



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 1

Neiva, 23 de marzo de 2023

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Julian Andres Rojas Buchelly, con C.C. No. 1075303418,

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

titulado Diseño de la Red de Alcantarillado Sanitario, Pluvial y el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales del Proyecto «Condominio Campestre Llano Grande»

presentado y aprobado en el año 2023 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.
- 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:

Firma: 

Vigilada Mineducación



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 3
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Diseño de la Red de Alcantarillado Sanitario, Pluvial y el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales del Proyecto «Condominio Campestre Llano Grande»

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Rojas Buchelly	Julian Andres

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:** 2023 **NÚMERO DE PÁGINAS:** 139

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas__ Fotografías__ 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: Ninguno

MATERIAL ANEXO: Planos del diseño.



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

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

Español

1. Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales
2. Caudal
3. Tubería
4. Sistema de Alcantarillado
5. Filtro Anaerobio

Inglés

1. Wastewater Treatment System
2. Flow Rate
3. Pipeline
4. Sewage System
5. Anaerobic Filter

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

Colombia es un país que se encuentra en vía de desarrollo y es por esta razón que servicios como el alcantarillado no son brindados en todo el territorio nacional; generalmente las zonas rurales son las que más sufren por la no prestación de servicios básicos como el mencionado anteriormente, debido a esto y teniendo en cuenta las problemáticas ambientales que han aumentado considerablemente en los últimos años, es necesario que se presenten métodos de recolección, conducción y tratamiento de las aguas residuales que generan los habitantes de estas zonas.

El presente trabajo de grado plantea una solución para esta dificultad que posee el proyecto residencial Llano Grande ubicado en la zona rural del municipio de Rivera - Huila, el diseño hidráulico de un sistema de alcantarillado sanitario, un sistema de alcantarillado pluvial y una planta de tratamiento de aguas residuales compuesta de una trampa de grasas, un pozo séptico de acción múltiple, un filtro anaerobio y un humedal artificial, cumple con los requerimientos técnicos establecidos en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico; todo esto teniendo como misión la disminución de contaminación de fuentes hídricas de la zona mitigando así el impacto negativo que genera la ocupación humana en este territorio y así evitar poner en riesgo la salud pública de esta población.



ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

Colombia is a developing country and it is for this reason that services such as sewerage are not provided throughout the national territory; generally rural areas are the ones that suffer the most from the lack of basic services such as the one mentioned above, due to this and taking into account the environmental problems that have increased considerably in recent years, it is necessary to present methods of collection, conduction and treatment of wastewater generated by the inhabitants of these areas.

The present work of degree proposes a solution for this difficulty that has the Llano Grande residential project located in the rural area of the municipality of Rivera - Huila, the hydraulic design of a sanitary sewerage system, a storm sewerage system and a wastewater treatment plant composed of a grease trap, a multiple action septic tank, an anaerobic filter and an artificial wetland, meets the technical requirements established in the Technical Regulations of the Sector of Drinking Water and Basic Sanitation; The mission of all this is to reduce the contamination of water sources in the area, thus mitigating the negative impact generated by human occupation in this territory and avoiding putting the public health of this population at risk.

APROBACIÓN DE LA TESIS

Nombre presidente Jurado: Nadia Brigitte Sanabria Méndez

Firma:

Nombre Jurado: Jhon Jairo Beltrán Díaz

Firma:



Diseño de la Red de Alcantarillado Sanitario, Pluvial y el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales del Proyecto «Condominio Campestre Llano Grande».

Julian Andres Rojas Buchelly

Universidad Surcolombiana
Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Civil
Neiva, Colombia

2022

Diseño de la Red de Alcantarillado Sanitario, Pluvial y el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales del Proyecto «Condominio Campestre Llano Grande».

Julian Andres Rojas Buchelly

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

Ingeniero Civil

Director (a):

PhD. Jaime Izquierdo Bautista

Línea de Investigación:

Acueductos y Alcantarillados

Universidad Surcolombiana

Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Civil

Neiva, Colombia

2022

Se valiente y esforzado.

*A mis padres, que han luchado día tras día para
que yo pueda cumplir este sueño.*

Agradecimientos

Agradezco primeramente a Dios por darme la vida, la sabiduría y fortaleza para llegar hasta esta etapa que culmina; a mis padres, por ser el apoyo que he necesitado siempre, por estar presentes día y noche motivándome para no desfallecer y poder alcanzar mis objetivos.

