelamente a un río o canal. (López, 2003).

2.2.3 Otros elementos de alcantarillados

La red de alcantarillado, además de los colectores como se dijo anteriormente, está constituida por otras estructuras hidráulicas diseñadas para permitir el correcto funcionamiento del sistema, dentro de las estructuras complementarias se encuentran, entre otras:

- Pozos de inspección: Son estructuras mediante las cuales se realiza la unión de los tramos de la red de alcantarillado, que permiten el cambio de dirección en el alineamiento horizontal o vertical, el cambio de diámetro o sección, y las labores de inspección, limpieza y mantenimiento general del sistema. En la figura 2-2 se puede observar las formas típicas de pozos de inspección.

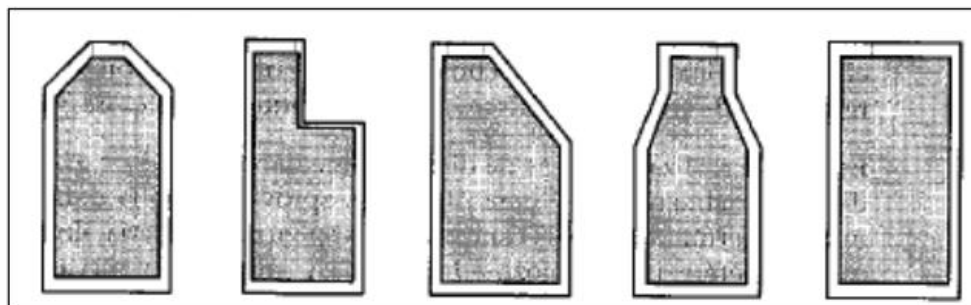


Figura 2-2: Formas típicas de pozos de inspección (López, 2003)

- **Cámaras de caídas:** Las cámaras de caída son estructuras utilizadas la unión de colectores en alcantarillados de alta pendiente, con el objeto de evitar velocidades mayores de las máximas permisibles y disipar altas energías cinéticas que generen la posible erosión de las tuberías. (Ramírez & Úcros, 2018). En la figura 2-3 se aprecia la disposición de una cámara de caída.

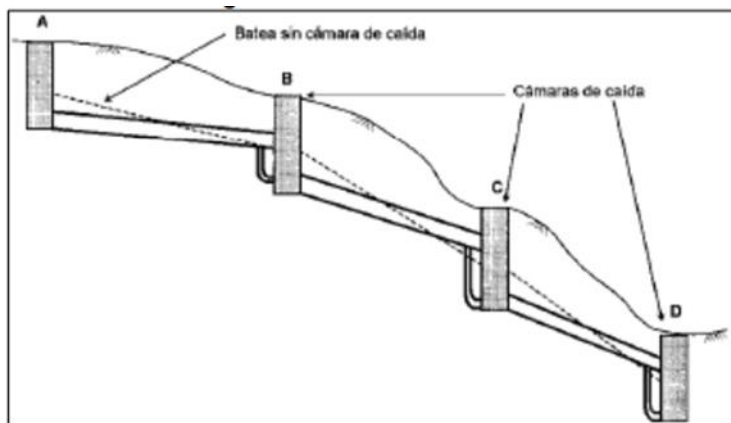


Figura 2-3: Cámaras de caída (López, 2003)

2.2.4 Parámetros generales de alcantarillado

El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio emite la resolución 0330 del 8 de junio del 2017 por el cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS, esta norma reglamenta los requisitos técnicos que se deben tener en las etapas de planeación, diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).

- **Profundidad mínima a la clave de la tubería:** En general, la profundidad mínima a la clave de la tubería debe ser de 1,2 m con respecto a la rasante de la calzada. Sin embargo, en zonas verdes o de vías peatonales y de tráfico liviano, la profundidad mínima puede reducirse hasta 0,75 m.
- **Período de diseño:** El período de diseño de las redes de tuberías de los alcantarillados sanitarios y pluviales oscila entre 15 y 25 años, dependiendo del tamaño de la población y su capacidad económica.

- **Régimen de flujo:** El flujo en los pozos de inspección debe ser estable y para ello el número de Froude debe estar en el siguiente rango. (López, 2003).

$$(\text{subcrítico}) \ 0,9 > NF > 1,1 \ (\text{supercrítico}) \quad (2.1)$$

2.3 Alcantarillados pluviales

El alcantarillado pluvial tiene como su principal función el manejo, control y conducción adecuada de la escorrentía de las aguas de lluvia en forma separada de las aguas residuales. Y llevarla o dejarla en sitios donde no provoquen daños e inconvenientes a los habitantes. (SIAPA, 2014).

2.3.1 Caudal de diseño

En general, para el cálculo del caudal de diseño de los sistemas de recolección y evacuación de aguas lluvias se debe hacer uso de los métodos modernos de lluvias-escorrentía que incluyan modelos de infiltración. Estos últimos modelos incluyen los de Horton, *Soil Conservation Service of USA* y el de *Green y Ampt*.

En aquellos casos en que el área de la cuenca de drenaje utilizada para el diseño de un sistema de alcantarillado de aguas lluvias tenga una superficie inferior a 80 ha y el diseño no requiera hidrogramas de creciente se puede utilizar el método racional. Este método es un modelo empírico simple, utilizado en el diseño de sistemas de drenaje urbano con áreas relativamente pequeñas, en las cuales se pueda considerar que la intensidad de lluvias no varía espacialmente. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015).

2.3.2 Método racional

El método racional calcula el caudal pico de aguas lluvias utilizando la intensidad media del evento de precipitación, con una duración igual al tiempo de concentración del área de drenaje y un coeficiente de impermeabilidad. El caudal medio a la salida de esta cuenca pequeña durante un período de lluvia uniforme debe incrementarse hasta un valor máximo que se mantiene constante hasta que se detenga la lluvia.

De acuerdo con lo anterior, en el método racional el caudal pico ocurre cuando toda el área de drenaje está contribuyendo, para lo cual dicho caudal es una fracción de la precipitación media bajo las siguientes suposiciones:

1. El caudal pico de escorrentía en cualquier punto de la cuenca es función directa del área tributaria de drenaje y de la intensidad de precipitación promedio durante el tiempo de concentración en dicho punto.
2. El período de retorno del caudal pico es igual al período de retorno de la intensidad promedio de precipitación o evento de precipitación.
3. La lluvia se distribuye uniformemente sobre toda el área de drenaje.
4. La intensidad de la lluvia permanece constante durante un período de tiempo por lo menos igual al tiempo de concentración. Esta suposición es particularmente correcta para períodos de tiempo relativamente cortos.
5. El tiempo de concentración puede ocurrir en cualquier momento a lo largo del período de lluvia, ya sea cerca al comienzo, en la mitad o al final de ésta.
6. La relación entre la lluvia y la escorrentía es lineal.
7. El coeficiente de impermeabilidad C , es constante para lluvias de cualquier duración o frecuencia sobre el área de drenaje.

Teniendo en cuenta las anteriores suposiciones, el método racional tiene las siguientes limitaciones:

1. El método solo permite obtener un punto en el hidrograma de escorrentía, el cual corresponde al caudal pico. Cuando el terreno se vuelve quebrado y complejo, la ecuación tiende a sobrestimar el caudal.
2. El método no permite calcular el almacenamiento de agua en las tuberías, el cual puede atenuar el pico de caudal cuando estas son largas.
3. El método no es confiable cuando las cuencas tienen formas irregulares, donde no hay un incremento uniforme del área con la distancia al punto de salida.

4. El método supone que la intensidad de lluvias es uniforme sobre toda la cuenca. Esto es cierto solo para áreas y períodos de tiempo pequeños. Por consiguiente, el método se debe limitar para áreas de máximo 80 ha.
5. El método puede subestimar el caudal cuando el patrón de lluvia tiende a tener un pico muy alto, por ejemplo, cuando la intensidad máxima es bastante mayor que el valor medio de la intensidad de lluvia.
6. Existen variaciones considerables en la interpretación y metodología de uso de la ecuación. Existen aspectos subjetivos importantes en la escogencia del coeficiente de impermeabilidad y de los valores de tiempo de entrada. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015)

De acuerdo con lo anterior, el método racional determina que:

$$Q = C * I * A \quad (2.2)$$

Donde,

Q = Caudal pico de aguas lluvias (L/s).

C = Coeficiente de impermeabilidad definido para cada área tributaria.

I = Intensidad de precipitación correspondiente al tiempo de concentración utilizado (L/s.ha).

A = Área tributaria de drenaje (ha).

2.3.3 Áreas de drenaje

Para el diseño y la ampliación de redes de alcantarillado de aguas lluvias, el trazado debe seguir las calles del municipio o localidad. La extensión y el tipo de áreas que drenan hacia un determinado tramo deben determinarse en forma individual, incluyendo el área tributaria propia del tramo bajo consideración. Las áreas de drenaje deben determinarse mediante medición directa en planos y su delimitación debe ser consistente con el sistema de drenaje natural del municipio.

La medición de las áreas de drenaje en los planos debe hacerse utilizando la información geográfica disponible en la persona prestadora del servicio público de alcantarillado o, para el caso de sistemas con niveles de complejidad bajo y medio, en las oficinas de

planeación municipal. Para los sistemas con niveles de complejidad medio alto y alto, se permite que el diseñador haga uso de técnicas computacionales de información geográfica que le permitan establecer las áreas de drenaje de cada tramo en forma precisa. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015).

2.3.4 Período de retorno de la lluvia de diseño

El período de retorno de diseño debe determinarse de acuerdo con la importancia de las áreas y con los daños, perjuicios o molestias que las inundaciones periódicas puedan ocasionar a los habitantes, el tráfico vehicular, el comercio, la industria, etc. La selección del período de retorno está asociada con las características de protección e importancia del área de estudio y, por lo tanto, el valor adoptado debe estar justificado de acuerdo con dicho criterio. En la Tabla 2-1 se establecen los valores de períodos de retorno de acuerdo con el grado de protección, con las características del área de drenaje y el tamaño total de dicha área para el sistema o sector diseñado. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015).

Características del área de drenaje	Período de retorno (años)
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 hectáreas	3
Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores de 2 hectáreas	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 hectáreas	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 hectáreas	10
Canales abiertos que drenan áreas menores a 1000 hectáreas	50
Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas	100
Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas	100

Tabla 2-1: Periodos de retorno (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

2.3.5 Coeficiente de permeabilidad o escorrentía

El coeficiente de impermeabilidad C , es función del tipo del suelo del área tributaria, del grado de permeabilidad de la zona, de la pendiente del terreno y de todos aquellos otros factores que determinen qué parte de la precipitación se convierte en escorrentía. Por consiguiente, se debe considerar las pérdidas por infiltración en el subsuelo y cualquier otro efecto que tenga como consecuencia el retraso del flujo de escorrentía.

Para aquellas áreas de drenaje que incluyan zonas con diferentes coeficientes de impermeabilidad, el valor del coeficiente de impermeabilidad representativo para toda el área debe calcularse como el promedio ponderado de los coeficientes de impermeabilidad individuales para cada sub-área, de acuerdo con la ecuación mostrada a continuación. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015).

$$C = \frac{\sum C \cdot A}{\sum A} \tag{2.3}$$

Donde:

C = Coeficiente de impermeabilidad o escorrentía

A = Área tributaria de drenaje (ha)

A continuación, se establecen los coeficientes de escorrentía, los cuales están en función con el área de drenaje. En la tabla 2-2 se observan los distintos coeficientes de escorrentía (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015).

Tipo de superficie	C
Cubiertas	0,90
Pavimentos asfálticos y superficies de concreto	0,90
Vías adoquinadas	0,85
Zonas comerciales o industriales	0,90
Residencial, con casas contiguas, predominio de zonas duras	0,75
Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas duras entre estos	0,75
Residencial unifamiliar, con casas contiguas y predominio de jardines	0,60
Residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados	0,45
Residencial, con predominio de zonas verdes y parques-cementerios	0,30
Laderas sin vegetación	0,60
Laderas con vegetación	0,30
Parques recreacionales	0,30

Tabla 2-2: Coeficientes de escorrentía (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

2.3.6 Tiempo de concentración

En el método racional, con el fin de calcular el caudal de diseño, haciendo uso de las curvas IDF, se debe suponer que la duración del evento de precipitación de diseño es igual al tiempo de concentración para un sistema de alcantarillado de aguas lluvias particular.

El tiempo de concentración es función del tamaño y la forma de la cuenca en donde se localiza el tramo objeto de análisis. Si la duración del evento de precipitación fuera inferior al tiempo de concentración, no se alcanzaría el caudal pico a la salida de la cuenca. Por otro lado, si la duración de la lluvia fuera mayor que el tiempo de concentración, tanto la

intensidad como el caudal de escorrentía serían menores. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015).

Para calcular el tiempo de concentración se utiliza la siguiente ecuación:

$$T_c = T_e + T_t \quad (2.4)$$

Donde:

T_c = Tiempo de concentración (min)

T_e = Tiempo de entrada (min)

T_t = Tiempo de recorrido (min)

2.4 Normas de diseño

En el capítulo 4 del título D del Reglamento Técnico del Sector de Saneamiento y Agua Potable – RAS se establecen los siguientes parámetros para el diseño de alcantarillado pluvial.

2.4.1 Diámetro interno mínimo

En las redes de recolección y evacuación de aguas lluvias, y principalmente en los primeros tramos, la sección circular es la más usual para las tuberías. El diámetro interno mínimo permitido en redes de sistemas de recolección y evacuación de aguas lluvias es 215 mm. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015).

2.4.2 Relación máxima entre la profundidad y el diámetro de la tubería

En el diseño se debe permitir y establecer una profundidad de flujo máxima en cada una de las tuberías con el fin de permitir una adecuada aireación para el flujo dentro de cada tramo. El valor máximo permisible para la profundidad de flujo, contemplada en el diseño, debe ser del 85% del diámetro real interno de cada una de las tuberías. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015).

2.4.3 Velocidad mínima

En los sistemas de recolección y evacuación de aguas lluvias, se transportan sólidos que pueden depositarse en las tuberías si el flujo tiene velocidades bajas. Por lo tanto, debe tenerse una velocidad suficiente para lavar los sólidos depositados durante los períodos de bajos caudales. Debido a esto se debe establecer una velocidad mínima como criterio de diseño. La velocidad mínima real permitida en cada tramo es de 0,75 m/s para el caudal de diseño, siempre que el diámetro sea menor que 450 mm. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015).

2.4.4 Velocidad máxima

En general, se recomienda que la velocidad máxima sea de 5 m/s, salvo en el caso de las tuberías plásticas en que dicha velocidad puede ser hasta de 10 m/s. En el caso de tuberías con recubrimientos internos de un material diferente al que conforma el cuerpo estructural de la tubería, la velocidad media máxima recomendada es de 5 m/s. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015).

2.4.5 Profundidad mínima a la cota clave de las tuberías

Las conexiones domiciliarias y las tuberías de aguas lluvias deben localizarse por debajo de las tuberías de acueducto. Las tuberías de aguas lluvias deben localizarse a una profundidad que no interfiera con las conexiones domiciliarias de aguas residuales al sistema de recolección y evacuación de aguas residuales. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015).

2.4.6 Profundidad máxima a la cota clave de las tuberías

Se debe establecer la profundidad máxima a la cota clave de las tuberías teniendo en cuenta el tipo de suelo, los equipos y métodos de excavación y los métodos de entibado disponibles. Una vez establecida la cota clave, teniendo en cuenta las condiciones particulares de diseño, se debe tener en cuenta el comportamiento mecánico de las tuberías, de las uniones y de los materiales con los cuales están fabricadas. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015).

Capítulo 3

3. Metodología

En este capítulo se presenta la metodología empleada para poder llevar a cabo el diagnóstico técnico general y determinar las causas que generan la insuficiencia de la red de alcantarillado ante fuertes lluvias, y a su vez realizar un diseño de alcantarillado pluvial como propuesta de solución a la problemática.

Para realizar el diagnóstico técnico general del alcantarillado existente se tomó como base la cartilla “*Catastro de Redes*” del ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.

Para llevar a cabo el cálculo del diseño del alcantarillado pluvial se realiza una hoja de cálculo en Excel basada en lo establecido en el libro *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados* cuyo autor es Ricardo Alfredo López Cualla. A continuación, en la figura 3-1, se presenta un diagrama, donde se evidencia el procedimiento que se llevó a cabo para lograr cumplir con los objetivos de la presente investigación.

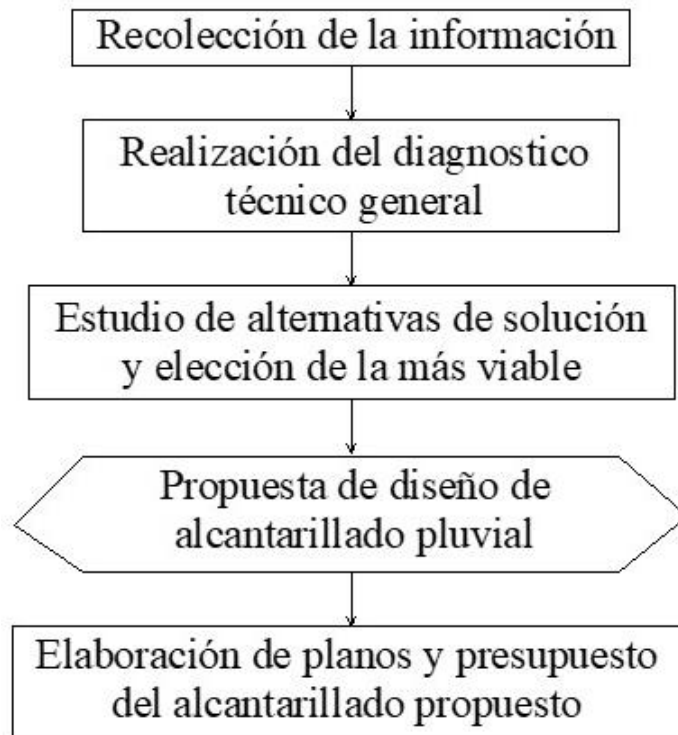


Figura 3-1: Metodología para el desarrollo del proyecto

3.1 Recolección de información

Se realizaron varias visitas a la zona de estudio antes, durante y después de presentarse precipitaciones, con el fin de identificar y reconocer los lugares donde ocurren represamientos de aguas al haber lluvias de gran consideración, evidenciando cómo la problemática afecta la calidad de vida de los habitantes del sector, estos represamientos de agua se pueden apreciar en la figura 3-2.



Figura 3-2: Puntos críticos donde se represan aguas lluvias en la zona de estudio.

Después, se acudió en distintas ocasiones a la Alcaldía de Neiva y a sus respectivas oficinas de planeación, secretaría de vías e infraestructura, Empresas Públicas de Neiva Las Ceibas ESP y a Ingesuelos de Colombia Ltda, empresa la cual se encargó de ejecutar estudios y diseños de distintas vías de la capital del huila, para el proyecto “SETP”. Como resultado de estas visitas se obtuvo información como planos existentes de la red de alcantarillado de la ciudad, levantamientos topográficos de algunos sectores de la zona de interés, entre otros, como se ilustra en la figura 3-3.

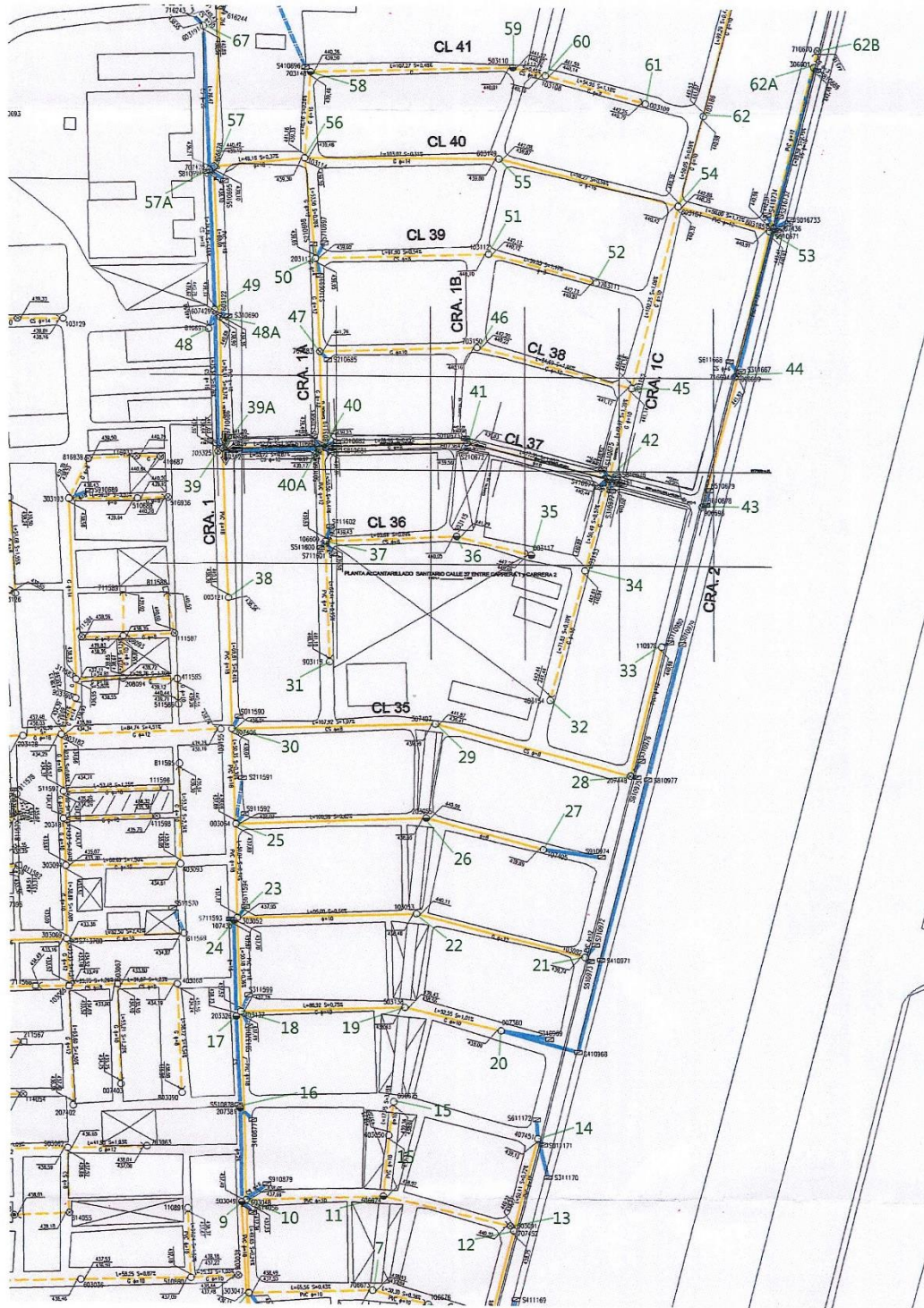


Figura 3-3: Plano de la red de alcantarillado del barrio Cándido suministrado por Las Ceibas ESP

Posteriormente, con la información recibida se procedió a analizar y establecer la información faltante para poder realizar el diagnóstico de la red de alcantarillado de aguas lluvias. En primera instancia se identificó que la topografía de la zona estaba incompleta, para lo cual se alquila el equipo de topografía estación total y se realiza el respectivo levantamiento como se puede apreciar en la figura 3-4.



Figura 3-4: Trabajo de campo de topografía realizado con estación total.

Después de realizar el trabajo de campo se sustraen los datos crudos obtenidos de la estación y se convierten a puntos topográficos obteniendo las curvas a nivel que permiten identificar las cotas reales del terreno. Ver figura 3-5

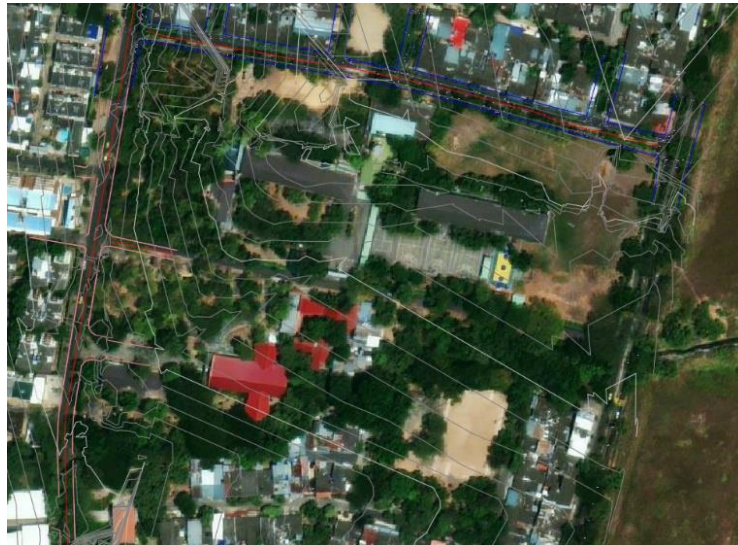


Figura 3-5: Curvas a nivel obtenidas en un tramo de la zona de estudio.

Por último, se realiza el diagnóstico técnico general de la red de alcantarillado existente en la zona.

3.2 Realización del diagnóstico técnico general

Para realizar el diagnóstico general se procedió a nombrar y enumerar las tapas de los pozos de inspección junto con los sumideros existentes en el plano entregado por Las Ceibas ESP, posteriormente se realizó en campo, el trabajo de verificación y actualización de pozos y sumideros existentes en la red, donde se iba tomando registro fotográfico del estado de los pozos y se verificaba el material de los mismos, como también las tuberías que llegan a cada pozo con su respectivo diámetro y material. A continuación, en las figuras 3-6 y 3-7 se ilustra la apertura de uno de los pozos y su estado interno.



Figura 3-6: Apertura de pozos de inspección



Figura 3-7: Visual interna de tubería y material existentes en el pozo.

Lo anterior se iba registrando en un formato realizado por autoría propia y el cual se iba diligenciando pozo por pozo. En la figura 3-8 se ilustra el diligenciamiento del formato para los pozos 1 y 2:

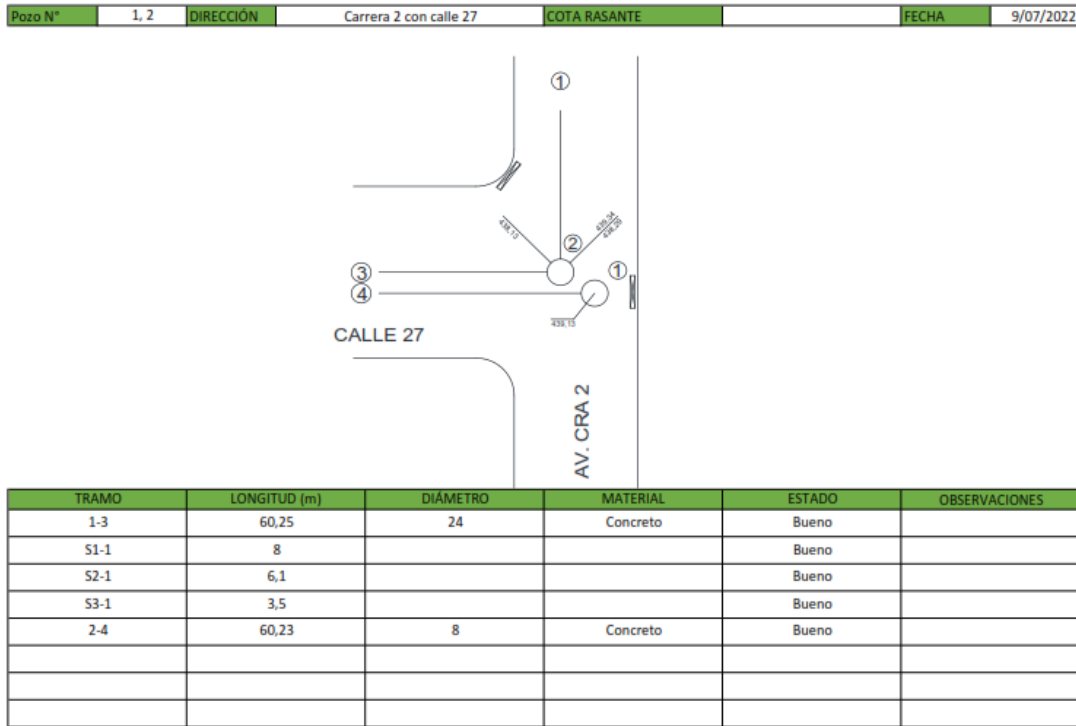


Figura 3-8: Formato de inspección diligenciado para el pozo N° 1 y 2.

3.3 Estudio de alternativas de solución y elección de la más viable

Luego de registrar la información obtenida en el diagnóstico general, se evidenció que existen diferentes elementos que componen la red actual que se encuentran en mal estado y requieren su reposición para que el sistema pueda operar al 100%. Tal como se ilustra en la figura 3-9. Teniendo en cuenta esto, se puede contemplar la opción de reparar los elementos en mal estado para mejorar el funcionamiento de la red ante fuertes lluvias, sin embargo, el diagnóstico técnico general realizado no es suficiente para determinar si la optimización del sistema actual puede solucionar la problemática, es por esto, que se contempla la opción de realizar un diseño de alcantarillado pluvial independiente de la red actual, lo anterior teniendo en cuenta la información pluviográfica de la zona y siguiendo paso a paso los lineamientos establecidos en el reglamento técnico de saneamiento y agua potable - RAS.



Figura 3-9: Sumidero suspendido para reposición.

3.4 Propuesta de diseño de alcantarillado pluvial

Se tendrán en cuenta los parámetros de diseños establecidos en la RAS, incluyendo las actualizaciones establecidas en la resolución 0330 de 2017, calculando los caudales de diseño según el método racional, cuyo procedimiento se describe a continuación.

3.4.1 Área de estudio

Se realizará el diseño de alcantarillado pluvial para la zona comprendida entre las carreras 1^a y 2^a entre calles 26 y 42, sector perteneciente al barrio Cándido Leguizamo de la comuna 1 de la ciudad de Neiva como se indica en la figura 3-10.



Figura 3-10: Área de estudio.

3.4.2 Periodo de diseño

De acuerdo con la resolución 0330 de 2017, expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, se establece que el sistema no pertenece a un nivel de complejidad alto, por lo tanto, el periodo de diseño es de 25 años. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).

3.4.3 Período de retorno de la lluvia de diseño

Teniendo en cuenta que la zona de estudio es en su mayoría residencial, donde se encuentran viviendas unifamiliares y multifamiliares, la normativa establece los siguientes parámetros mencionados anteriormente en la tabla 3-1. Considerando que las áreas parciales tributarias varían entre 0 y 10 ha se tiene lo siguiente:

Características del área de drenaje	Período de retorno (años)
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 hectáreas	3
Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores de 2 hectáreas	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 hectáreas	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 hectáreas	10
Canales abiertos que drenan áreas menores a 1000 hectáreas	50
Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas	100
Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas	100

Tabla 3-1: Periodos de retorno de acuerdo con las áreas tributarias parciales. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

3.4.4 Áreas de drenaje

Para distribuir las áreas de drenaje se tomó como referencia el eje de cada vía y se dividieron entre los colectores afines, obteniendo la figura 3-11, la cual se ilustra a continuación:

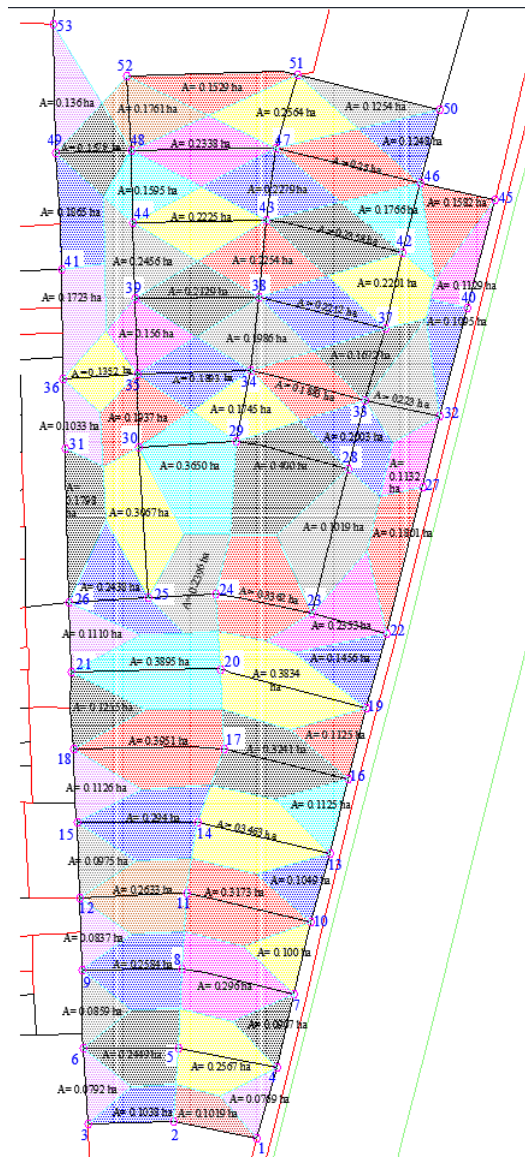


Figura 3-11: Áreas de drenaje.

3.4.5 Coeficiente de escorrentía

Para determinar el caudal de lluvia, se debe determinar un porcentaje de permeabilidad de acuerdo con las condiciones del terreno (tipo de superficie), para este caso, de la tabla 3-2 aplica que las áreas de drenaje están compuestas por áreas residenciales, con casas contiguas y predominio de zonas duras:

Tipo de superficie	C
Cubiertas	0,90
Pavimentos asfálticos y superficies de concreto	0,90
Vías adoquinadas	0,85
Zonas comerciales o industriales	0,90
Residencial, con casas contiguas, predominio de zonas duras	0,75
Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas duras entre estos	0,75
Residencial unifamiliar, con casas contiguas y predominio de jardines	0,60
Residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados	0,45
Residencial, con predominio de zonas verdes y parques-cementerios	0,30
Laderas sin vegetación	0,60
Laderas con vegetación	0,30
Parques recreacionales	0,30

Tabla 3-2: Coeficiente de escorrentía escogido. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

3.4.6 Tiempo de concentración

Se considera como el mínimo periodo de tiempo para alcanzar el caudal máximo a la salida de la cuenca. También se puede interpretar como el tiempo que se demora el agua en llegar a la salida de la cuenca desde el punto más alejado.

El tiempo de concentración mínimo debe ser de 10 minutos, el cual a su vez debe contar con un tiempo de entrada mínimo de 5 minutos. Por otro lado, el tiempo de concentración máximo debe ser 20 minutos. Si dos o más tuberías confluyen a la misma estructura o cámara de conexión, se debe considerar como tiempo de concentración en ese punto, el mayor de los tiempos de concentración de las respectivas tuberías. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).

Para calcular el tiempo de concentración se usa la ecuación 3.1 mencionada anteriormente.

$$T_c = T_e + T_t \tag{3.1}$$

Donde:

T_c = Tiempo de concentración (min)

T_e = Tiempo de entrada (min)

T_t = Tiempo de recorrido (min)

- ✓ Tiempo de entrada: Es el tiempo que le toma al flujo superficial para viajar desde la parte más alejada de la subcuenca hasta el punto de entrada o sumidero más cercano a la red de tuberías que conforman el sistema de alcantarillados de aguas lluvias. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017). Este parámetro se calculará mediante la ecuación estipulada por el *Soil Conservation Service (SCS)*:

$$T_e = \frac{L}{60 * v_s} \tag{3.2}$$

Donde,

T_e =Tiempo de entrada (min).

L =Longitud máxima de flujo de escorrentía superficial (m).

v_s =Velocidad media de escorrentía superficial (m/s).

El parámetro de velocidad superficial puede definirse como:

$$v_s = \alpha * S^{1/2} \tag{3.3}$$

Donde,

v_s = Velocidad media de escorrentía superficial (m/s).

α = Constante que depende del tipo de superficie (adimensionales).

S = Pendiente promedio entre el punto más alejado y el punto de entrada a la red (m/m).

La constante α depende del tipo de suelo que conforma la superficie de escorrentía y puede calcularse utilizando los datos de la tabla 3-3, dicha constante para este caso aplica el valor de 6,50 correspondiente a áreas pavimentadas:

Tipo de superficie	α
Bosque con sotobosque denso	0,70
Pastos y patios	2,00
Áreas cultivadas en surcos	2,70
Suelos desnudos	3,15
Áreas pavimentadas y tramos iniciales de quebradas	6,50

Tabla 3-3: Constante α de velocidad superficial (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015)

Es importante recordar que la resolución 0330 de 2017 establece que, si el tiempo de entrada es menor a 5 minutos, debe usarse por defecto el valor de 5 minutos.

- ✓ Tiempo de recorrido: El tiempo de recorrido es el período de tiempo que le toma al agua lluvia recorrer el sistema de tuberías que conforman la red de alcantarillados, desde el punto de entrada hasta el punto de análisis o salida de la cuenca.

Este tiempo es en función de la velocidad media del flujo en cada tramo, así como de la longitud de cada uno de ellos. Para este caso, se calculará mediante la ecuación del *Soil Conservation Service*:

$$T_t = \frac{L}{(60*v)} \quad (3.4)$$

Donde:

T_t = Tiempo de recorrido (min).

L = Longitud de la tubería o tramo de red (m).

v_s = Velocidad media del flujo (m/s).

En este parámetro, debe iniciarse suponiendo una velocidad inicial con el propósito de iterar y encontrar un porcentaje de error menor al 1% al calcular el tiempo de recorrido utilizando la velocidad real existente en la tubería. (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).

3.4.7 Intensidad de la lluvia

De acuerdo con las variables estipuladas en la curva IDF presentada mediante la figura 3-12, se eligen los datos y ecuaciones para las frecuencias correspondientes a las tuberías.

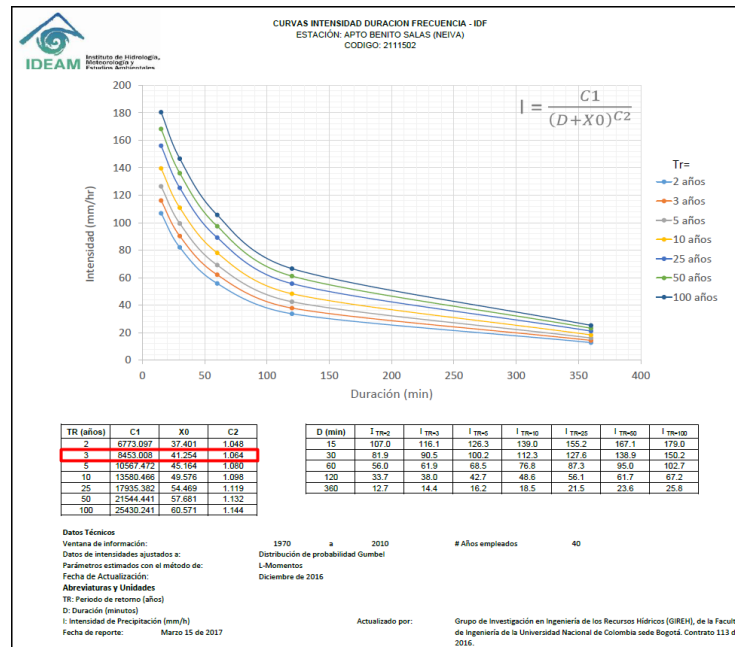


Figura 3-12: Constantes correspondientes para un TR de 3 años (IDEAM, 2016)

Para el caso de las tuberías donde se cuenta con un periodo de retorno de 3 años, se utiliza la ecuación determinada por la curva IDF con los siguientes coeficientes:

$$I = \frac{C1}{(D+X0)^{C2}} \tag{3.5}$$

Donde:

$$C1 = 8.453,008$$

$$X0 = 41,254$$

$$C2 = 1,064$$

Por ejemplo, para la tubería 5-3, donde se calculó un tiempo de concentración de 10 minutos se tiene que:

$$I = \frac{8.453,008}{(10 + 41,254)^{1,064}} \rightarrow 128,19 \text{ mm/hr}$$

En L/s se tiene que:

$$128,19 \text{ mm/hr} * 2,78 = 356,37 \text{ (L/s)ha}$$

3.4.8 Caudal de diseño

Como se mencionó anteriormente, se calculará el caudal de diseño siguiendo los parámetros establecidos por el método racional, como se evidencia a continuación:

$$Q = C * I * A \quad (3.6)$$

Donde,

Q = Caudal pico de aguas lluvias (L/s).

C = Coeficiente de impermeabilidad definido para cada área tributaria.

I = Intensidad de precipitación correspondiente al tiempo de concentración utilizado (L/s.ha).

A = Área tributaria de drenaje (ha).

Por ejemplo, para la tubería 5-3 se calcula el siguiente valor de caudal:

$$Q = 0,75 * 356,37 (L/s)ha * 0,565 ha \rightarrow 151,01 L/s$$

3.4.9 Pendiente de diseño

Teniendo en cuenta las profundidades mínimas para las tuberías que se establecen en la RAS, se opta por ubicar los tramos iniciales de las tuberías a mínimo 1,20 m de profundidad considerando que la zona está compuesta por vías vehiculares con un alto flujo vehicular.

Servidumbre	Profundidad a la cota clave del tramo (m)
Vías peatonales o zonas verdes	0,75
Vías vehiculares	1,20

Tabla 3-4: Profundidades mínimas (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

Luego de determinar la profundidad a clave en ambos extremos de la tubería, se procede a calcular las cotas clave, las cuales se definen como:

$$Cota\ clave = Cota\ rasante - Profundidad\ a\ clave$$

Finalmente, se procede a calcular la pendiente de diseño de la siguiente manera:

$$S = \frac{(cota\ clave\ entrada - cota\ clave\ salida)}{Longitud\ de\ tubería} * 100$$

3.4.10 Diámetro calculado de tubería

Para calcular este parámetro se utiliza la ecuación de Manning:

$$D = 1,548 \left(\frac{nQ}{S^{1/2}} \right)^{3/8} \quad (3.7)$$

Donde,

n = Coeficiente de rugosidad de Manning. Para las tuberías de este sistema se aplica el coeficiente de 0,01 que corresponde para tubería PVC.

Q = Caudal de aguas lluvias.

S = Pendiente de diseño

Por ejemplo, para la tubería 5-3 se obtiene el siguiente diámetro teórico:

$$D = 1,548 \left(\frac{0,01 * 151,01\ L/s}{0,90^{1/2}} \right)^{3/8} \rightarrow 0,33\ m$$

A continuación, se expresa este diámetro teórico en pulgadas:

$$0,33\ m \rightarrow 14\ in$$

3.4.11 Diámetro nominal de la tubería

Para determinar el diámetro nominal, se debe tener en cuenta que el diámetro mínimo para tuberías de alcantarillados pluviales debe ser de 215 milímetros (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017). Luego de verificar que los diámetros cumplan el mínimo establecido por la normativa, se verifica en los portafolios de proveedores de tuberías, cuáles son los diámetros comerciales de acuerdo con el material de la tubería. Por ejemplo, para la tubería 3-1 se requiere un diámetro teórico de 17 pulgadas, para lo cual se verifica en el portafolio del proveedor PAVCO WAVIN, el cual se puede observar en la tabla 3.5, donde se encuentra el diámetro de tubería comercial que más se acerca al teórico, siendo esta de 20 pulgadas, como se ilustra a continuación:

NORMA NTC 3722-3 S8

Referencia	Diámetro Nominal	Diámetro Exterior	Diámetro Interior	Espesor de Agua *	Rigidez Mínima		Longitud Total	Campana		Peso
					Tubería PS	Anular RS		Longitud	Diámetro Exterior	
	mm	mm	mm	mm	psi	kN/m ²	m	mm		Kg/m
2900090	110	110	99	1	57	8	6	90	128	1.11
2900092	160	160	145	1.2	57	8	6	101	183	2.13
2900094	200	200	182	1.4	57	8	6	121	230	3.02
2900081	250	250	227	1.7	57	8	6	151	289	4.41
2900083	315	315	284	1.9	57	8	6	201	366	6.34
2902493	355	355	327	2.1	57	8	6	187	402	9.33
2900085	400	400	362	2.3	57	8	6	242	462	11.38
2900087	450	450	407	2.5	57	8	6	272	519	14.59
2900089	500	500	452	2.8	57	8	6	302	578	19.00

Tabla 3-5: Diámetro nominal para la tubería 3-1 (PAVCO, 2020)

3.4.12 Caudal a tubo lleno

Es la capacidad máxima de la tubería, calculada para la sección de flujo máxima (con el diámetro interno real), se calcula de la siguiente forma:

$$Q_0 = 312 \left(\frac{D^{8/3} * S^{1/2}}{n} \right) \quad (3.8)$$

Donde,

n = Coeficiente de rugosidad de Manning. Para las tuberías de este sistema se aplica el coeficiente de 0,01 que corresponde para tubería PVC.

D = Diámetro interno real.

S = Pendiente de diseño.

Para la tubería 5-3, se tiene lo siguiente:

$$Q_0 = 312 \left(\frac{0,362 \text{ m}^{8/3} * 0,63\%^{1/2}}{0,01} \right) \rightarrow 165,46 \text{ L/s}$$

3.4.13 Velocidad a tubo lleno

Este parámetro se calcula mediante la ecuación de la continuidad:

$$V_0 = \frac{Q_0}{A} \quad (3.9)$$

Para la tubería 5-3 se tiene:

$$V_0 = \frac{\frac{165,46 \text{ L/s}}{1.000} * 4}{\pi * (0,362 \text{ m})^2} \rightarrow 1,61 \text{ m/s}$$

3.4.14 Relación entre Q y Q₀

La relación entre caudal de diseño y el caudal a tubo lleno puede utilizarse para definir el borde libre requerido. Para el colector 5-3 se tiene:

$$\frac{Q}{Q_0} = \frac{151,01 \text{ L/s}}{165,46 \text{ L/s}} \rightarrow 0,91 \tag{3.10}$$

3.4.15 Relaciones hidráulicas para conductos circulares

Luego de calcular la relación de Caudal, se procede a determinar las demás relaciones hidráulicas según como se establece en la tabla 3-6:

Relaciones hidráulicas para conductos circulares (n ₀ /n variable)											
Q/Q ₀	Rel.	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	V/V ₀	0,000	0,292	0,362	0,400	0,427	0,453	0,473	0,492	0,505	0,520
	d/D	0,000	0,092	0,124	0,148	0,165	0,182	0,196	0,210	0,220	0,232
	R/R ₀	0,000	0,239	0,315	0,370	0,410	0,449	0,481	0,510	0,530	0,554
	H/D	0,000	0,041	0,067	0,086	0,102	0,116	0,128	0,140	0,151	0,161
0,1	V/V ₀	0,540	0,553	0,570	0,580	0,590	0,600	0,613	0,624	0,634	0,645
	d/D	0,248	0,258	0,270	0,280	0,289	0,298	0,308	0,315	0,323	0,334
	R/R ₀	0,586	0,606	0,630	0,650	0,668	0,686	0,704	0,716	0,729	0,748
	H/D	0,170	0,179	0,188	0,197	0,205	0,213	0,221	0,229	0,236	0,244
0,2	V/V ₀	0,656	0,664	0,672	0,680	0,687	0,695	0,700	0,706	0,713	0,720
	d/D	0,346	0,353	0,362	0,370	0,379	0,386	0,393	0,400	0,409	0,417
	R/R ₀	0,768	0,780	0,795	0,809	0,824	0,836	0,848	0,860	0,874	0,886
	H/D	0,251	0,258	0,266	0,273	0,280	0,287	0,294	0,300	0,307	0,314
0,3	V/V ₀	0,729	0,732	0,740	0,750	0,755	0,760	0,768	0,776	0,781	0,787
	d/D	0,424	0,431	0,439	0,447	0,452	0,460	0,468	0,476	0,482	0,488
	R/R ₀	0,896	0,907	0,919	0,931	0,938	0,950	0,962	0,974	0,983	0,992
	H/D	0,321	0,328	0,334	0,341	0,348	0,354	0,361	0,368	0,374	0,381
0,4	V/V ₀	0,796	0,802	0,806	0,810	0,816	0,822	0,830	0,834	0,840	0,845
	d/D	0,498	0,504	0,510	0,516	0,523	0,530	0,536	0,542	0,550	0,557
	R/R ₀	1,007	1,014	1,021	1,028	1,035	1,043	1,050	1,056	1,065	1,073
	H/D	0,388	0,395	0,402	0,408	0,415	0,422	0,429	0,436	0,443	0,450
0,5	V/V ₀	0,850	0,855	0,860	0,865	0,870	0,875	0,880	0,885	0,890	0,895
	d/D	0,563	0,570	0,576	0,582	0,588	0,594	0,601	0,608	0,615	0,620
	R/R ₀	1,079	1,087	1,094	1,100	1,107	1,113	1,121	1,125	1,129	1,132
	H/D	0,458	0,465	0,472	0,479	0,487	0,494	0,502	0,510	0,518	0,526
0,6	V/V ₀	0,900	0,903	0,908	0,913	0,918	0,922	0,927	0,931	0,936	0,941
	d/D	0,626	0,632	0,639	0,645	0,651	0,658	0,666	0,672	0,678	0,686
	R/R ₀	1,136	1,139	1,143	1,147	1,151	1,155	1,160	1,163	1,167	1,172
	H/D	0,534	0,542	0,550	0,559	0,568	0,576	0,585	0,595	0,604	0,614
0,7	V/V ₀	0,945	0,951	0,955	0,958	0,961	0,965	0,969	0,972	0,975	0,980
	d/D	0,692	0,699	0,705	0,710	0,719	0,724	0,732	0,738	0,743	0,750
	R/R ₀	1,175	1,179	1,182	1,184	1,188	1,190	1,193	1,195	1,197	1,200
	H/D	0,623	0,633	0,644	0,654	0,665	0,677	0,688	0,700	0,713	0,725
0,8	V/V ₀	0,984	0,987	0,990	0,993	0,997	1,001	1,005	1,007	1,011	1,015
	d/D	0,756	0,763	0,770	0,778	0,785	0,791	0,798	0,804	0,813	0,820
	R/R ₀	1,202	1,205	1,208	1,211	1,214	1,216	1,219	1,219	1,215	1,214
	H/D	0,739	0,753	0,767	0,783	0,798	0,815	0,833	0,852	0,871	0,892
0,9	V/V ₀	1,018	1,021	1,024	1,027	1,030	1,033	1,036	1,038	1,039	1,040
	d/D	0,826	0,835	0,843	0,852	0,860	0,868	0,876	0,884	0,892	0,900
	R/R ₀	1,212	1,210	1,207	1,204	1,202	1,200	1,197	1,195	1,192	1,190
	H/D	0,915	0,940	0,966	0,995	1,027	1,063	1,103	1,149	1,202	1,265
1,0	V/V ₀	1,041	1,042	1,042							
	d/D	0,914	0,920	0,931							
	R/R ₀	1,172	1,164	1,150							
	H/D	1,344	1,445	1,584							

siendo: Q = caudal de diseño Q₀ = caudal a tubo lleno
V = velocidad de diseño V₀ = velocidad a tubo lleno
d = lámina de agua D = diámetro de la tubería
R = radio hidráulico al caudal de diseño
R₀ = radio hidráulico a tubo lleno
H = profundidad hidráulica
n = número de Manning a caudal de diseño
n₀ = número de Manning a tubo lleno

Tabla 3-6: Relaciones hidráulicas (López, 2003)

3.4.16 Velocidad real en la sección de flujo

La velocidad real mínima recomendada es de 0,45 m/s. (López, 2003).

$$V = \frac{V}{V_0} * \frac{Q_0}{A} \quad (3.11)$$

Para la tubería 5-3 se tiene lo siguiente:

$$V = 1,021 * 1,61 \text{ m/s} \rightarrow 1,64 \text{ m/s}$$

3.4.17 Altura de velocidad

Este parámetro se calcula teniendo en cuenta la ecuación de la conservación de la energía:

$$\frac{v^2}{2g} \quad (3.12)$$

Para la tubería 5-3 se tiene:

$$\frac{(1,64 \text{ m/s})^2}{2 * (9,81 \text{ m/s}^2)} \rightarrow 0,137 \text{ m}$$

3.4.18 Radio hidráulico

$$R = \frac{R}{R_0} * \frac{D}{4} \quad (3.13)$$

Para el colector 5-3 se tiene:

$$R = 1,210 * \frac{0,362 \text{ m}}{4} \rightarrow 0,11 \text{ m}$$

3.4.19 Esfuerzo cortante medio

Según el Artículo 149 (sección 4) de la resolución 0330 de 2017 se debe cumplir que el esfuerzo cortante en la pared de la tubería sea mayor a 2,0 Pa para garantizar la autolimpieza de la tubería.

Este parámetro se calcula de la siguiente manera:

$$\tau = \gamma * R * S \quad (3.14)$$

Donde,

γ = Gravedad en m/s^2

R = Radio hidráulico.

S = Pendiente de diseño.

Para el colector 5-3 se tiene lo siguiente:

$$\tau = (9,81 \text{ m/s}^2 * 1.000) * \left(\frac{0,11 \text{ m}}{100}\right) * 0,63\%$$

$$\tau = 6,82 > 2 \rightarrow \text{Cumple}$$

3.4.20 Altura de la lámina de agua

Para calcular este parámetro se tiene en cuenta la relación entre lámina de agua y diámetro de la tubería, multiplicada por el diámetro interno real. (López, 2003)

$$d = \frac{d}{D} * D_c \quad (3.15)$$

Para la tubería 5-3 se tiene:

$$d = 0,835 * 3,362 \text{ m} \rightarrow 0,30 \text{ m}$$

3.4.21 Energía específica

Suma de alturas de velocidad y lámina de agua. (López, 2003)

$$E = d + \frac{v^2}{2g} \quad (3.16)$$

Para el colector 5-3 se tiene lo siguiente:

$$E = 0,30 \text{ m} + 0,137 \text{ m} \rightarrow 0,44 \text{ m}$$

3.4.22 Profundidad hidráulica en la sección de flujo

Para calcular este parámetro se tiene en cuenta la relación hidráulica de la profundidad de la sección de flujo y el diámetro interno de la tubería, multiplicado por el diámetro interno real calculado. (López, 2003)

$$H = \frac{H}{D} * D_c \quad (3.17)$$

Para la tubería 5-3 se tiene lo siguiente:

$$H = 0,940 * 0,362 m \rightarrow 0,34 m$$

3.4.23 Número de Froude

Este parámetro se calcula para determinar el régimen de flujo que se encuentra en cada colector, dicho régimen se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$NF = \frac{V}{\sqrt{g * H}} \quad (3.18)$$

Donde,

V = Velocidad real en la sección de flujo en m/s

g = Gravedad en m/s^2 .

H = Profundidad hidráulica en m .

Para determinar el régimen de flujo en la tubería se tienen los siguientes condicionantes:

si $NF \leq 0,9$; el régimen de flujo es subcrítico

si $NF \geq 1,1$; el régimen de flujo es supercrítico

De acuerdo con lo anterior, para el colector 5-3 se calcula el régimen de flujo:

$$NF = \frac{1,64 \text{ m/s}}{\sqrt{9,81 \text{ m/s}^2 * 0,34 \text{ m}}}$$

$$NF = 0,90 \rightarrow \text{Flujo subcrítico}$$

3.4.24 Diámetro de pozos de inspección

En la Resolución 0330 de 2017 se establecen las dimensiones de las estructuras de conexión de acuerdo con el diámetro de las tuberías a empatar:

Mayor diámetro de las tuberías conectadas (mm)	Diámetro interno de la estructura (m)
De 200 a 500	1,20
Mayor que 500 hasta 750	1,50
Mayor que 750 hasta 900	1,80

Tabla 3-7: Diámetro interno mínimo de estructuras de conexión (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

Por ejemplo, para la conexión de las tuberías 5-3 y 3-1, donde el mayor diámetro entre ambas tuberías es el del colector 3-1 se tiene que:

$$D_{3-1} = 0,452 \text{ m}$$

$$0,452\text{m} < 0,5 \text{ m} \rightarrow \text{Diámetro de pozo} = 1,20 \text{ m}$$

3.4.25 Radio de curvatura

Este parámetro depende directamente del ángulo de empate de las tuberías y del diámetro del pozo, para lo cual se tiene la siguiente ecuación:

$$r_c = \frac{D_p}{2 * \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \quad (3.19)$$

Donde,

D_p = Diámetro del pozo de inspección en m

α = Ángulo de empate de las tuberías afines al pozo en $^\circ$.

Por ejemplo, para la tubería 5-3 y 3-1 se tiene un ángulo de empate de 0° , por lo tanto, el radio de curvatura también es 0.

Por otro lado, las tuberías 5-6 y 6-7 tienen un ángulo de empate de 90° , por lo que el radio de curvatura es el siguiente:

$$r_{c_{6-7}} = \frac{1,20 \text{ m}}{2 * \tan\left(\frac{90^\circ}{2}\right)} \rightarrow 0,60 \text{ m}$$

3.4.26 Pérdidas de energía por transición

Las pérdidas de energía por la unión o transición obedecen al aumento o a la disminución de la velocidad debido a un cambio de diámetro, pendiente o adición de caudal. (López, 2003).

Este parámetro se calcula de la siguiente manera:

$$\Delta H_t = k \left| \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} \right| \quad (3.20)$$

Donde,

$k = 0,1$ para un aumento de la velocidad.

$k = 0,2$ para una disminución de la velocidad.

Por ejemplo, para la conexión entre las tuberías 5-3 y 3-1, donde se presenta disminución de velocidad se calcula la siguiente pérdida de energía por transición:

$$\Delta H_t = 0,2 |0,067 \text{ m} - 0,13 \text{ m}| \rightarrow 0,014 \text{ m}$$

3.4.27 Pérdidas de energía por cambio de dirección

En primer lugar, se deben identificar las conexiones de tubería donde se produce un cambio de dirección al empatar las tuberías en el pozo. Luego, se determina la relación entre el radio de curvatura del pozo r_c , y el diámetro de la tubería de salida D_s de la siguiente manera:

$$\frac{r_c}{D_s}$$

No se recomienda trabajar con relaciones de r_c/D_s menores que 1,0, debido a que el porcentaje de pérdida de energía cinética es muy alto. (López, 2003).

Posteriormente, se verifica el régimen de flujo existente en las tuberías afines, porque de acuerdo con el régimen de flujo se utiliza un factor k para disminuir la altura de velocidad, como se indica en la siguiente ecuación basada en la figura 3-13:

$$H_d = k * \frac{v^2}{2g} \quad (3.21)$$

Régimen de flujo	r_c / D_s	ΔH_d
Subcrítico	1,0 - 1,5	0,40 $V^2/2g$
	1,5 - 3,0	0,20 $V^2/2g$
	> 3,0	0,05 $V^2/2g$
Supercrítico	6,0 - 8,0	0,40 $V^2/2g$
	8,0 - 10,0	0,20 $V^2/2g$
	> 10,0	0,05 $V^2/2g$

Figura 3-13: Pérdida de energía por cambio de dirección. (López, 2003)

Por ejemplo, para las tuberías 5-6 y 6-7 donde se produce un cambio de dirección se tiene la siguiente pérdida de energía por cambio de dirección:

$$\frac{r_c}{D_s} = \frac{0,60}{0,595 \text{ m}} \rightarrow 1,01$$

Entre estas tuberías el régimen de flujo es supercrítico, pero al tener una relación tan pequeña, la pérdida es mínima, por lo cual no se pueden aplicar los factores presentes en la figura 3-13.

$$H_{d_{6-7}} = 0,00$$

3.4.28 Pérdida de energía total en el pozo

Para régimen de flujo subcrítico, la pérdida total de energía en el pozo es la sumatoria de pérdidas de energía calculadas anteriormente:

$$\Delta H_e = \Delta H_d + \Delta H_t \quad (3.22)$$

Para régimen de flujo supercrítico, en el presente diseño de alcantarillado pluvial se optó por tomar un 30% de la energía específica (E) como valor para la pérdida de energía total en el pozo.

$$\text{Si } NF \geq 1,1 \rightarrow \Delta H_e = E * 30\%$$

3.4.29 Cotas de construcción

Para calcular las cotas de construcción se debe partir de las cotas rasantes de los pozos de entrada y de salida, las cuales se obtienen en el plano topográfico. Para las cotas calculadas se sigue el siguiente procedimiento:

- **Cota Clave:**

$$Cota\ clave = (cota\ rasante) - (profundidad\ a\ clave)$$

- **Cota Batea:**

Para los pozos de entrada se tiene que:

$$Cota\ batea_{pozo\ entrada} = (cota\ clave) - (diametro\ interno\ real\ de\ la\ tubería)$$

Para los pozos de salida se tiene que:

$$Cota\ batea_{pozo\ salida} = (cota\ batea_{pozo\ entrada}) - (Pendiente * Longitud)$$

- **Cota Lámina de agua:**

Para los pozos de entrada se tiene que:

$$Cota\ lámina_{pozo\ entrada} = (cota\ batea) + (altura\ lámina\ de\ agua\ "d")$$

Para los pozos de salida se tiene que:

$$Cota\ lámina_{pozo\ salida} = (cota\ lámina_{pozo\ entrada}) - (Pendiente * Longitud)$$

- **Cota de energía de la tubería:**

Para los pozos de entrada de los **tramos iniciales** se tiene que:

$$Cota\ energía_{pozo\ entrada} = (cota\ batea) + (energía\ específica\ "E")$$

Para los pozos de entrada de los **demás tramos** se tiene que:

$$Cota\ energía_{p\ E} = (cota\ energía\ aguas\ abajo\ en\ tramo\ anterior) - (Pérdidas\ de\ energía\ en\ el\ pozo)$$

Para los pozos de salida se tiene que:

$$Cota\ energía_{pozo\ salida} = (cota\ energía_{pozo\ entrada}) - (Pendiente * Longitud)$$

3.5 Elaboración de planos y presupuesto para la propuesta de diseño de alcantarillado pluvial

Por último, se elaboraron los planos y presupuesto correspondiente para la propuesta de diseño del sistema de alcantarillado pluvial para el barrio Cándido Leguizamo de la ciudad de Neiva.

Capítulo 4

4. Análisis de resultados

4.1 Diagnóstico de la red existente

En la figura 4-1 y 4-2, se presentan los resultados de la inspección de los pozos y sumideros de la red objeto de estudio, en la cual se clasifican en 4 estados, los cuales son bueno, regular, malo y no se pudo inspeccionar debido a distintos factores.

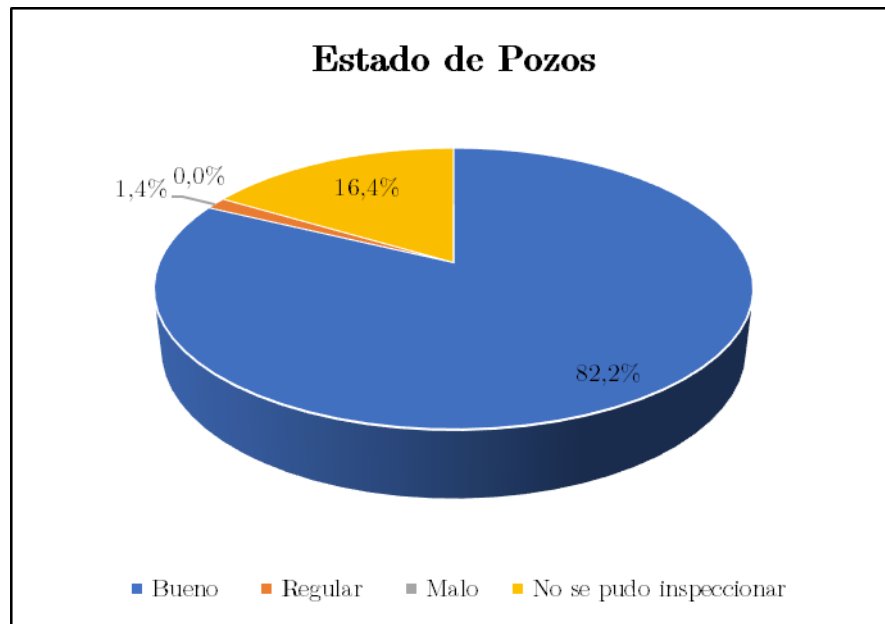


Figura 4-1: Estado de los pozos de inspección.

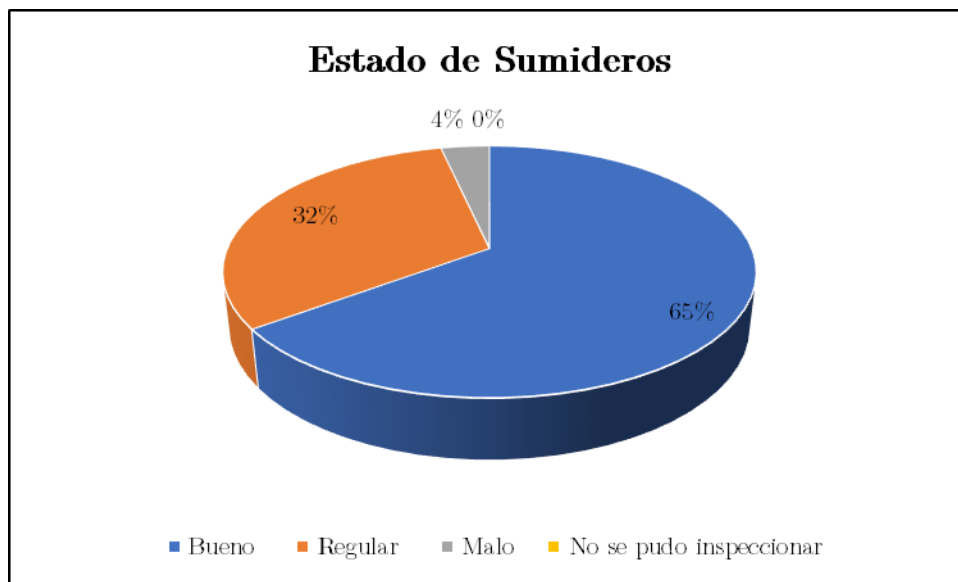


Figura 4-2: Estado de los sumideros.

Tanto para los pozos de inspección como los sumideros, se percibe que se les debe realizar un mantenimiento general debido a que se encuentran obstruidos por sedimentos y basuras. Para los pozos de inspección se puede percibir que el 82.2 % se encuentran en buen estado, el 16,4% no se pudo inspeccionar, y el 1,4% se encuentra en estado regular. Para los sumideros se puede apreciar que, con respecto a los pozos, estos presentan mayores afectaciones, pues se tiene que el 65% se encuentran en buen estado, el 32% en estado regular, es decir, requiere reparaciones en su estructura y el 4% en mal estado, es decir, requieren ser reconstruidos de nuevo.

4.2 Resultado del sistema de alcantarillado pluvial

A continuación, se presentan un resumen de los datos obtenidos para determinar las áreas tributarias, y los circuitos o distribución de la red de alcantarillado.

CALCULO DE COEFICIENTE DE ESCORRENTIA								
	Pozo	Área parcial	Co. Es. Parcial	Δ Área	Co. Es. Incr.	ΣA x C	Área total	Co. Ec. Prom.
	De-A	ha		ha			ha	
	1	2	3	4	5	6	7	8
CIR 1	5-3			0,565	0,75	0,42	0,565000	0,75
	3-1	0,565000	0,30	0,375	0,75	0,45	0,940000	0,4795213
	1-E1	0,940000	0,30	0	0,75	0,28	0,940000	0,3
CIR 2	7-4			0,563	0,75	0,42	0,563000	0,75
	4-2	0,563000	0,30	0,376	0,75	0,45	0,939000	0,4801917
	2-E2	0,939000	0,30	0	0,75	0,28	0,939000	0,3
CIR 3	5-6	0,939000		0,1019	0,75	0,08	1,040900	0,073422
	6-7	1,040900	0,75	0,1038	0,75	0,86	1,144700	0,75
	7-10	1,144700	0,75	0,0792	0,75	0,92	1,223900	0,75
	10-11	1,893100	0,75	0,0161	0,75	1,43	1,909200	0,75
	11-E3	1,909200	0,75	0	0,75	1,43	1,909200	0,75
CIR 4	5-8			0,0769	0,75	0,06	0,076900	0,75
	8-9	0,167600	0,75	0,2567	0,75	0,32	0,424300	0,75
	9-10	0,424300	0,75	0,2449	0,75	0,50	0,669200	0,75
CIR 5	12-8			0,0907	0,75	0,07	0,090700	0,75
CIR 6	15-12			0,1	0,75	0,08	0,100000	0,75
	12-13	0,100000	0,75	0,296	0,75	0,30	0,396000	0,75
	13-14	0,396000	0,75	0,2584	0,75	0,49	0,654400	0,75
	14-11	0,738100	0,75	0,0697	0,75	0,61	0,807800	0,75
CIR 7	17-14			0,0837	0,75	0,06	0,083700	0,75
CIR 8	18-15			0,1049	0,75	0,08	0,104900	0,75
	15-16	0,104900	0,75	0,3173	0,75	0,32	0,422200	0,75
	16-17	1,416500	0,75	0,2633	0,75	1,26	1,679800	0,75
	17-E4	2,674100	0,75	0	0,75	2,01	2,674100	0,75
CIR 9	22-18			0,1125	0,75	0,08	0,112500	0,75
	18-19	0,112500	0,75	0,3463	0,75	0,34	0,458800	0,75
	19-20	0,572000	0,75	0,294	0,75	0,65	0,866000	0,75
	20-17	0,896800	0,75	0,0975	0,75	0,75	0,994300	0,75
CIR 9	21-20			0,0308	0,75	0,02	0,030800	0,75
CIR 10	26-22			0,1125	0,75	0,08	0,112500	0,75
	22-23	0,112500	0,75	0,3241	0,75	0,33	0,436600	0,75
	23-24	0,436600	0,75	0,3951	0,75	0,62	0,831700	0,75
	24-21	0,900400	0,75	0,0838	0,75	0,74	0,984200	0,75
	21-E5	1,052900	0,75	0	0,75	0,79	1,052900	0,75
CIR 11	25-24			0,0687	0,75	0,05	0,068700	0,75

Figura 4-3: Cálculo de áreas y distribución inicial de las tuberías.

Para iniciar el cálculo hidráulico, se parte de estos resultados donde se obtuvo como resultado que las áreas parciales no superan las 0,57 ha y el área total más grande para un circuito es de 3,79 ha.

Luego de realizar todo el procedimiento establecido en el capítulo 3 del presente documento, se obtuvieron los siguientes parámetros hidráulicos y dimensiones para pozo que compone la red, ver Figura 4-4, 4-5, 4-6. La totalidad de la hoja de cálculo programada para la obtención de caudales y dimensionamiento de la red se presenta en el Anexo A.

Se establecieron pendientes que además de cumplir el valor mínimo por la normativa, también contribuyera a disminuir el valor de la velocidad, buscando así disminuir los diámetros y profundidades, teniendo como resultado que la pendiente mínima en todo el sistema es de 0,17%, el cual aplica para la tubería 4-2. Por otro lado el valor máximo de pendiente es de 3,33%, correspondiente a la tubería 33-E7.

En términos generales, se tienen aproximadamente 5.509 metros lineales de tubería nueva, la cual tienen como diámetro mínimo tuberías de 10 pulgadas, y como diámetro máximo se tienen tuberías de 24 pulgadas, las cuales se obtuvieron en los tramos finales de los circuitos más grandes, donde se presentan caudales máximos de aguas lluvias hasta de 919,79 L/s .

Se obtuvo que el 34% de las tuberías funcionaran en régimen de flujo subcrítico, debido a que presentan un número de Froude menor o igual a 0,90. El 66% de tuberías restantes trabajarán bajo régimen de flujo Supercrítico, donde el número de Froude para estas tuberías fue mayor o igual a 1,1.

Buscando reducir costos en actividades de excavación, relleno y para facilitar los procesos constructivos, se estableció como 2,10 metros el valor de profundidad máxima de tubería, valor que aplica para los tramos finales de tubería de los circuitos más largos.

Es importante mencionar que varios puntos efluentes funcionan en esta red como pozos o tuberías proyectadas, es decir que se deben diseñar alcantarillados de aguas lluvias en los barrios circundantes para que las tuberías funcionen como un sistema interconectado y así se pueda ir optimizando el drenaje pluvial no solo en el barrio Cándido, sino en toda la ciudad.

Diagnóstico técnico de la red de alcantarillado de aguas lluvias en puntos críticos donde se presentan inundaciones entre carrera 1ra y 2da con calles 26 y 42 del municipio de Neiva-Huila

CIR 13	29-26	0,145600	38,92	51,73	0,33	12	0,284	0,72	SUB	442,86	442,69	441,66	441,49	1,20	1,20
	26-27	0,529000	135,46	101,14	0,71	14	0,327	0,77	SUB	442,69	442,07	441,49	440,77	1,20	1,30
	27-28	0,918500	225,77	100,40	2,26	14	0,327	1,59	SUPER	442,07	439,80	440,77	438,50	1,30	1,30
	28-25	1,089700	255,16	23,82	1,81	16	0,362	1,52	SUPER	439,80	439,57	438,50	438,07	1,30	1,50
	25-E6	1,089700	252,29	6,00	2,17	16	0,362	1,77	SUPER	439,57	439,64	438,07	437,94	1,50	1,70
CIR 14	33-28	0,111000	29,67	46,64	1,03	10	0,227	1,27	SUPER	440,28	439,80	439,08	438,60	1,20	1,20
CIR 15	39-34	0,113200	30,26	48,86	0,31	10	0,227	0,58	SUB	443,27	443,12	442,07	441,92	1,20	1,20
	34-29	0,293300	75,11	101,09	0,36	14	0,327	0,72	SUB	443,12	442,86	441,92	441,56	1,20	1,30
	29-30	0,528600	132,50	51,84	1,23	14	0,327	1,37	SUPER	442,86	442,32	441,56	440,92	1,30	1,40
	30-31	0,966700	231,23	65,76	1,11	18	0,407	1,34	SUPER	442,32	441,79	440,92	440,19	1,40	1,60
	31-32	1,206300	283,61	44,64	1,61	18	0,407	1,60	SUPER	441,79	441,37	440,19	439,47	1,60	1,90
	32-33	3,090300	748,05	53,50	1,66	24	0,595	1,77	SUPER	441,37	440,28	439,47	438,58	1,90	1,70
33-E7	3,373400	816,58	6,00	3,33	24	0,595	2,63	SUPER	440,28	440,18	438,58	438,38	1,70	1,80	
CIR 16	40-35	0,200300	53,54	47,28	0,44	12	0,284	0,81	SUB	442,82	442,71	441,62	441,41	1,20	1,30
	35-36	0,600300	155,26	77,22	0,91	16	0,362	1,17	SUPER	442,71	442,11	441,41	440,71	1,30	1,40
	36-37	1,139800	278,15	65,25	0,66	24	0,595	1,20	SUPER	442,11	442,08	440,71	440,28	1,40	1,80
	37-32	1,640200	375,41	101,16	0,63	24	0,595	1,14	SUPER	442,08	441,54	440,28	439,64	1,80	1,90
CIR 17	35-30	0,101900	27,24	100,26	0,49	10	0,227	0,84	SUB	442,71	442,32	441,51	441,02	1,20	1,30
CIR 18	41-36	0,174500	46,64	48,15	0,35	14	0,327	0,79	SUB	442,08	442,11	440,88	440,71	1,20	1,40
CIR 19	42-37	0,193700	51,77	48,78	0,25	14	0,327	0,63	SUB	441,40	442,08	440,20	440,08	1,20	2,00
CIR 20	43-38	0,103300	27,61	47,34	0,42	12	0,284	0,85	SUB	440,86	440,96	439,66	439,46	1,20	1,50
	38-33	0,283100	72,42	103,44	0,85	12	0,284	1,13	SUPER	440,96	440,28	439,46	438,58	1,50	1,70
CIR 21	52-47	0,112900	30,18	75,00	0,40	10	0,227	0,72	SUB	443,30	443,50	442,10	441,80	1,20	1,70
	47-39	0,222400	57,57	75,00	0,44	12	0,284	0,78	SUB	443,50	443,27	441,80	441,47	1,70	1,80
	39-40	0,445400	112,84	51,89	0,87	14	0,327	1,14	SUPER	443,27	442,82	441,47	441,02	1,80	1,80
	40-41	0,800900	192,54	78,82	0,56	18	0,407	0,86	SUB	442,82	442,08	441,02	440,58	1,80	1,50
	41-42	1,188800	269,43	76,08	1,03	18	0,407	1,12	SUPER	442,08	441,40	440,58	439,80	1,50	1,60
	42-43	3,627500	878,09	49,68	1,29	24	0,595	1,22	SUPER	441,30	440,86	439,70	439,06	1,60	1,80
	43-E8	3,799800	919,79	6,00	2,67	24	0,595	2,26	SUPER	440,86	440,90	439,06	438,90	1,80	2,00
CIR 22	44-40	0,167200	44,69	50,19	0,46	12	0,284	0,85	SUB	442,95	442,82	441,75	441,52	1,20	1,30
CIR 23	45-41	0,198600	53,08	50,04	0,28	14	0,327	0,68	SUB	442,02	442,08	440,82	440,68	1,20	1,40
CIR 24	49-44	0,220100	58,83	52,49	0,30	12	0,284	0,54	SUB	443,01	442,95	441,81	441,65	1,20	1,30
	44-45	0,441300	113,68	86,81	1,07	14	0,327	1,31	SUPER	442,95	442,02	441,65	440,72	1,30	1,30
	45-46	0,879600	211,50	83,50	1,16	16	0,362	1,17	SUPER	442,02	441,25	440,72	439,75	1,30	1,50
	46-42	2,303500	557,59	51,36	0,88	24	0,595	1,27	SUPER	441,25	441,30	439,75	439,30	1,50	2,00
CIR 25	50-45	0,225400	60,24	51,62	0,46	12	0,284	0,80	SUB	442,16	442,02	440,96	440,72	1,20	1,30
CIR 26	48-43	0,172300	46,05	73,27	0,23	14	0,327	0,62	SUB	440,73	440,86	439,53	439,36	1,20	1,50

Figura 4-5: Continuación del cálculo hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario.

CIR 27	53-49	0,176600	47,20	47,90	0,73	12	0,284	1,10	SUPER	442,86	443,01	441,66	441,31	1,20	1,70
	49-50	0,412400	105,91	94,18	0,90	14	0,327	1,20	SUPER	443,01	442,16	441,31	440,46	1,70	1,70
	50-51	0,862800	205,76	89,85	0,89	18	0,407	1,20	SUPER	442,16	441,46	440,46	439,66	1,70	1,80
	51-46	1,267900	286,69	50,70	0,61	24	0,595	1,15	SUPER	441,46	441,25	439,66	439,35	1,80	1,90
CIR 28	54-50	0,227900	60,91	48,44	0,89	12	0,284	1,20	SUPER	442,09	442,16	440,89	440,46	1,20	1,70
CIR 29	55-51	0,159500	42,63	48,49	0,39	12	0,284	0,79	SUB	441,35	441,46	440,15	439,96	1,20	1,50
CIR 30	52-53	0,158200	42,28	51,53	1,44	10	0,227	1,47	SUPER	443,30	442,86	442,10	441,36	1,20	1,50
	53-54	0,533000	133,72	99,23	0,88	16	0,362	1,20	SUPER	442,86	442,09	441,36	440,49	1,50	1,60
	54-55	1,023200	237,62	97,47	0,96	18	0,407	1,19	SUPER	442,09	441,35	440,49	439,55	1,60	1,80
	55-56	1,635500	361,62	50,40	1,59	18	0,407	1,19	SUPER	441,35	440,35	439,55	438,75	1,80	1,60
	56-48	1,822000	402,86	78,32	0,70	24	0,595	1,19	SUPER	440,35	440,20	438,75	438,20	1,60	2,00
CIR 31	48-E9	1,822000	402,86	6,00	0,67	24	0,595	1,16	SUPER	440,20	440,21	438,20	438,16	2,00	2,05
	57-53	0,124800	33,36	50,91	0,41	12	0,284	0,83	SUB	442,77	442,86	441,57	441,36	1,20	1,50
CIR 32	58-54	0,256400	68,53	51,62	0,70	14	0,327	1,10	SUPER	442,05	442,09	440,85	440,49	1,20	1,60
CIR 33	57-58	0,125400	33,52	98,37	0,83	10	0,227	1,11	SUPER	442,77	442,05	441,57	440,75	1,20	1,30
	58-59	0,278300	70,87	114,51	0,88	12	0,284	1,16	SUPER	442,05	441,24	440,75	439,74	1,30	1,50
	59-55	0,454400	113,37	49,95	0,38	16	0,362	0,71	SUB	441,24	441,35	439,74	439,55	1,50	1,80
CIR 34	56-60	0,136000	36,35	86,27	0,41	12	0,284	0,82	SUB	440,35	440,50	439,15	438,80	1,20	1,70
	60-E10	0,136000	36,26	6,00	0,83	12	0,284	1,20	SUPER	440,50	440,55	438,80	438,75	1,70	1,80

Figura 4-6: Continuación del cálculo hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario.

4.3 Planos y Presupuesto

De acuerdo a los resultados obtenidos en el cálculo hidráulico se realiza un plano en planta donde se visualiza las curvas de nivel del terreno, las longitudes, diámetros y pendiente de las tuberías, la numeración y distribución de los circuitos que componen la red. También se presenta un plano de detalle de los sumideros. Por último, se presenta un conjunto de planos que contienen los perfiles longitudinales para cada circuito donde se evidencian las cotas del terreno, cota clave, longitud y pendiente de cada tubería. Los planos mencionados anteriormente se encuentran en el Anexo B del presente documento.

A partir de los cálculos hidráulicos y los planos se obtienen las cantidades necesarias para la construcción del proyecto, con el fin de conocer el valor del mismo se realiza el presupuesto el cual da un valor de \$ 3.114.847.405,56. El presupuesto se encuentra en las figuras 4-7, 4-8 y en el anexo B.

PRESUPUESTO					
PROPUESTA DE DISEÑO DE ALCANTARILLADO PLUVIAL EN EL BARRIO CANDIDO					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Vr/ unitario	Vr/ Total
1 PRELIMINARES					
1,1	Localización y replanteo, INCLUYE: Topografía y generación de datos SIG. Planos record de tuberías	ML	2.273,00	\$ 3.084,00	\$ 7.009.932,00
1,2	Señalización vial de obra, cumpliendo la normativa vigente	ML	2.273,00	\$ 5.656,00	\$ 12.856.088,00
SUB TOTAL					\$ 19.866.020,00
2 DEMOLICION Y EXCAVACION					
2,1	Demolición de pavimento flexible. Incluye corte de frontera con cortadora de disco y demolición con taladro demoldor. INCLUYE: RETIRO Y TRANSPORTE DEL MATERIAL SOBRENTE EN ESCOMBRERA AUTORIZADA	M2	4.407,00	\$ 29.611,00	\$ 130.495.677,00
2,2	Excavaciones varias sin clasificar para profundidades no mayores a 2,10 metros. INCLUYE: RETIRO Y TRANSPORTE DEL MATERIAL SOBRENTE EN ESCOMBRERA AUTORIZADA	M3	7.051,20	\$ 27.892,00	\$ 196.672.070,40
SUB TOTAL					\$ 327.167.747,40
3 SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA					
3,1	Suministro e instalación tubería PVC diámetro 10 pulgadas, de pared estructural y sello hermético. Incluye: Transporte al sitio.	ML	866,30	\$ 91.881,43	\$ 79.596.881,57
3,2	Suministro e instalación tubería PVC diámetro 12 pulgadas, de pared estructural y sello hermético. Incluye: Transporte al sitio.	ML	1.135,98	\$ 150.161,43	\$ 170.579.929,14
3,3	Suministro e instalación tubería PVC diámetro 14 pulgadas, de pared estructural y sello hermético. Incluye: Transporte al sitio.	ML	1.112,59	\$ 199.720,00	\$ 222.206.674,52
3,4	Suministro e instalación tubería PVC diámetro 16 pulgadas, de pared estructural y sello hermético. Incluye: Transporte al sitio.	ML	666,96	\$ 244.700,00	\$ 163.204.622,60
3,5	Suministro e instalación tubería PVC diámetro 18 pulgadas, de pared estructural y sello hermético. Incluye: Transporte al sitio.	ML	594,18	\$ 316.078,57	\$ 187.807.881,65
3,6	Suministro e instalación tubería PVC diámetro 20 pulgadas, de pared estructural y sello hermético. Incluye: Transporte al sitio.	ML	574,16	\$ 565.170,00	\$ 324.497.442,03
3,7	Suministro e instalación tubería PVC diámetro 24 pulgadas, de pared estructural y sello hermético. Incluye: Transporte al sitio.	ML	558,95	\$ 838.991,43	\$ 468.953.420,01
3,8	Suministro Kit Silla Yee	UND	86,00	\$ 378.571,43	\$ 32.557.142,86
SUB TOTAL					\$ 1.649.403.994,38
4 POZOS DE INSPECCION					
4,1	Construcción de cuerpo cilíndrico de pozo de inspección en concreto reforzado de 24 Mpa Impermeabilizado de diametro libre de 1,20 metros. E=0,20 m	ML	108,00	\$ 842.126,00	\$ 90.949.608,00
4,2	Placa circular para pozo de inspección. Diametro de 1,20 m; concreto de 24 Mpa. E=0,20 m. Incluye cañuela	UND	60,00	\$ 386.219,00	\$ 23.173.140,00
SUB TOTAL					\$ 114.122.748,00

Figura 4-7: Parte A del presupuesto de alcantarillado

5 SUMIDEROS					
5,1	Construcción de sumidero estandar según plano de diseño. INCLUYE: TUBERÍA Y ACCESORIOS PARA CONEXIÓN A POZO DE	UND	38,00	\$ 1.256.478,00	\$ 47.746.164,00
SUB TOTAL					\$ 47.746.164,00
6 RELLENO					
6,1	Relleno con material proveniente de excavacion, compactación mecanica según	M3	4.847,70	\$ 12.158,00	\$ 58.938.336,60
6,2	Relleno para estructuras con material granular tipo sbg-38, compactación mecanica según INV-2012.	M3	661,05	\$ 127.547,00	\$ 84.314.944,35
SUB TOTAL					\$ 143.253.280,95
7 REPOSICION DE PAVIMENTO FLEXIBLE					
7,1	Reparación de pavimento flexible con mezcla gruesa en caliente tipo mgc-25 - mezcla in situ	M3	528,84	\$ 268.933,28	\$ 142.222.675,08
SUB TOTAL					\$ 142.222.675,08
SUB TOTAL COSTOS DIRECTOS					\$ 2.396.036.465,82
ADMINISTRACION				22%	\$ 527.128.022,48
IMPREVISTOS				3%	\$ 71.881.093,97
UTILIDAD				5%	\$ 119.801.823,29
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					\$ 3.114.847.405,56

Figura 4-8: Parte B del presupuesto de alcantarillado

Capítulo 5

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Se realizó el diagnóstico técnico general, donde mediante la elaboración de fichas técnicas para cada pozo, se puede evaluar el estado de los diferentes elementos que componen la red actual, para lograrlo, previamente se necesitó realizar la topografía, obtener información de las entidades encargadas y realizar visita de campo para diligenciar la ficha técnica y tomar registro fotográfico.
- Se logró presentar una propuesta de diseño de un nuevo sistema de alcantarillado exclusivo para el drenaje de las aguas lluvias, para un periodo de proyección de 25 años para el barrio Cándido de la ciudad de Neiva. El caudal de diseño y el cálculo hidráulico se diseñaron para cada uno de los tramos de las tuberías siguiendo los parámetros establecidos por el Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico-RAS.
- En la zona de estudio, se encontró que la mayor parte de elementos del alcantarillado actual corresponden a sistemas de recolección de aguas negras o combinado, y los pocos elementos que existen para el drenaje de aguas lluvias sufren problemas de taponamientos por el flujo de sedimentos, basuras y la falta de mantenimiento, por lo tanto, este conjunto de elementos no tiene la capacidad hidráulica para la evacuación del agua producto de fuertes precipitaciones.

- Se entregan planos para construcción del proyecto, donde se detallan los elementos complementarios como sumideros, y se ilustran los cortes longitudinales (Perfiles) para cada circuito que compone la red nueva. De los planos y del cálculo hidráulico se recopilaron las cantidades de obra para realizar el presupuesto total con las actividades requeridas para la construcción del proyecto. El costo total del proyecto con precios de octubre de 2022 corresponde a \$ 3.114.847.405,56.
- Debido a que los caudales de diseño se calcularon para eventos de lluvia extremos registrados en las curvas IDF emitidas por el IDEAM, se obtuvieron valores considerablemente altos, exigiendo así mismo, diámetros grandes y profundidades altas, es decir que el sistema se podría optimizar realizando un estudio hidrológico más detallado de la zona, de tal modo que se reduzcan los costos y aumente la viabilidad del proyecto.
- El diseño se realizó considerando el factor económico, es decir que se utilizaron diámetros mínimos para los caudales calculados, profundidades controladas para reducir costos de excavación y relleno, así como evitar costos de entibados y de maquinaria para movimientos de tierra de gran magnitud.

5.2 Recomendaciones

- El barrio Cándido Leguizamo de la ciudad de Neiva, al ser un barrio que no se encuentra aislado, requiere un diseño de alcantarillado pluvial en la que su descarga se considere en puntos o pozos proyectados hacia los barrios circundantes, como es el caso del barrio Santa Inés, donde se debe realizar la continuación del diseño de aguas lluvias para que la red se convierta en un sistema interconectado.
- El sistema de alcantarillado se diseñó de acuerdo con el método racional, el cual es un método empírico simple, donde varios parámetros se basan en suposiciones no comprobadas, como por ejemplo el hecho de considerar que la lluvia se distribuye uniformemente a lo largo de un área establecida. Por este y otros factores, se puede realizar el cálculo hidrológico de la lluvia

utilizando otro método establecido en la normativa para comparar los costos y así buscar la solución que aumente la viabilidad del proyecto.

- Al momento de construir los elementos del alcantarillado propuesto se recomienda tener en cuenta los elementos existentes que estén en un óptimo funcionamiento, para lo cual se entregó una ficha técnica con la ubicación, dimensión, material y estado de cada elemento existente en la red actual, para así considerar la opción de adaptarlos a la nueva red y así reducir costos aprovechando estas obras existentes.

Bibliografía

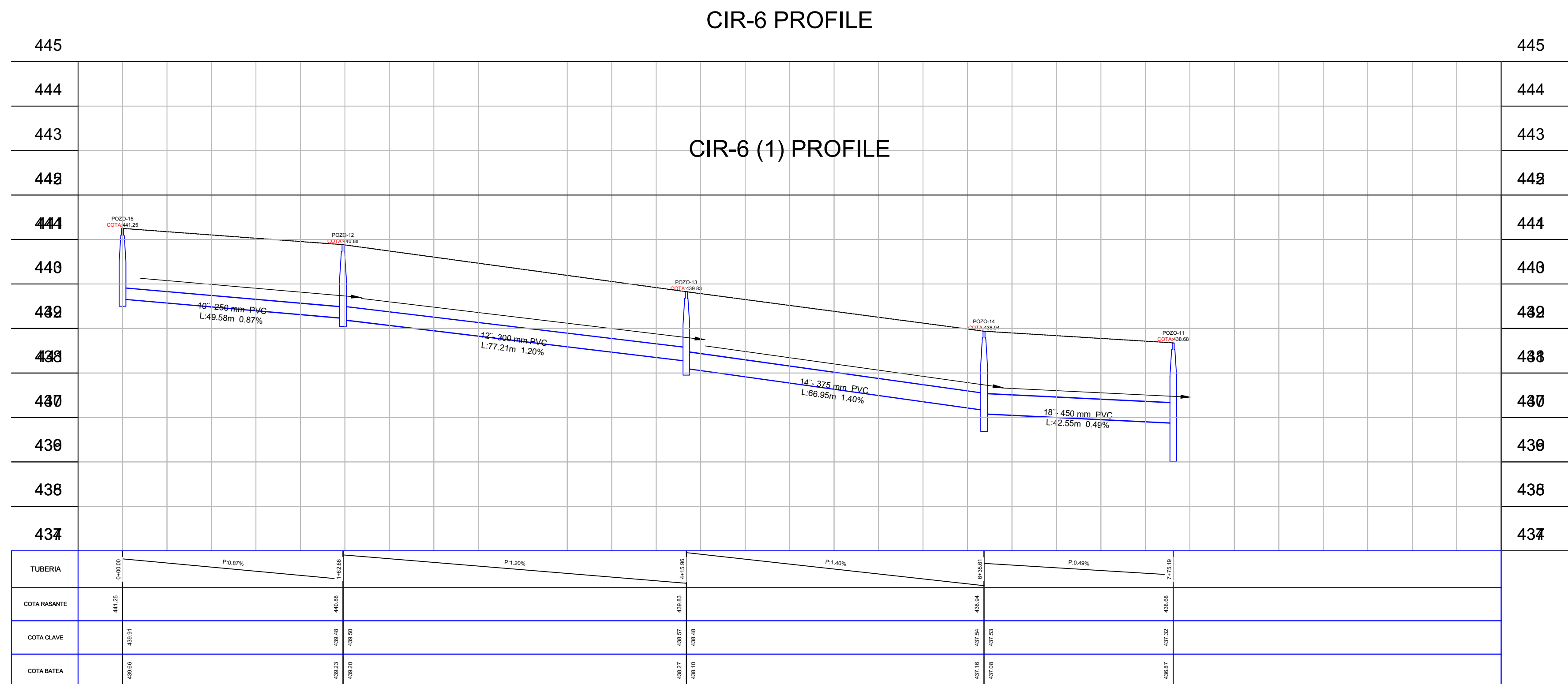
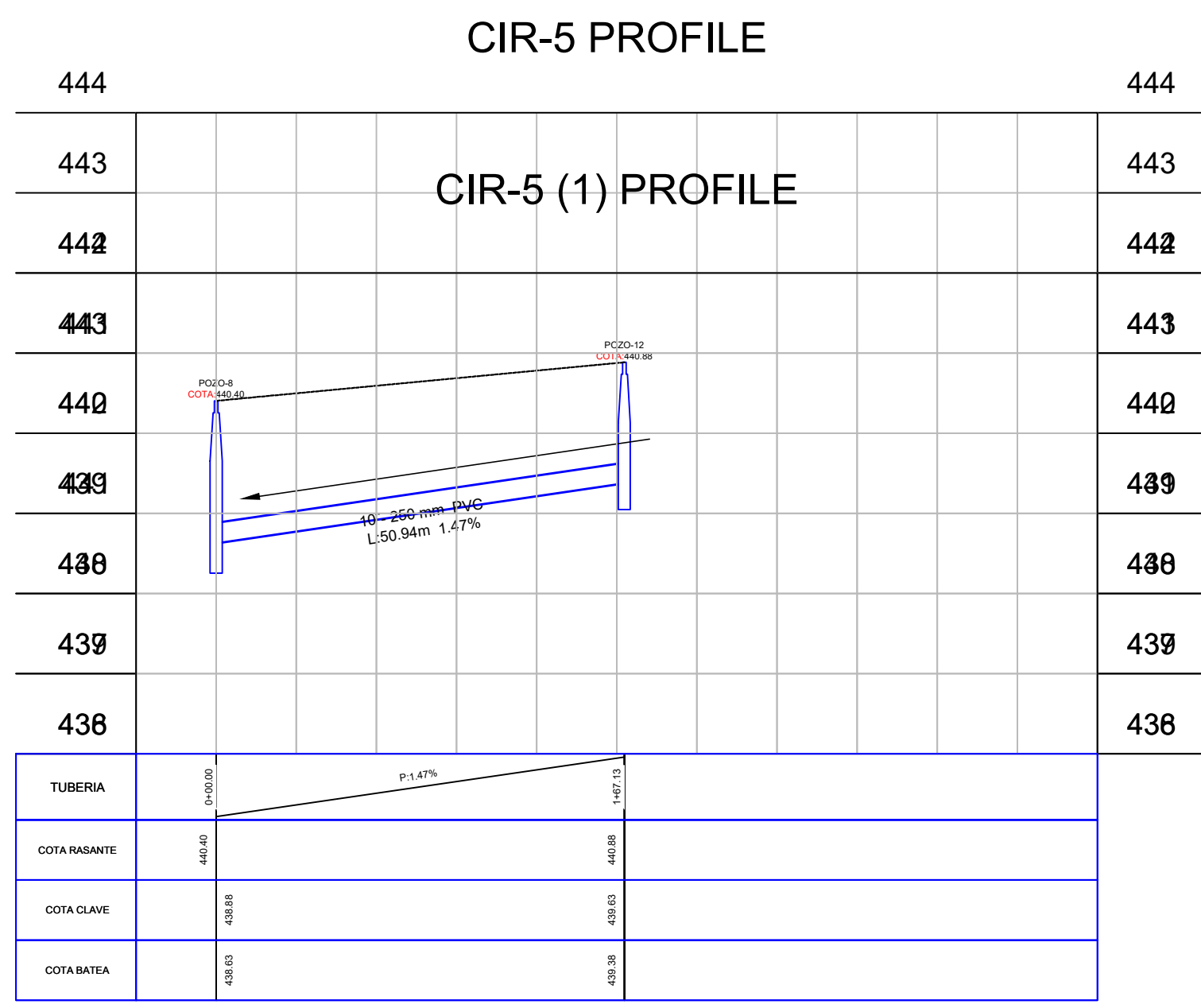
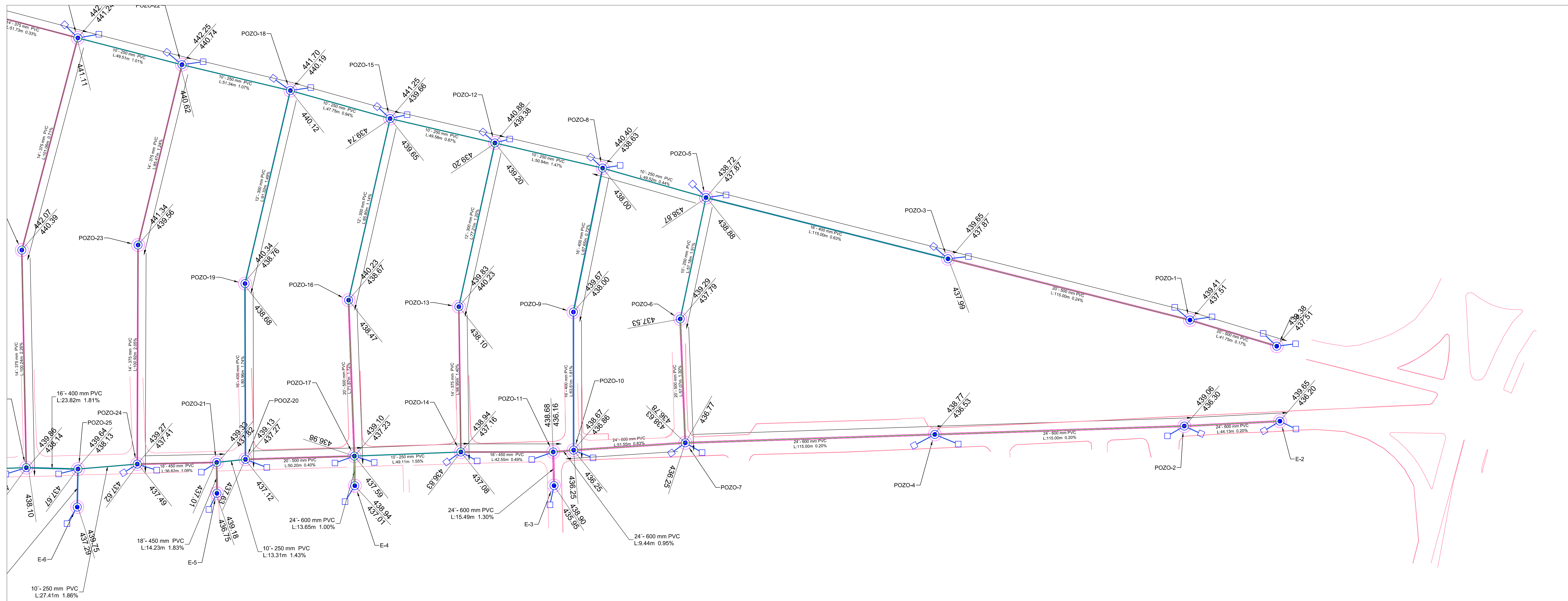
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE. (2019). *Encuesta Nacional de Calidad de vida (ECV)*. Boletín Técnico, Bogotá. Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/calidad_vida/2019/Boletin_Tecnico_ECV_2019.pdf
- Díaz, R. L. (2011). Estudio de los Planes Estratégicos de Desarrollo Local de la Comuna 1 de la Ciudad de Neiva. Neiva. Obtenido de <https://www.alcaldianeiva.gov.co/Gestion/PlaneacionGestionControl/Plan%20Estrategico%20de%20Desarrollo%20Comuna%201.pdf>
- Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (2018). *Fibras y Normas de Colombia*. Obtenido de Lluvia: Definición, Características, Origen, Tipos y Medición: <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/lluvia-definicion-caracteristicas-origen-tipos-y-medicion/#comment-357>
- IDEAM. (2016). *IDEAM*. Obtenido de Curvas Intensidad Duración Frecuencia - IDF: <http://www.ideam.gov.co/curvas-idf>
- LAS CEIBAS E.S.P. (2011). *Las Ceibas, Empresas Públicas de Neiva E.S.P.* Obtenido de <http://www.lasceibas.gov.co/las-ceibas/redes-de-alcantarillado-aguas-lluvias>
- LAS CEIBAS E.S.P. (2017). Guía para el Mantenimiento de Redes de Alcantarillado. Neiva. Obtenido de http://www.lasceibas.gov.co/sites/default/files/documentacion/al-d-01_guia_para_el_mantenimiento_de_redes_de_alcantarillado.pdf
- LAS CEIBAS E.S.P. (2022). *Portal las Ceibas.gov.co*. Obtenido de <https://portal.lasceibas.gov.co/las-ceibas>