A mis compañeros de carrera, que han sido de ayuda a lo largo de todos los semestres; al Ingeniero Jaime Izquierdo Bautista, que me ha guiado en la elaboración de este proyecto de grado; a los maestros del alma mater, que gracias a sus conocimientos ayudaron a forjar el carácter; al Ingeniero Francisco Solano, gerente de la Constructora TyM, que me brindo la información necesaria del proyecto residencial con el que estoy elaborando el diseño que presento a continuación.

Resumen

Colombia es un país que se encuentra en vía de desarrollo y es por esta razón que servicios como el alcantarillado no son brindados en todo el territorio nacional; generalmente las zonas rurales son las que más sufren por la no prestación de servicios básicos como el mencionado anteriormente, debido a esto y teniendo en cuenta las problemáticas ambientales que han aumentado considerablemente en los últimos años, es necesario que se presenten métodos de recolección, conducción y tratamiento de las aguas residuales que generan los habitantes de estas zonas.

El presente trabajo de grado plantea una solución para esta dificultad que posee el proyecto residencial Llano Grande ubicado en la zona rural del municipio de Rivera - Huila, el diseño hidráulico de un sistema de alcantarillado sanitario, un sistema de alcantarillado pluvial y una planta de tratamiento de aguas residuales compuesta de una trampa de grasas, un pozo séptico de acción múltiple, un filtro anaerobio y un humedal artificial, cumple con los requerimientos técnicos establecidos en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico; todo esto teniendo como misión la disminución de contaminación de fuentes hídricas de la zona mitigando así el impacto negativo que genera la ocupación humana en este territorio y así evitar poner en riesgo la salud pública de esta población.

Palabras clave: Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales, Caudal, Tubería; Sistema de Alcantarillado. Filtro Anaerobio.

Abstract

Colombia is a developing country and it is for this reason that services such as sewerage are not provided throughout the national territory; generally rural areas are the ones that suffer the most from the lack of basic services such as the one mentioned above, due to this and taking into account the environmental problems that have increased considerably in recent years, it is necessary to present methods of collection, conduction and treatment of wastewater generated by the inhabitants of these areas.

The present work of degree proposes a solution for this difficulty that has the Llano Grande residential project located in the rural area of the municipality of Rivera - Huila, the hydraulic design of a sanitary sewerage system, a storm sewerage system and a wastewater treatment plant composed of a grease trap, a multiple action septic tank, an anaerobic filter and an artificial wetland, meets the technical requirements established in the Technical Regulations of the Sector of Drinking Water and Basic Sanitation; The mission of all this is to reduce the contamination of water sources in the area, thus mitigating the negative impact generated by human occupation in this territory and avoiding putting the public health of this population at risk.

Keywords: Wastewater Treatment System, Flow Rate, Pipeline, Sewage System, Anaerobic Filter

Contenido

	Pág.
Resumen.....	VIII
Lista de Figuras.....	XIII
Lista de Tablas.....	XIV
Lista de Anexos.....	XVI
Lista de Símbolos y Abreviaturas.....	XVII
Capítulo 1.....	23
1. Introducción.....	23
1.1 Antecedentes.....	24
1.2 Justificación.....	26
1.3 Objetivos.....	27
1.3.1 Objetivo General.....	27
1.3.2 Objetivos Específicos.....	27
1.4 Estructura del documento.....	27
Capítulo 2.....	29
2. Marco teórico.....	29
2.1 Alcantarillado.....	29
2.1.1 Tipos de aguas residuales.....	29
2.1.2 Tipos de alcantarillados.....	30
2.1.3 Clasificación de las tuberías.....	31
2.2 Sistema de Tratamiento.....	31
2.2.1 Sistema centralizado de plantas de tratamiento.....	31
2.2.2 Sistema descentralizado de plantas de tratamiento.....	32