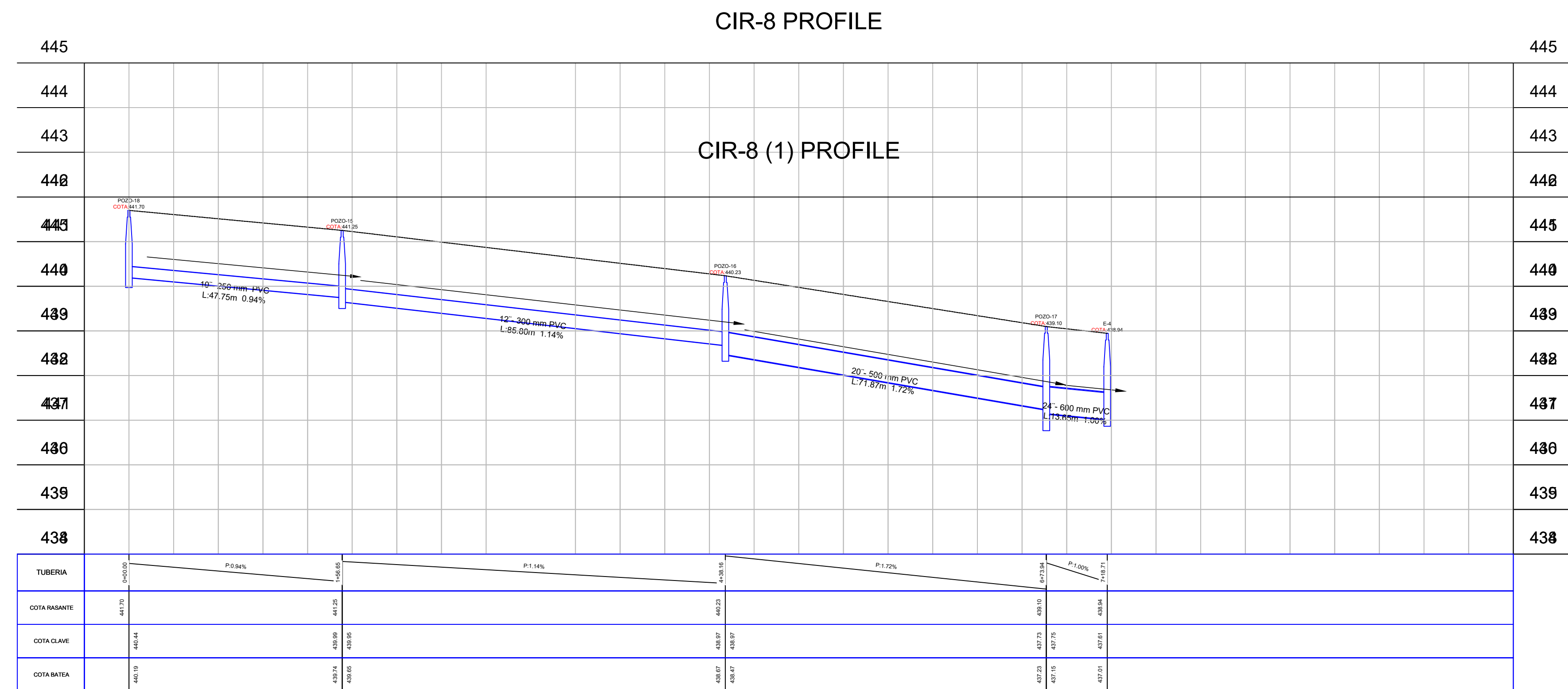
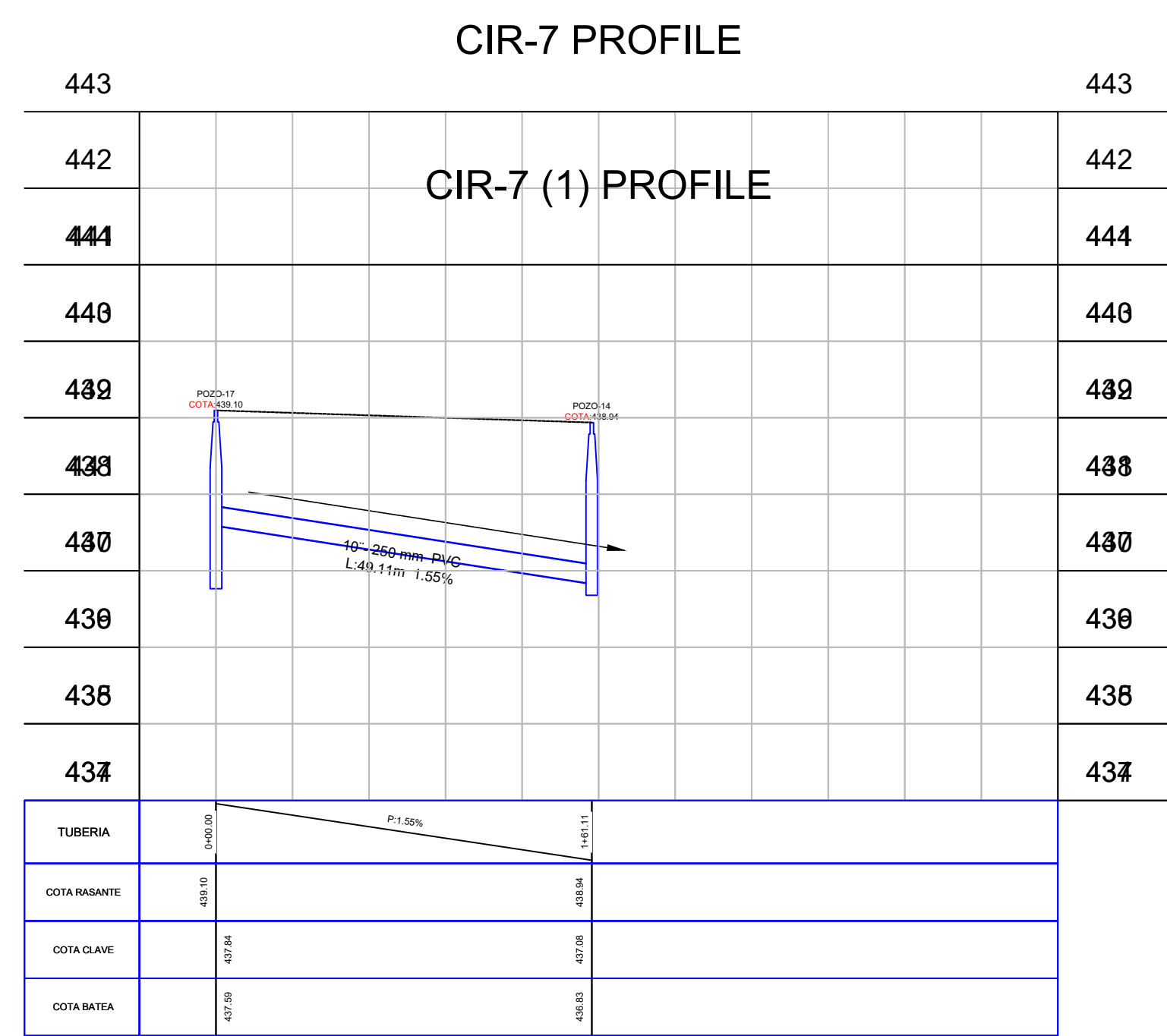
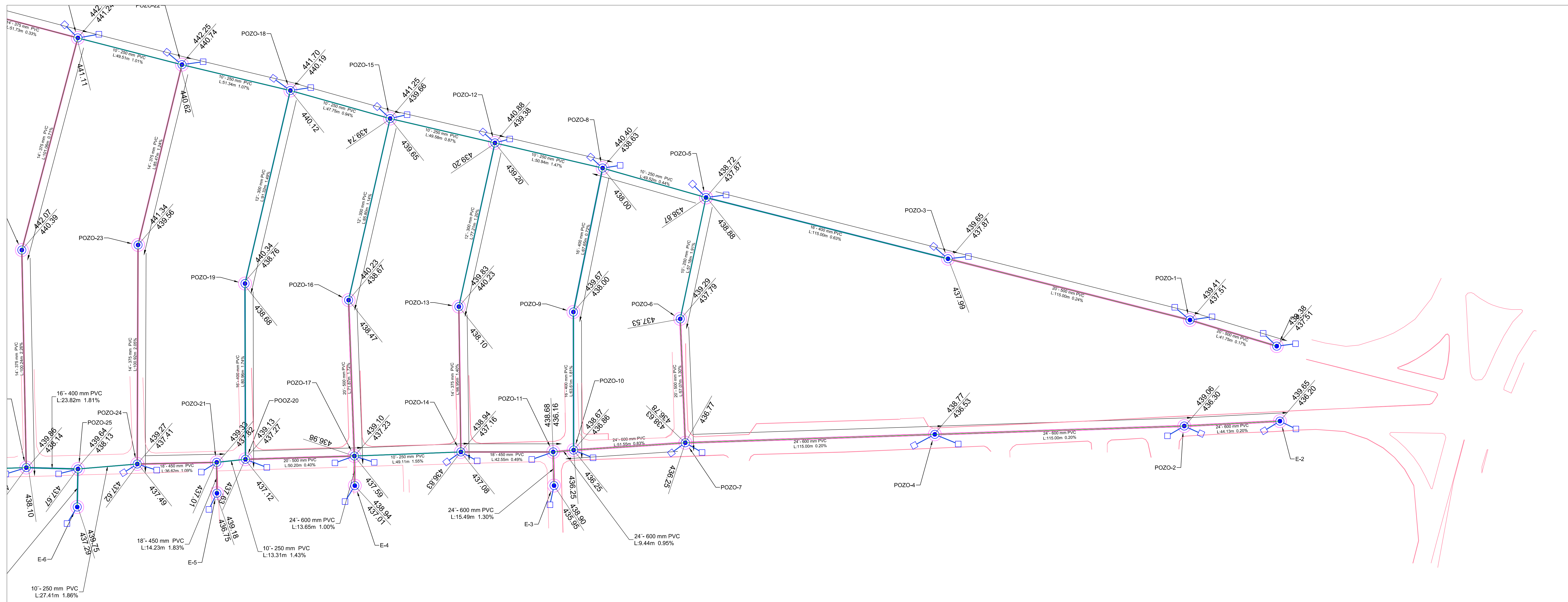
- López, R. A. (2003). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana De Ingeniería.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2008). Catastro de redes: Municipio menores, zonas rurales y áreas urbanas específicas. Bogotá.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2015). Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y aguas lluvias. En *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS*. Bogotá.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). Resolución 0330 de 2017. Bogotá.
- Murillo, C. A., & Carrero, N. M. (2017). Diagnóstico de la Infraestructura de la Red de Alcantarillado de la Calle 40 de la Ciudad de Girardot. Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/5756/moreno%20nelson%20final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, FAO. (2013). *Captación y Almacenamiento de Agua LLuvia*. Santiago de Chile. Obtenido de <https://www.fao.org/3/i3247s/i3247s.pdf>
- Pardo, E. O. (2018). Propuesta de Alcantarillado Pluvial para Garantizar el Drenaje para escorrentia Superficial - Barrio San Vicente Suroriental, Localidad San Cristobal - Bogotá D.C. Bogotá. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22829/1/Informe%20Barrio%20San%20Vicente.pdf>
- PAVCO, W. (2020). Manual Técnico Tubosistemas para Alcantarillado NOVAFORT. *Manual Técnico Tubosistemas para Alcantarillado NOVAFORT*.
- Poceria Sin Zanja. (2021). *Poceria Sin Zanja*. Obtenido de <https://www.poceriasinzanja.es/historia-del-alcantarillado/>
- Ramírez, P. C., & Úcros, Á. J. (2018). Diseño del sistema de saneamiento básico de aguas residuales de los sectores El Socorro y Charco Colorado en el municipio

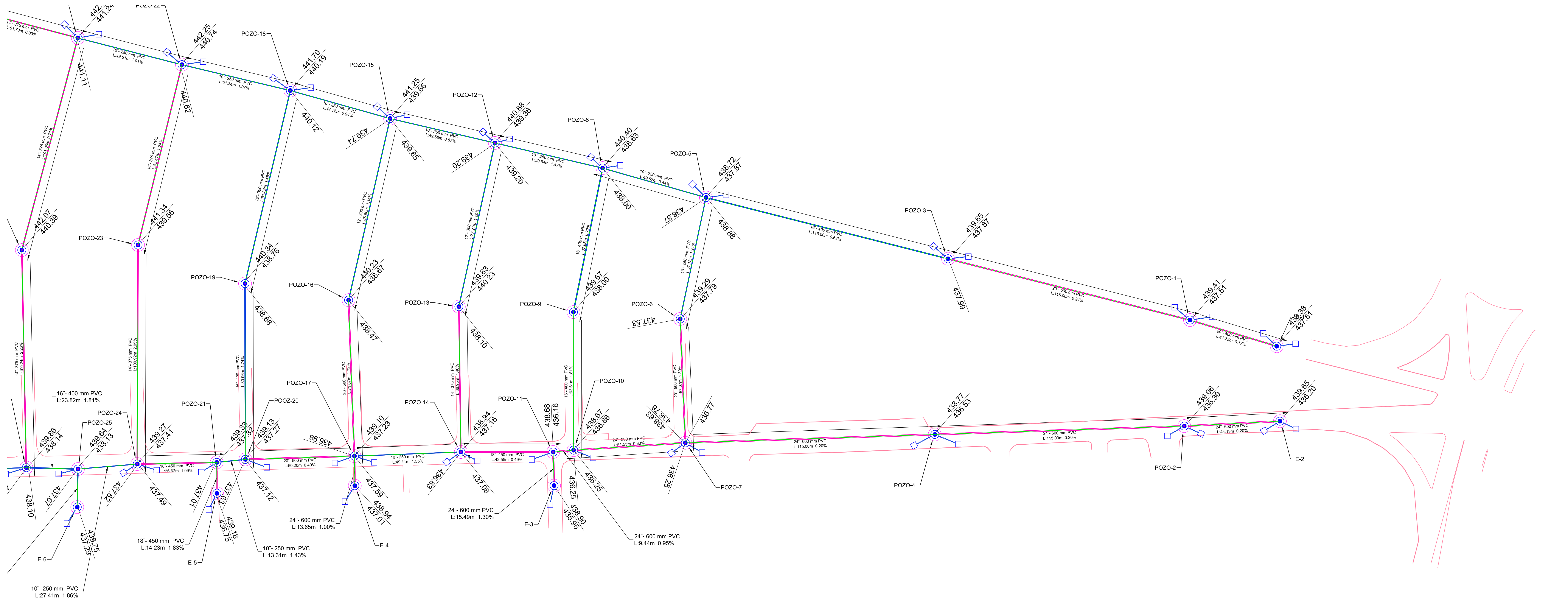
- de San Luis de Sincé, en el departamento de Sucre. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Rueda, A. M. (26 de Noviembre de 2021). Más de 80 Familias Damnificadas por las fuertes lluvias en Neivas. Obtenido de <https://diariodelhuila.com/mas-de-80-familias-damnificadas-por-las-fuertes-lluvias-en-neiva/>
- Sanchez, F. J. (2022). *Hidrología superficial y subterránea*. Salamanca, España: Universidad de Salamanca.
- SIAPA. (2014). Capítulo 3. Alcantarillado pluvial. En SIAPA, *Criterios y lineamientos técnicos para factibilidades en la A.M.G.* Jalisco, México.
- Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, UNGRD. (09 de 05 de 2022). *Portal Gestión del Riesgo*. Obtenido de <http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Noticias/2022/Lluvias-han-afectado-a-mas-de-18000-familias-en-Colombia-Llamado-a-no-bajar-la-guardia-en-lo-que-queda-de-la-temporada.aspx>
- Vivas, J. A., & Caiza, L. D. (2019). DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO COMBINADO PARA EL BARRIO CHAUPIMOLINO ETAPA II, PARROQUIA PIFO. Ecuador. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20156/1/CD%209607.pdf>

**A. Anexo: Hoja de cálculo del diseño de
alcantarillado pluvial**

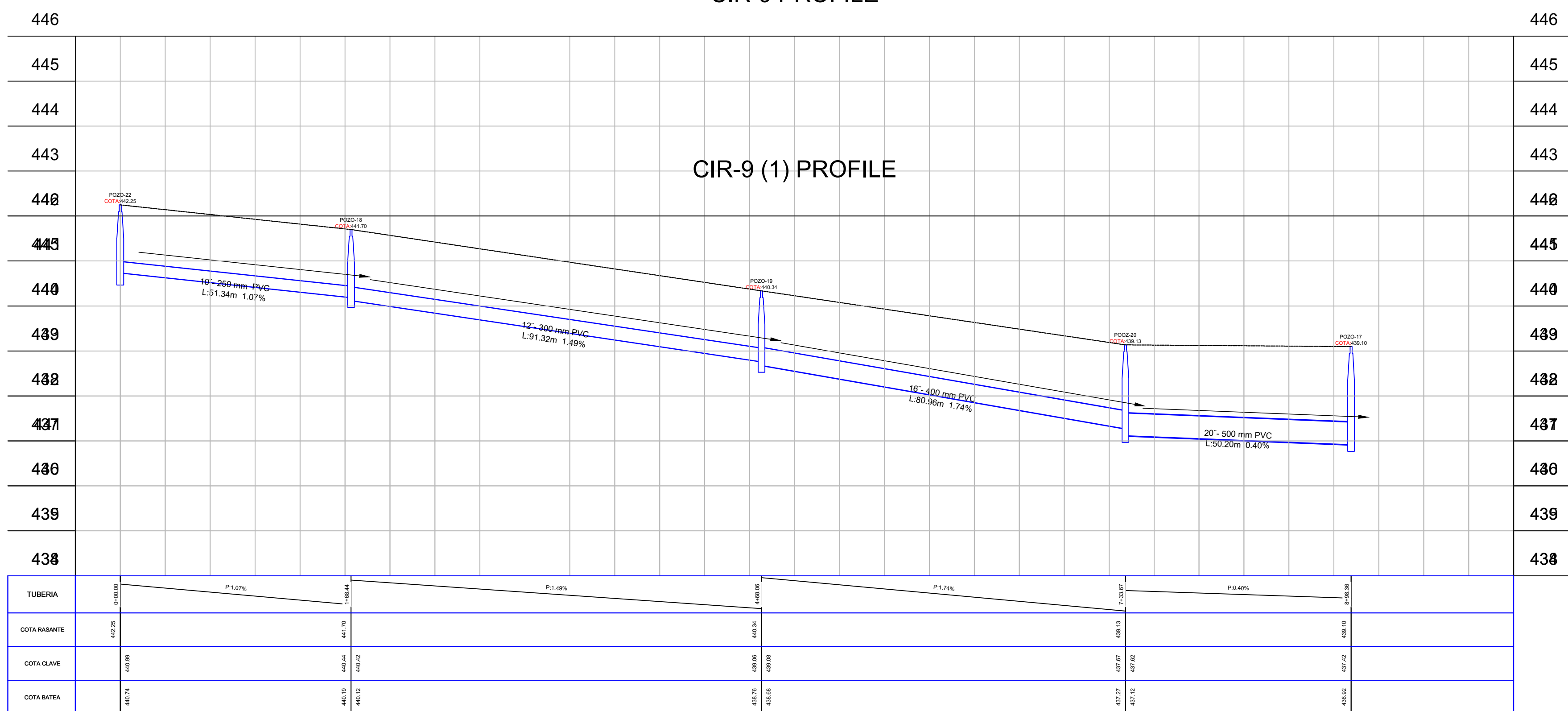
B. Anexo: Planos y presupuesto de la red



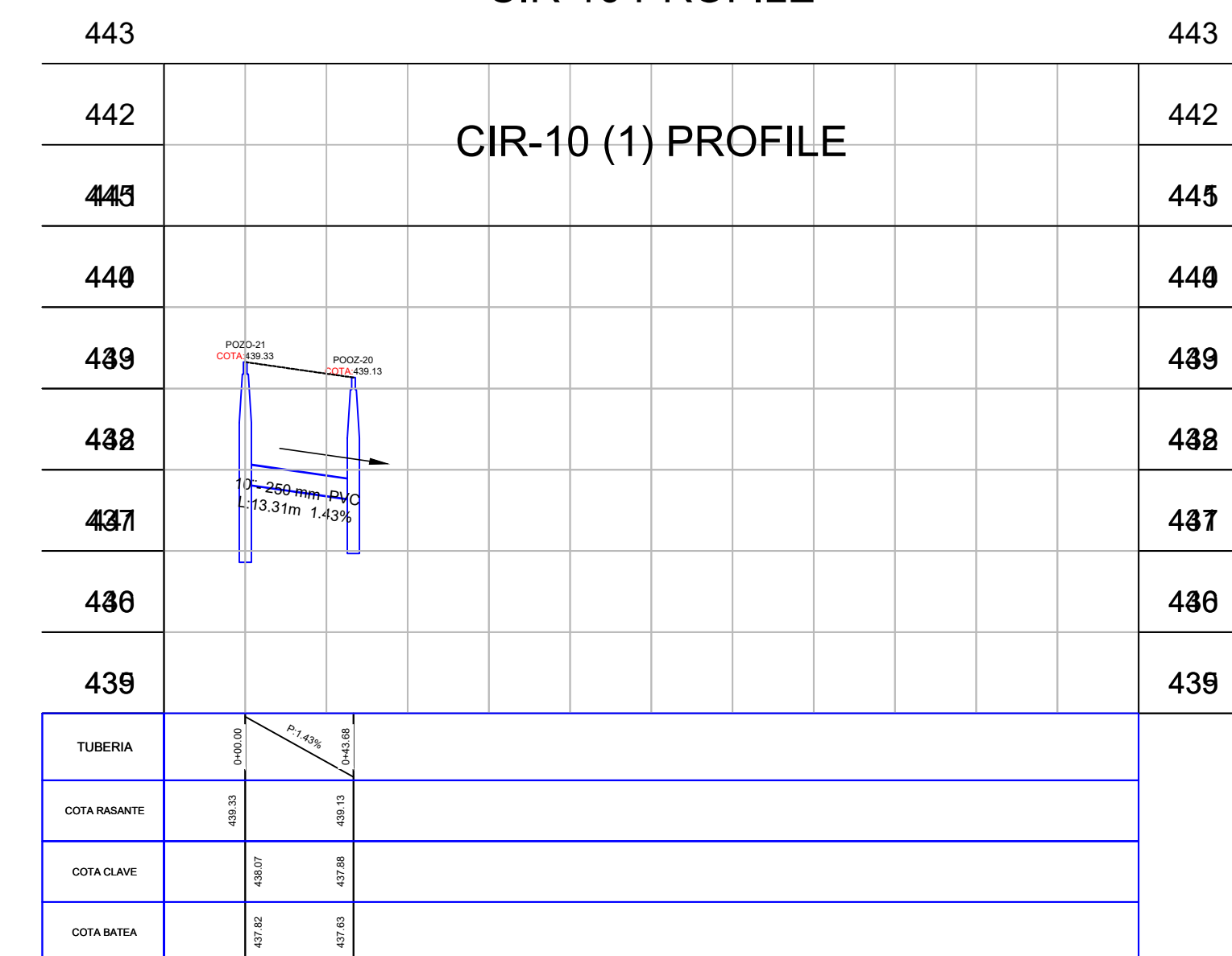




CIR-9 PROFILE



CIR-10 PROFILE



PROCESO: JUAN DIEGO TOVAR
 REVISO: JUAN DIEGO TOVAR
 REVISO: JAIME IZQUIERDO BAUTISTA

APROBO:

MODIFICACIONES:
 I
 II
 III
 IV
 V

GEORREFERENCIACION:
 SISTEMA DE COORDENAS
 MAGNA-SIRGAS / Colombia
 Nacional Central

PROYECTO:

TITULO:

SCCCIONES TRASVERSALES
 P.P (5)

ESCALA:
 PLANATA 1:750
 PERFIL H1:1000
 V1:100

PLANO:

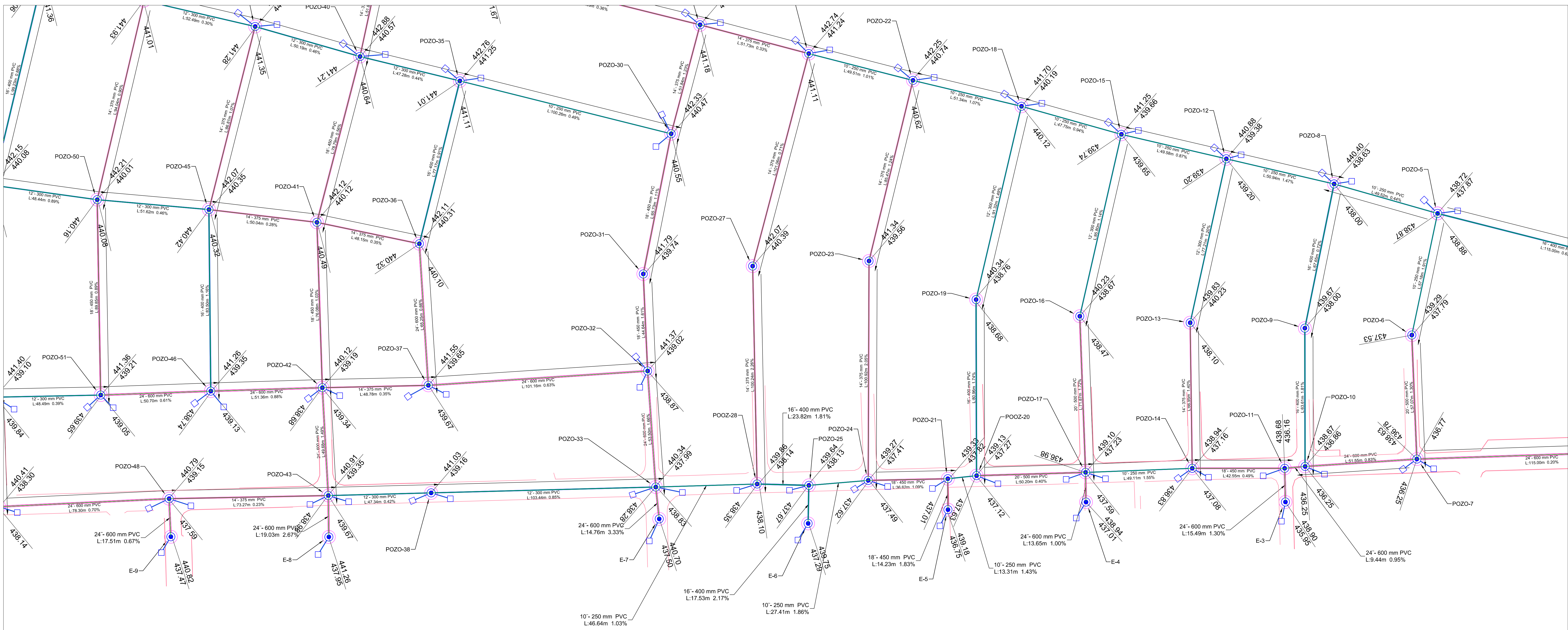
REFERENCIA

05/17

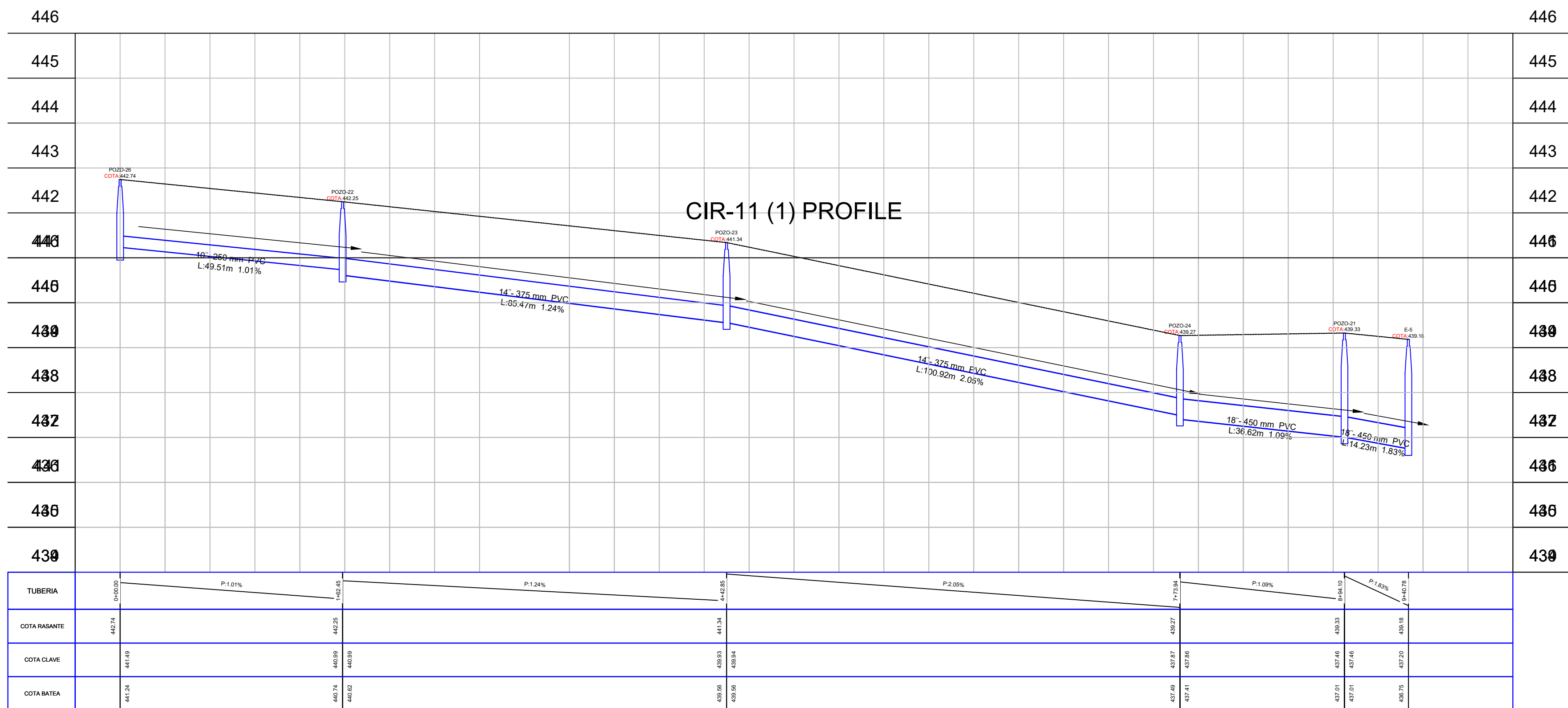
V1

ARCHIVO:
 CARRERA 1 Y 2 DE 26 - 48-1.DWG

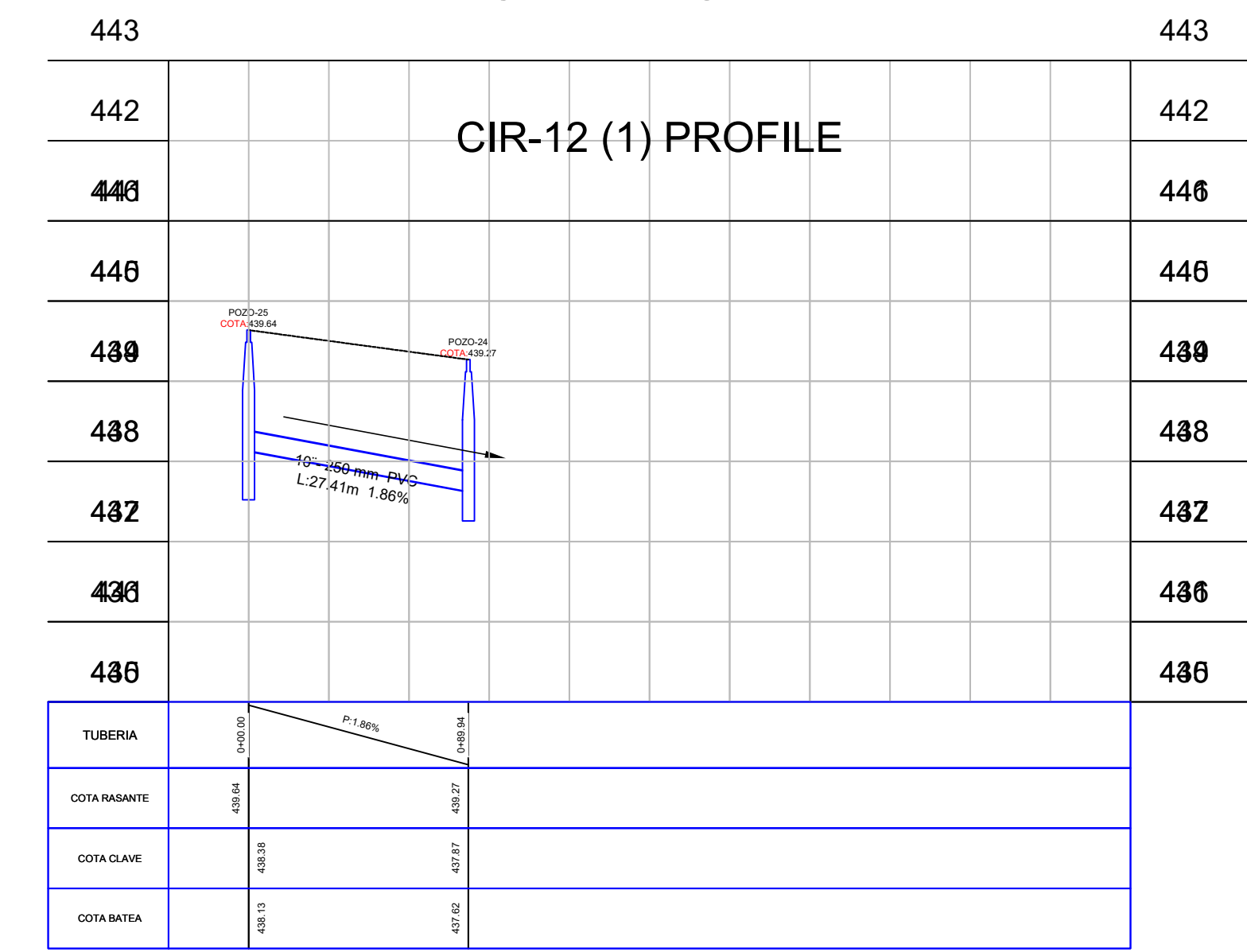
FECHA:
 octubre 22



CIR-11 PROFILE



CIR-12 PROFILE



PROCESO: JUAN DIEGO TOVAR
 REVISO: JUAN DIEGO TOVAR
 REVISO: JAIME IZQUIERDO BAUTISTA

APROBÓ:

MODIFICACIONES:
 I
 II
 III
 IV
 V

GEORREFERENCIACION:
 SISTEMA DE COORDENAS
 MAGNA-SIRGAS / Colombia
 Nacional Central

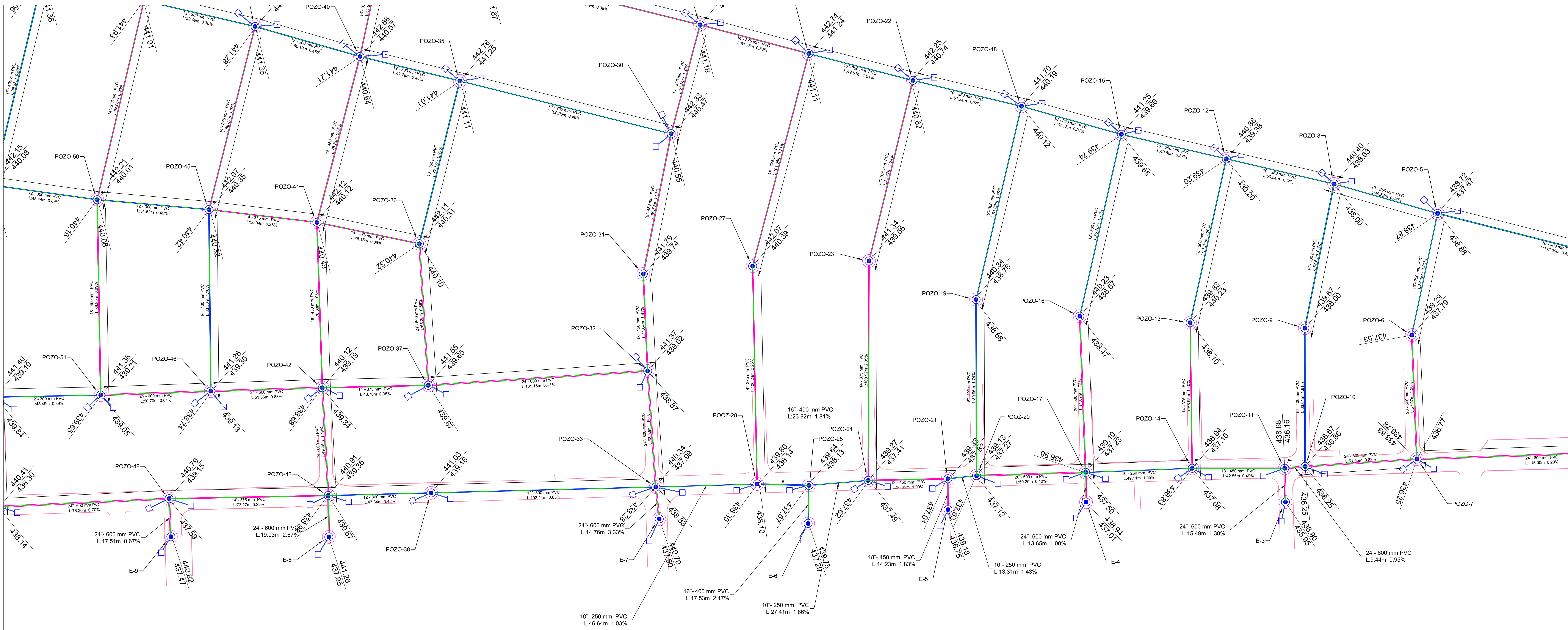
PROYECTO:
 TÍTULO:
 SCCCIONES TRASVERSALES
 P.P (6)

ESCALA:
 PLANATA: 1:750
 PERFIL H: 1:1000
 V: 1:1000

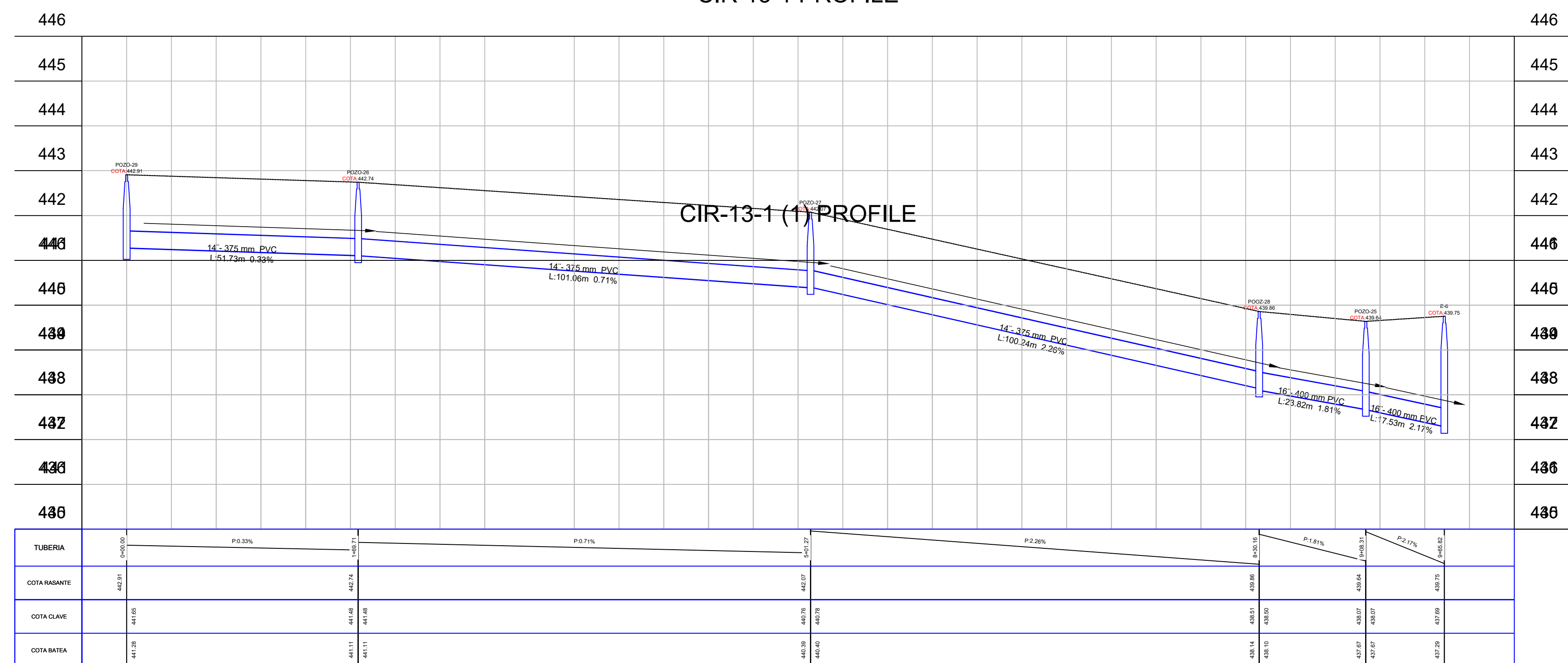
PLANO:
 REFERENCIA
 ARCHIVO:
 CARRERA 1 Y 2 DE 26 - 48-1.DWG

PLANO No:
 06/17
 FECHA:
 octubre 22

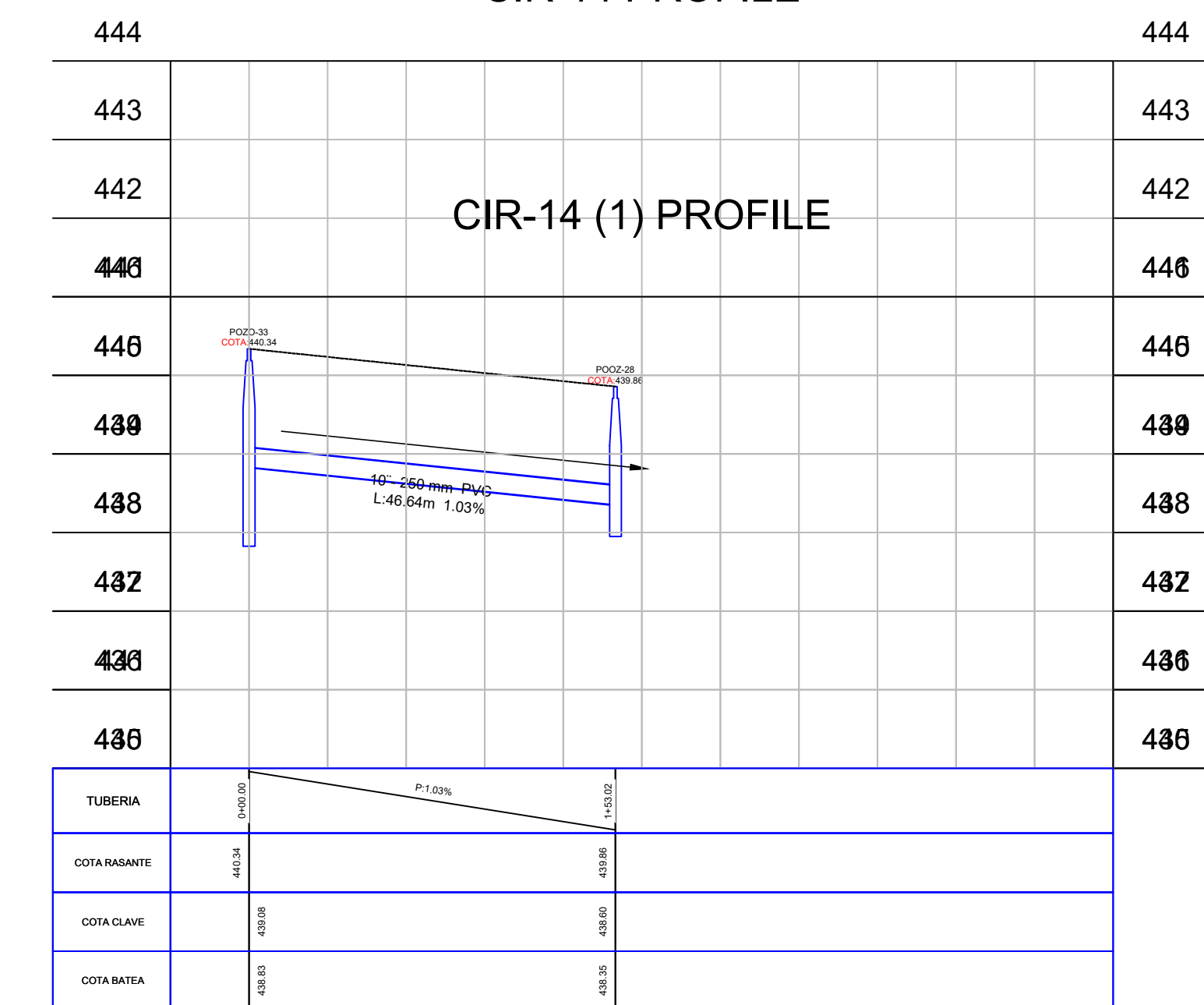
VERSIÓN No:
 V1



CIR-13-1 PROFILE



CIR-14 PROFILE



PROCESO: JUAN DIEGO TOVAR
 REVISO: JUAN DIEGO TOVAR
 REVISO: JAIME IZQUIERDO BAUTISTA

APROBO:

MODIFICACIONES:
 I
 II
 III
 IV
 V

GEORREFERENCIACION:
 SISTEMA DE COORDENAS
 MAGNA-SIRGAS / Colombia
 Nacional Central

PROYECTO:

TITULO:

SCCCIONES TRASVERSALES
 P.P (7)

ESCALA:
 PLAN: 1:750
 PERFIL: 1:1000
 V: 1:1000

PLANO:
 ARCHIVO:

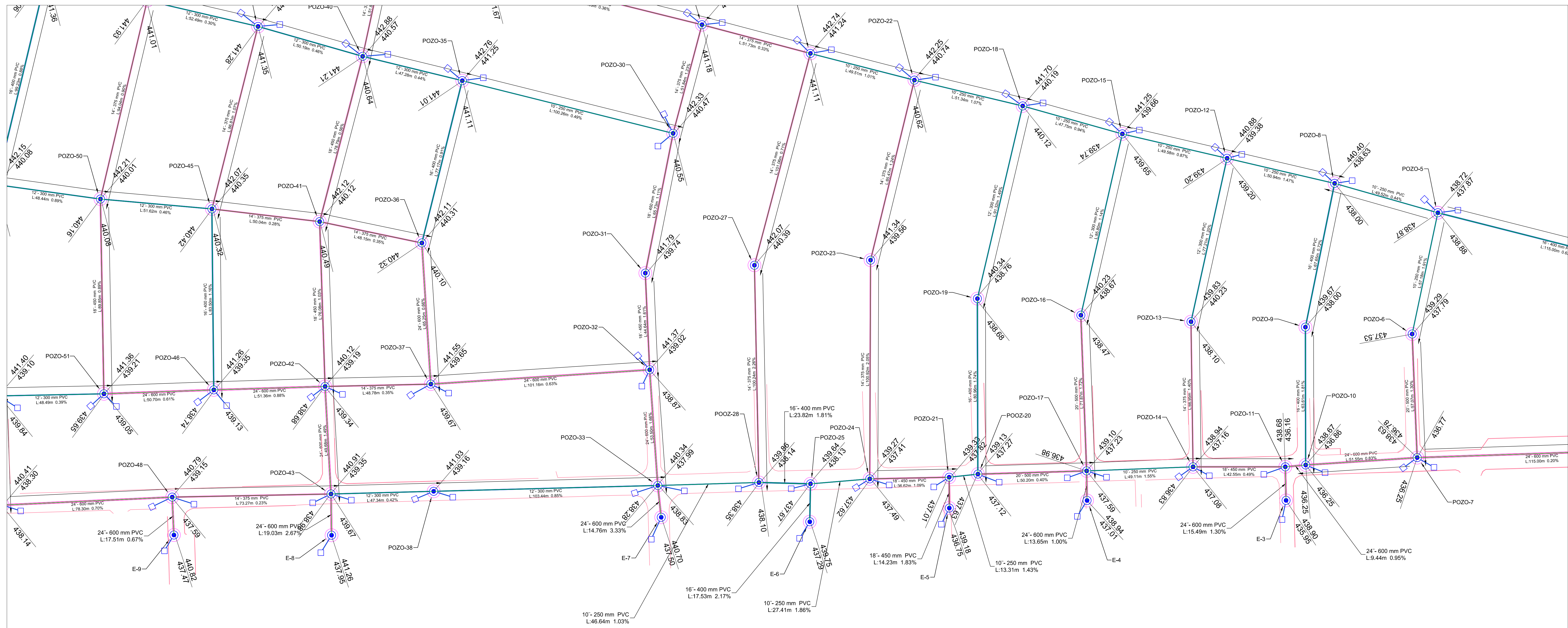
REFERENCIA

CARRERA 1 Y 2 DE 26 - 48-1.DWG

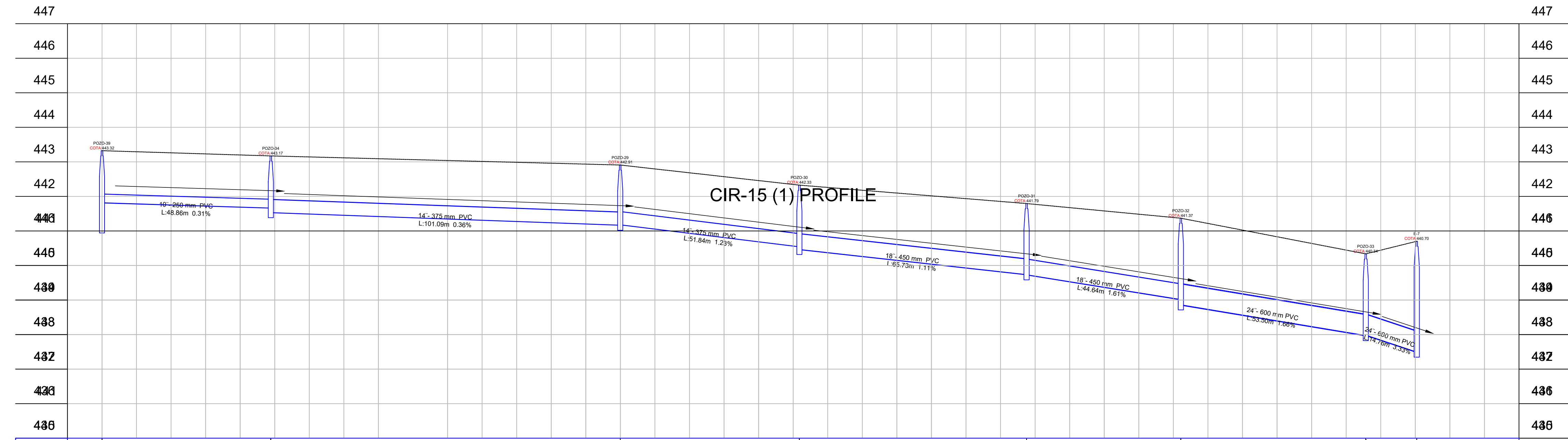
PLANO No. 07/17

VERSION No. V1

FECHA: octubre 22

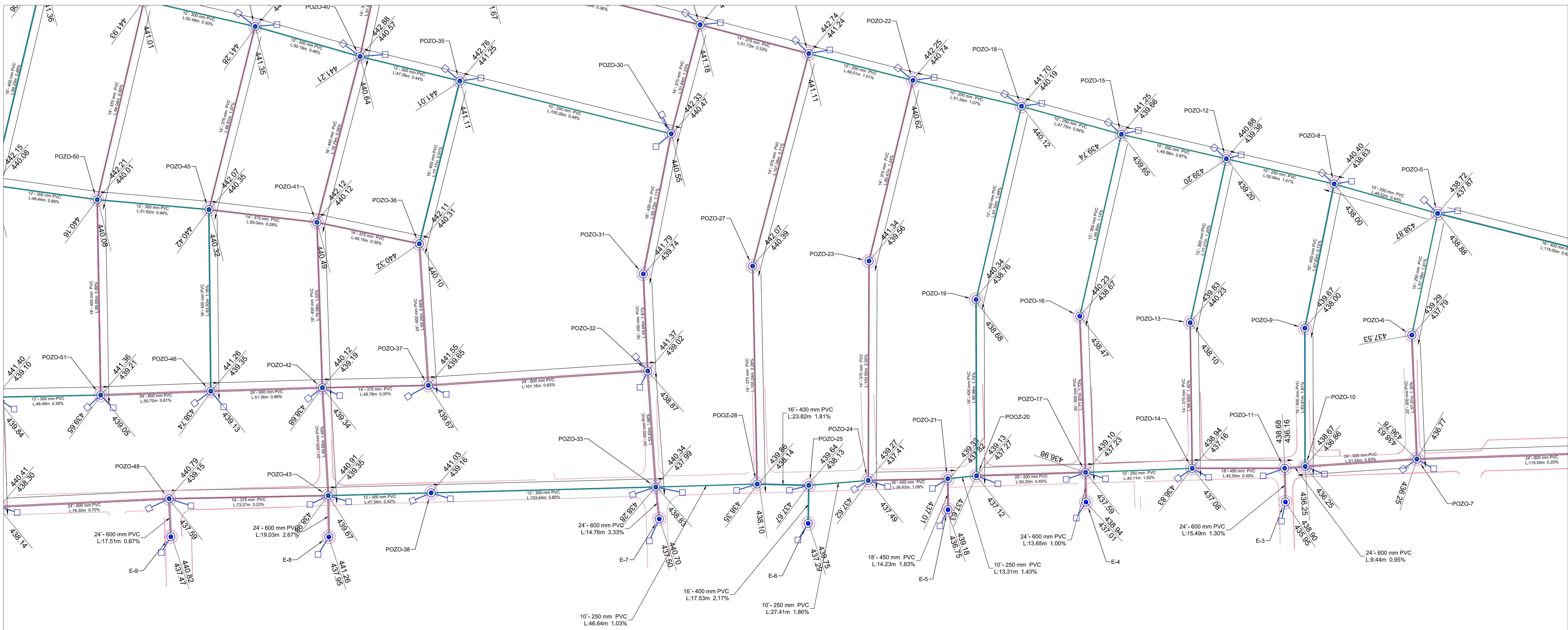


CIR-15 PROFILE

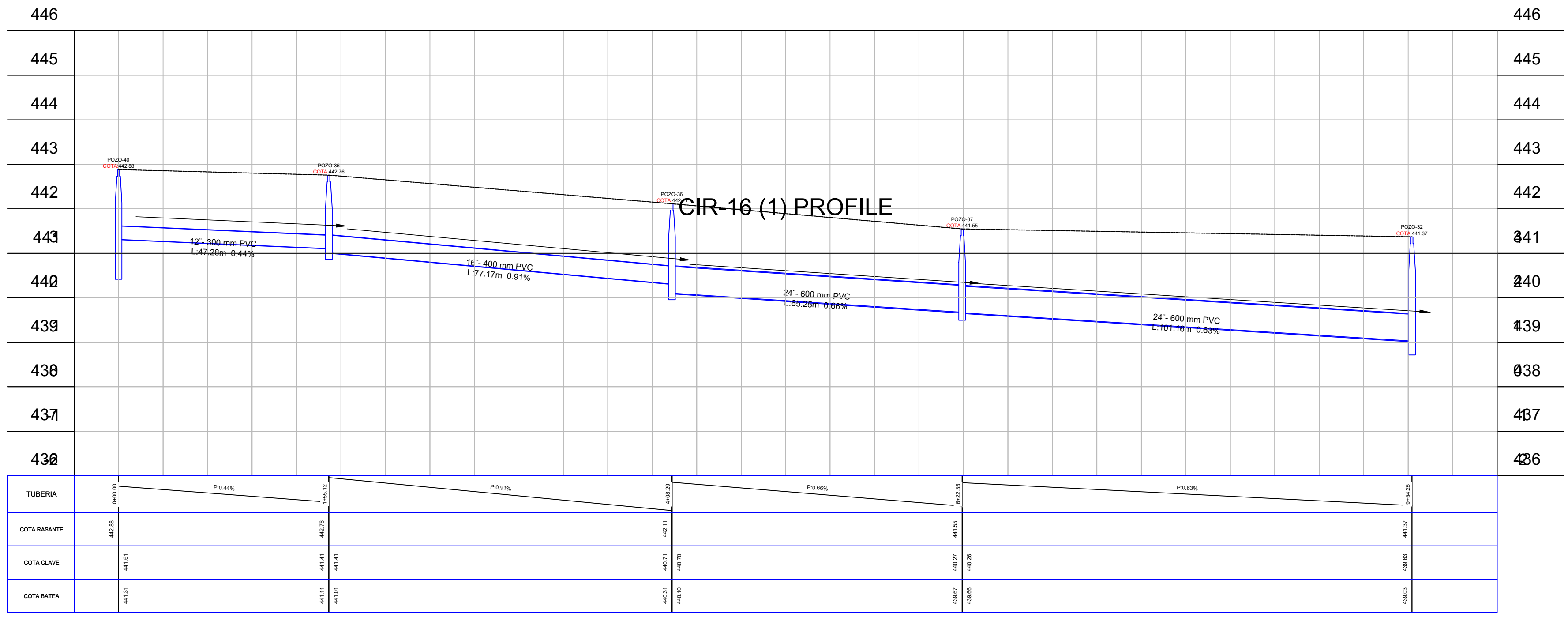


CIR-15 (1) PROFILE

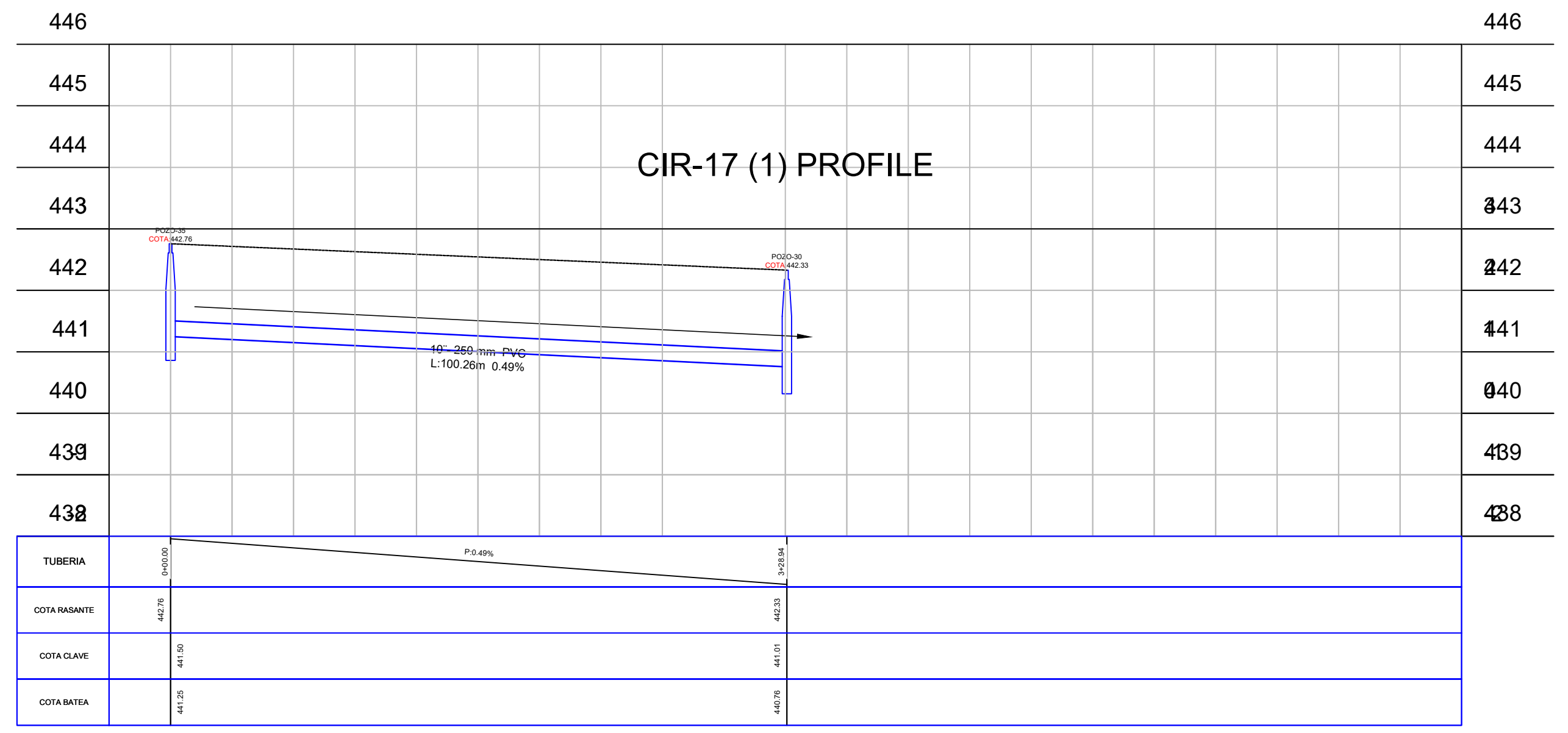
TUBERIA	POZO-51	P:0.30%	POZO-46	P:0.30%	POZO-38	P:0.26%	POZO-28	P:0.26%	POZO-21	P:0.26%	POZO-14	P:0.26%	POZO-8	P:0.26%
COTA RASANTE	441.95		440.07		439.13		438.10		437.01		435.99		434.96	
COTA CLAVE	441.95		440.07		439.13		438.10		437.01		435.99		434.96	
COTA BASEA	441.95		440.07		439.13		438.10		437.01		435.99		434.96	

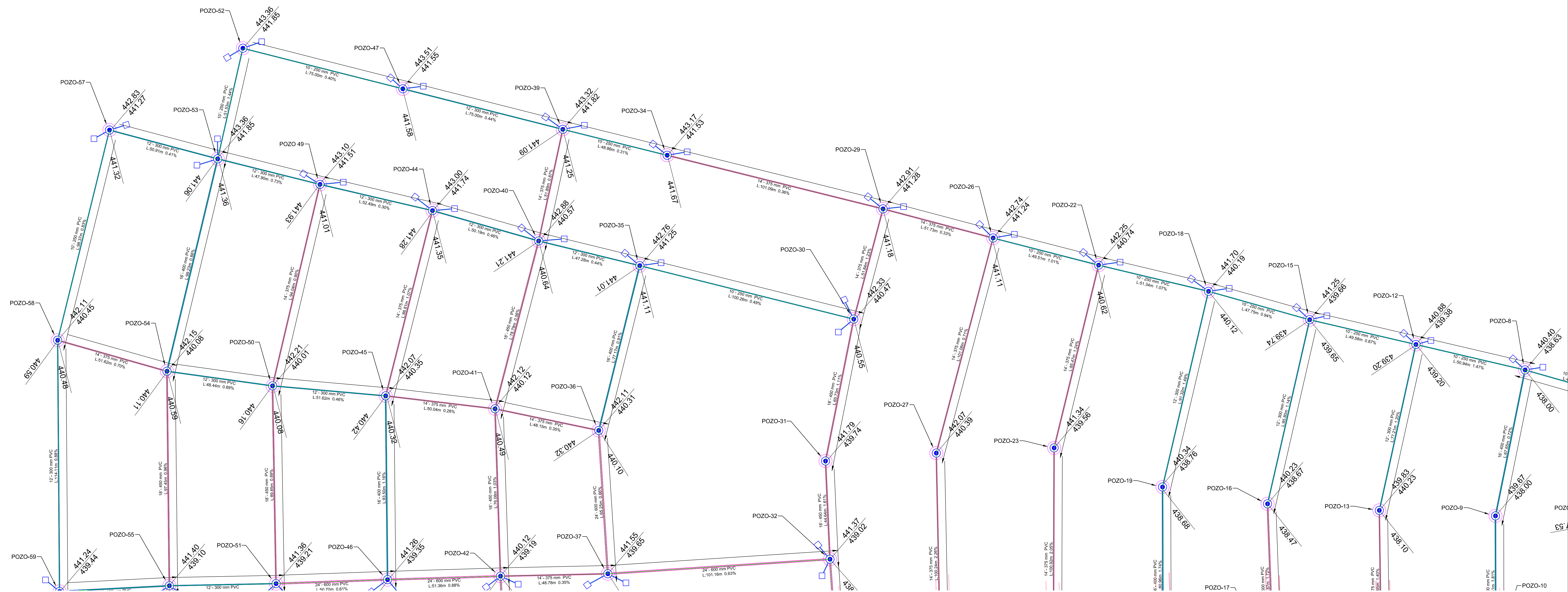


CIR-16 PROFILE

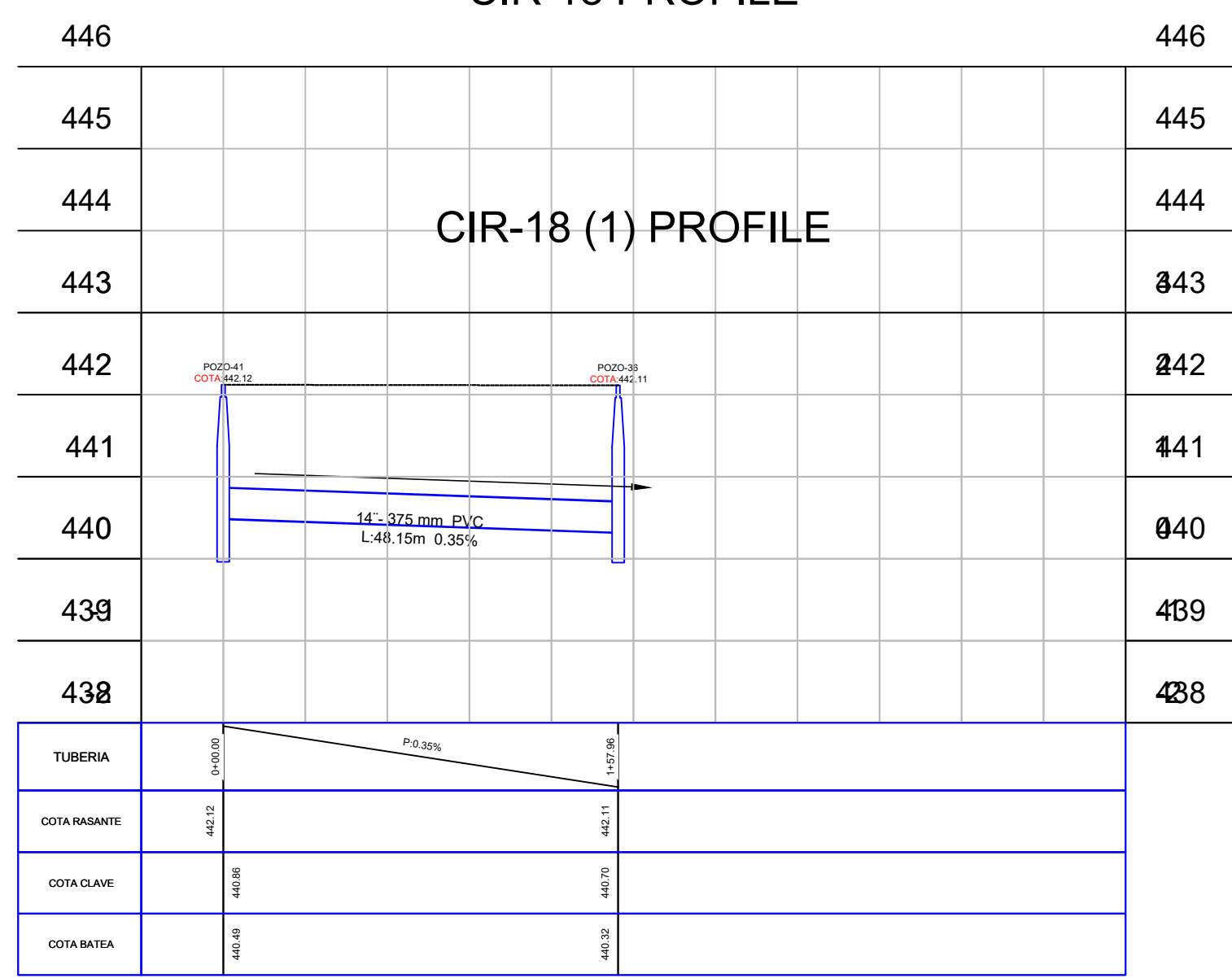


CIR-17 PROFILE



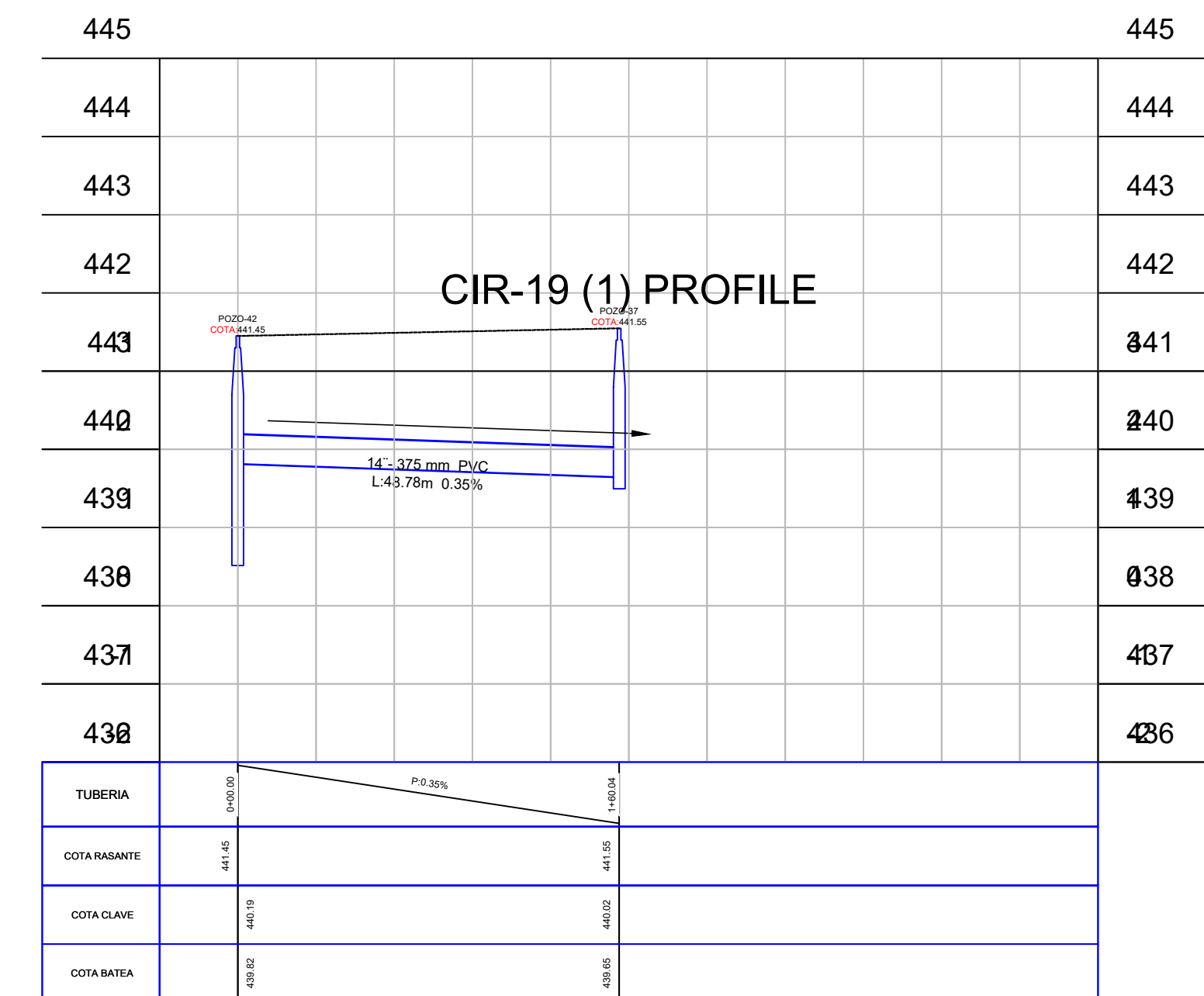


CIR-18 PROFILE



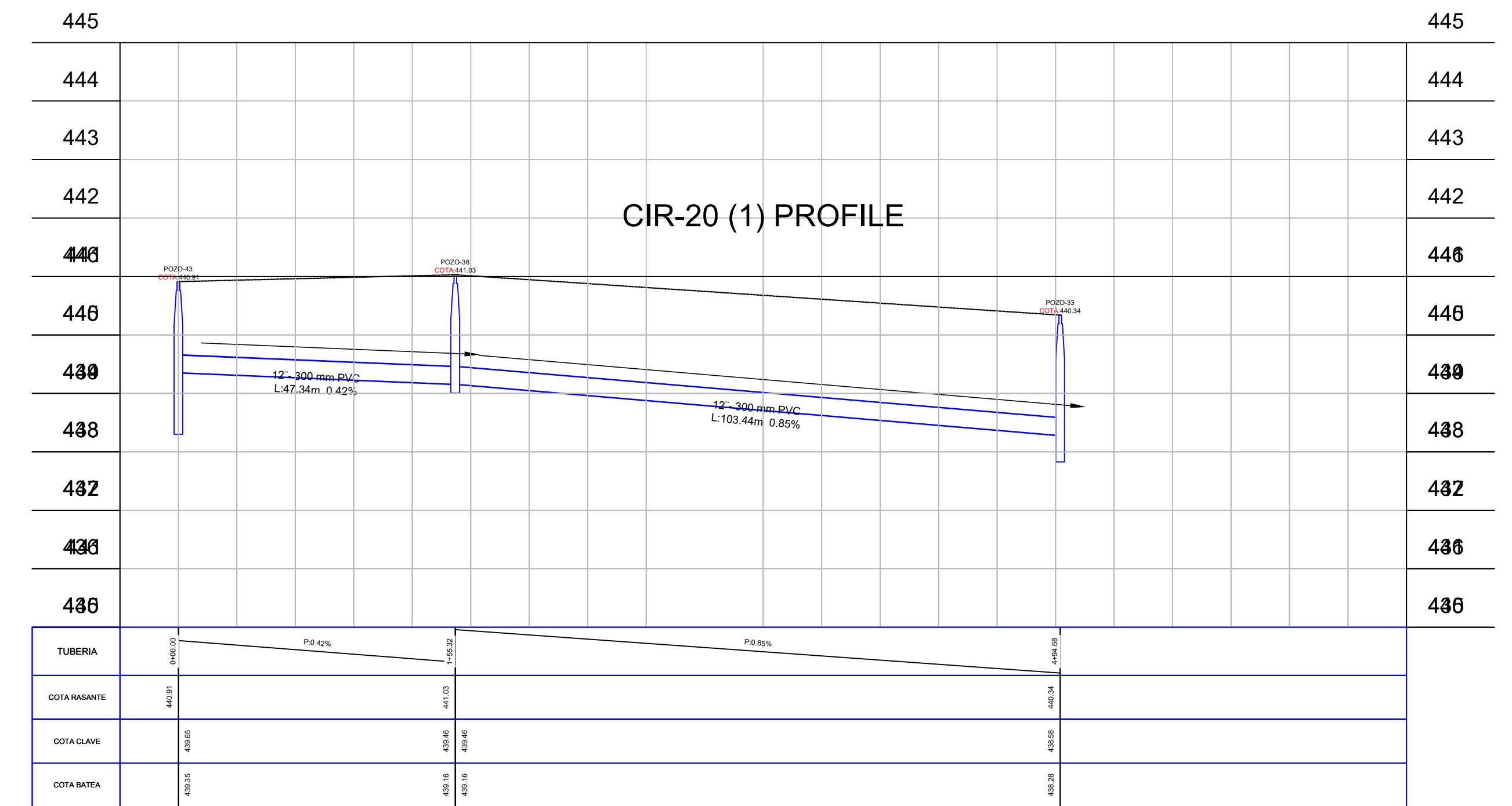
CIR-18 (1) PROFILE

CIR-19 PROFILE



CIR-19 (1) PROFILE

CIR-20 PROFILE



CIR-20 (1) PROFILE

PROCESO: JUAN DIEGO TOVAR
 REVISO: JUAN DIEGO TOVAR
 REVISO: JAIME IZQUIERDO BAUTISTA

APROBO:

MODIFICACIONES:
 I
 II
 III
 IV
 V

GEORREFERENCIACION:
 SISTEMA DE COORDENAS
 MAGNA-SIRGAS / Colombia
 Nacional Central

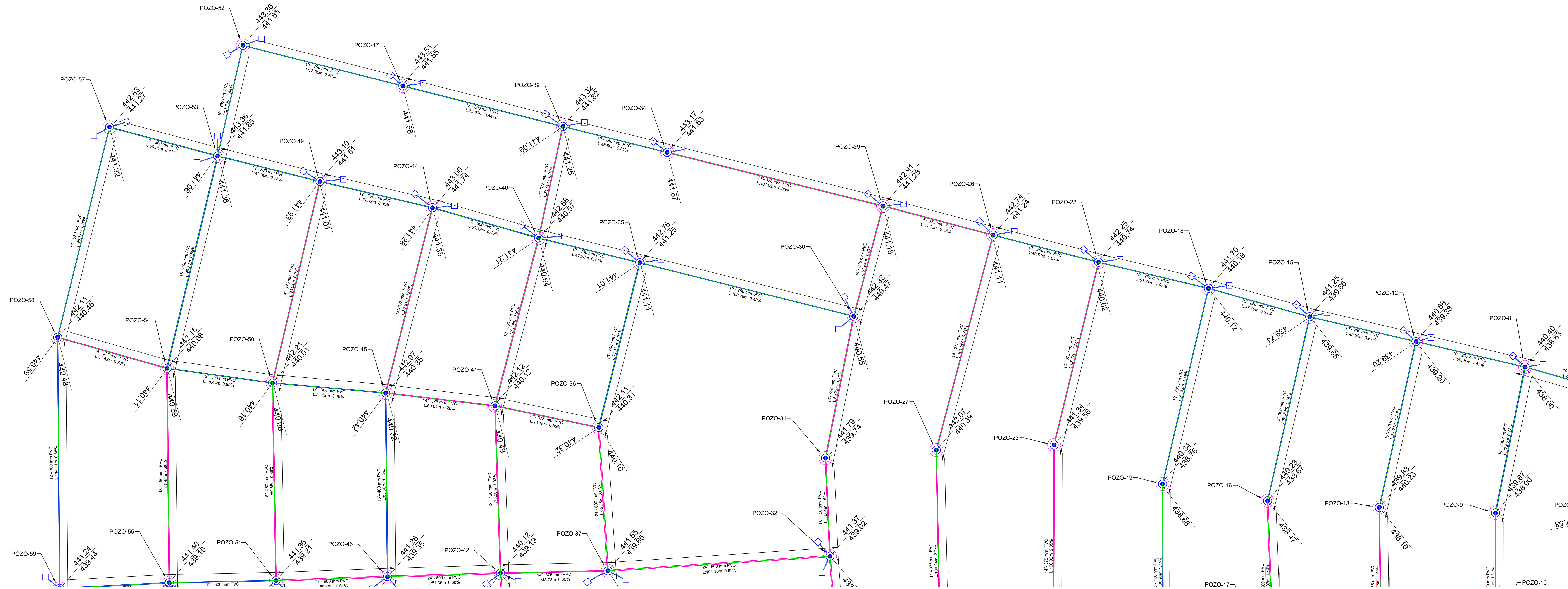
PROYECTO:

TITULO:
 SCCCIONES TRASVERSALES
 P.P (10)

ESCALA:
 PLANATA:750
 PERFIL H1:1000
 V1:100

PLANO:
 REFERENCIA
 ARCHIVO:
 CARRERA 1 Y 2 DE 26 - 48-1.DWG

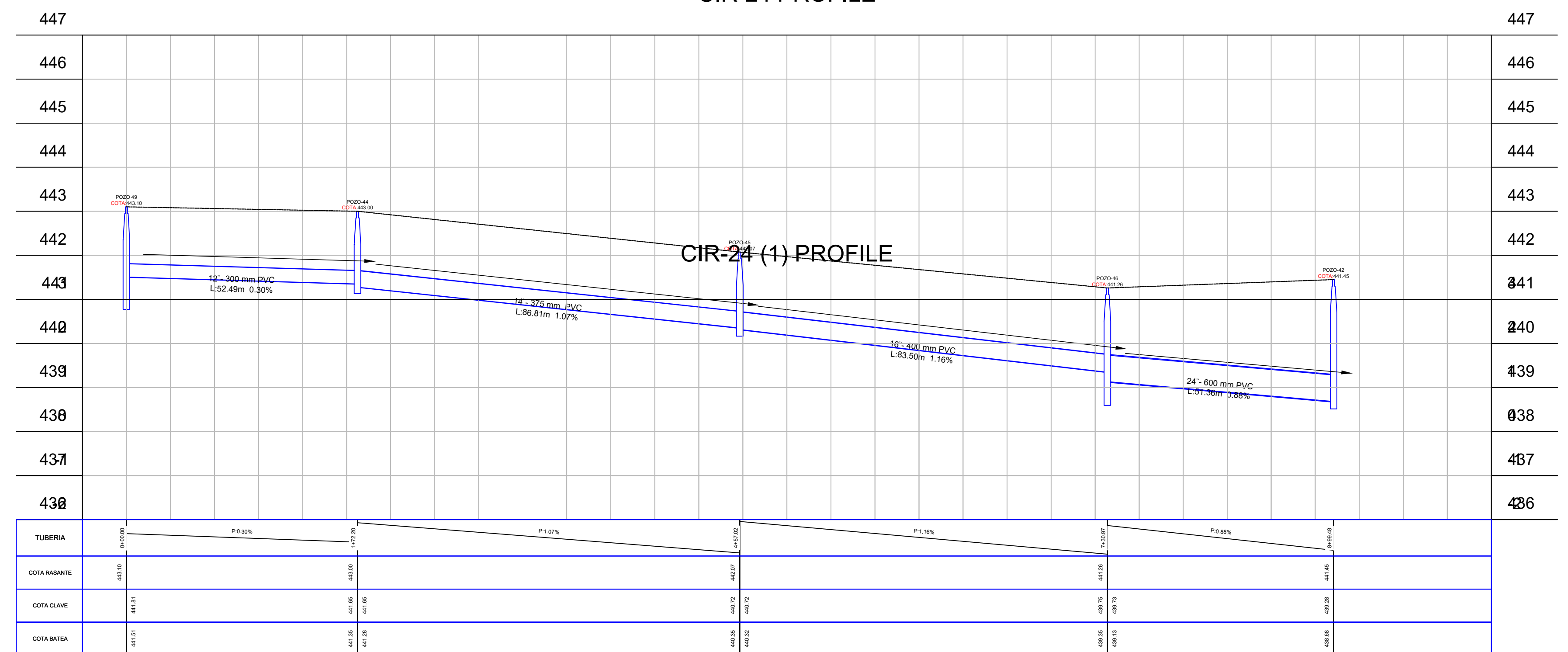
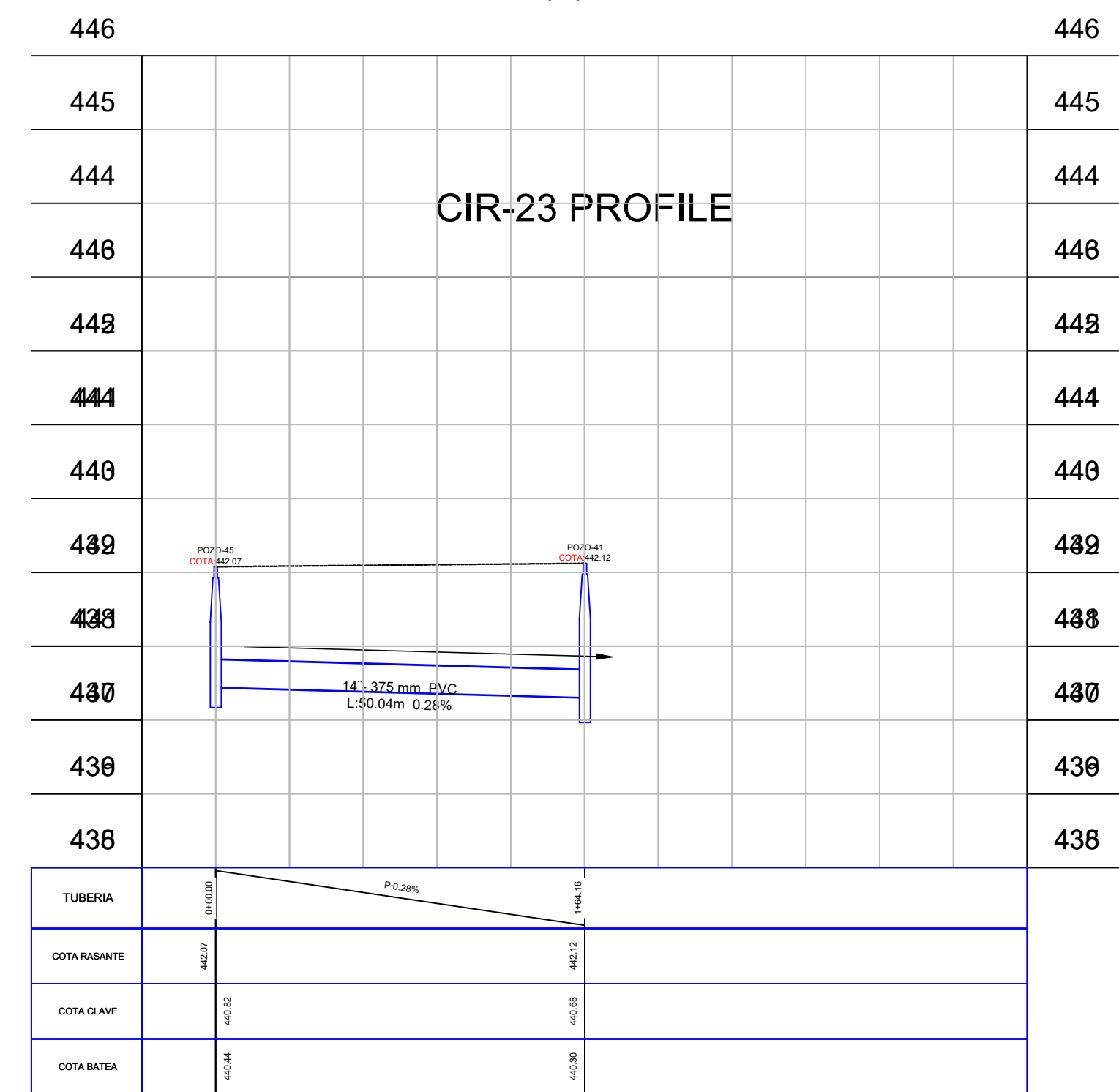
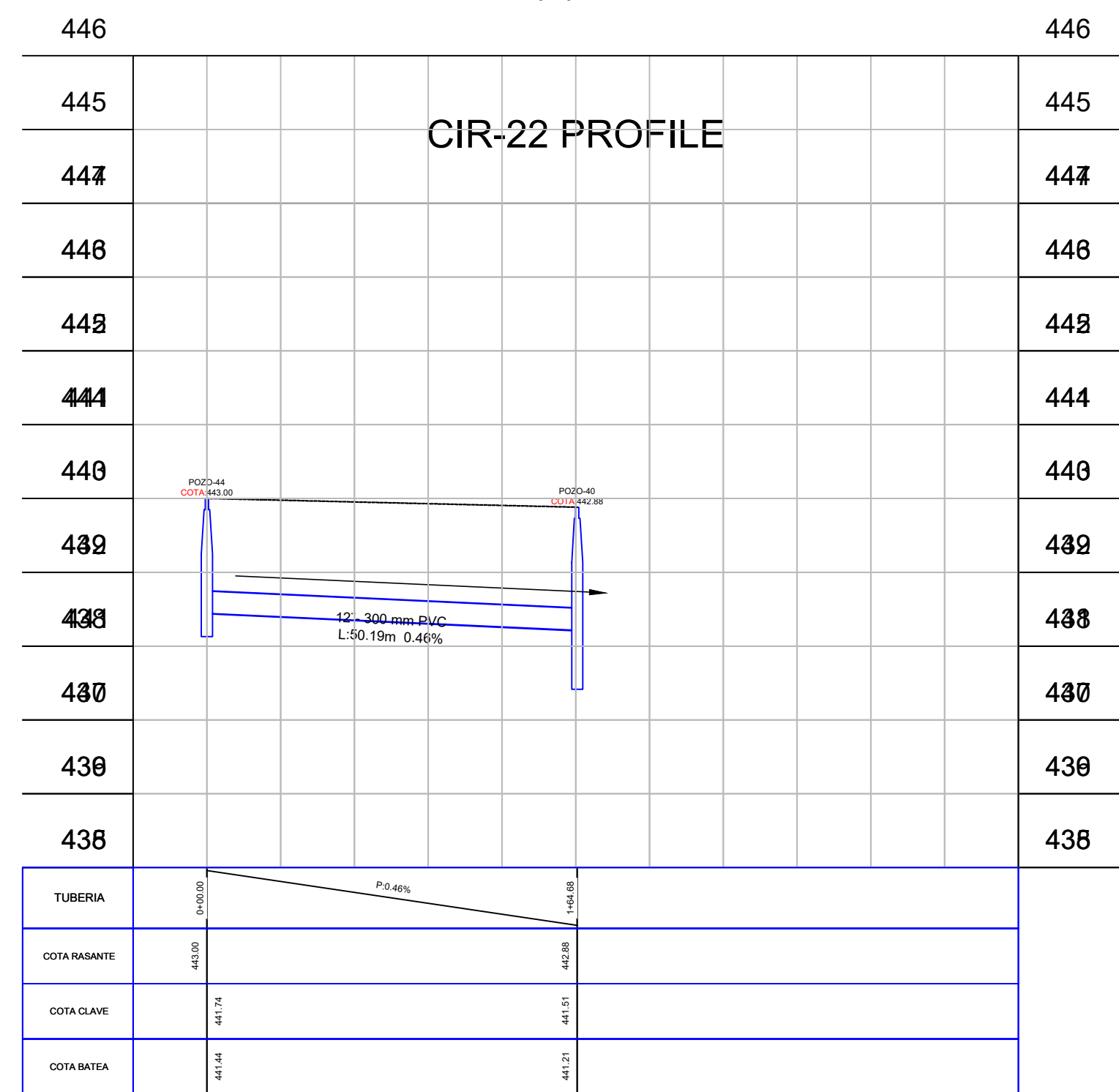
PLANO No:
 10/17
 VERSION No:
 V1
 FECHA:
 octubre 22



CIR-22 (1) PROFILE

CIR-23 (1) PROFILE

CIR-24 PROFILE



PROCESO: JUAN DIEGO TOVAR
 REVISO: JUAN DIEGO TOVAR
 REVISO: JAIME IZQUIERDO BAUTISTA

APROBÓ:
 MODIFICACIONES:
 I
 II
 III
 IV
 V

GEORREFERENCIACION:
 SISTEMA DE COORDENAS
 MAGNA-SIRGAS / Colombia
 Nacional Central

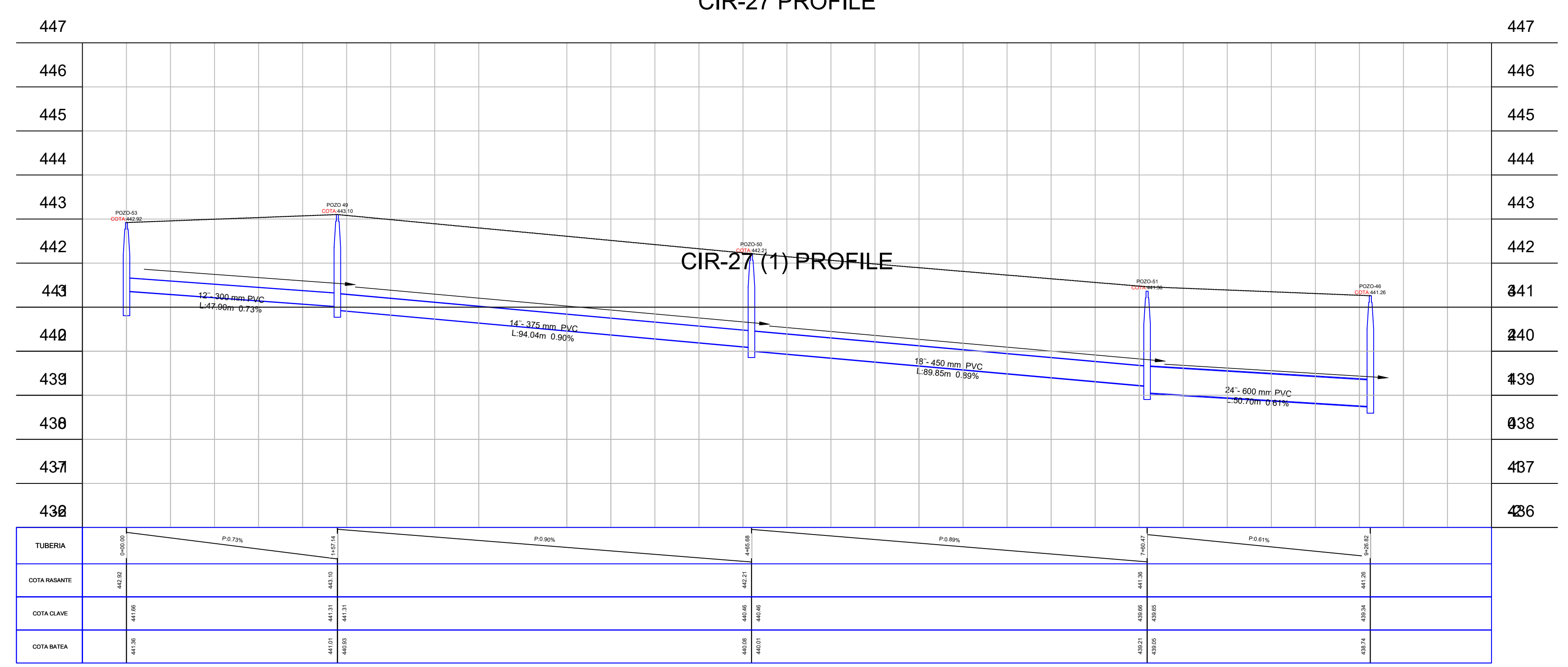
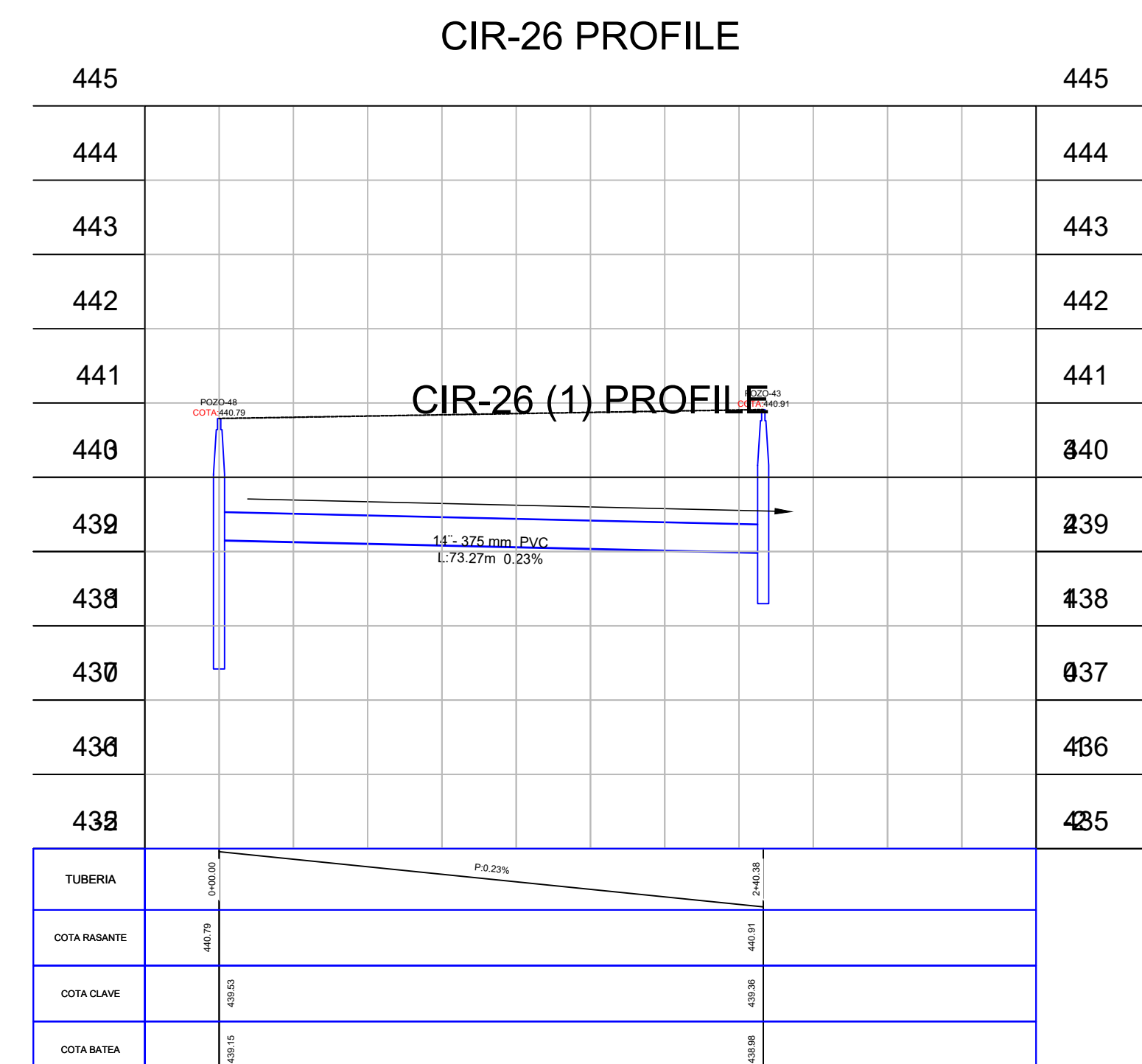
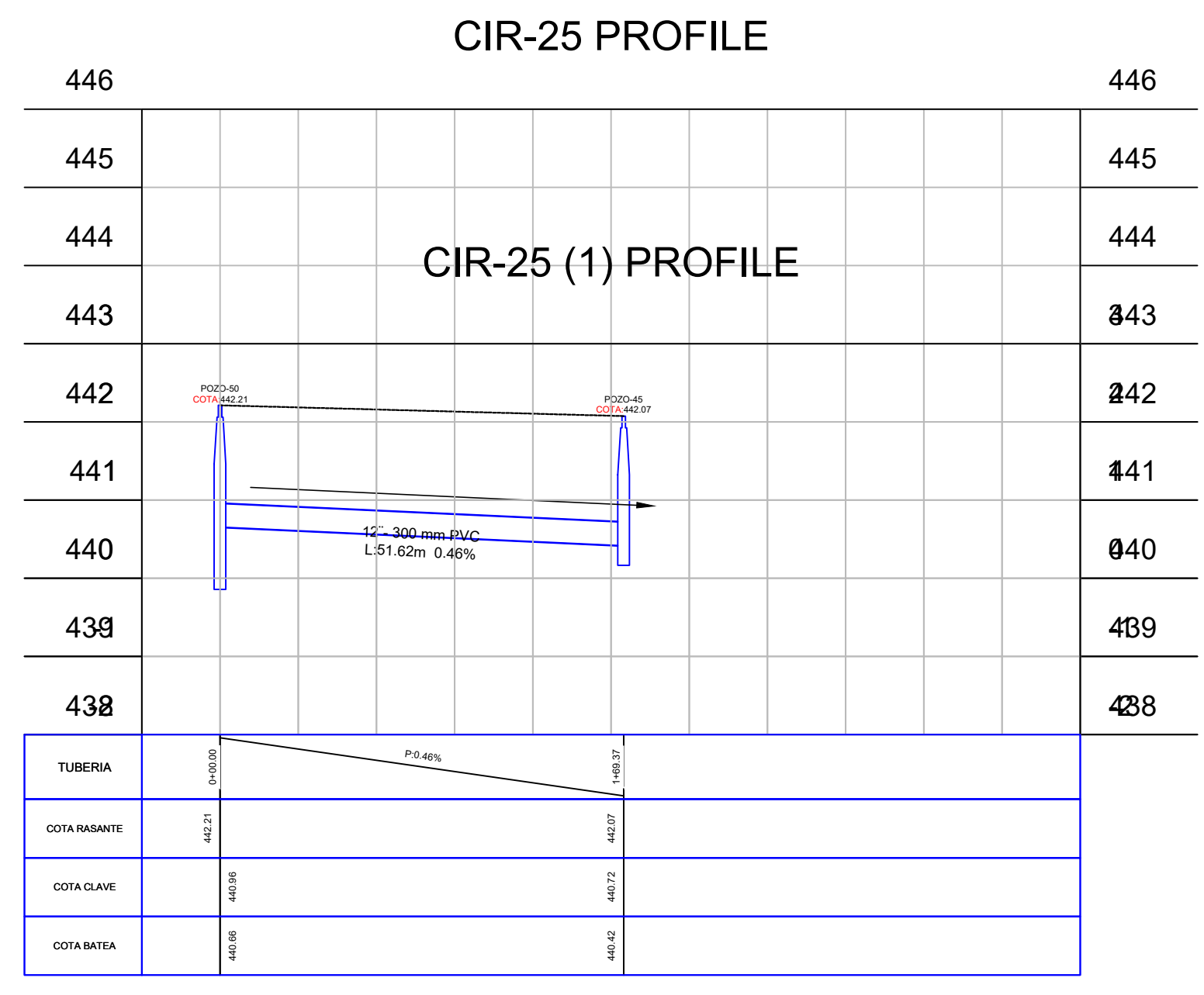
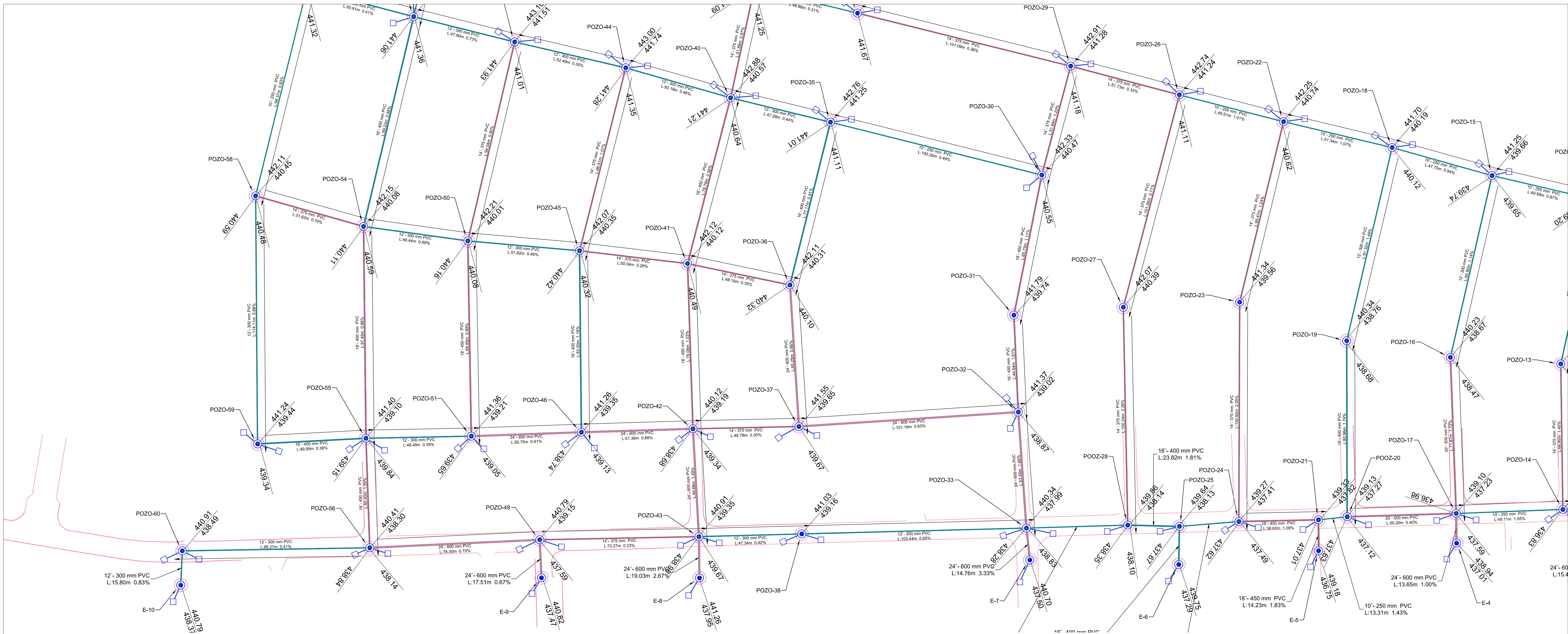
PROYECTO:

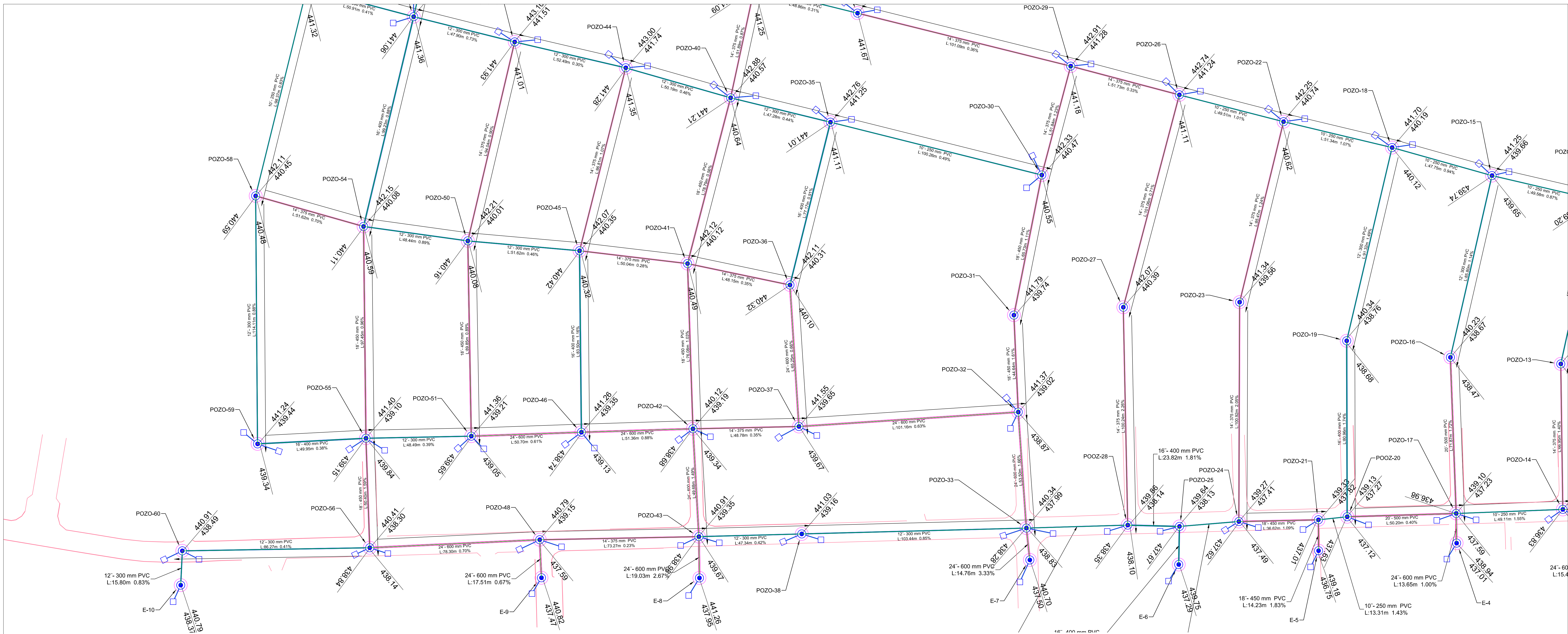
TÍTULO:
 SCCCIONES TRASVERSALES
 P.P (12)

ESCALA:
 PLANATA: 1:750
 PERFIL H: 1:1000
 V: 1:100

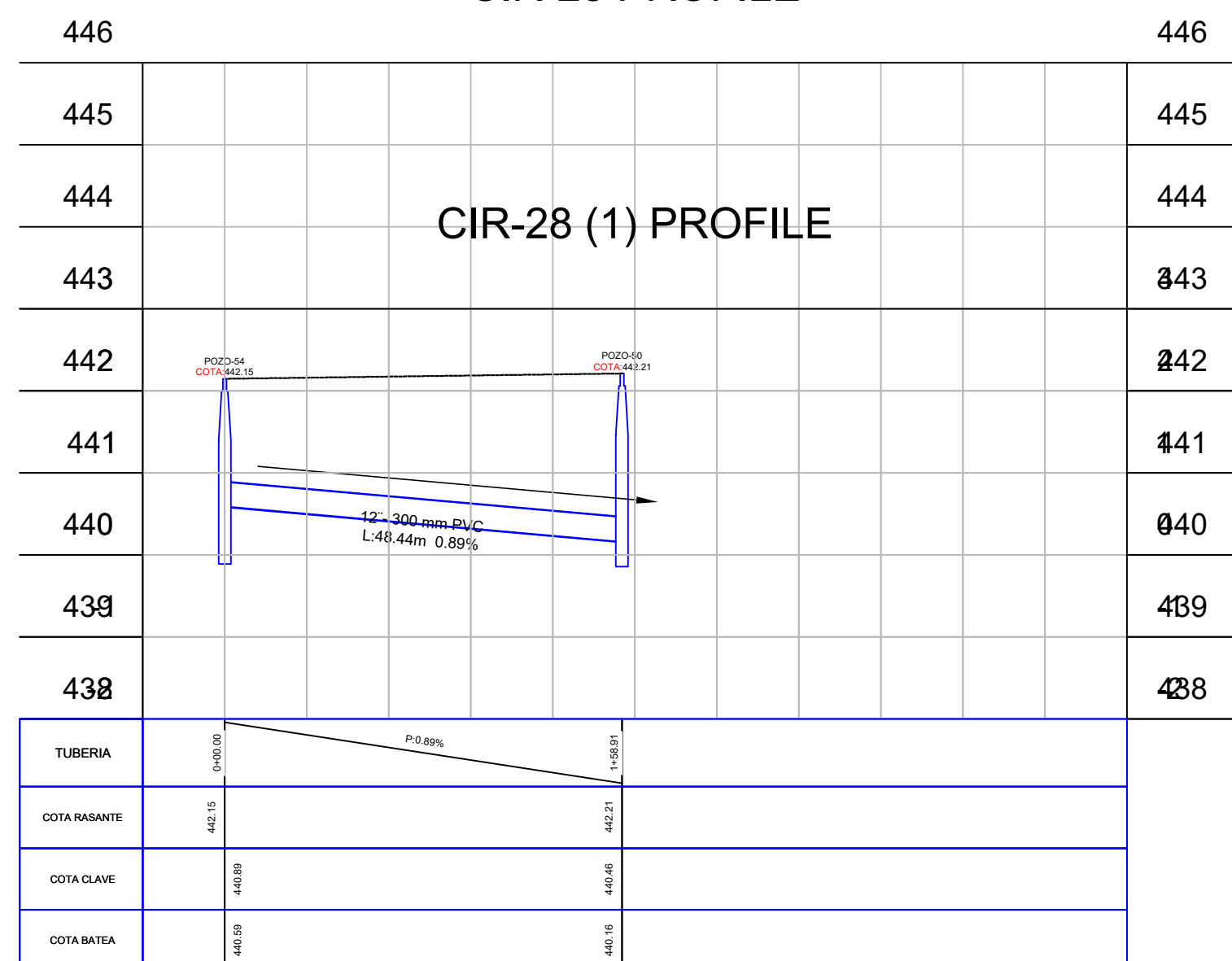
PLANO: REFERENCIA
 ARCHIVO: CARRERA 1 Y 2 DE 26 - 48-1.DWG