Capítulo 3.....	37
3. Metodología	37
3.1 Recopilación de Información.....	38
3.2 Diseño Hidráulico de Alcantarillado Sanitario.....	41
3.2.1 Estimación de la Población (P).....	41
3.2.2 Definición del Nivel de Complejidad del Sistema	41
3.2.3 Consumo Neto de Agua Potable (C).....	42
3.2.4 Periodo de Diseño	42
3.2.5 Área de Drenaje de Aguas Sanitarias (A)	42
3.2.6 Densidad Poblacional (D)	42
3.2.7 Coeficiente de Retorno (CR).....	43
3.2.8 Coeficiente de Conexiones Erradas (C_{CE})	43
3.2.9 Coeficiente de Infiltración (C_{INF})	43
3.2.10 Distribución de la Red de Colectores	44
3.2.11 Determinación de Caudales.....	44
3.2.12 Pendiente Mínima.....	47
3.2.13 Diámetro Teórico	47
3.2.14 Diámetro Interno Real Mínimo	47
3.2.15 Relaciones Hidráulicas para Secciones Circulares.....	49
3.2.16 Velocidad Mínima	50
3.2.17 Velocidad Máxima	51
3.2.18 Esfuerzo Cortante Mínimo	51
3.2.19 Pérdidas de Energía	51
3.3 Diseño Hidráulico de Alcantarillado Pluvial.....	53
3.3.1 Área de Drenaje	53
3.3.2 Periodo de Diseño	53
3.3.3 Distribución de la Red de Colectores	53
3.3.4 Determinación de Caudal de Diseño	54
3.3.5 Coeficiente de Escorrentía (C_E).....	54
3.3.6 Intensidad de la Precipitación (I).....	55
3.3.7 Periodo de Retorno	55
3.3.8 Tiempo de Concentración (T_c).....	56
3.3.9 Diámetro Interno Real Mínimo.....	57
3.3.10 Velocidad Mínima	58
3.3.11 Velocidad Máxima	58
3.3.12 Esfuerzo Cortante Mínimo	58
3.4 Diseño de Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR).....	58

3.4.1	Trampa de Grasas.....	59
3.4.2	Pozo Séptico de Acción Múltiple.....	61
3.4.3	Filtro Anaerobio.....	66
3.4.4	Humedal Artificial Subsuperficial de Flujo Horizontal.....	68
3.5	Elaboración de Planos y Presupuesto.....	72
Capítulo 4.....		73
4.	Resultados.....	73
4.1	Resultados del Diseño de Alcantarillado Sanitario.....	73
4.2	Resultados del Diseño del Alcantarillado Pluvial.....	77
4.3	Resultados del Diseño del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR)	81
4.3.1	Trampa de Grasas.....	81
4.3.2	Pozo Séptico de Acción Múltiple.....	82
4.3.3	Filtro Anaerobio.....	82
4.3.4	Humedal Subsuperficial de Flujo Horizontal.....	83
4.4	Resultados del Presupuesto.....	83
4.5	Planos.....	84
Capítulo 5.....		85
5.	Conclusiones y Recomendaciones.....	85
5.1	Conclusiones.....	85
5.2	Recomendaciones.....	87
Bibliografía.....		89
A.	Anexo: Memoria de Cálculo para el Diseño Hidráulico del Sistema de Alcantarillado Sanitario.....	93
B.	Anexo: Memoria de Cálculo para el Diseño Hidráulico del Sistema de Alcantarillado Pluvial.....	111
C.	Anexo: Memoria de Cálculo para el Diseño del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR).....	119
D.	Anexo: Presupuesto del Proyecto.....	127
E.	Anexo: Planos del Proyecto.....	129

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 2-1: Esquema general de un Sistema Descentralizado Integrado y Sostenible. Tomado de (Valencia G, Silva G, & Narváez R, 2010).	33
Figura 2-2: Esquema del Sistema con Humedal.	34
Figura 2-3: Esquema del Sistema con Alberca Biológica.	35
Figura 2-4: Esquema del Sistema con Tanque Séptico de Acción Múltiple.	36
Figura 3-1: Metodología para el desarrollo del proyecto.	37
Figura 3-2: Ubicación del proyecto «Condominio Campestre Llano Grande».....	38
Figura 3-3: Vista en planta del plano urbanístico del proyecto «Condominio Campestre Llano Grande».....	39
Figura 3-4: Plano topográfico del proyecto «Condominio Campestre Llano Grande».	39
Figura 3-5: Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia, Est. Aeropuerto Benito Salas, Neiva. Tomado de (IDEAM, 2017).....	40
Figura 3-6: Propiedades de tubería PVC para alcantarillados.	48
Figura 3-7: Propiedades de tubería PVC de grande diámetros para alcantarillados. .49	49
Figura 3-8: Valores para determinar las pérdidas de energía por cambio de dirección en los pozos de inspección.	52