PLANO No. **12/17**
 VERSIÓN No. **V1**
 FECHA: octubre 22

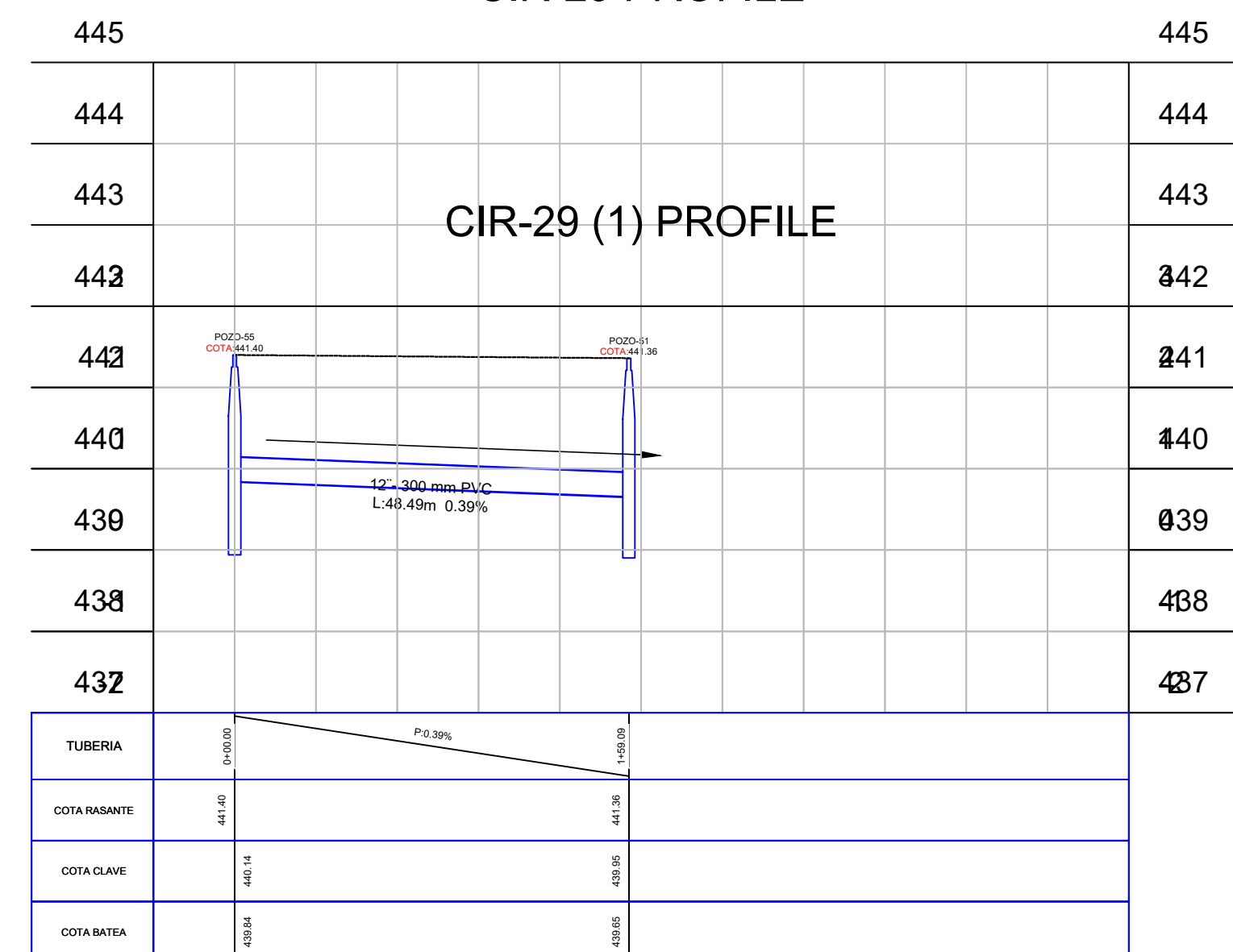




CIR-28 PROFILE



CIR-29 PROFILE



PROCESO: JUAN DIEGO TOVAR
 REVISO: JUAN DIEGO TOVAR
 REVISO: JAIME IZQUIERDO BAUTISTA

APROBO:
 MODIFICACIONES:
 I
 II
 III
 IV
 V

GEORREFERENCIACION:
 SISTEMA DE COORDENAS
 MAGNA-SIRGAS / Colombia
 Nacional Central

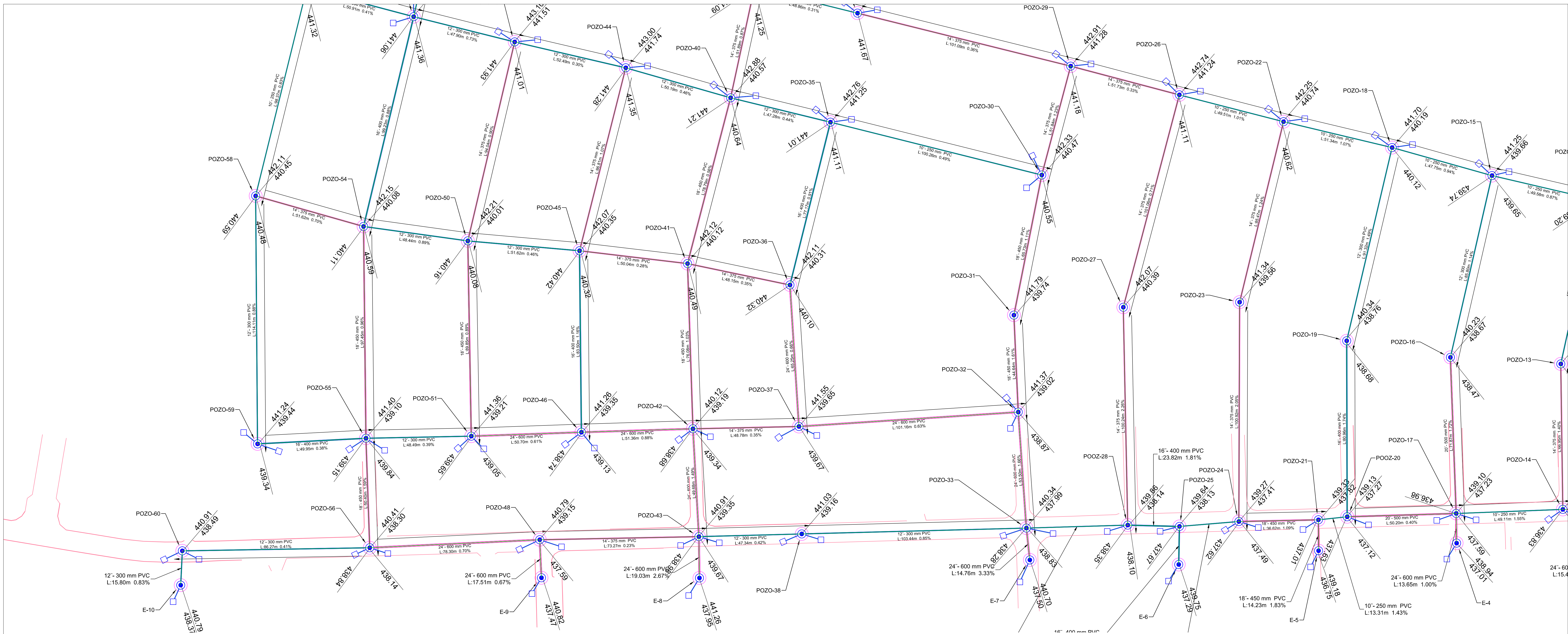
PROYECTO:
 TITULO:
 SCCCIONES TRASVERSALES
 P.P (14)

ESCALA:
 PLANATA: 1:750
 PERFIL H: 1:1000
 V: 1:100

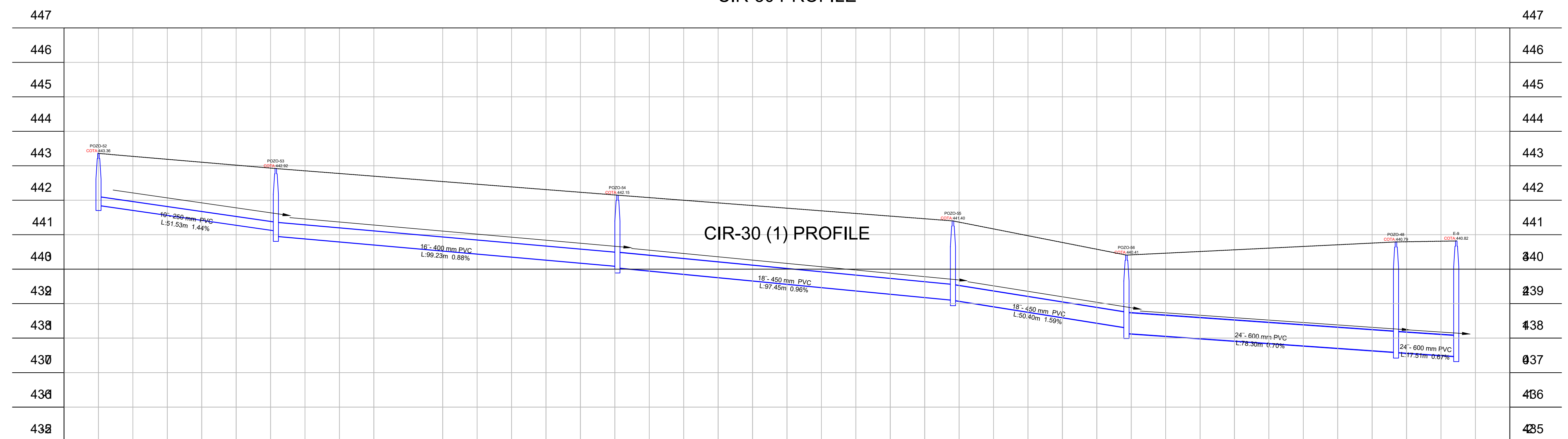
PLANO:
 REFERENCIA
 ARCHIVO:
 CARRERA 1 Y 2 DE 26 - 48-1.DWG

PLANO No:
 14/17
 FECHA:
 octubre 22

VERSION No:
 V1

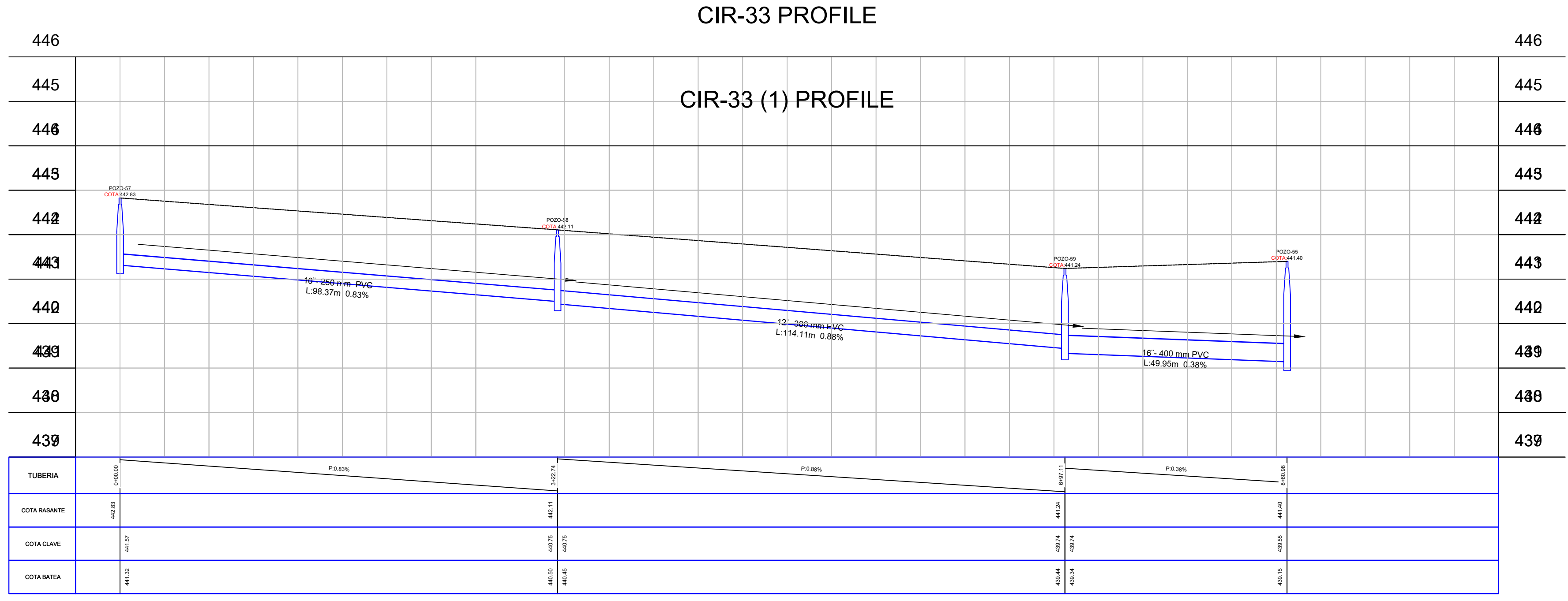
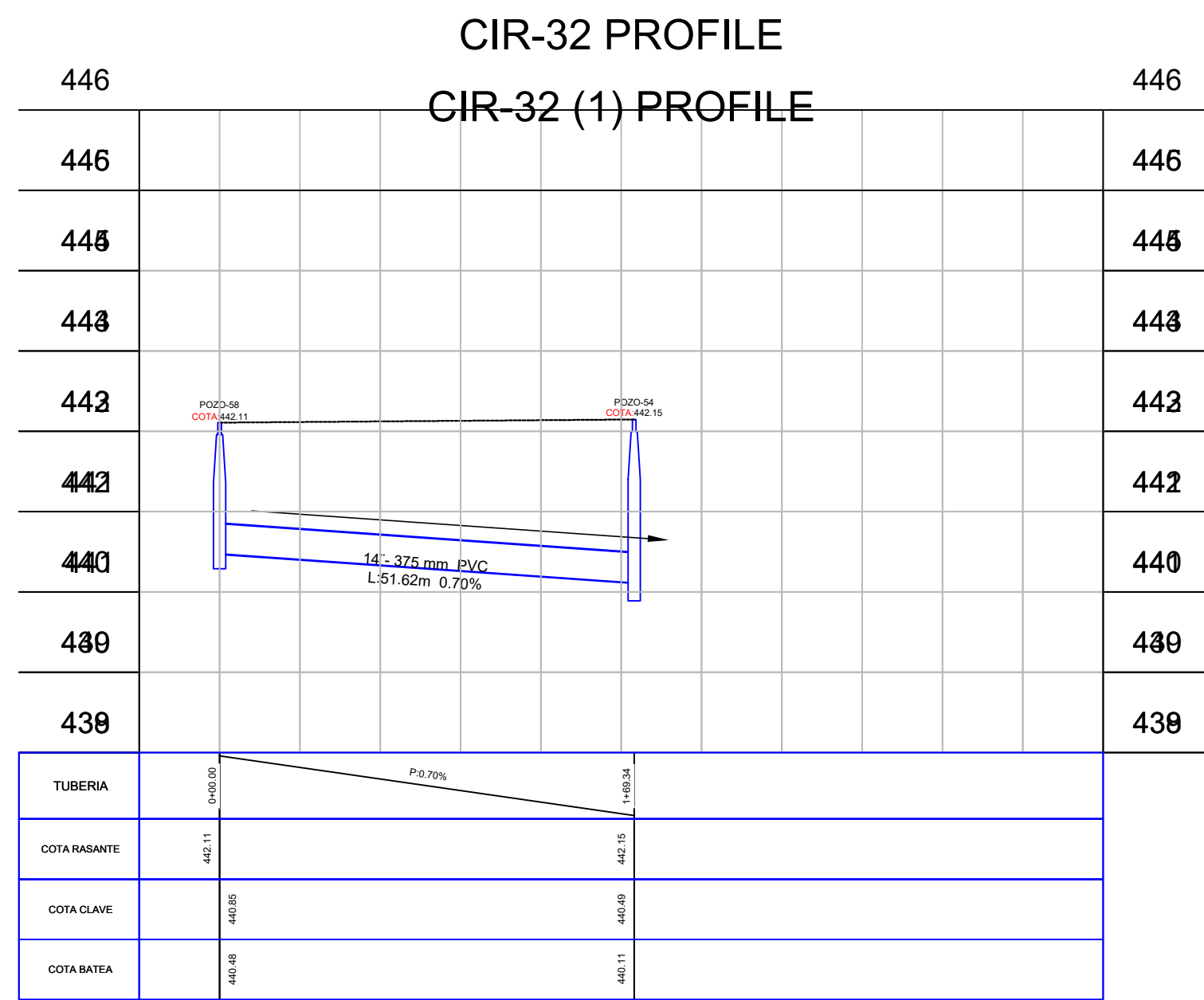
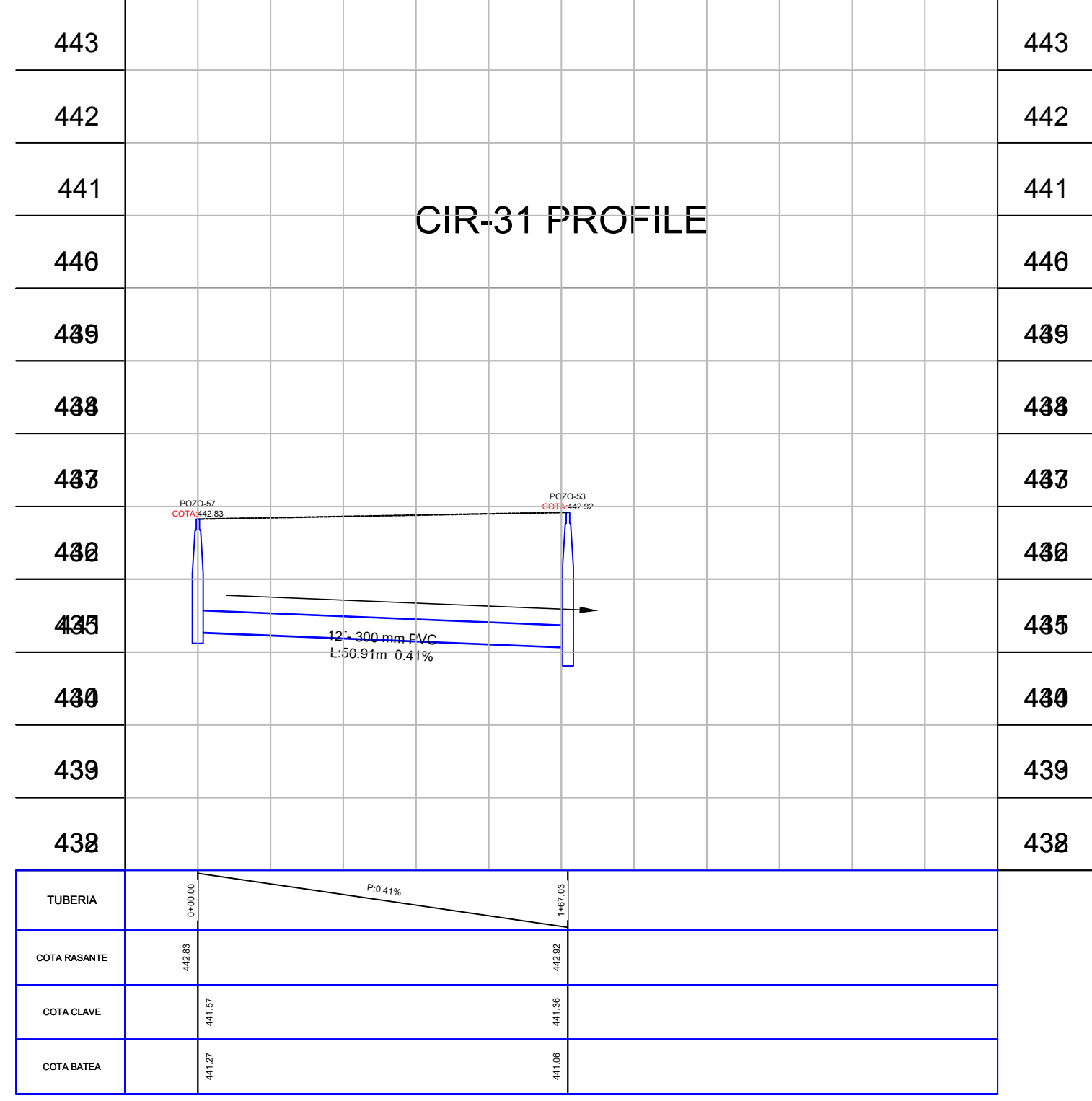
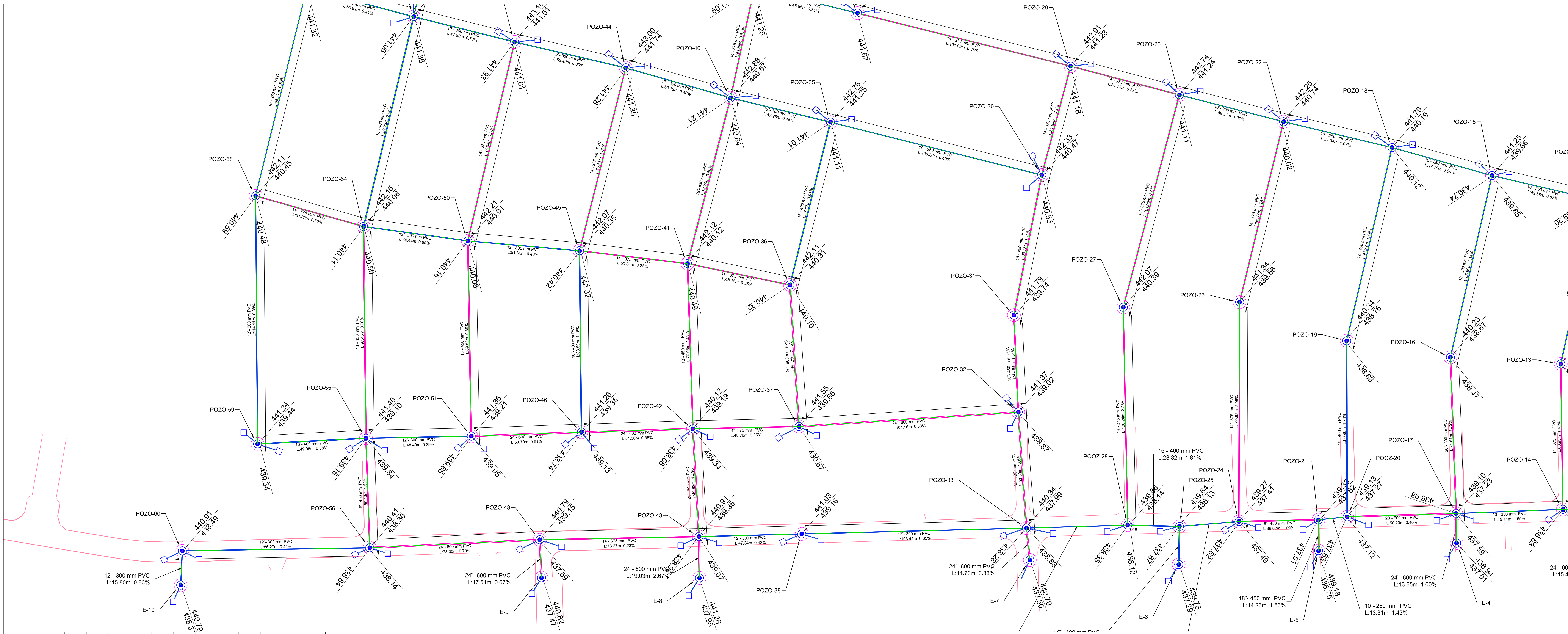


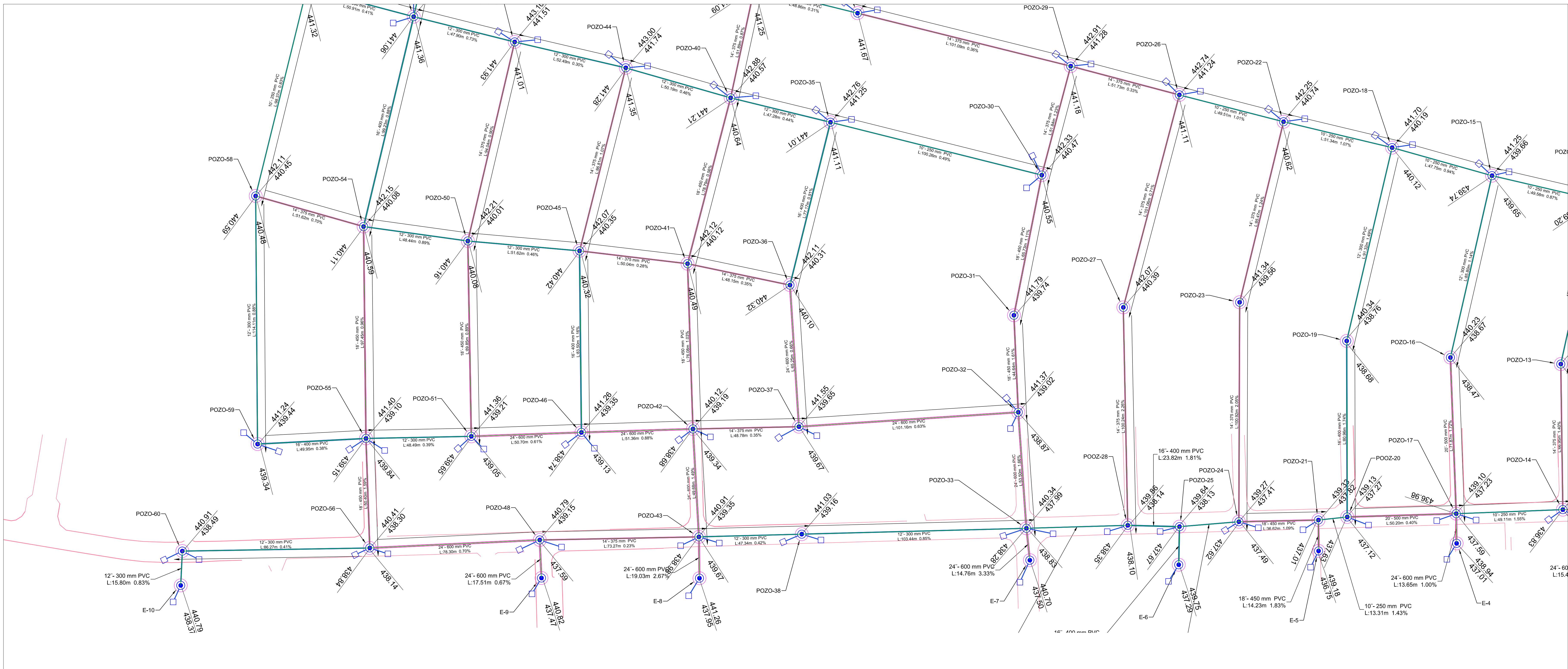
CIR-30 PROFILE



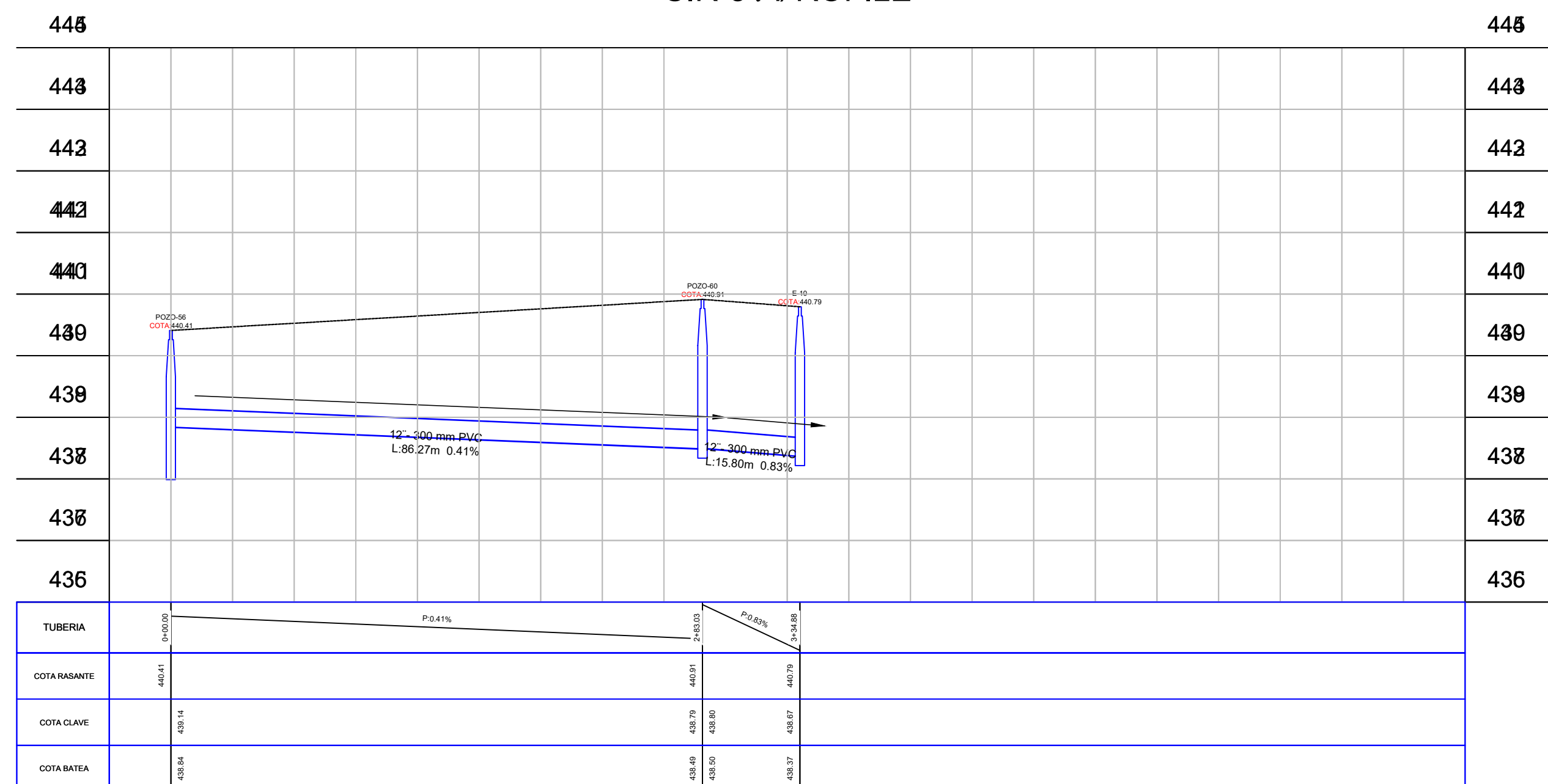
CIR-30 (1) PROFILE

TUBERIA	PI 14%	PI 8%	PI 8%	PI 8%	PI 8%	PI 8%	PI 8%
COTA MAXIMA	441.32	441.01	441.12	441.11	441.11	441.11	441.11
COTA CLAVE	441.08	441.08	441.08	441.08	441.08	441.08	441.08
COTA MINIMA	440.91	440.91	440.91	440.91	440.91	440.91	440.91





CARRERA 17



TUBERIA	DIAMETRO	PERFIL	LONGITUD	PERCENTUAL
COTA INICIAL	441.1	441.1	0	0
COTA FINAL	439.4	439.4	15.80	0.41%
COTA MEDIA	440.25	440.25	7.90	0.41%

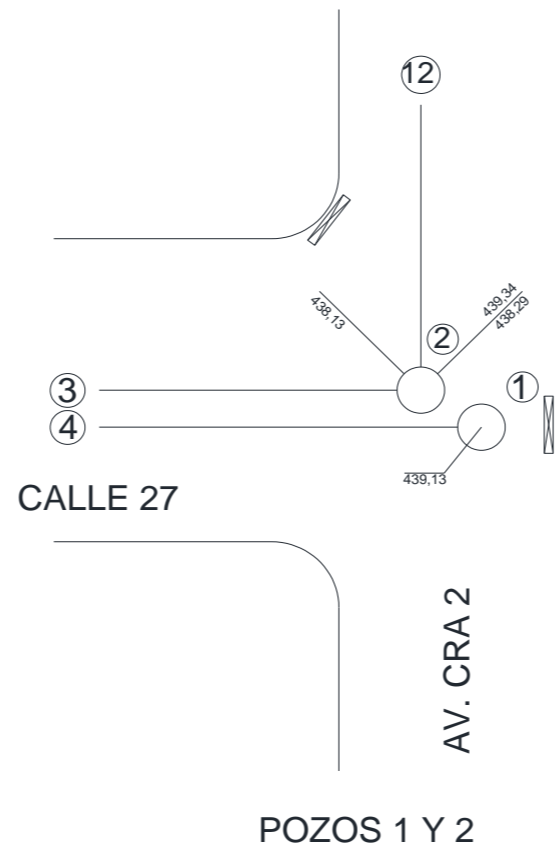
PRESUPUESTO

PROPUESTA DE DISEÑO DE ALCANTARILLADO PLUVIAL EN EL BARRIO CANDIDO

Item	Descripcion	Unidad	Cantidad	Vr/ unitario	Vr/ Total
1	PRELIMINARES				
1,1	Localización y replanteo, INCLUYE: Topografía y generación de datos SIG. Planos record de tuberías	ML	2.273,00	\$ 3.084,00	\$ 7.009.932,00
1,2	Señalización vial de obra, cumpliendo la normativa vigente	ML	2.273,00	\$ 5.656,00	\$ 12.856.088,00
SUB TOTAL					\$ 19.866.020,00
2	DEMOLICION Y EXCAVACION				
2,1	Demolición de pavimento flexible. Incluye corte de frontera con cortadora de disco y demolición con taladro demoledor. INCLUYE: RETIRO Y TRANSPORTE DEL MATERIAL SOBRANTE EN ESCOMBRERA AUTORIZADA	M2	4.407,00	\$ 29.611,00	\$ 130.495.677,00
2,2	Excavaciones varias sin clasificar para profundidades no mayores a 2,10 metros. INCLUYE: RETIRO Y TRANSPORTE DEL MATERIAL SOBRANTE EN ESCOMBRERA AUTORIZADA	M3	7.051,20	\$ 27.892,00	\$ 196.672.070,40
SUB TOTAL					\$ 327.167.747,40
3	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA				
3,1	Suministro e instalación tubería PVC diámetro 10 pulgadas, de pared estructural y sello hermético. Incluye: Transporte al sitio.	ML	866,30	\$ 91.881,43	\$ 79.596.881,57
3,2	Suministro e instalación tubería PVC diámetro 12 pulgadas, de pared estructural y sello hermético. Incluye: Transporte al sitio.	ML	1.135,98	\$ 150.161,43	\$ 170.579.929,14
3,3	Suministro e instalación tubería PVC diámetro 14 pulgadas, de pared estructural y sello hermético. Incluye: Transporte al sitio.	ML	1.112,59	\$ 199.720,00	\$ 222.206.674,52
3,4	Suministro e instalación tubería PVC diámetro 16 pulgadas, de pared estructural y sello hermético. Incluye: Transporte al sitio.	ML	666,96	\$ 244.700,00	\$ 163.204.622,60
3,5	Suministro e instalación tubería PVC diámetro 18 pulgadas, de pared estructural y sello hermético. Incluye: Transporte al sitio.	ML	594,18	\$ 316.078,57	\$ 187.807.881,65
3,6	Suministro e instalación tubería PVC diámetro 20 pulgadas, de pared estructural y sello hermético. Incluye: Transporte al sitio.	ML	574,16	\$ 565.170,00	\$ 324.497.442,03
3,7	Suministro e instalación tubería PVC diámetro 24 pulgadas, de pared estructural y sello hermético. Incluye: Transporte al sitio.	ML	558,95	\$ 838.991,43	\$ 468.953.420,01
3,8	Suministro Kit Silla Yee	UND	86,00	\$ 378.571,43	\$ 32.557.142,86
SUB TOTAL					\$ 1.649.403.994,38
4	POZOS DE INSPECCION				
4,1	Construcción de cuerpo cilindrico de pozo de inspección en concreto reforzado de 24 Mpa Impermeabilizado de diametro libre de 1,20 metros. E=0,20 m	ML	108,00	\$ 842.126,00	\$ 90.949.608,00
4,2	Placa circular para pozo de inspección. Diametro de 1,20 m; concreto de 24 Mpa. E=0,20 m. Incluye cañuela	UND	60,00	\$ 386.219,00	\$ 23.173.140,00
SUB TOTAL					\$ 114.122.748,00
5	SUMIDEROS				
5,1	Construcción de sumidero estandar según plano de diseño. INCLUYE: TUBERÍA Y ACCESORIOS PARA CONEXIÓN A POZO DE INSPECCION	UND	38,00	\$ 1.256.478,00	\$ 47.746.164,00
SUB TOTAL					\$ 47.746.164,00
6	RELLENO				

6,1	Relleno con material proveniente de excavacion, compactación mecanica según INV-2012.	M3	4.847,70	\$ 12.158,00	\$ 58.938.336,60
6,2	Relleno para estructuras con material granular tipo sbg-38, compactación mecanica según INV-2012.	M3	661,05	\$ 127.547,00	\$ 84.314.944,35
SUB TOTAL					\$ 143.253.280,95
7	REPOSICION DE PAVIMENTO FLEXIBLE				
7,1	Reparación de pavimento flexible con mezcla gruesa en caliente tipo mgc-25 - mezcla in situ	M3	528,84	\$ 268.933,28	\$ 142.222.675,08
SUB TOTAL					\$ 142.222.675,08
SUB TOTAL COSTOS DIRECTOS					\$ 2.396.036.465,82
	ADMINISTRACION			22%	\$ 527.128.022,48
	IMPREVISTOS			3%	\$ 71.881.093,97
	UTILIDAD			5%	\$ 119.801.823,29
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					\$ 3.114.847.405,56

C. Anexo: Ficha técnica del diagnóstico de la red existente

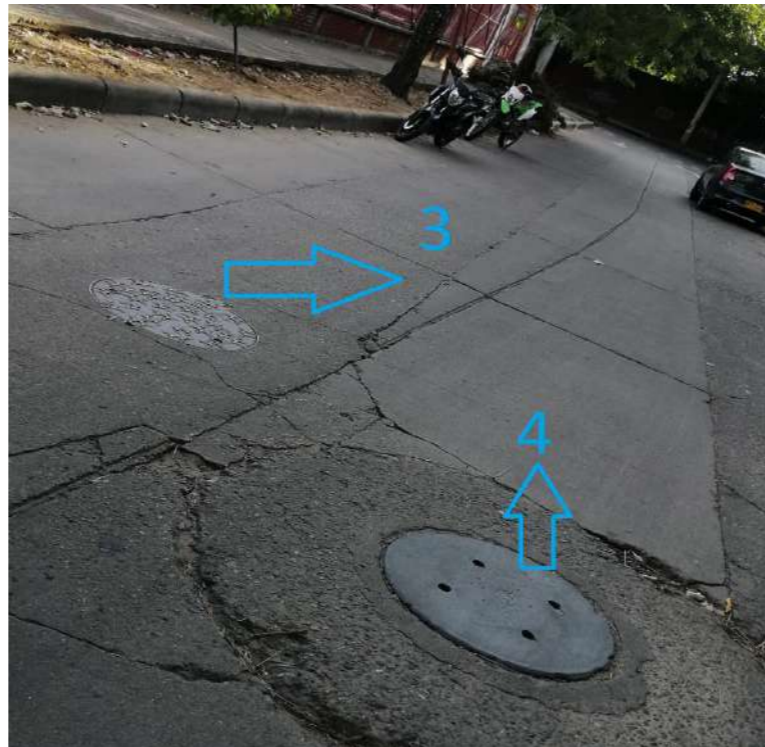
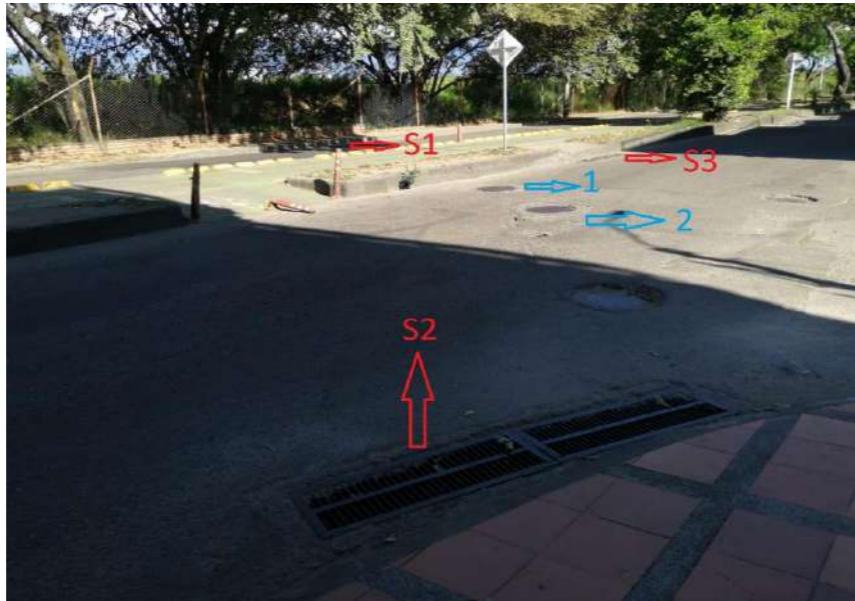


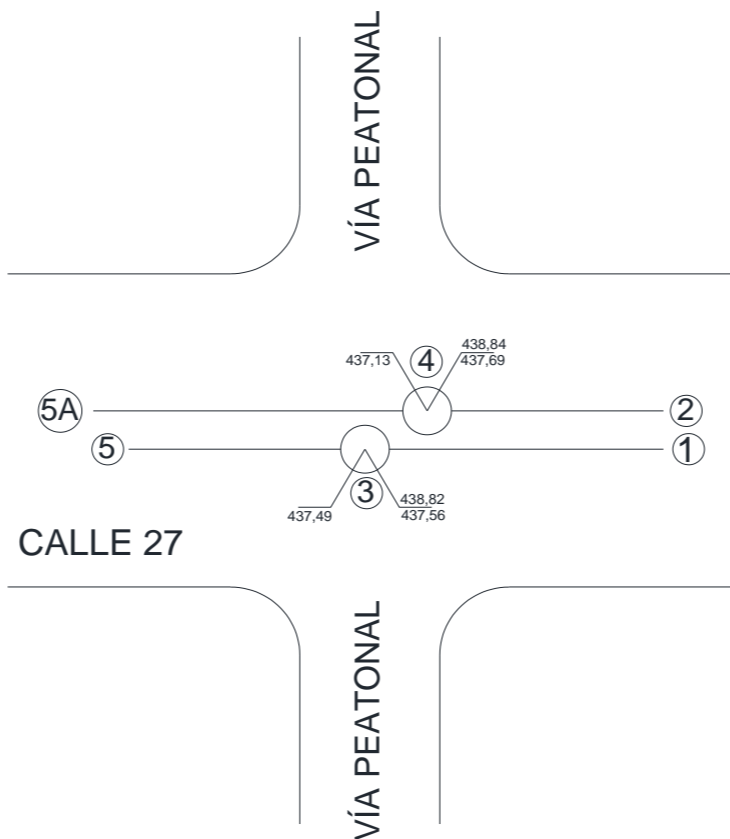
TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
1-3	60,25	24	Concreto	Bueno	
S1-1	8	6	PVC	Bueno	
S2-1	6,1	6	PVC	Bueno	
S3-1	3,5	6	PVC	Bueno	
2-4	60,23	8	Concreto	Bueno	

FECHA	ESCALA
REVISÓ	DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos





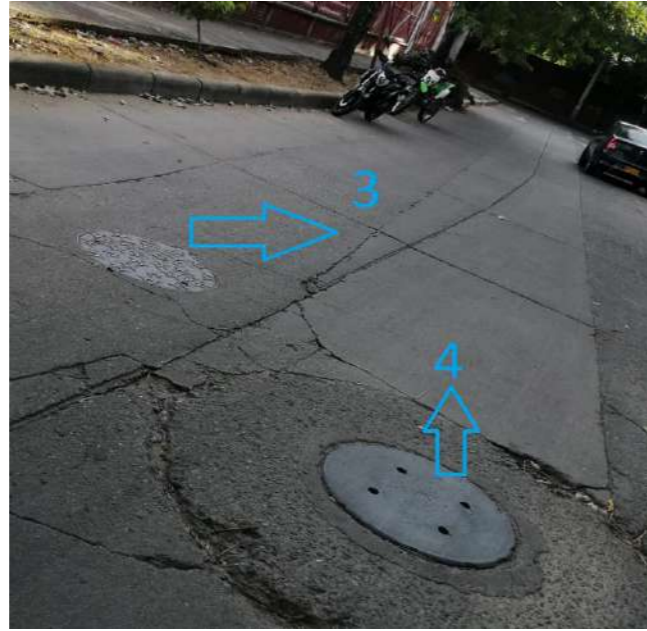
POZOS 3 Y 4

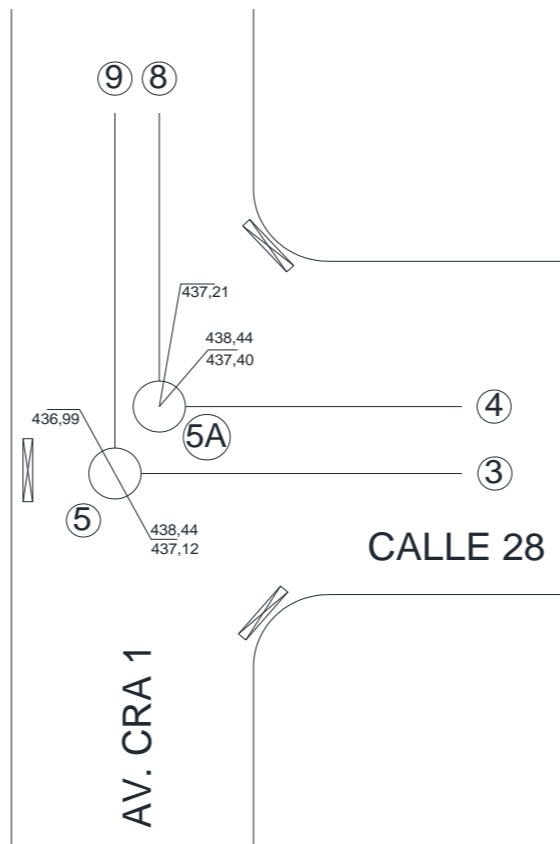
TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
3-5	56	10	PVC	Bueno	
4-5A	56,5	10	PVC	Bueno	
S39-3	2	6	PVC	Bueno	

FECHA: ESCALA:
 REVISÓ: DIBUJÓ:

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos





POZOS 5 Y 5A

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
5-8	52,26	24	Concreto simple	Bueno	
S40-5	3,5	6	PVC	Bueno	
S41-5	3,2	6	PVC	Bueno	
S42-5	7	6	PVC	Bueno	

FECHA
REVISÓ

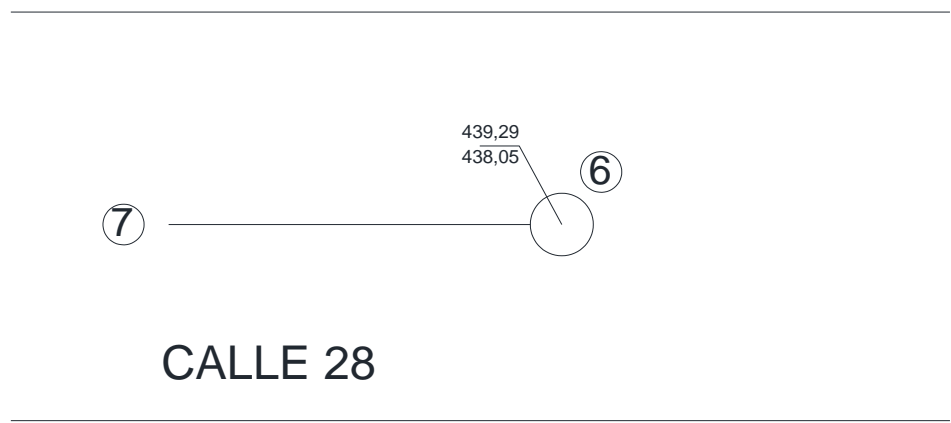
ESCALA
DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	6	DIRECCIÓN	Calle 28	COTA RASANTE	FECHA	9/07/2022
---------	---	-----------	----------	--------------	-------	-----------



CALLE 28

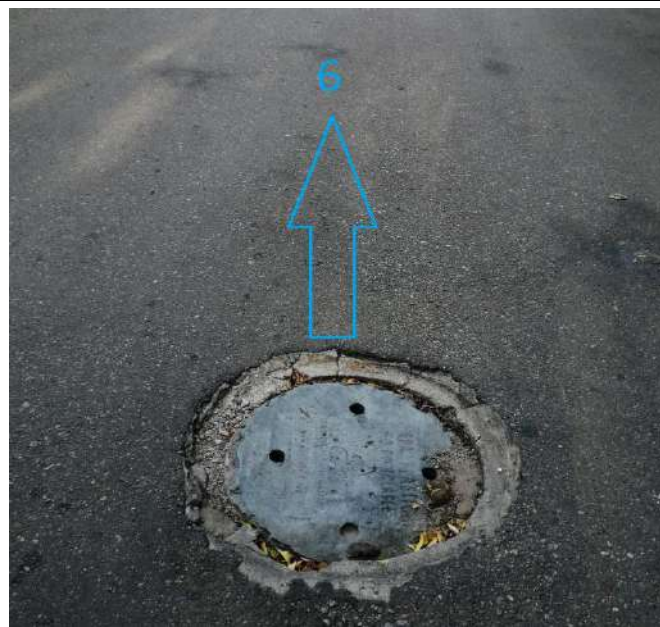
POZO 6

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
6-7	30,3	10	PVC	Regular	Necesita reparación den el marco

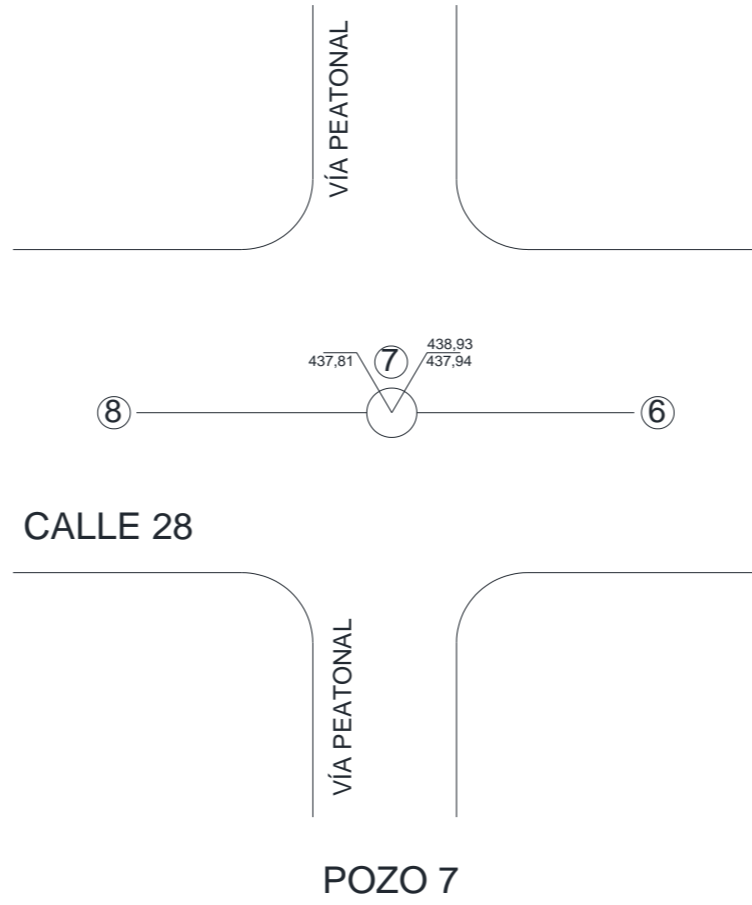
FECHA ESCALA
REVISÓ DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	7	DIRECCIÓN	Calle 28	COTA RASANTE	FECHA	9/07/2022
---------	---	-----------	----------	--------------	-------	-----------



TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
7-8	65,56	10	PVC	Bueno	

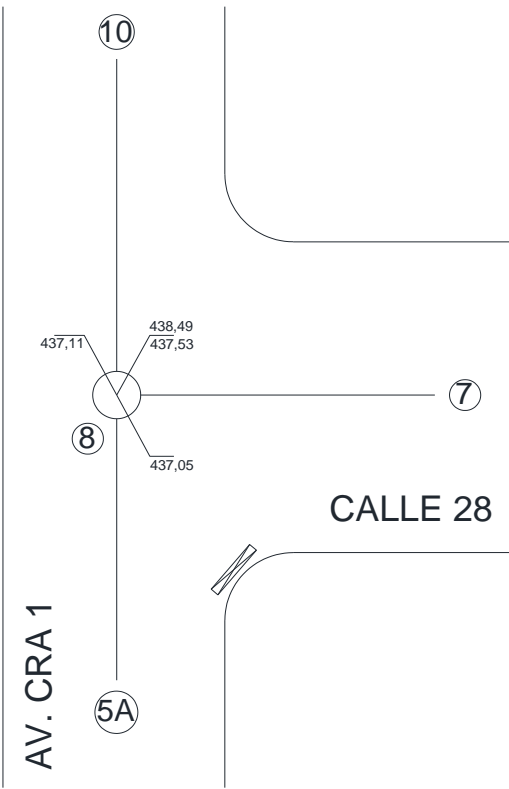
FECHA _____ ESCALA _____
 REVISÓ _____ DIBUJÓ _____

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	8	DIRECCIÓN	Carrera 1 entre calles 27 y 28	COTA RASANTE	FECHA	9/07/2022
---------	---	-----------	--------------------------------	--------------	-------	-----------



POZO 8

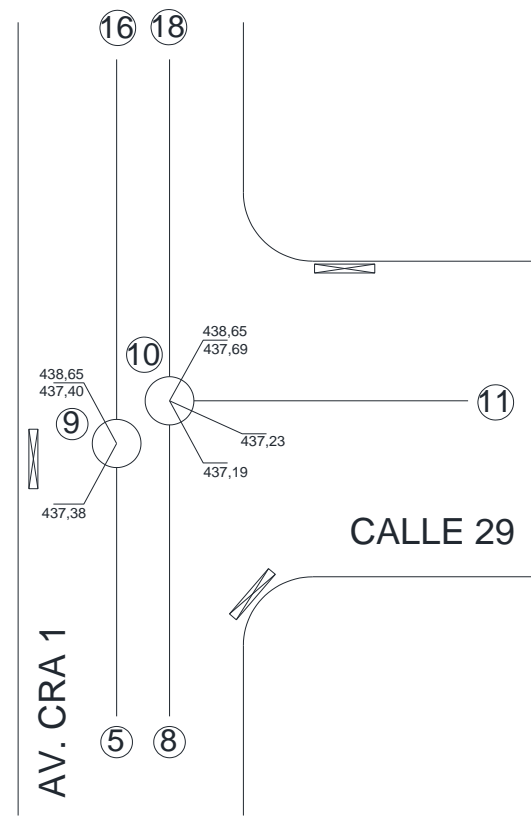
TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
8-9	49,59	24	PVC	Bueno	
S43-8	4,5	6	PVC	Regular	Necesita reparación en la rejilla

FECHA ESCALA
 REVISÓ DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos





POZOS 9 Y 10

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
9-16	47,2	24	Concreto	N/A	Se encuentra sellado por carpeta de asfalto
10-16A	47,8	16	PVC	Bueno	
S44	5,2	6	Concreto	Regular	Necesita reparación de rejillas
S45	5,4	6	Concreto	Regular	Necesita reparación de rejillas

FECHA

ESCALA

REVISÓ

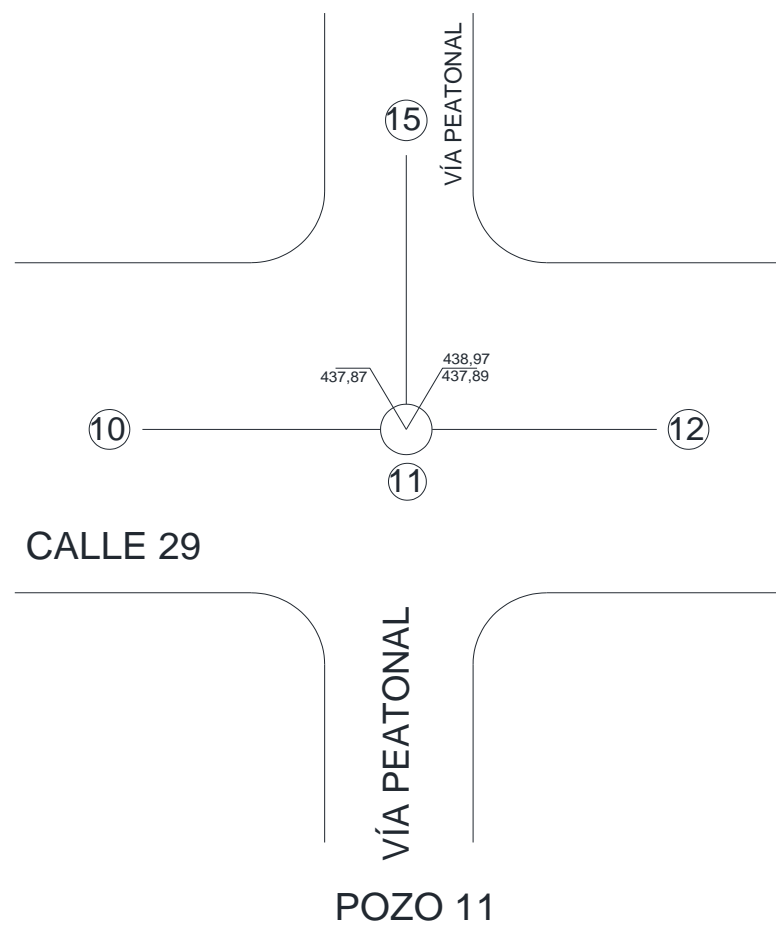
DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	11	DIRECCIÓN	Calle 29	COTA RASANTE	FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	----------	--------------	-------	-----------



TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
11-10	72,62	10	PVC	Bueno	

FECHA
REVISÓ

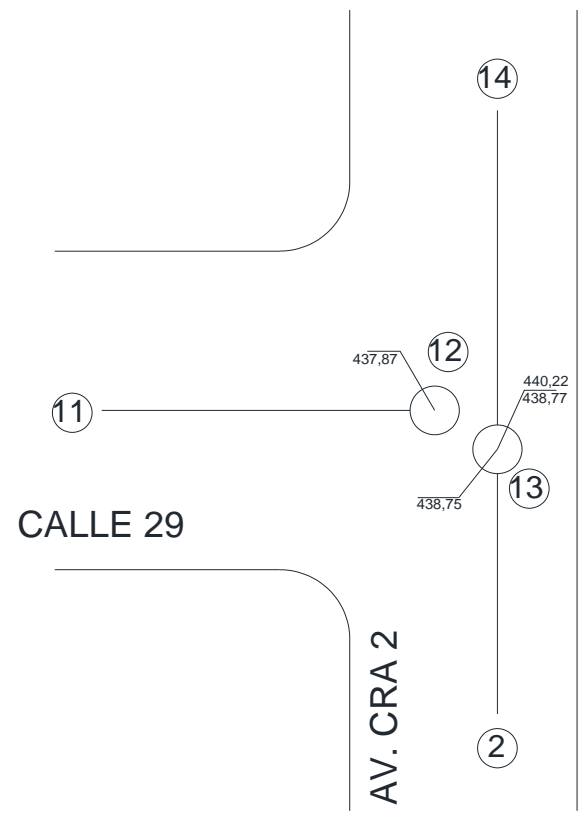
ESCALA
DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	12	DIRECCIÓN	Calle 29 con carrera 2	COTA RASANTE	FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	------------------------	--------------	-------	-----------



POZOS 12 Y 13

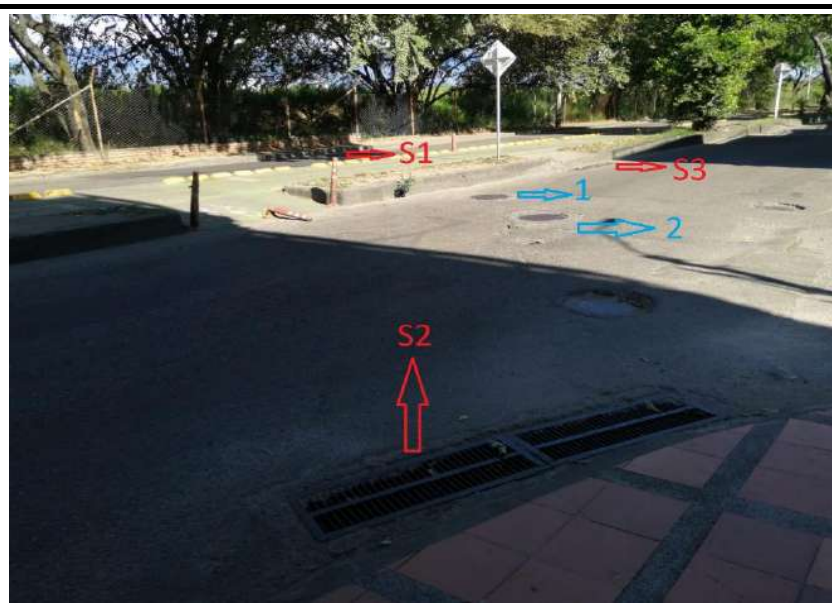
TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
12-2	100,2	12	PVC	N/A	Se encuentra sellado por carpeta de asfalto

FECHA
REVISÓ

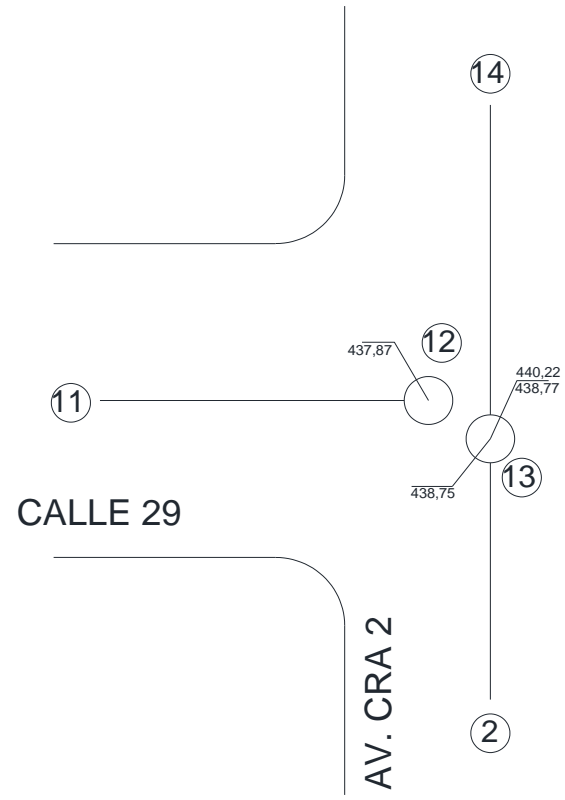
ESCALA
DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	13	DIRECCIÓN	Calle 29 con carrera 2	COTA RASANTE		FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	------------------------	--------------	--	-------	-----------



POZOS 12 Y 13

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
13-11	70,63	10	PVC	N/A	Se encuentra sellado por carpeta de asfalto

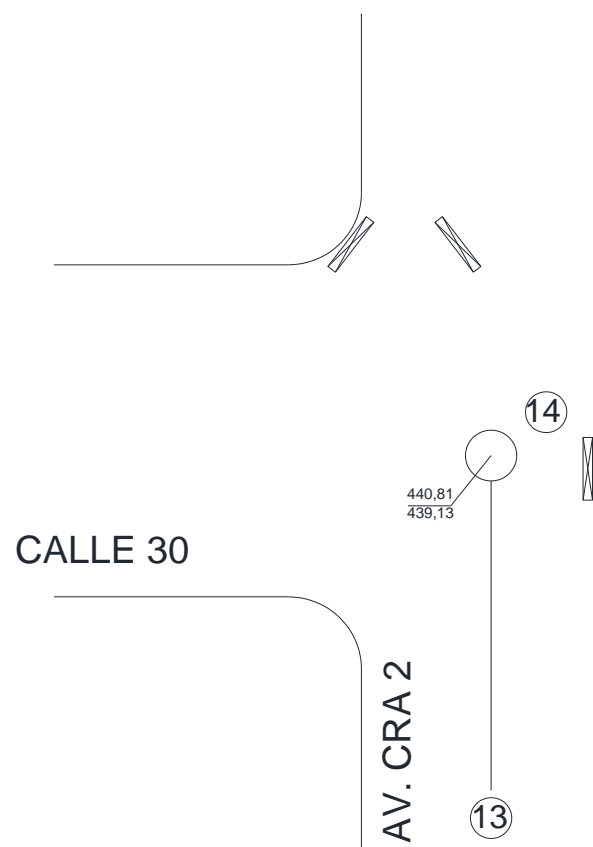
FECHA ESCALA
 REVISÓ DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	14	DIRECCIÓN	Crr 2 con calle 30	COTA RASANTE	FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	--------------------	--------------	-------	-----------



POZO 14

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
14-13	50,11	12	PVC	Bueno	
S5	3	6	PVC	Bueno	
S6	5	6	PVC	Bueno	

FECHA

ESCALA

REVISÓ

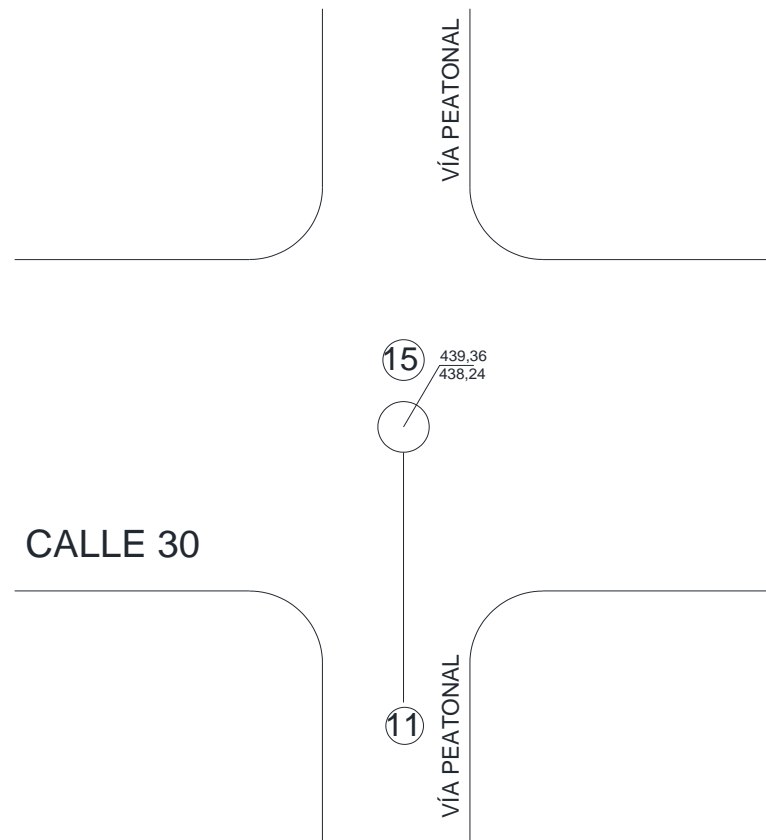
DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	15	DIRECCIÓN	Calle 30	COTA RASANTE	FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	----------	--------------	-------	-----------



POZO 15

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
15-16	86,7	10	PVC		En los planos existente está desactualizada pues aparecen que conecta con el pozo 15A el cual no existe, ahora conecta con el pozo 16
15A					No existe

FECHA

ESCALA

REVISÓ

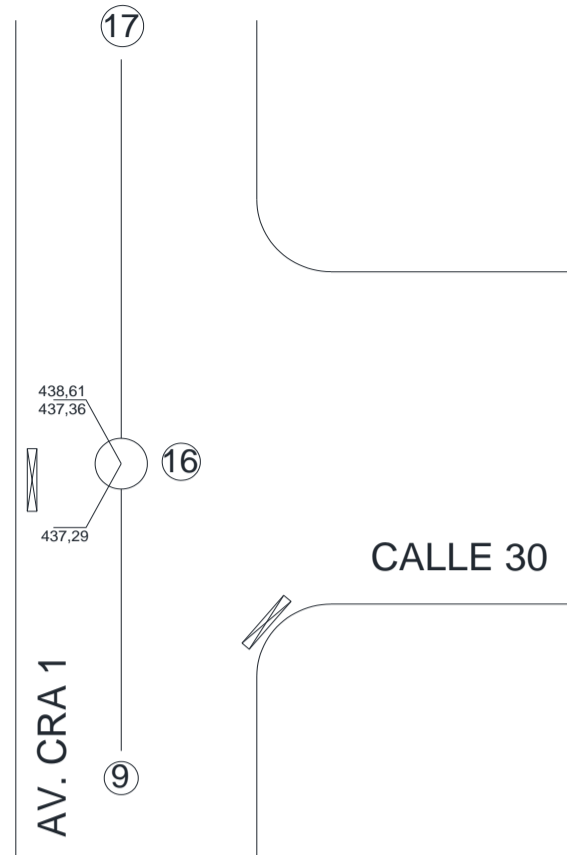
DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	16	DIRECCIÓN	Crr 1 con Calle 30	COTA RASANTE	FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	--------------------	--------------	-------	-----------



POZO 16

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
16-17	52,13	24	Concreto	N/A	Se encuentra sellado por carpeta de asfalto
16A-18	53,23	18	PVC	Bueno	
S47-16	2,2	6	Concreto Simple	Regular	Necesita reparación de rejillas
S46-16A	3,8	6	Concreto Simple	Regular	Necesita reparación de rejillas

FECHA

ESCALA

REVISÓ

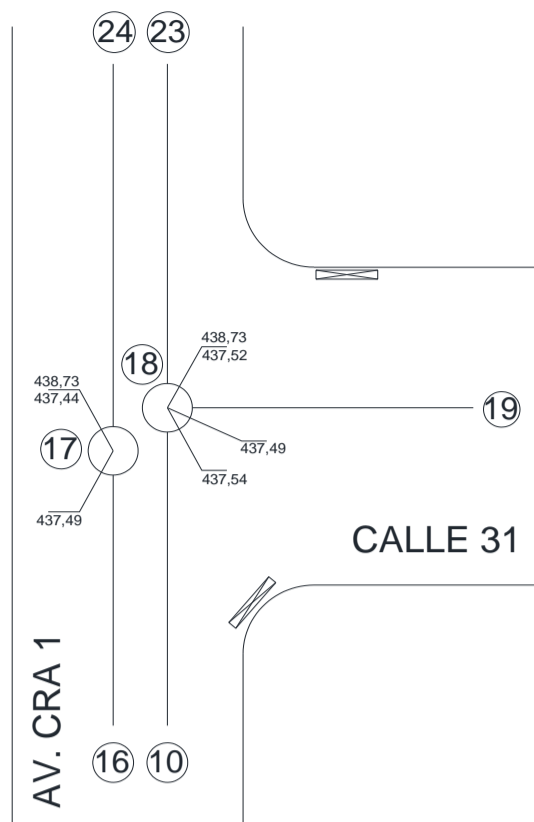
DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	18 y 17	DIRECCIÓN	Crr 1 con Calle 31	COTA RASANTE	FECHA	9/07/2022
---------	---------	-----------	--------------------	--------------	-------	-----------



POZOS 17 Y 18

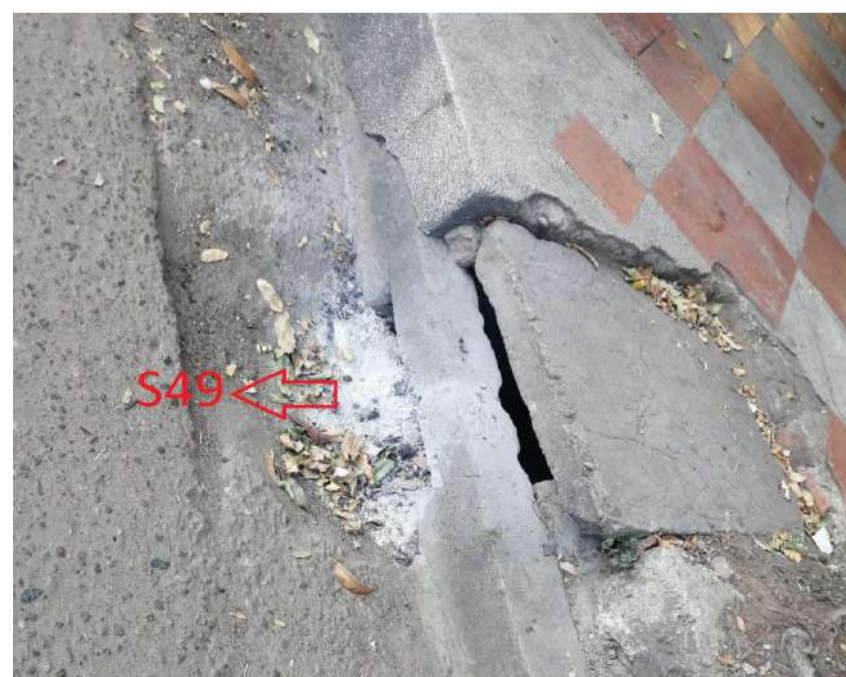
TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
17-24	49,77	16	Concreto	N/A	Se encuentra sellado por carpeta de asfalto
18-23	50,12	18	PVC	Bueno	
S48-18	3,5	6	Concreto Simple	Regular	Necesita reparación en entrada del sumidero
S49-18	4,12	6	Concreto Simple	Regular	Necesita reparación en entrada del sumidero

FECHA
REVISÓ

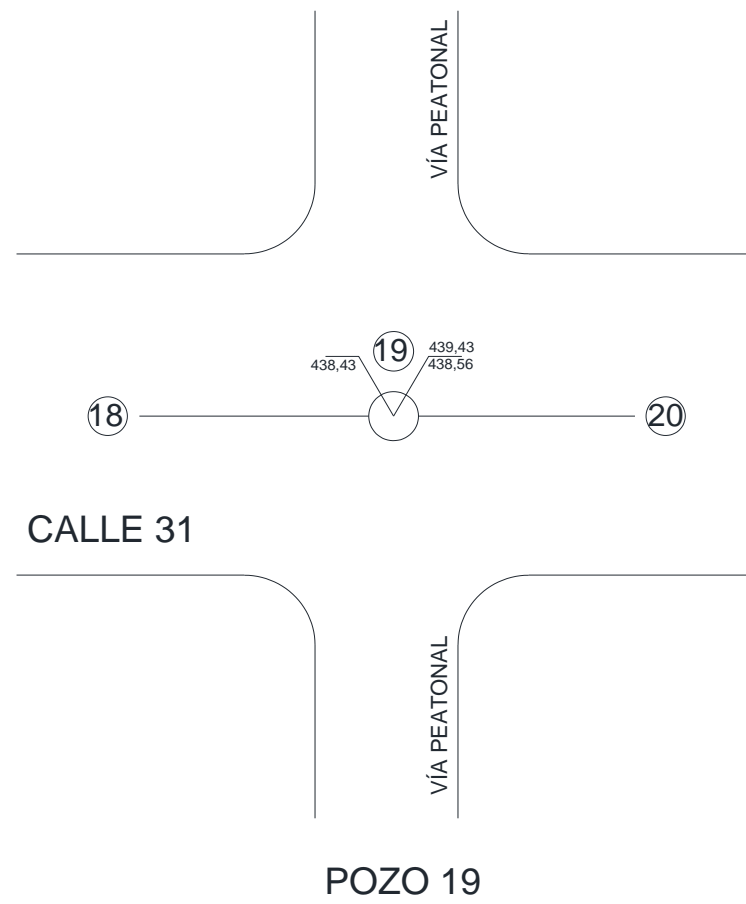
ESCALA
DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	20	DIRECCIÓN	Crr 2 con Calle 31	COTA RASANTE		FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	--------------------	--------------	--	-------	-----------

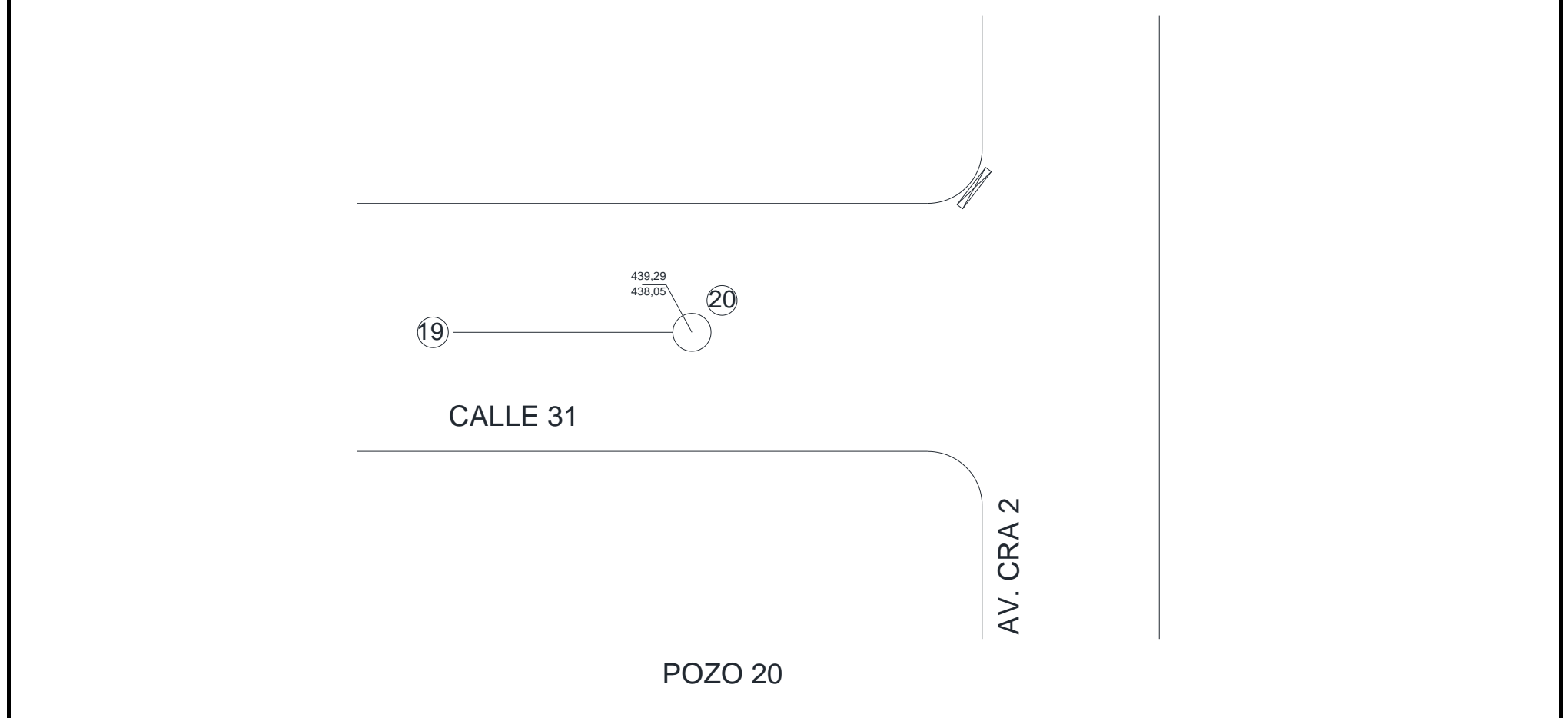


TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
19-18	86,92	10	Concreto	N/A	No se encontró el pozo, se encuentra tapado con asfalto

FECHA
REVISÓ

ESCALA
DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO



TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
20-19	52,55	10	Concreto	N/A	Se encuentra sellado por carpeta de asfalto
S7-20	10,12	6	Concreto simple	Regular	Necesita mantenimiento
S8-20	13,12	6	Concreto simple	Regular	Necesita mantenimiento

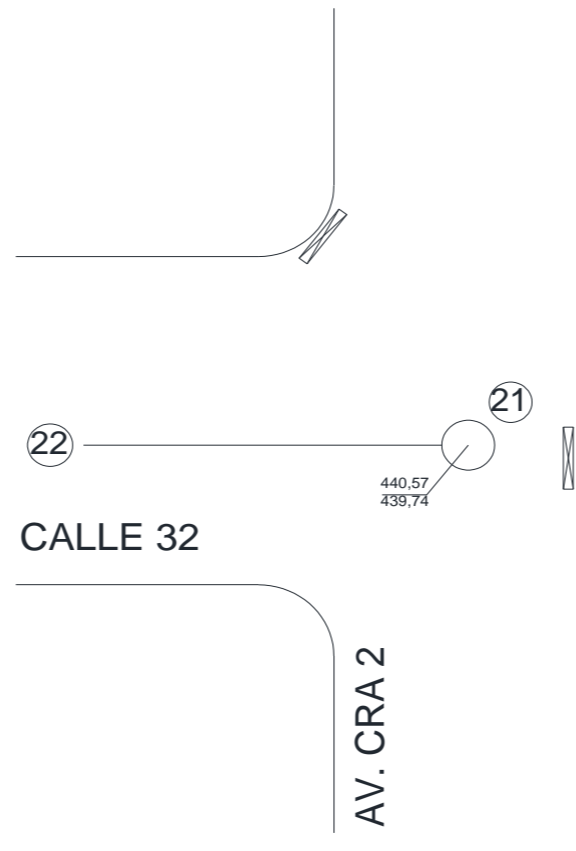
FECHA: _____ ESCALA: _____
 REVISÓ: _____ DIBUJÓ: _____

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	21	DIRECCIÓN	Crr 2 con Calle 32	COTA RASANTE	FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	--------------------	--------------	-------	-----------



POZO 21

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
21-22	100,26	12	Concreto	Bueno	
S10-21	6,7	6	PVC	Bueno	
S9-21	1,5	6	PVC	Bueno	
S11-21	3	6	PVC	Bueno	

FECHA

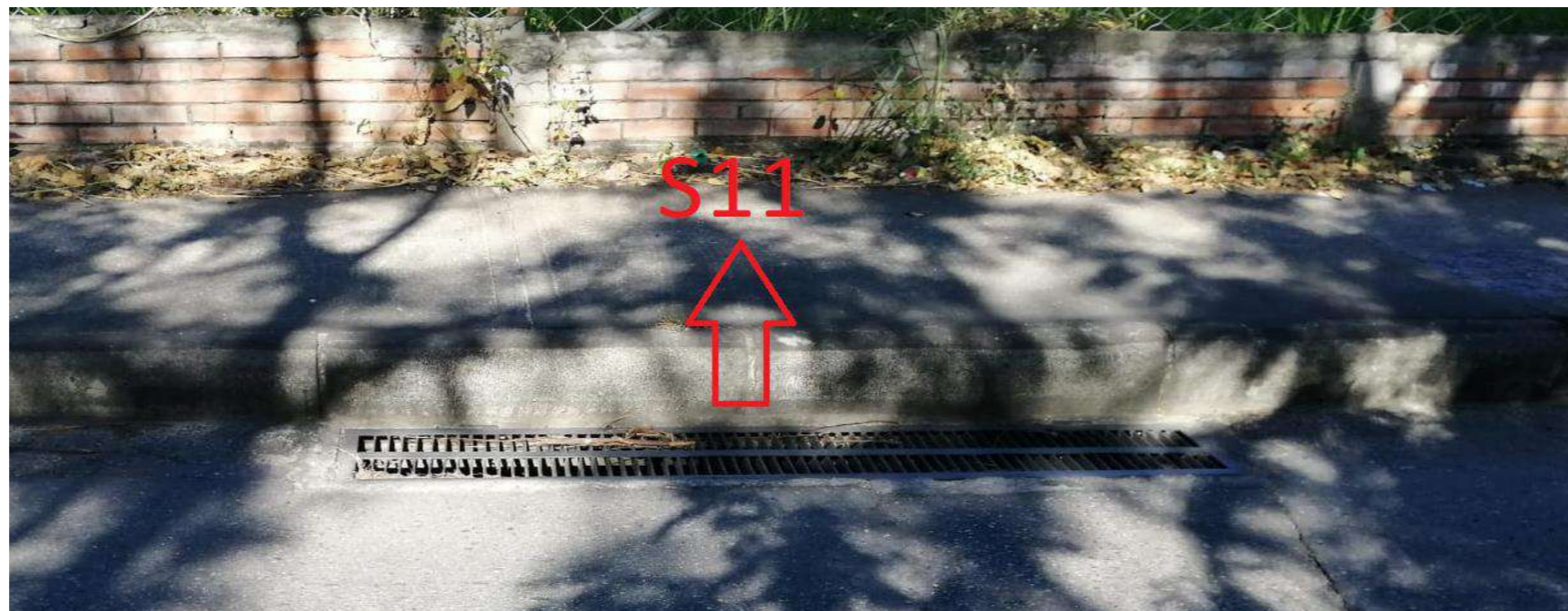
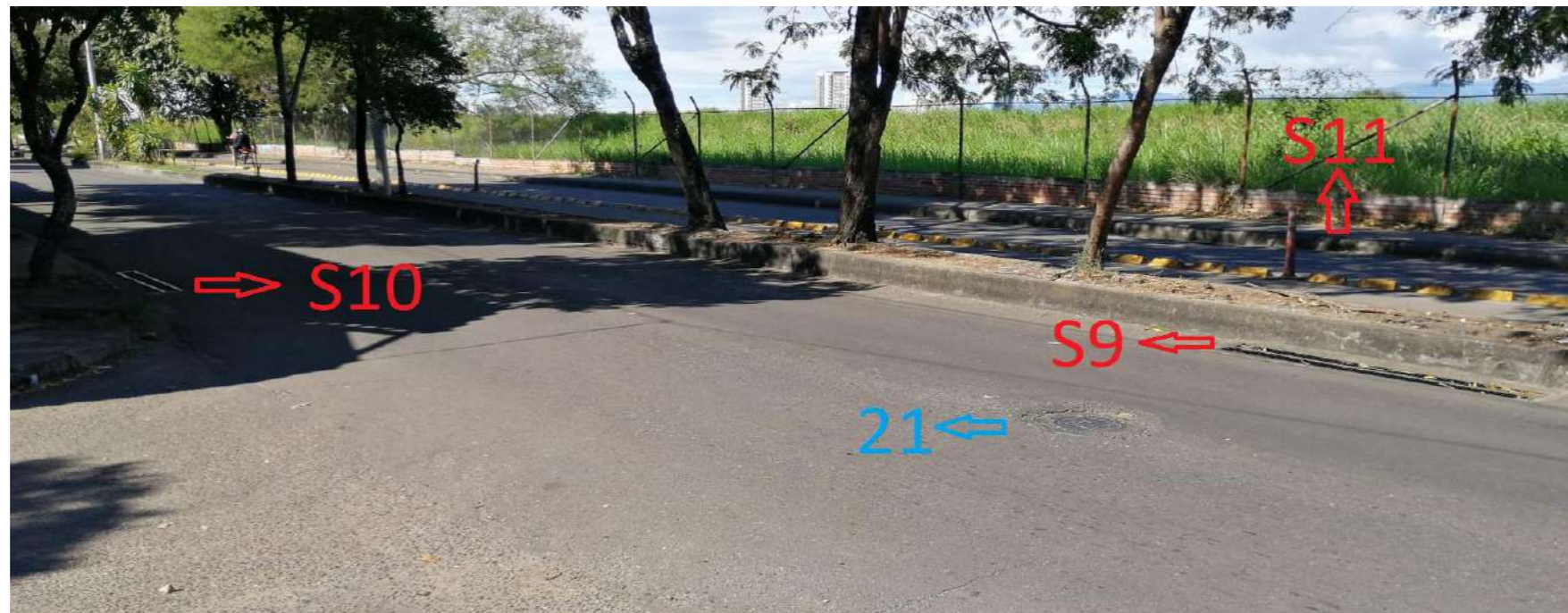
ESCALA

REVISÓ

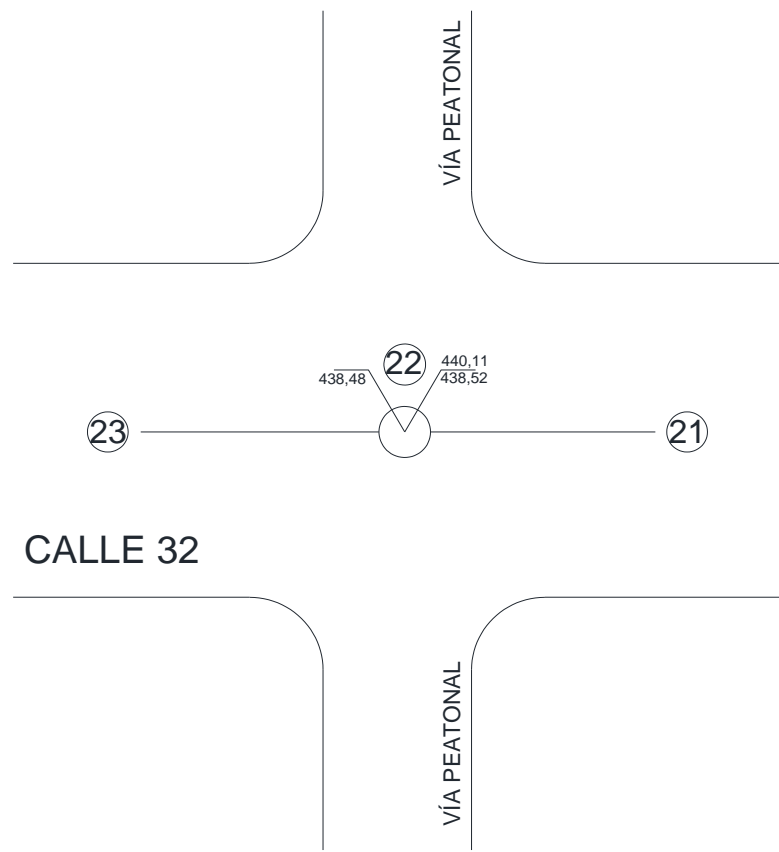
DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	22	DIRECCIÓN	Calle 32 entre Crr 1 y 2	COTA RASANTE		FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	--------------------------	--------------	--	-------	-----------



POZO 22

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
22-23	95	10	PVC	Bueno	

FECHA
REVISÓ

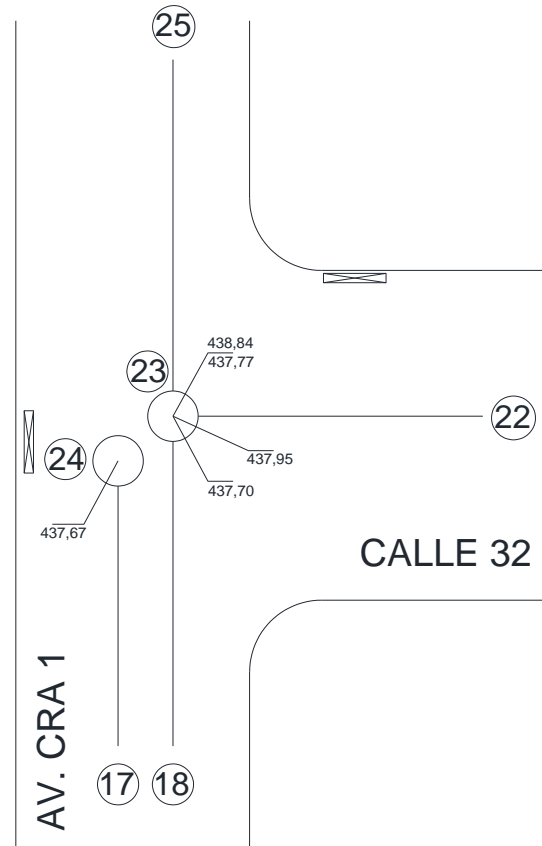
ESCALA
DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	23 y 24	DIRECCIÓN	Carrera 1 con calle 32	COTA RASANTE	FECHA	9/07/2022
---------	---------	-----------	------------------------	--------------	-------	-----------



POZOS 23 Y 24

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
23-25	50,04	18	PVC	Bueno	
24-17	49,17	18	Concreto simple	Bueno	
S51-24	2,5	6	Concreto simple	Regular	Requiere mantenimiento
S50-23	4,5	6	Concreto simple	Bueno	

FECHA

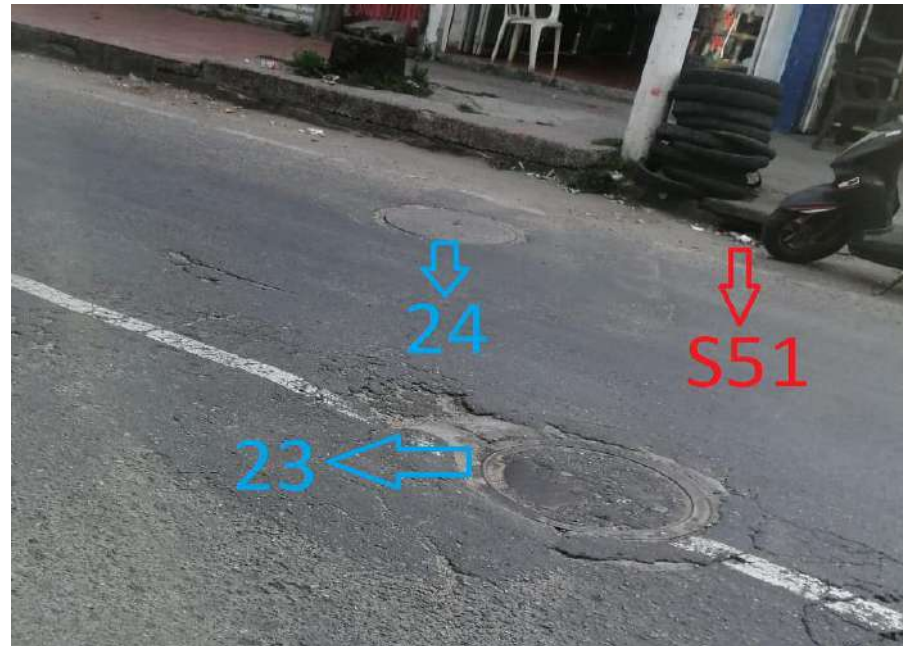
ESCALA

REVISÓ

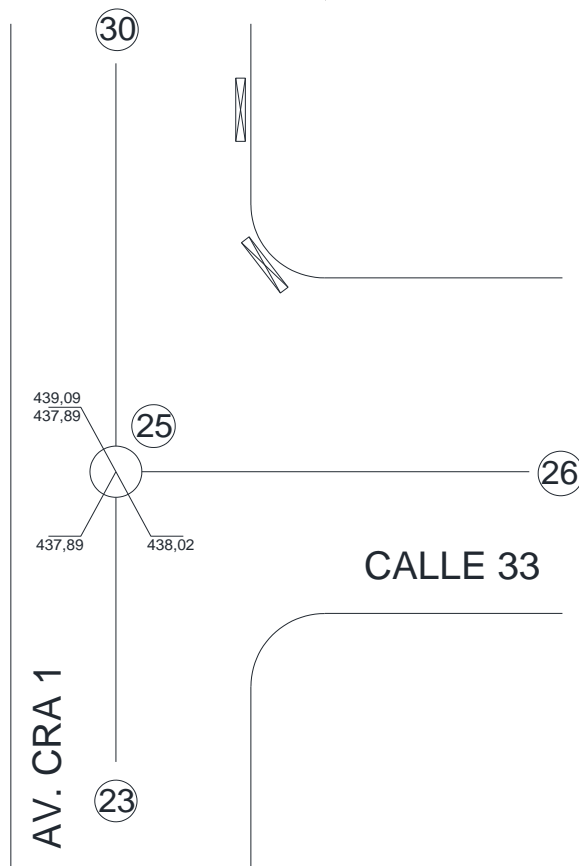
DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	25	DIRECCIÓN	calle 33 con Carrera 1	COTA RASANTE		FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	------------------------	--------------	--	-------	-----------



POZO 25

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
25-30	50,35	18	PVC	Bueno	
S52-25	4,5	6	Concreto simple	Bueno	
S53-25	3,6	6	Concreto simple	Bueno	

FECHA

ESCALA

REVISÓ

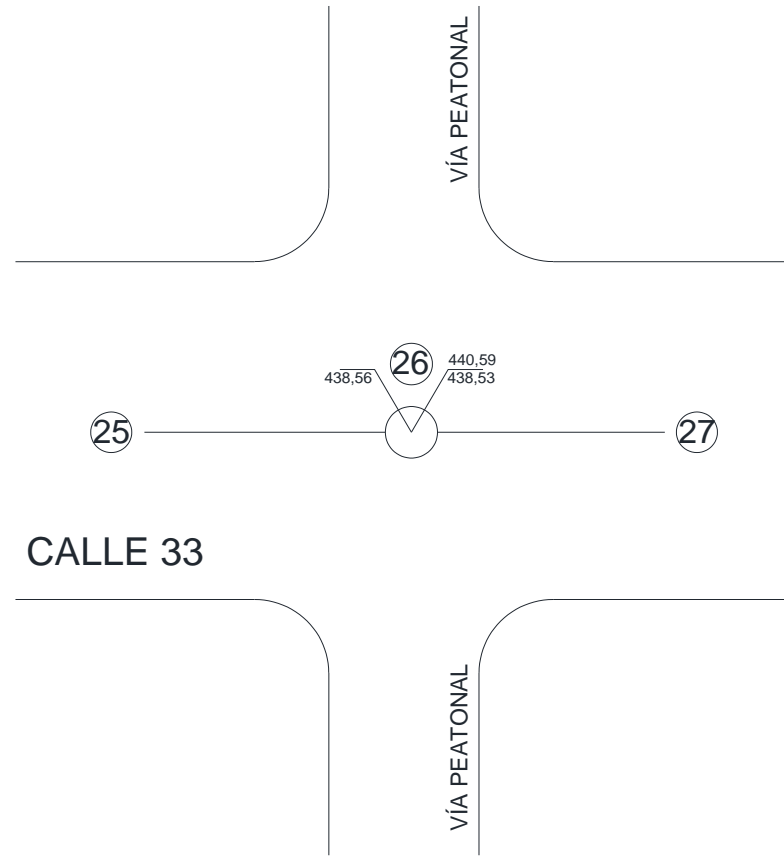
DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	26	DIRECCIÓN	calle 33 entre Carrera 1 y 2	COTA RASANTE		FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	------------------------------	--------------	--	-------	-----------



POZO 26

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
26-25	100,98	12	PVC	Bueno	

FECHA
REVISÓ

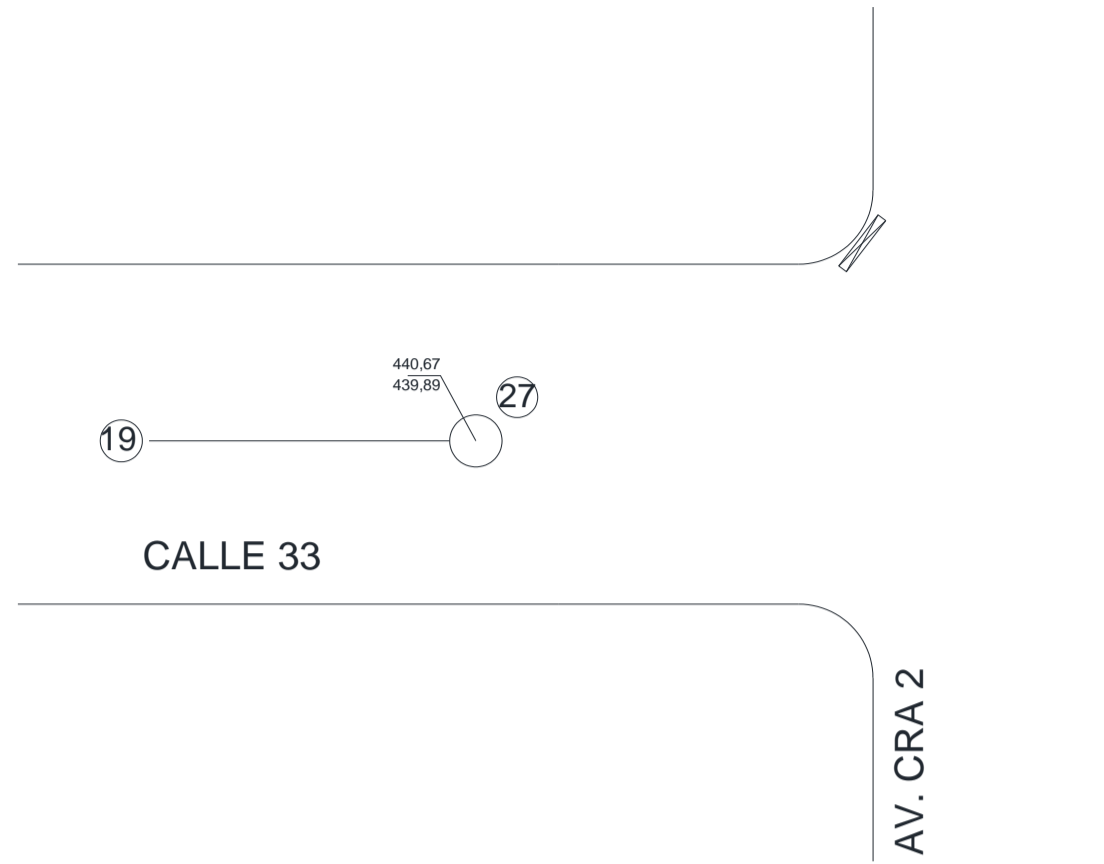
ESCALA
DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	27	DIRECCIÓN	Carrera 1 con calle 33	COTA RASANTE		FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	------------------------	--------------	--	-------	-----------



POZO 27

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
27-26	76,12	8	PVC	Bueno	
S12-27	23	6	Concreto simple	Regular	Necesita mantenimiento y reparación en la entrada

FECHA

ESCALA

REVISÓ

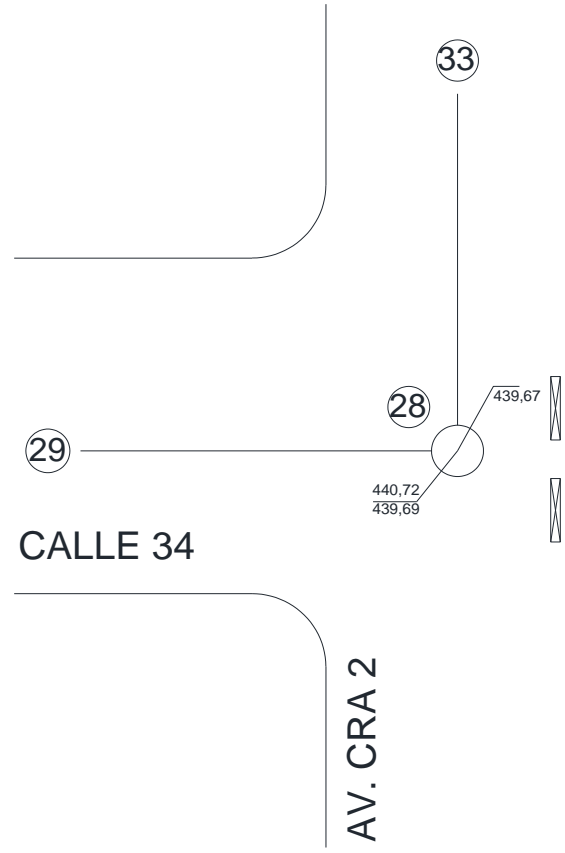
DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	28	DIRECCIÓN	calle 34 con Carrera 2	COTA RASANTE	FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	------------------------	--------------	-------	-----------



POZO 28

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
28-29	109,36	8	Concreto simple	Bueno	
S13-28	4,2	6	PVC	Bueno	
S15-28	7,3	6	PVC	Bueno	
S14-28	1,8	6	PVC	Bueno	

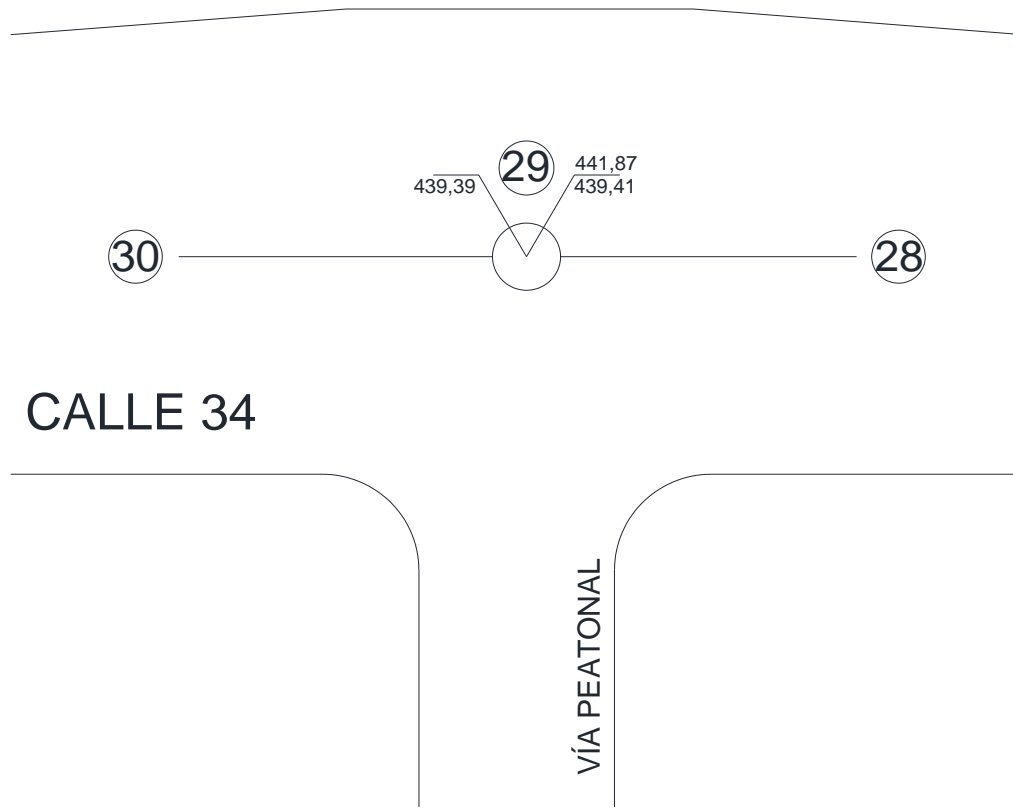
FECHA ESCALA
 REVISÓ DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	29	DIRECCIÓN	calle 34 entre Carrera 1 y 2	COTA RASANTE		FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	------------------------------	--------------	--	-------	-----------



POZO 29

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
29-30	107,92	8	Concreto Simple	Bueno	

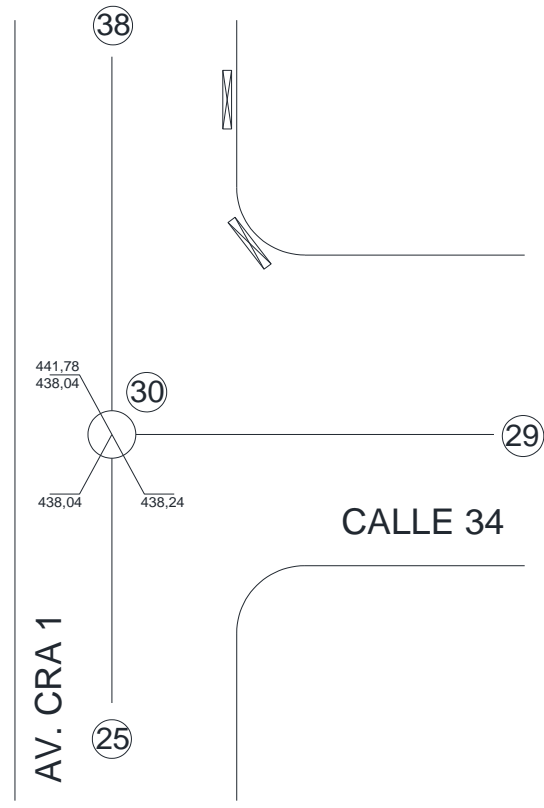
FECHA: _____ ESCALA: _____
 REVISÓ: _____ DIBUJÓ: _____

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	30	DIRECCIÓN	CRA 1 con calle 34	COTA RASANTE	FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	--------------------	--------------	-------	-----------



POZO 30

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
30-38	69,81	18	PVC	Bueno	
S54-30	3	6	Concreto simple	Malo	Necesita reparación

FECHA

ESCALA

REVISÓ

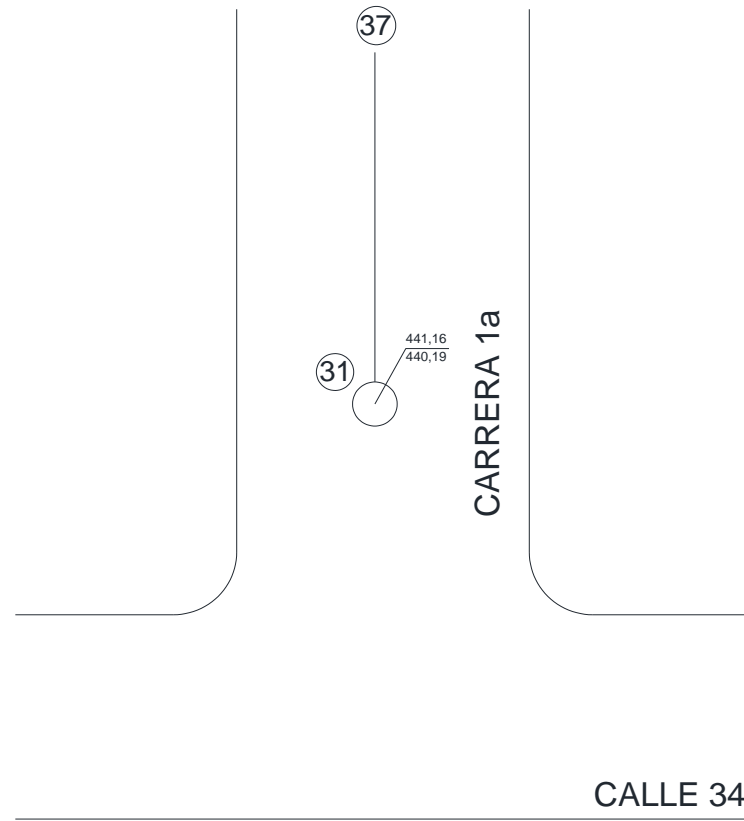
DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	31	DIRECCIÓN	Carrera 1A entre calle 34 y 36	COTA RASANTE		FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	--------------------------------	--------------	--	-------	-----------



POZO 31

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
31-37	64,44	12	PVC	Bueno	

FECHA

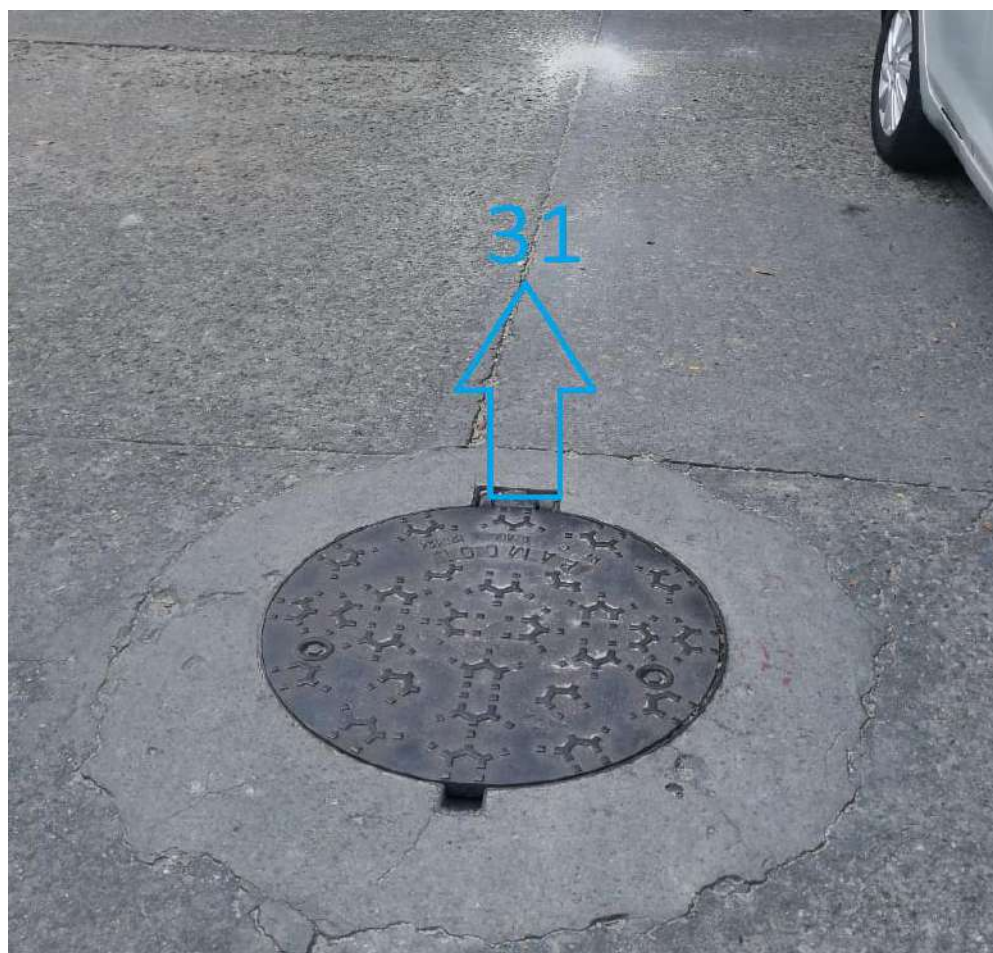
ESCALA

REVISÓ

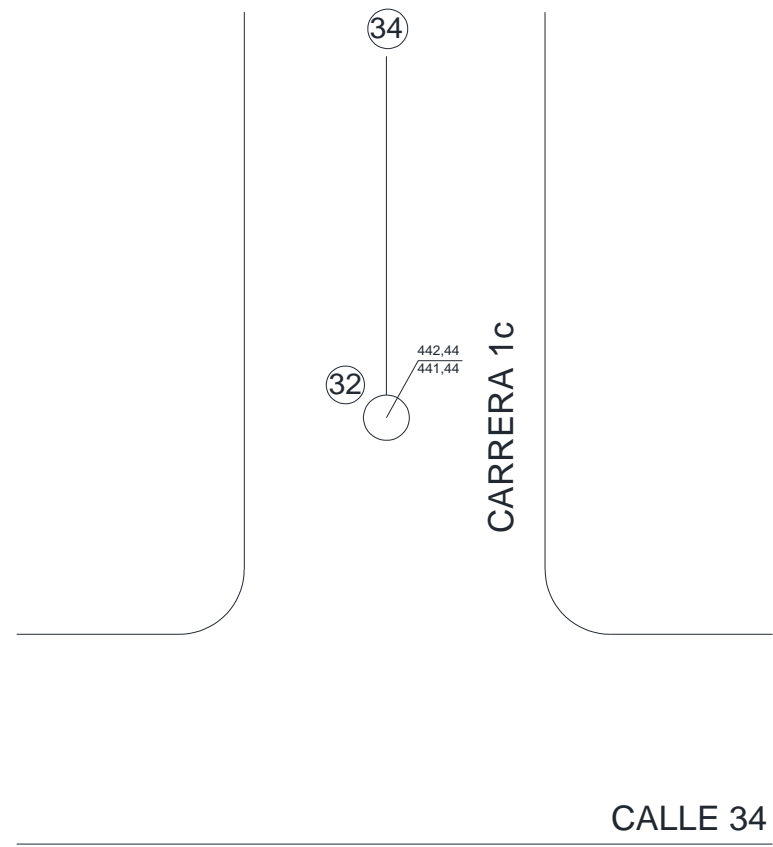
DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	32	DIRECCIÓN	Carrera 1C entre calle 34 y 36	COTA RASANTE		FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	--------------------------------	--------------	--	-------	-----------



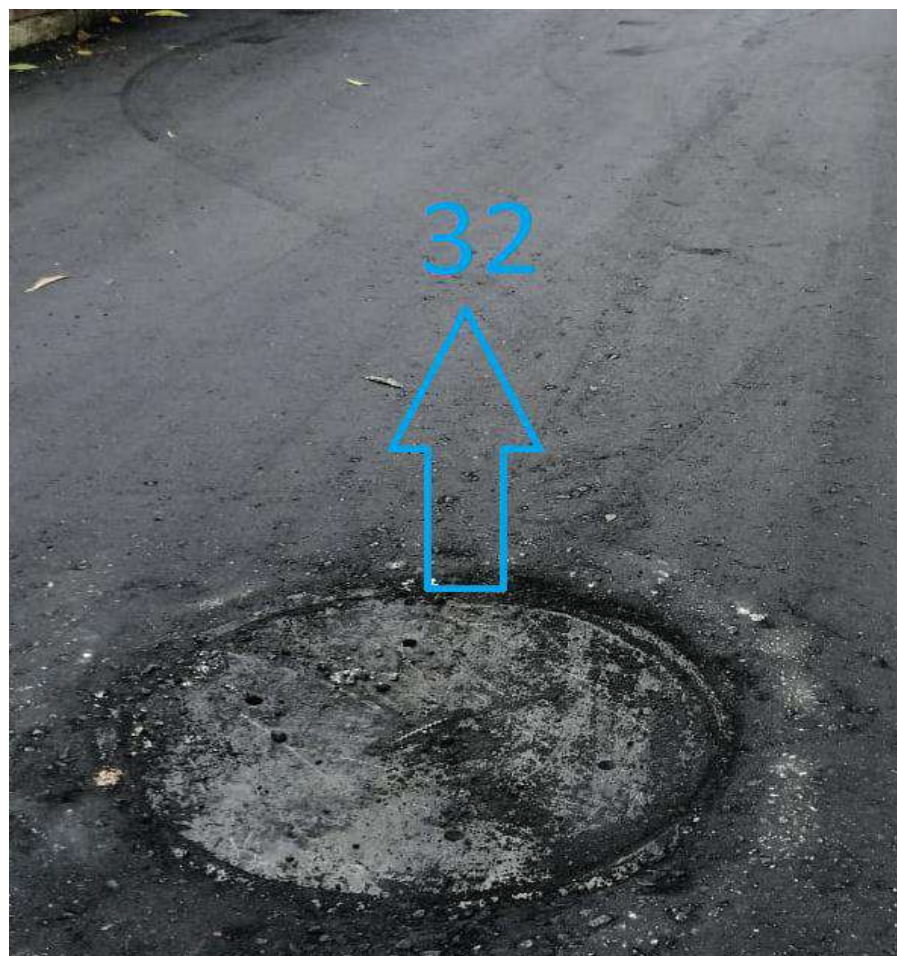
POZO 32

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
32-34	71,83	10	Concreto	Bueno	

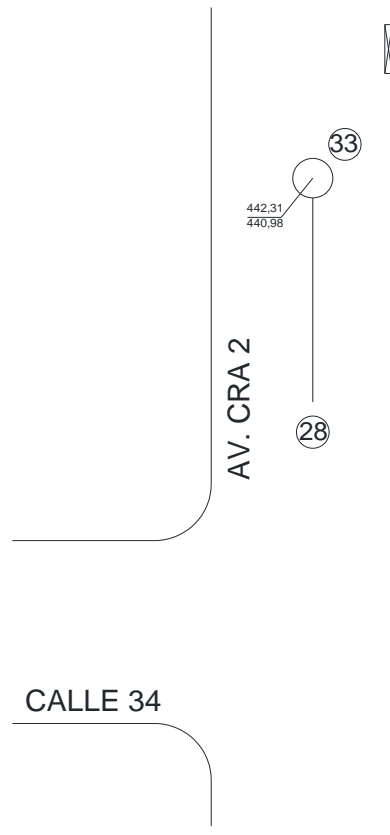
FECHA ESCALA
REVISÓ DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	33	DIRECCIÓN	Carrera 1 entre calle 34 y 37	COTA RASANTE	FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	-------------------------------	--------------	-------	-----------



POZO 33

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
33-28	46,3	12	PVC	Bueno	
S16-33	2,2	6	PVC	Bueno	
S17-33	7,5	6	PVC	Bueno	
S18-33	8,2	6	PVC	Bueno	
S19-33	2,8	6	PVC	Bueno	

FECHA

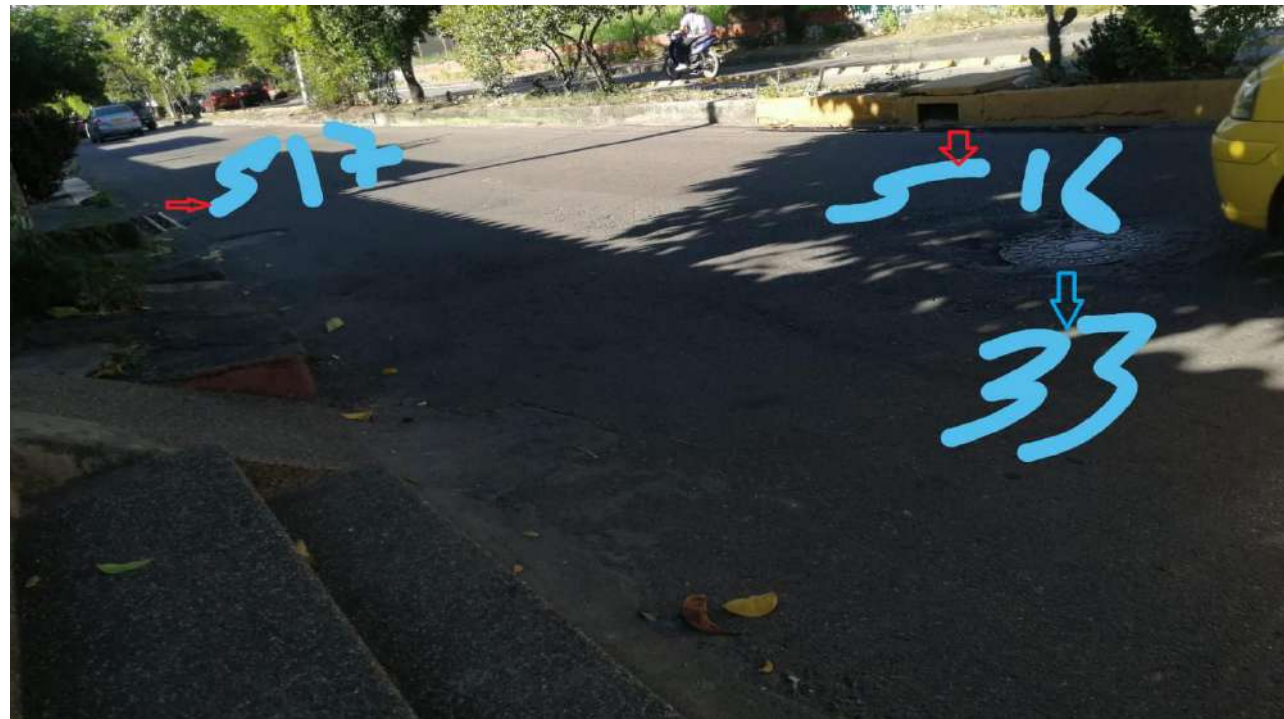
ESCALA

REVISÓ

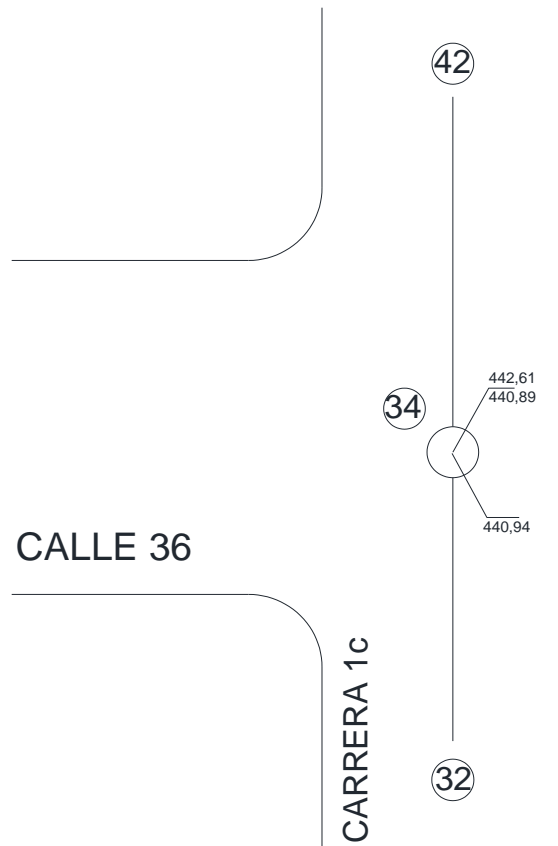
DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	34	DIRECCIÓN	Carrera 1C con calle 36	COTA RASANTE		FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	-------------------------	--------------	--	-------	-----------



POZO 34

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
34-42	50,49	10	C	Bueno	

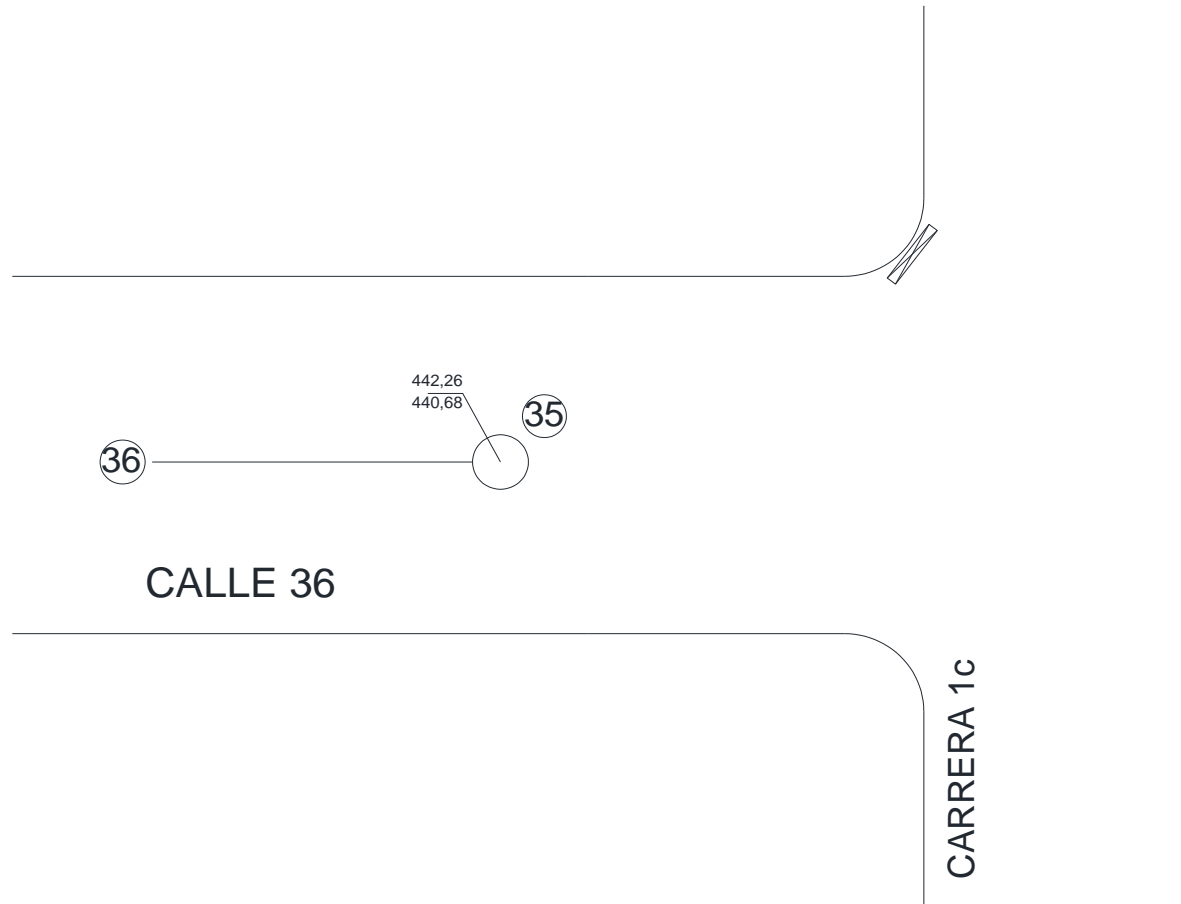
FECHA ESCALA
 REVISÓ DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	35	DIRECCIÓN	Calle 36 ente carrera 1C y 1A	COTA RASANTE		FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	-------------------------------	--------------	--	-------	-----------

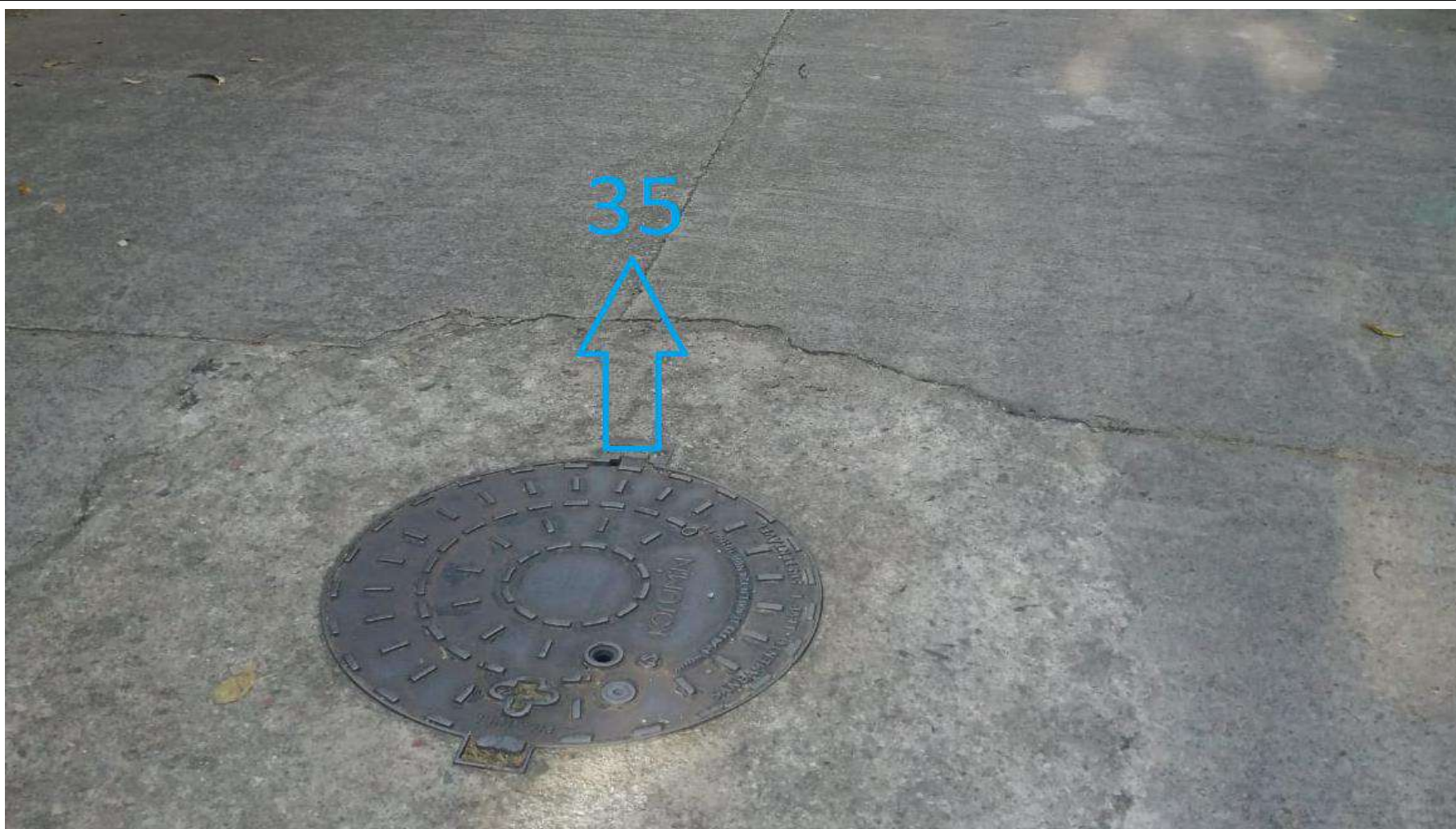


TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
35-36	44,26	6	CS	Bueno	

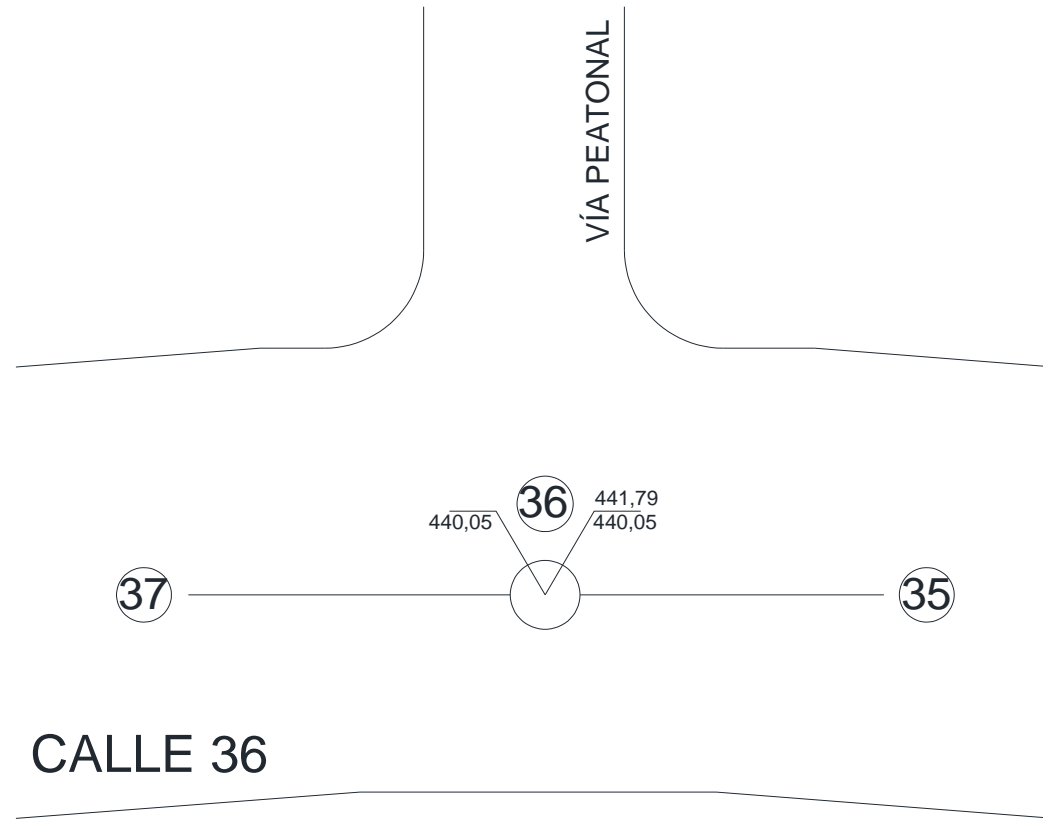
FECHA ESCALA
 REVISÓ DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	36	DIRECCIÓN	Calle 36 ente carrera 1C y 1A	COTA RASANTE		FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	-------------------------------	--------------	--	-------	-----------



TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
36-37	89,88	6	CS	Bueno	

FECHA

ESCALA

REVISÓ

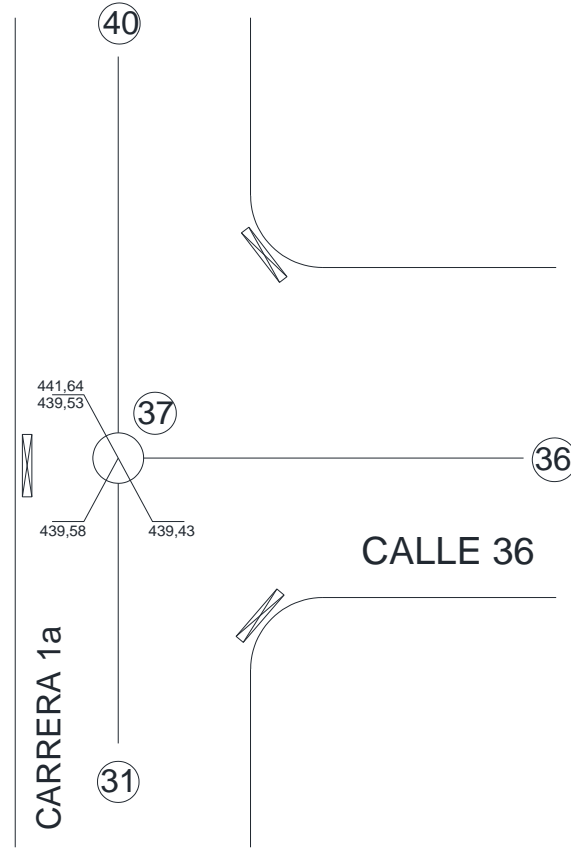
DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	37	DIRECCIÓN	Carrera 1A con calle 36	COTA RASANTE	FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	-------------------------	--------------	-------	-----------



POZO 37

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
37-40A	50,5	12	PVC	Bueno	
S36-37	4	6	Concreto	Bueno	
S37-37	3,8	6	Concreto	Bueno	
S38-37	4	6	Concreto	Bueno	

FECHA

ESCALA

REVISÓ

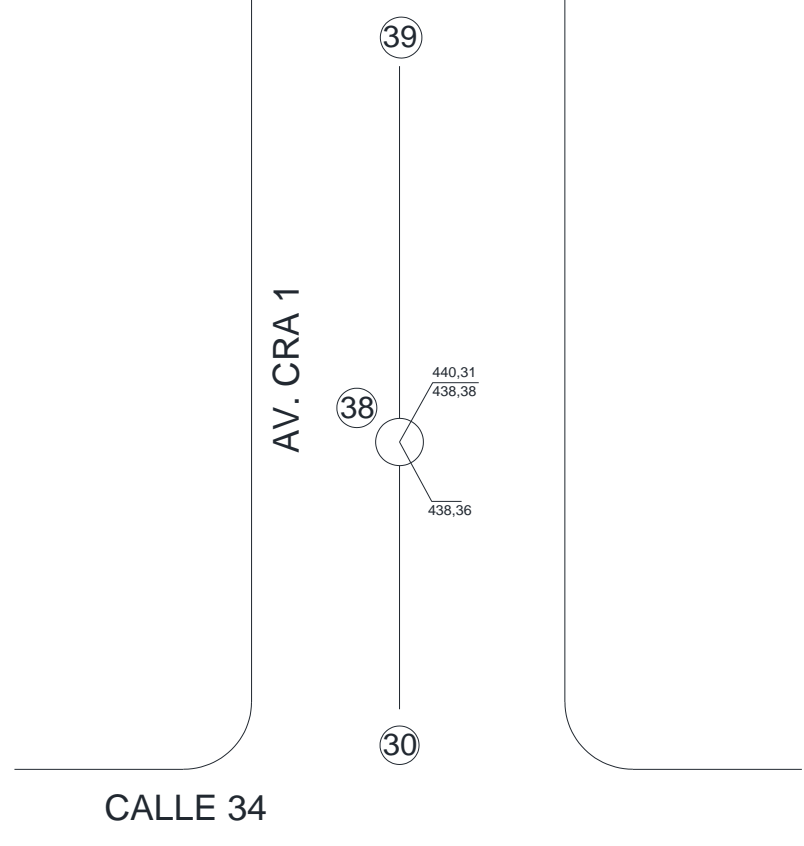
DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	38	DIRECCIÓN	Carrera 1 entre calle 34 y 36	COTA RASANTE		FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	-------------------------------	--------------	--	-------	-----------



TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
38-39A	79,47	18	PVC	Bueno	

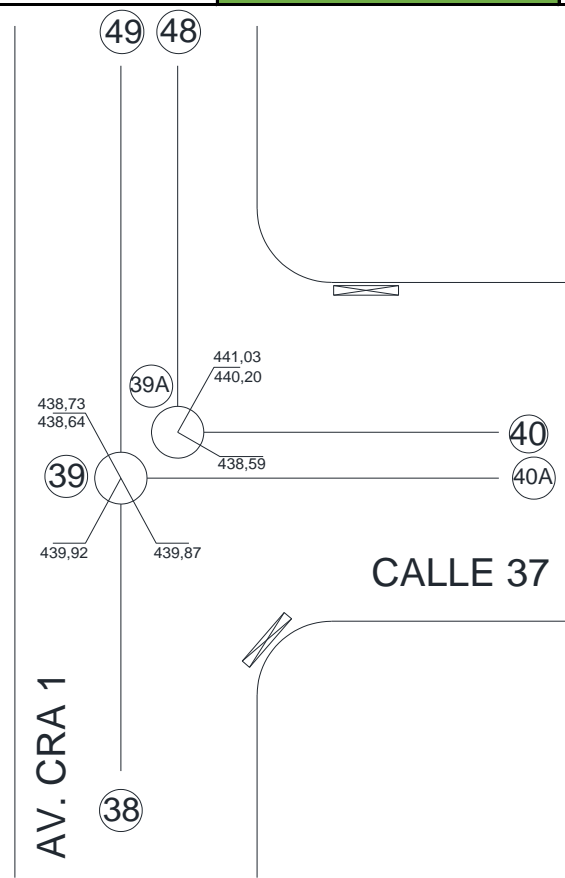
FECHA _____ ESCALA _____
 REVISÓ _____ DIBUJÓ _____

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	39 y 39A	DIRECCIÓN	Carrera 1 con calle 37	COTA RASANTE		FECHA	9/07/2022
---------	----------	-----------	------------------------	--------------	--	-------	-----------



POZOS 39 Y 39A

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
39-49	75,34	16	Concreto simple	Bueno	
39A-48A	70,11	18	PVC	Bueno	
S55-39A	2,2	6	Concreto	Bueno	

FECHA

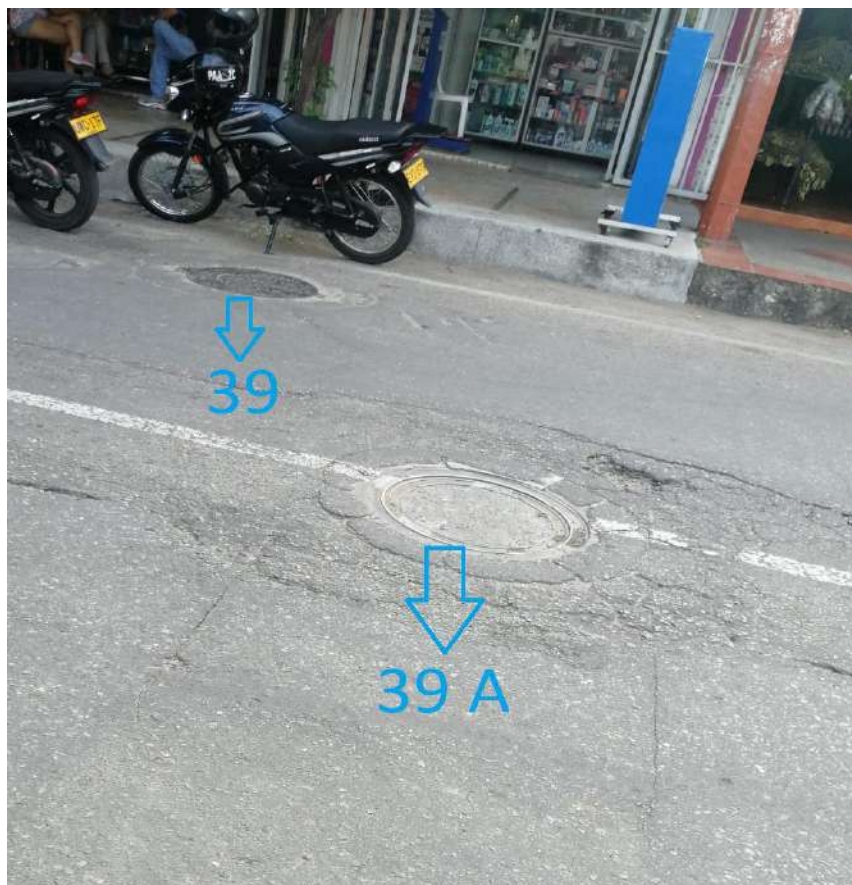
ESCALA

REVISÓ

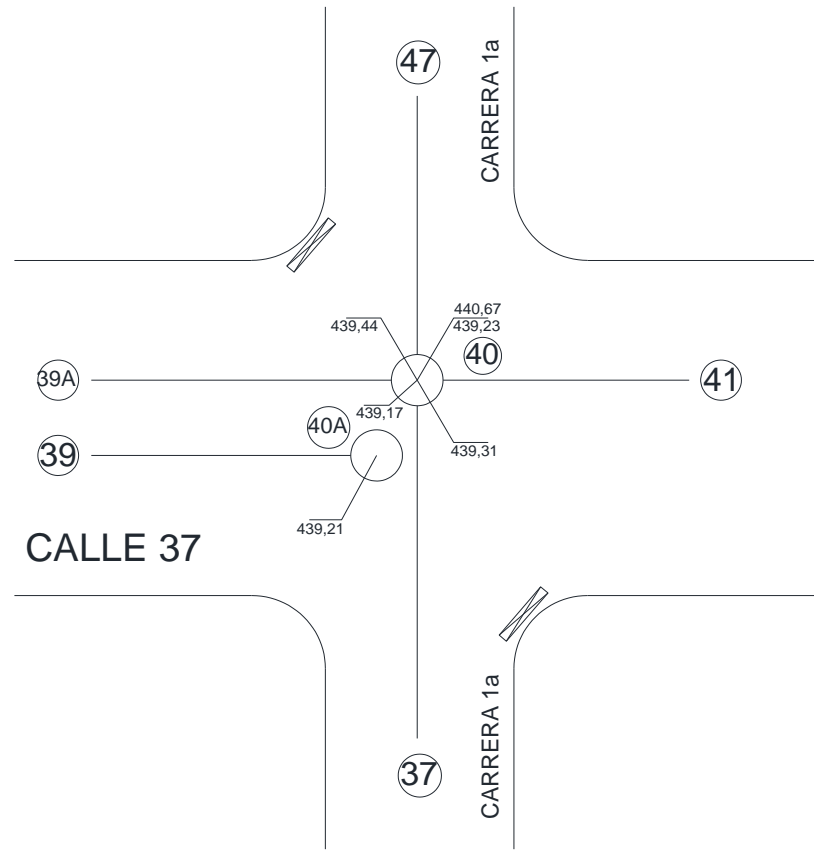
DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	40 y 40A	DIRECCIÓN	Carrera 1A con calle 37	COTA RASANTE		FECHA	9/07/2022
---------	----------	-----------	-------------------------	--------------	--	-------	-----------



POZOS 40 Y 40A

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
40A-39	33,72	12	Concreto simple	Bueno	
40-39A	32,79	10	PVC	Bueno	
S35-40A	2,2	6	Concreto	Regular	Necesita mantenimiento y reparación de rejillas
S34-40A	3,5	6	Concreto	Bueno	

FECHA

ESCALA

REVISÓ

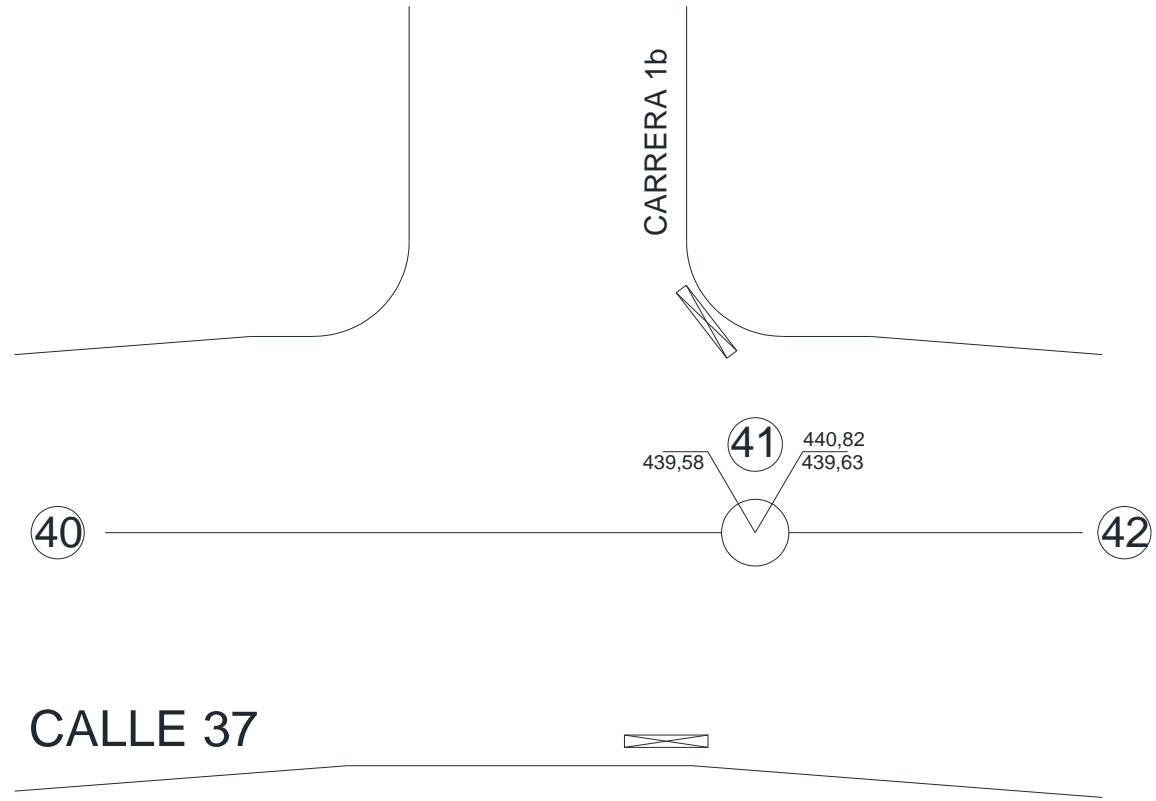
DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	41	DIRECCIÓN	Calle 37 con Carrera 1A y 1C	COTA RASANTE	FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	------------------------------	--------------	-------	-----------



TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
41-40	76,96	8	C	Bueno	

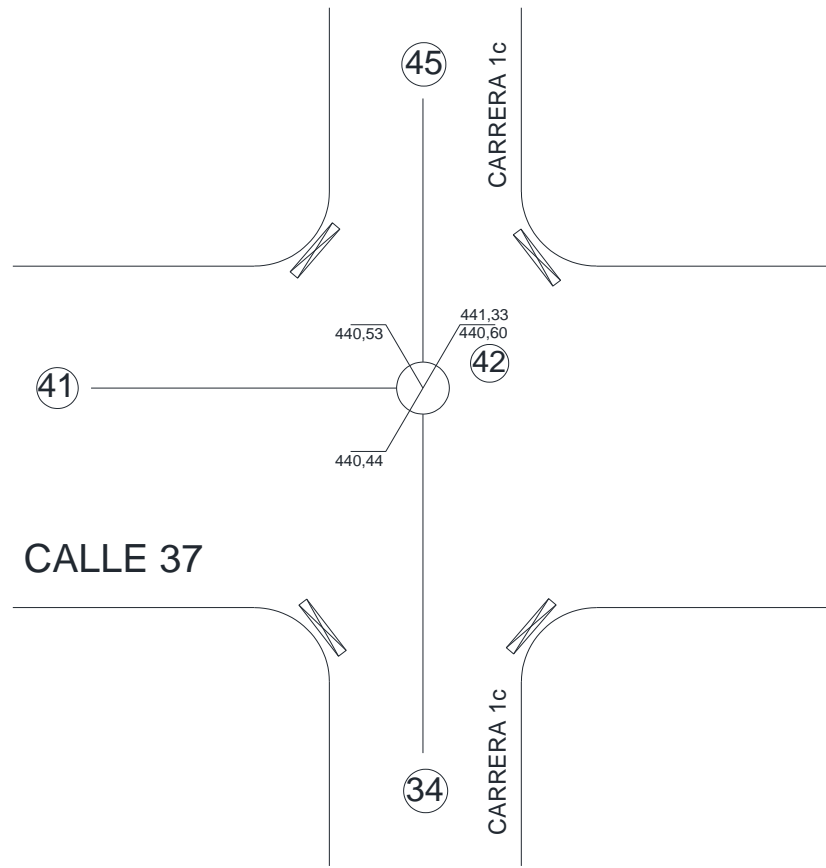
FECHA ESCALA
 REVISÓ DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	42	DIRECCIÓN	Calle 37 con Carrera 1C	COTA RASANTE		FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	-------------------------	--------------	--	-------	-----------



POZO 42

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
42-41	77,35	8	C	Bueno	

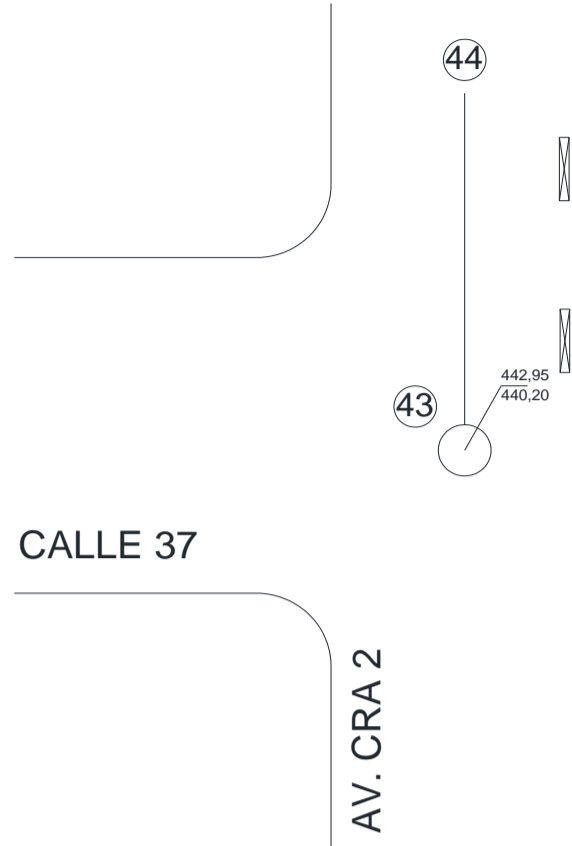
FECHA: _____ ESCALA: _____
 REVISÓ: _____ DIBUJÓ: _____

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	43	DIRECCIÓN	Carrera 2 entre calle 37	COTA RASANTE		FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	--------------------------	--------------	--	-------	-----------



POZO 43

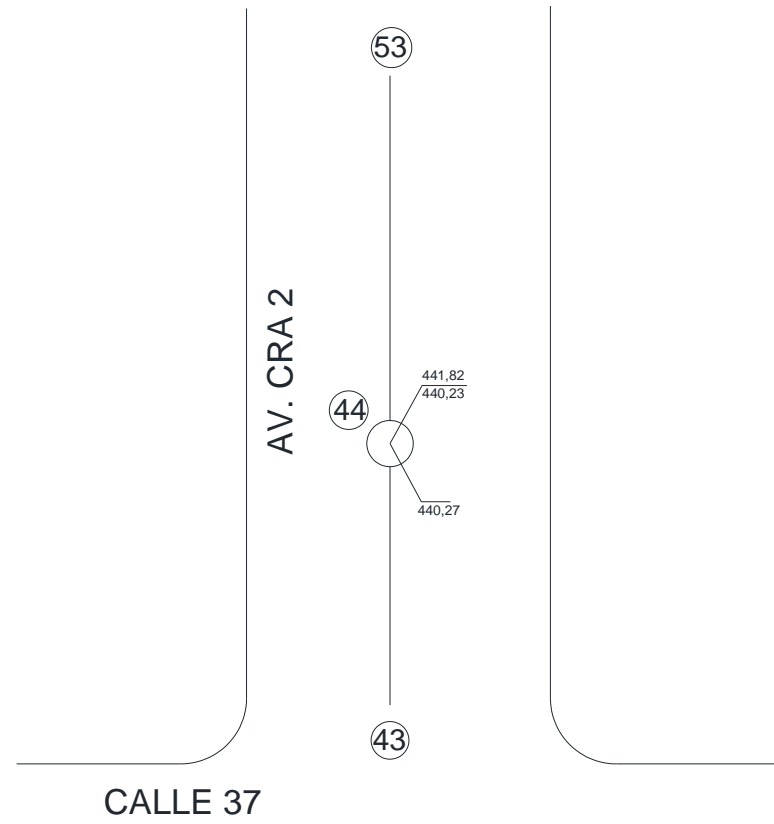
TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
43-44	77,87	8	Concreto	Bueno	
S20-43	0,3	6	PVC	Bueno	
S21-43	1,8	6	PVC	Bueno	
S22-43	6,2	6	PVC	Bueno	

FECHA ESCALA
 REVISÓ DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos





POZO 44

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
44-53	76,95	12	PVC	Bueno	
S24-44	2	6	Concreto	Bueno	
S25-44	3,6	6	Concreto	Regular	Necesita arreglos en la rejilla

FECHA

ESCALA

REVISÓ

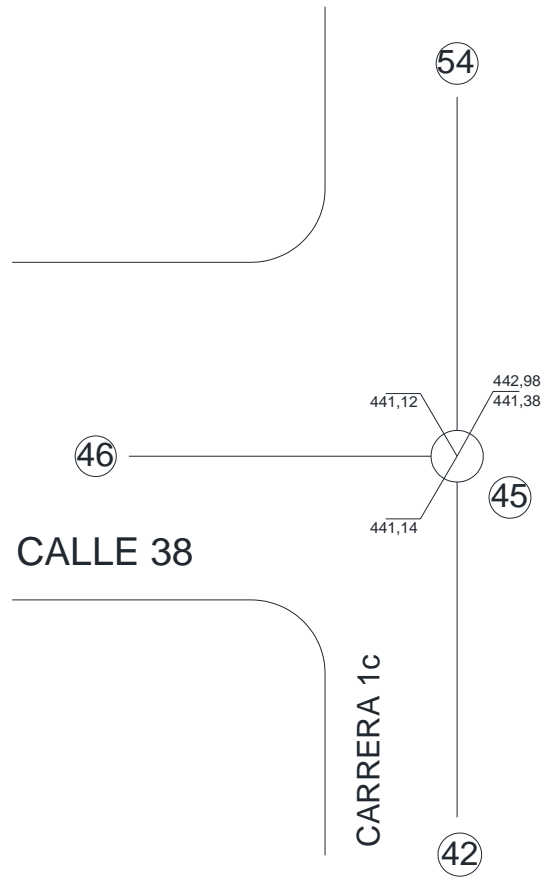
DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	45	DIRECCIÓN	Carrera 1C con calle 38	COTA RASANTE		FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	-------------------------	--------------	--	-------	-----------



POZO 45

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
45-46	81,89	10	Concreto	Bueno	
45-54	100,25	10	Concreto	Bueno	

FECHA

ESCALA

REVISÓ

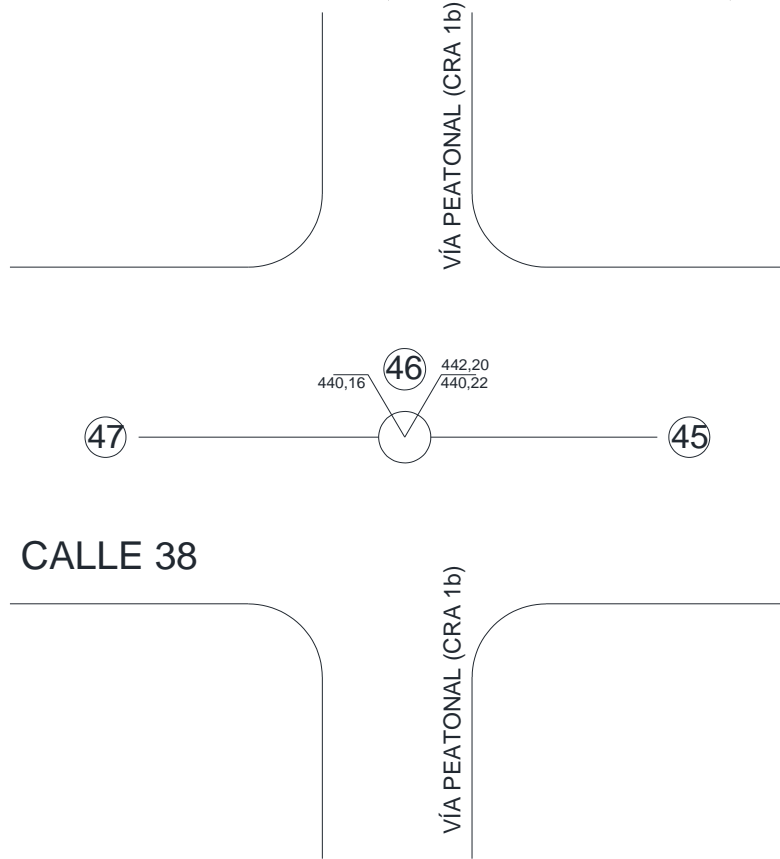
DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	46	DIRECCIÓN	Calle 38 entre carrera 1C y 1A	COTA RASANTE		FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	--------------------------------	--------------	--	-------	-----------



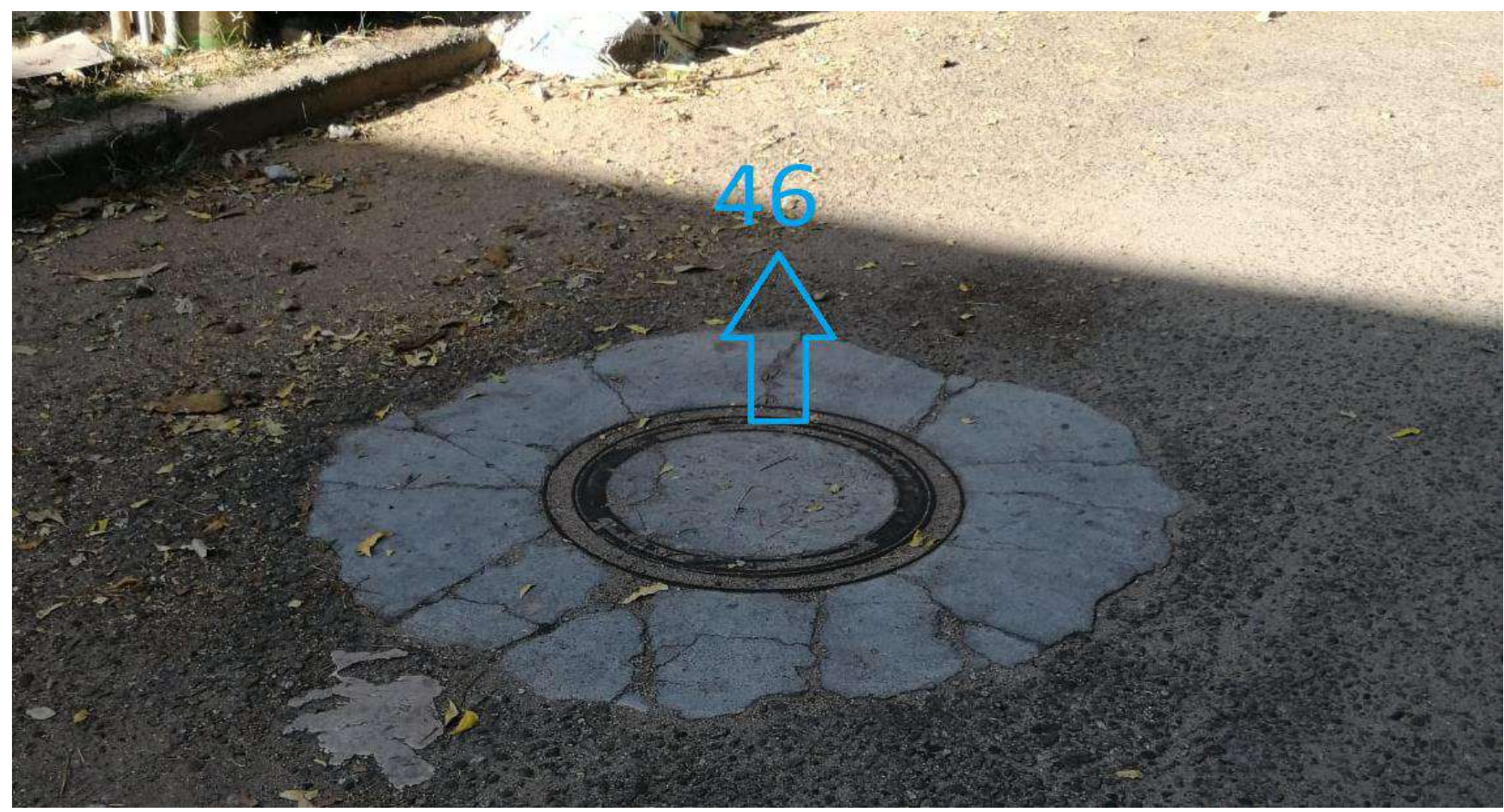
POZO 46

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
46-47	88,09	10	Concreto	Bueno	

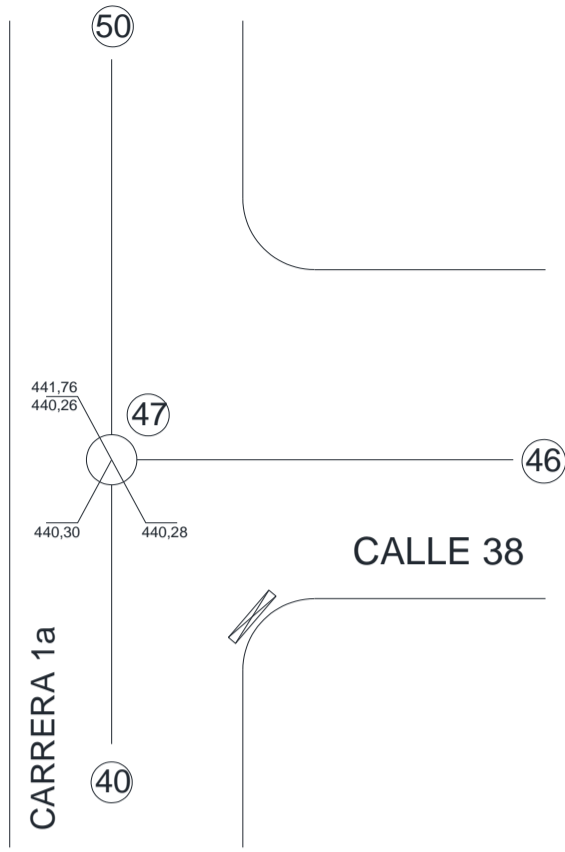
FECHA ESCALA
 REVISÓ DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	47	DIRECCIÓN	Calle 38 con carrera 1A	COTA RASANTE	FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	-------------------------	--------------	-------	-----------



POZO 47

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
47-50	51,16	12	N/A	N/A	Tapada por capa de asfalto
S33-47	4,5	6	PVC	Regular	Necesita Mantenimiento

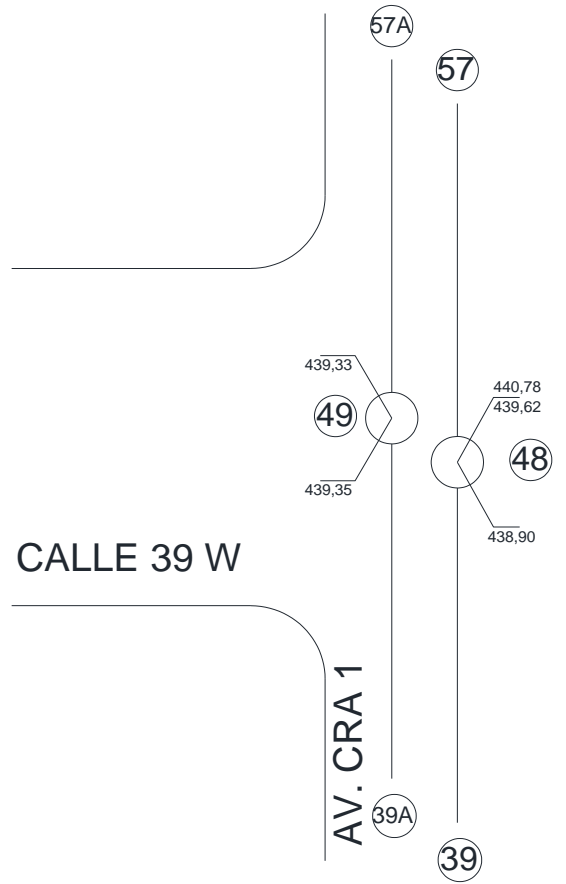
FECHA: _____ ESCALA: _____
 REVISÓ: _____ DIBUJÓ: _____

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	48, 49	DIRECCIÓN	Carrera 1 entre calle 38 y 39	COTA RASANTE		FECHA	9/07/2022
---------	--------	-----------	-------------------------------	--------------	--	-------	-----------



POZOS 48 Y 49

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
48A-57	80	18	PVC	Bueno	
49-57A	74,49	18	Concreto simple	Bueno	
S56-48A	3,5	6	Concreto	Regular	Necesita reparaciones

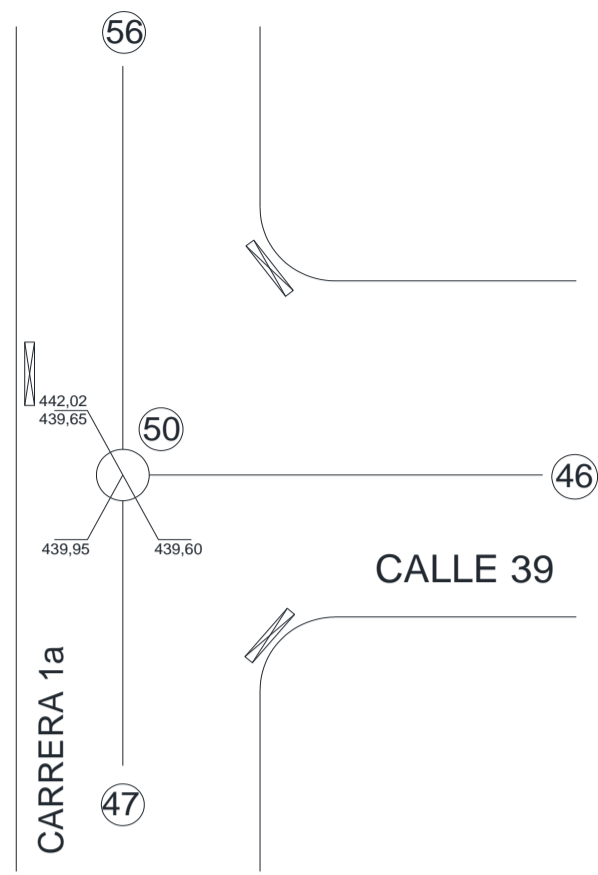
FECHA ESCALA
 REVISÓ DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	50	DIRECCIÓN	Carrera 1A con calle 39	COTA RASANTE	FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	-------------------------	--------------	-------	-----------



POZO 50

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
50-56	53,85	12	Concreto	Bueno	
S30-50	3,5	6	Concreto	Regular	Necesita mantenimiento
S31-50	4,6	6	Concreto	Regular	Necesita mantenimiento
S32-50	N/A	6	Concreto	N/A	

FECHA
REVISÓ

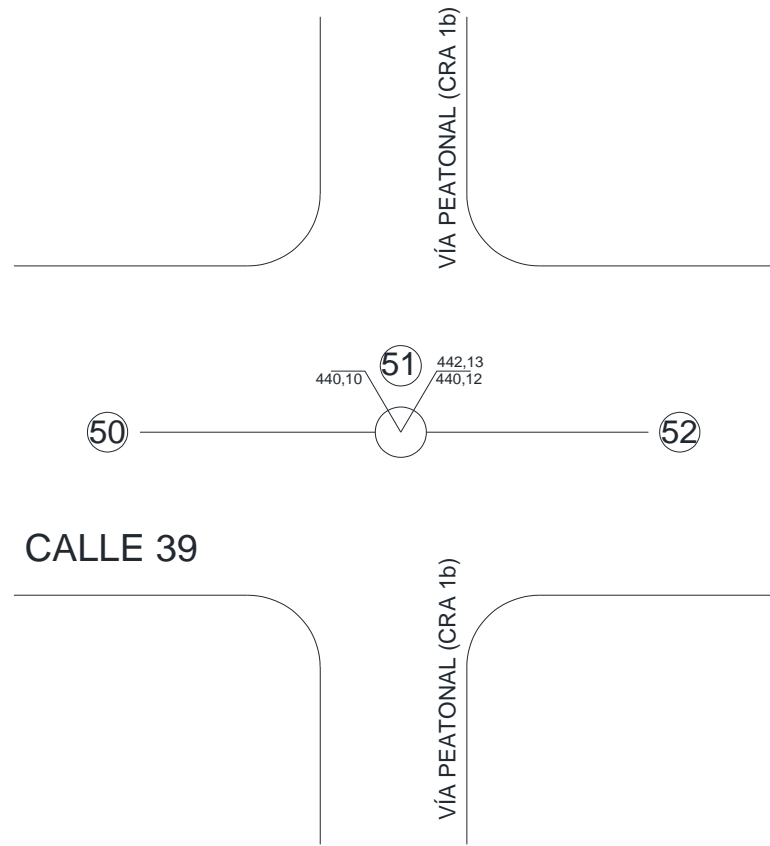
ESCALA
DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	51	DIRECCIÓN	Calle 39 entre carrera 1A y 1C	COTA RASANTE		FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	--------------------------------	--------------	--	-------	-----------



POZO 51

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
51-50	91,9	8	Concreto simple	Bueno	

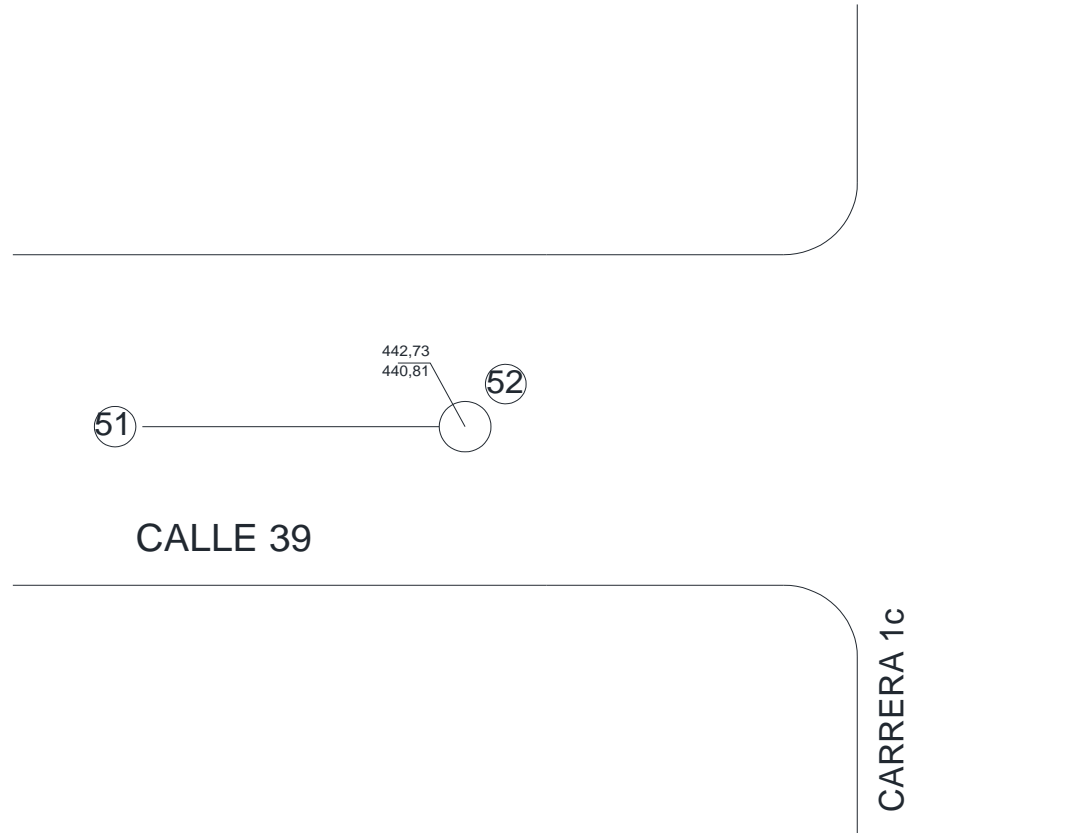
FECHA ESCALA
 REVISÓ DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	52	DIRECCIÓN	Calle 39 entre carrera 1C y 1A	COTA RASANTE		FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	--------------------------------	--------------	--	-------	-----------



POZO 52

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
52-51	59,05	8	Concreto simple	Bueno	

FECHA

ESCALA

REVISÓ

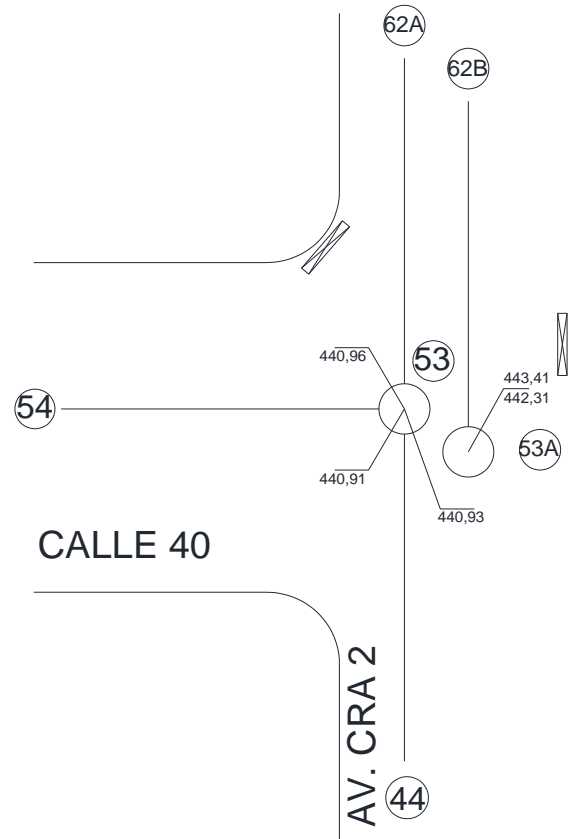
DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	53 y 53A	DIRECCIÓN	Carrera 2 con calle 40	COTA RASANTE	FECHA	9/07/2022
---------	----------	-----------	------------------------	--------------	-------	-----------



POZOS 53 Y 53A

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
53A-62B	88,59	10	Concreto simple	Bueno	
53-54	59,05	12	PVC	Bueno	
S26-53A	1,8	6	Concreto	Bueno	
S27-53A	4,6	6	Concreto	Bueno	
S28-53A	8,8	6	Concreto	Malo	Necesita reparación en su tapa

FECHA

ESCALA

REVISÓ

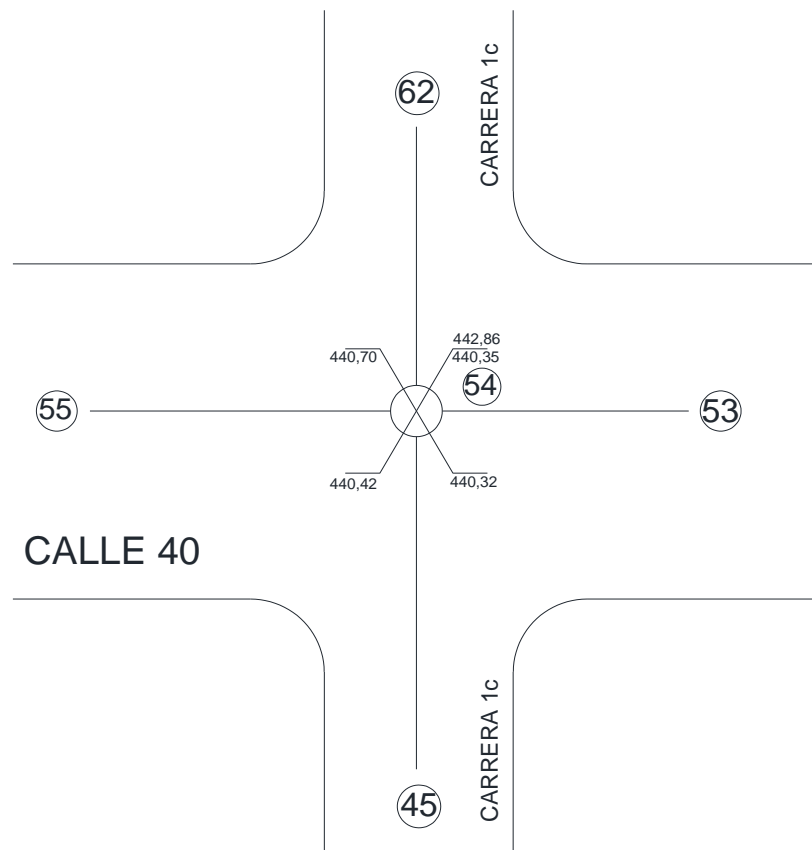
DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	54	DIRECCIÓN	Carrera 1C con calle 40	COTA RASANTE		FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	-------------------------	--------------	--	-------	-----------



POZO 54

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
54-50	98,27	16	Concreto	Bueno	
54-62	50,05	10	Concreto	Bueno	

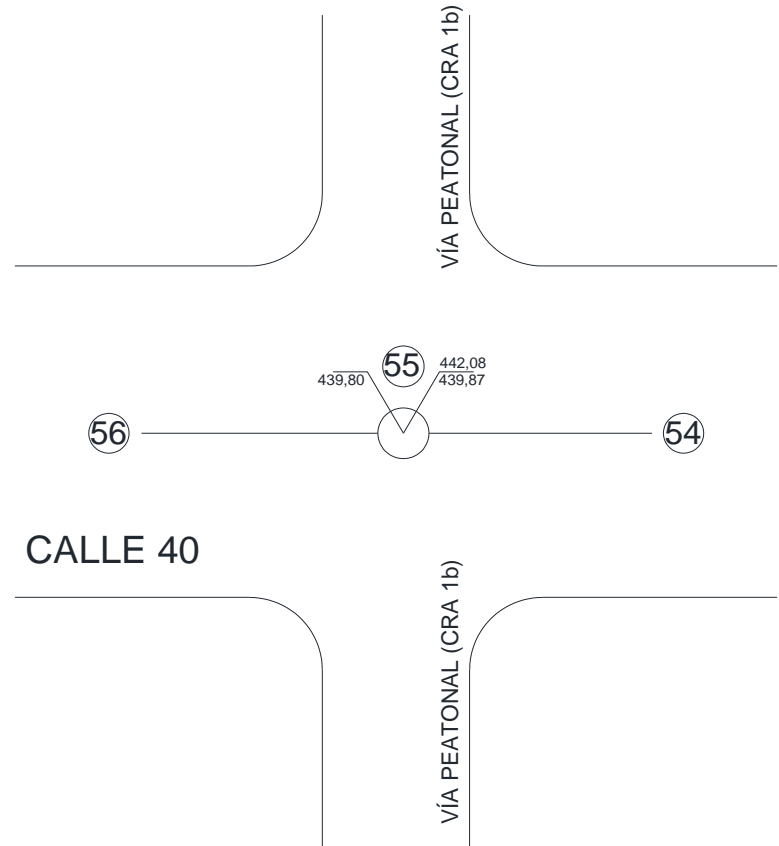
FECHA ESCALA
 REVISÓ DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	55	DIRECCIÓN	calle 40 con Carrera 1C y 1A	COTA RASANTE		FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	------------------------------	--------------	--	-------	-----------



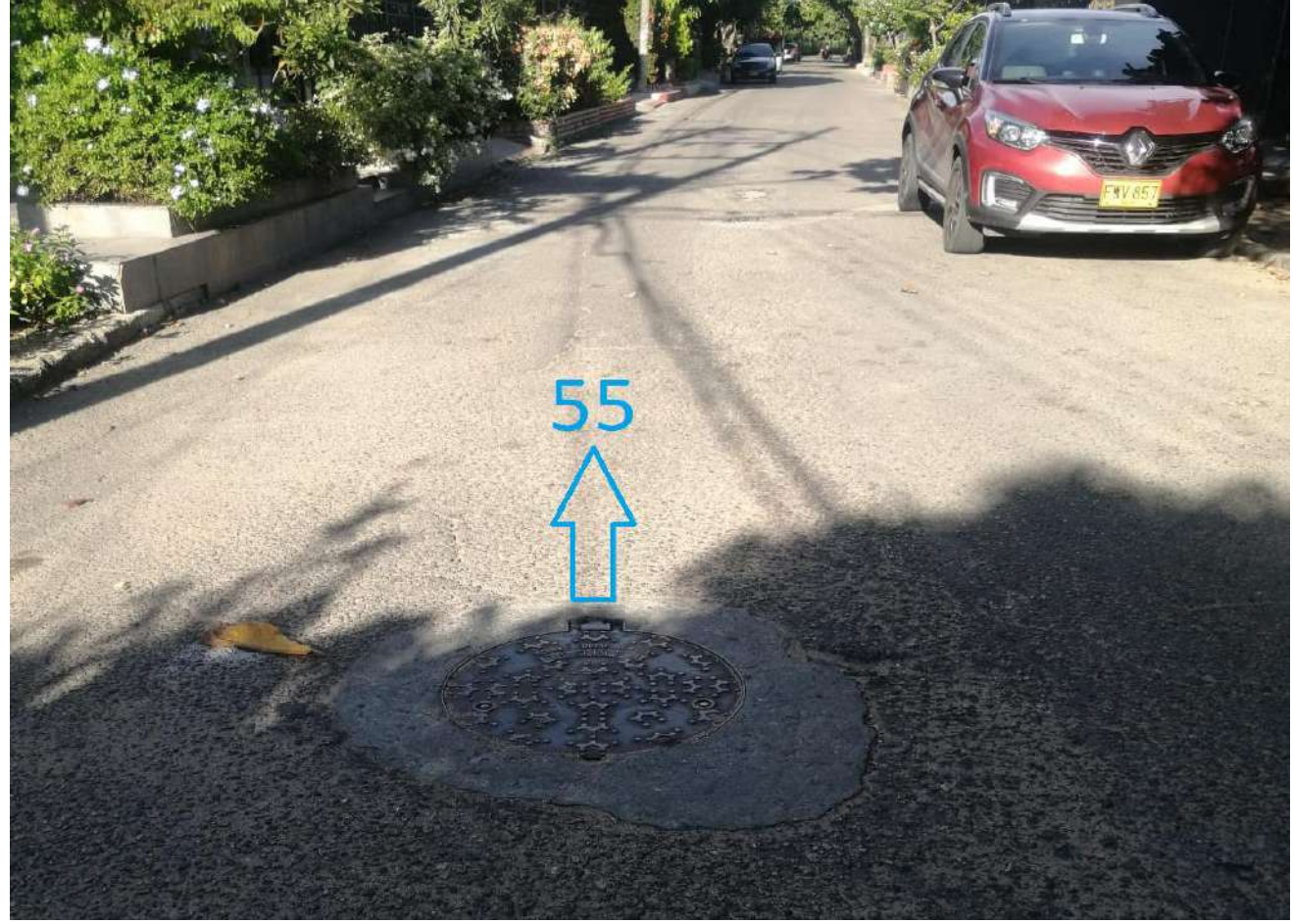
POZO 55

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
55-56	103,07	14	Concreto	Bueno	

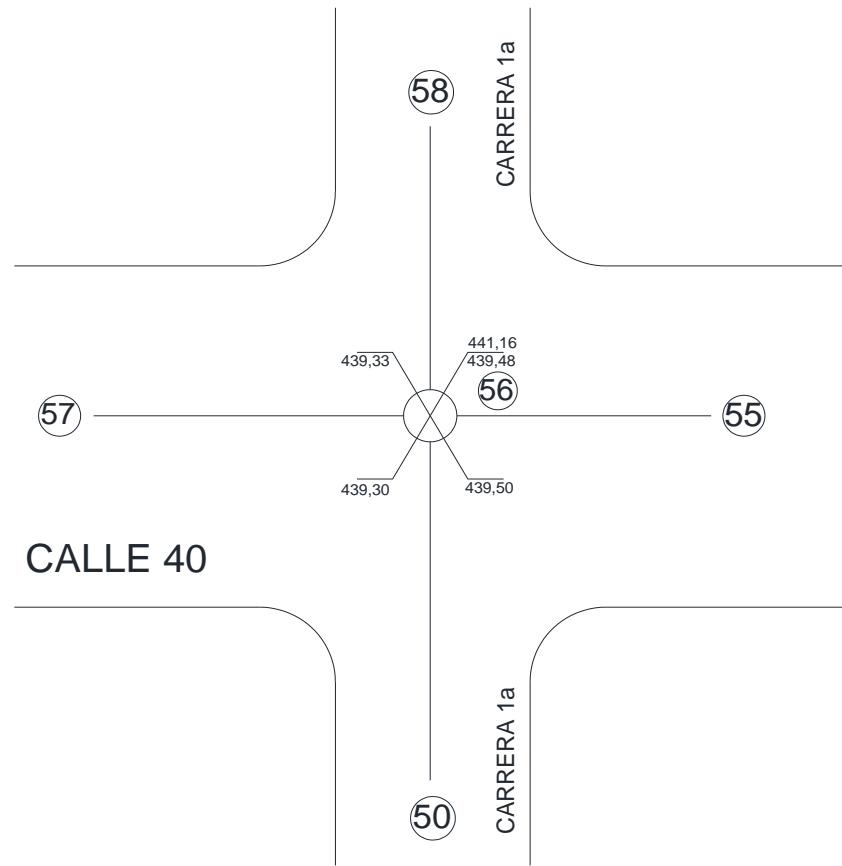
FECHA ESCALA
 REVISÓ DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	56	DIRECCIÓN	calle 40 con Carrera1A	COTA RASANTE		FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	------------------------	--------------	--	-------	-----------



POZO 56

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
56-57	48,16	18	Concreto	Bueno	

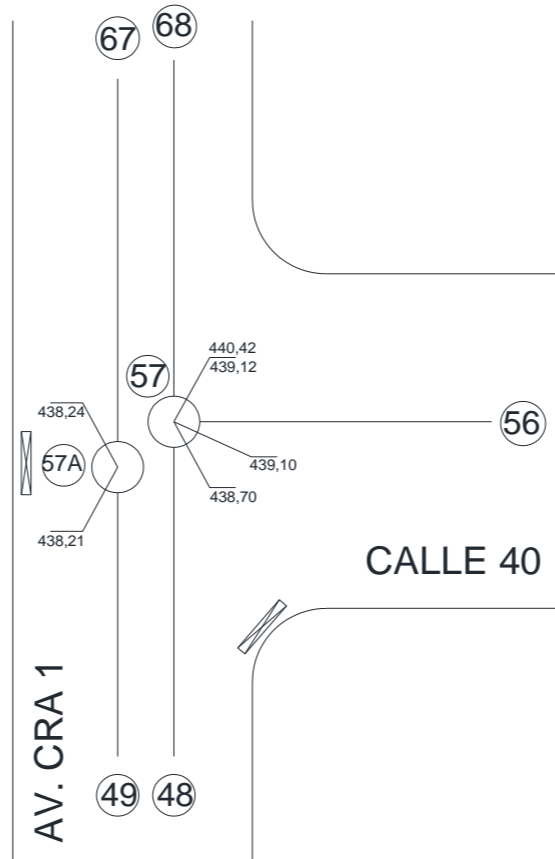
FECHA ESCALA
 REVISÓ DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	57 y 57A	DIRECCIÓN	Carrera 1 con calle 40	COTA RASANTE	FECHA	9/07/2022
---------	----------	-----------	------------------------	--------------	-------	-----------



POZOS 57 Y 57A

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
57A-67	76,47	20	Concreto simple	Bueno	
57-68	94,41	16	Concreto simple	Bueno	
S58-57A	1,6	6	Concreto	Bueno	
S57-57	3,6	6	Concreto	Regular	Necesita reparaciones

FECHA

ESCALA

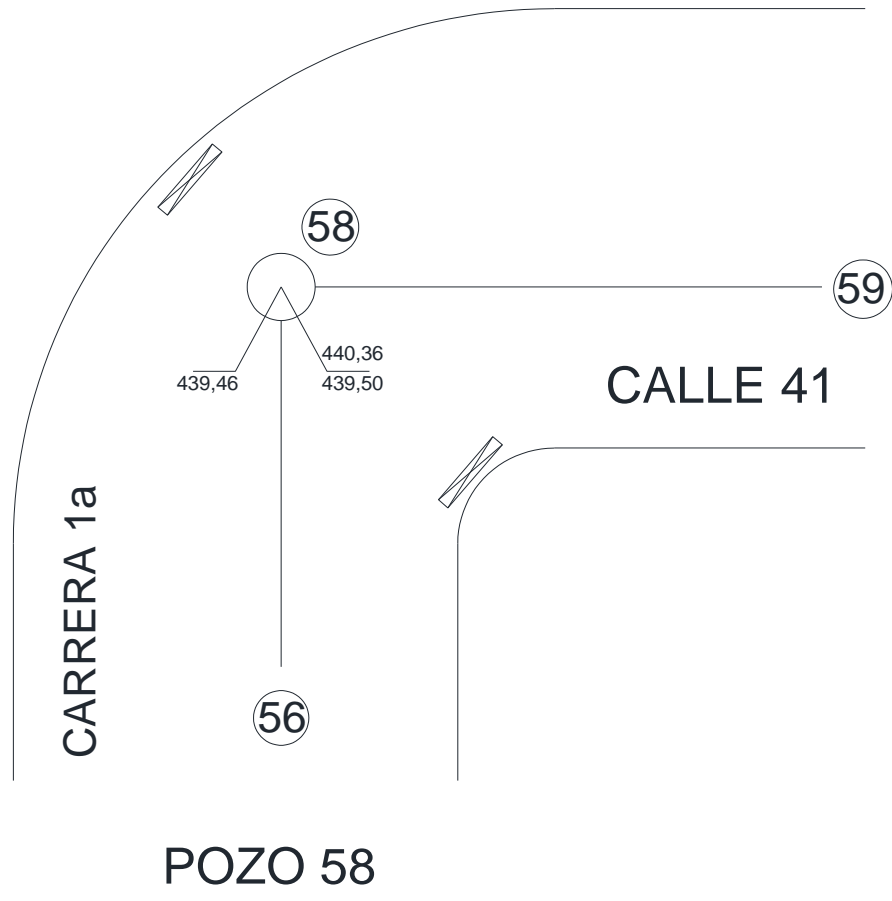
REVISÓ

DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



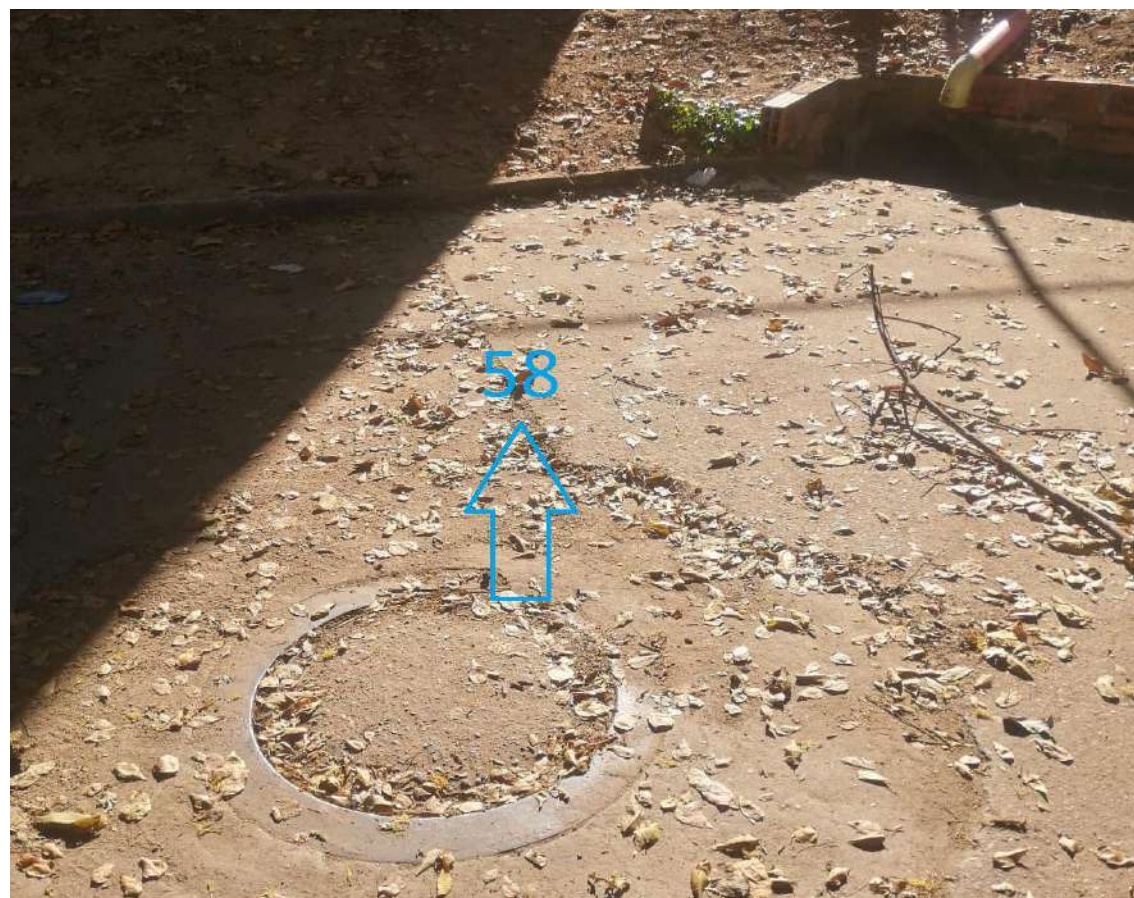


TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
58-56	46,16	16	Concreto	Bueno	

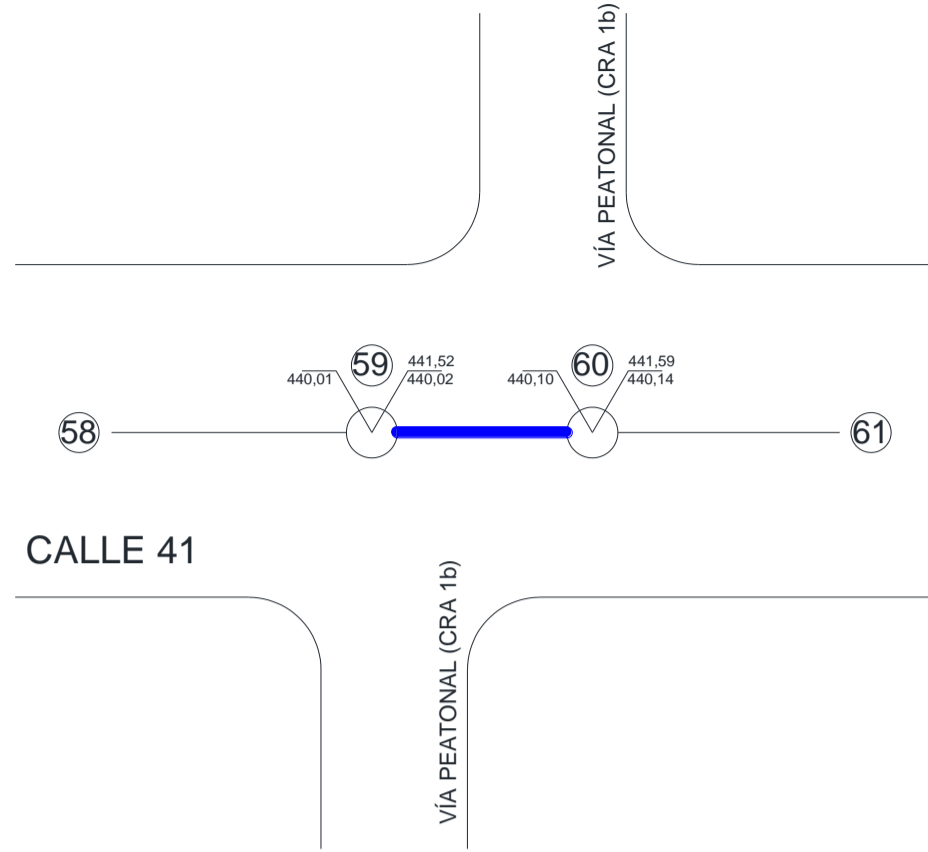
FECHA	ESCALA
REVISÓ	DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	59	DIRECCIÓN	calle 41 entre Carrera 1A y 1C	COTA RASANTE		FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	--------------------------------	--------------	--	-------	-----------



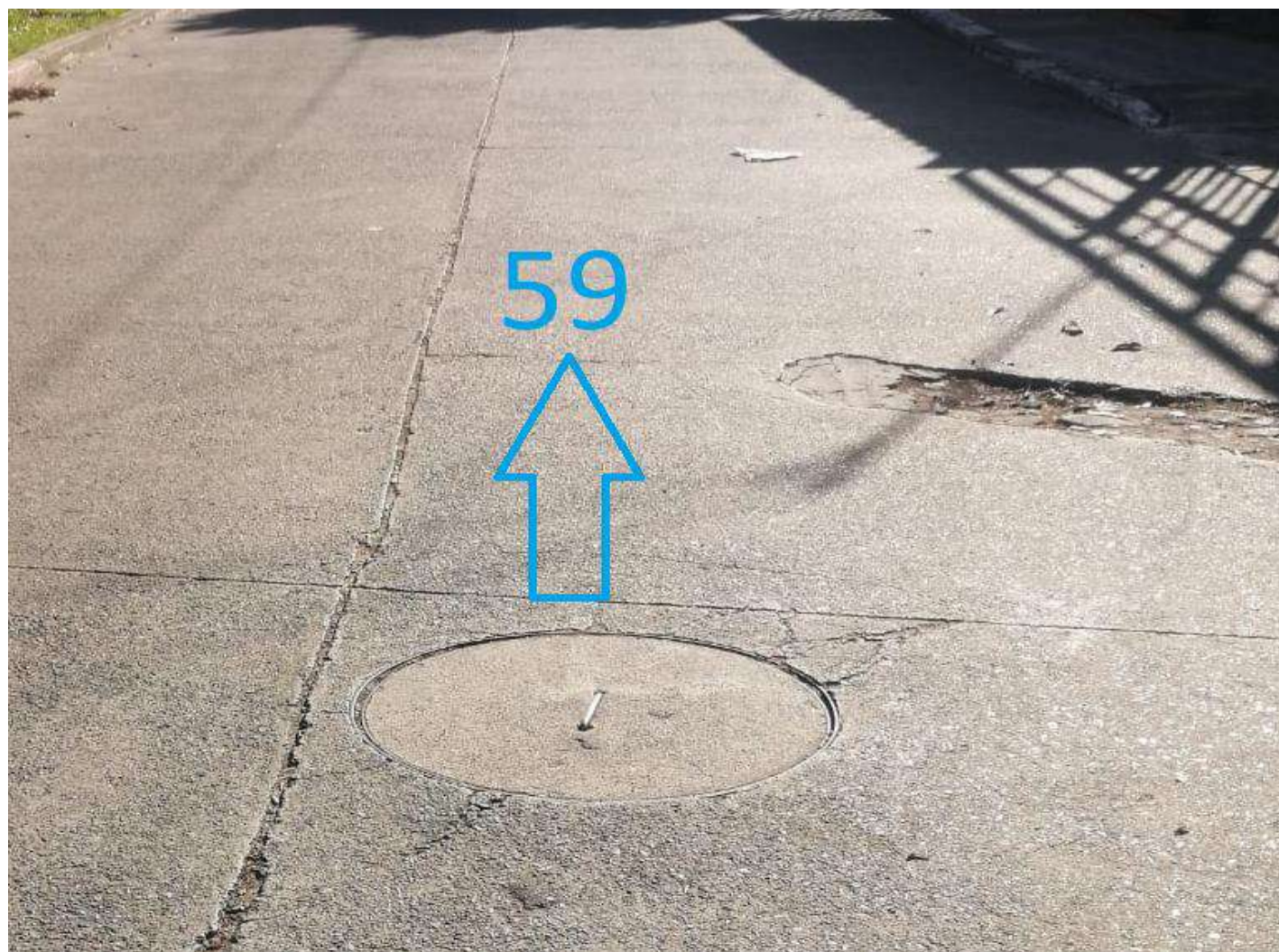
POZOS 59 Y 60

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
59-58	107,27	14	Concreto	Bueno	

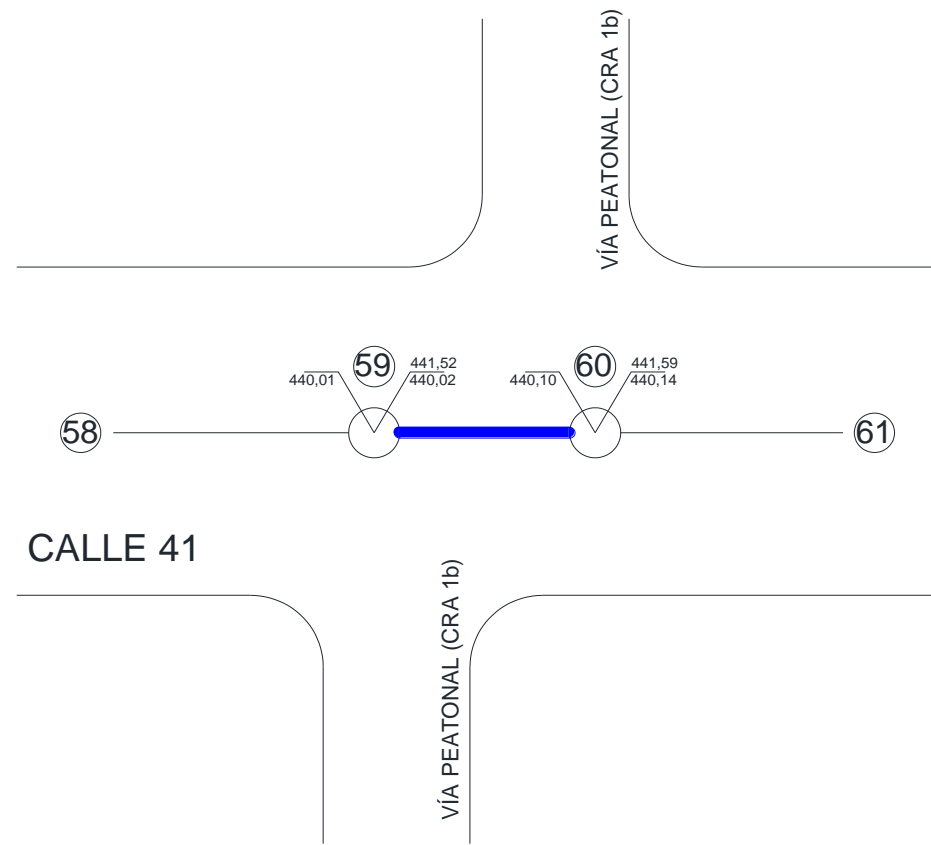
FECHA ESCALA
 REVISÓ DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	60	DIRECCIÓN	calle 41 entre Carrera 1A y 1C	COTA RASANTE		FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	--------------------------------	--------------	--	-------	-----------



POZOS 59 Y 60

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
60-59	17,69	8	Concreto simple	Bueno	

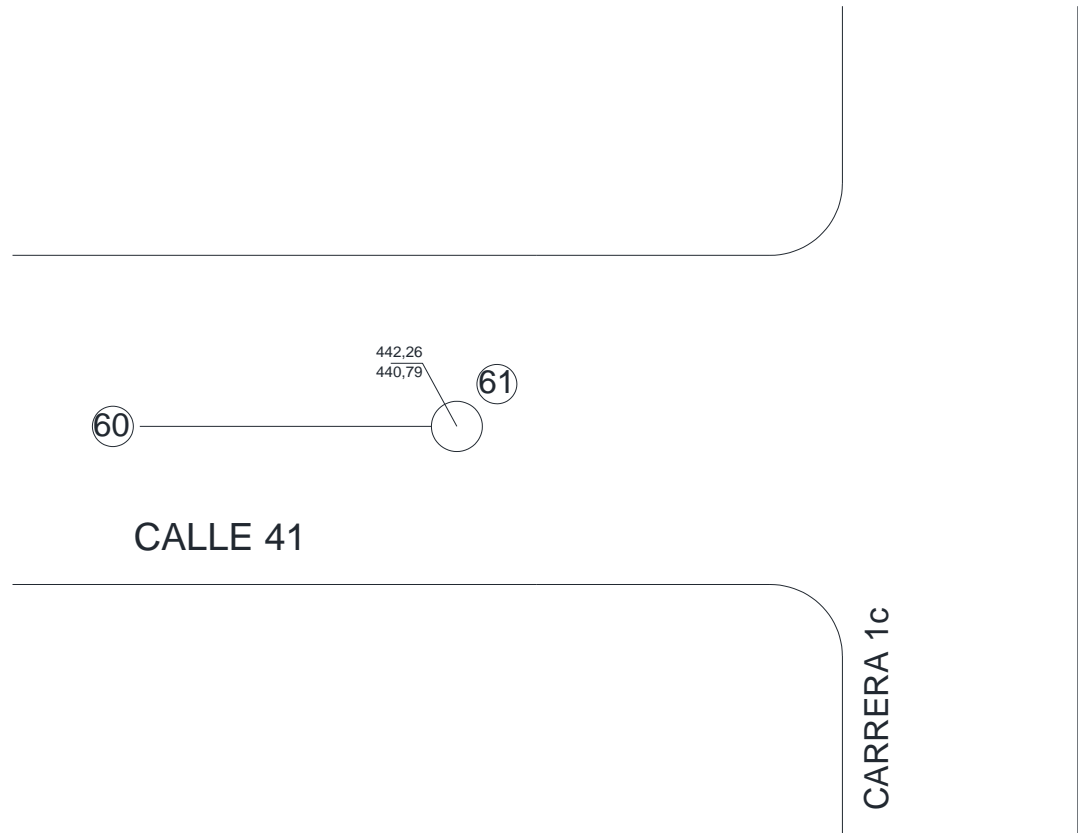
FECHA: _____ ESCALA: _____
 REVISÓ: _____ DIBUJÓ: _____

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	61	DIRECCIÓN	calle 41 entre Carrera 1A y 1C	COTA RASANTE		FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	--------------------------------	--------------	--	-------	-----------



POZO 61

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
61-60	54,96	8	Concreto	N/A	Cubierto de carpeta asfáltica

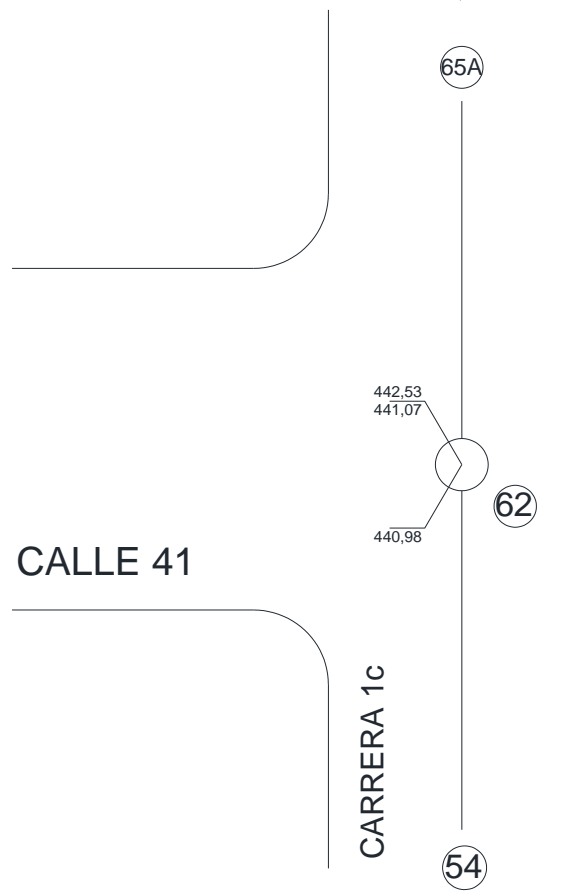
FECHA _____ ESCALA _____
 REVISÓ _____ DIBUJÓ _____

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos



Pozo N°	62	DIRECCIÓN	Carrera 1C con calle 41	COTA RASANTE		FECHA	9/07/2022
---------	----	-----------	-------------------------	--------------	--	-------	-----------



POZO 62

TRAMO	LONGITUD (m)	DIÁMETRO	MATERIAL	ESTADO	OBSERVACIONES
62-54	50,05	10	Concreto	Bueno	
S29-62	1,9	6	Cocnreto	Bueno	

FECHA ESCALA
 REVISÓ DIBUJÓ

FICHA TÉCNICA DEL POZO

Anexos fotográficos