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 3-1:	Asignación del nivel de complejidad.....41
Tabla 3-2:	Dotación neta de agua potable.....42
Tabla 3-3:	Valores para contribución de caudal comercial.....45
Tabla 3-4:	Coeficientes de rugosidad de Manning.....48
Tabla 3-5:	Relaciones hidráulicas. Tomado de (López Cualla, 2003).50
Tabla 3-6:	Coeficientes de escorrentía.....55
Tabla 3-7:	Periodos de retorno.....56
Tabla 3-8:	Constante “a” de velocidad superficial.57
Tabla 3-9:	Tiempos de retención hidráulicos.....59
Tabla 3-10:	Contribución de aguas residuales y de lodo fresco.62
Tabla 3-11:	Tiempo de retención.....63
Tabla 3-12:	Factor “K”. tasa de acumulación de lodos digeridos.....63
Tabla 3-13:	Valores de Profundidad Útil para Pozo Séptico.64
Tabla 3-14:	Tiempo de retención hidráulica para filtro anaerobio.67
Tabla 4-1:	Resumen de determinación de caudal para el alcantarillado sanitario....74
Tabla 4-2:	Resumen de variables de diseño para el alcantarillado sanitario.75
Tabla 4-3:	Resumen de variables de diseño para el alcantarillado sanitario.76
Tabla 4-4:	Resumen de determinación de caudal para el alcantarillado pluvial.....78
Tabla 4-5:	Resumen de variables de diseño para el alcantarillado pluvial.79
Tabla 4-6:	Resumen de variables de diseño para el alcantarillado pluvial.80
Tabla 4-7:	Resumen de los parámetros de diseño para la trampa de grasa.....81
Tabla 4-8:	Resumen de los parámetros de diseño para pozo séptico de acción múltiple.82
Tabla 4-9:	Resumen de los parámetros de diseño para el filtro anaerobio.83
Tabla 4-10:	Resumen de los parámetros de diseño para el humedal subsuperficial de flujo horizontal.83

Tabla 4-11:	Resumen del presupuesto del proyecto.	84
Tabla A-1:	Estimación de caudal de diseño.	97
Tabla A-2:	(Continuación).....	98
Tabla A-3:	Cálculo de variables de diseño del alcantarillado sanitario.	108
Tabla A-4:	(Continuación).....	109
Tabla B-1:	Relación de funcionamiento de columnas entre anexo B y anexo A.	111
Tabla B-2:	Cálculo de variables de diseño del alcantarillado pluvial.	117
Tabla B-3:	(Continuación).....	118
Tabla D-1:	Presupuesto de los Alcantarillados Sanitario, Pluvial y STAR.....	128

Lista de Anexos

	Pág.
A. Anexo: Memoria de Cálculo para el Diseño Hidráulico del Sistema de Alcantarillado Sanitario.....	93
B. Anexo: Memoria de Cálculo para el Diseño Hidráulico del Sistema de Alcantarillado Pluvial.....	111
C. Anexo: Memoria de Cálculo para el Diseño del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR).....	119
D. Anexo: Presupuesto del Proyecto.....	127
E. Anexo: Planos del Proyecto	129

Lista de Símbolos y Abreviaturas

Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad
A_t	Área total de drenaje	m ² / ha
A_i	Área aferente	m ² / ha
A_i	Área inicial de tratamiento en el humedal	m ²
$A_{AguasArriba}$	Área aguas arriba	m ² / ha
A_f	Área final de tratamiento en el humedal	m ²
A_{SHA}	Área superficial del humedal artificial	m ²
A_{STG}	Área superficial de la trama de grasas	m ²
B_{FA}	Ancho del filtro anaerobio	m
BL_{FA}	Borde libre del filtro anaerobio	m
BL_{PS}	Borde libre del pozo de séptico	m
BL_{TG}	Borde libre de la trampa de grasas	m
B_{PS}	Ancho del pozo séptico	m
B_{TG}	Ancho de trampa de grasas	m
C	Consumo neto de agua potable	(l/hab)*ha
C	Contribución de aguas residuales	(l/día)*hab
C_o	Carga de DBO ₅ del influente	mg/l
C_{CE}	Coefficiente de conexiones erradas	(l/s)*ha
C_e	Carga de DBO ₅ del efluente	mg/l
CB	Cota batea	m.s.n.m
CB_{PI}	Cota batea en el pozo inicial	m.s.n.m

Símbolo	Término	Unidad
CB_{PF}	Cota batea en el pozo final	m.s.n.m
CC	Cota a clave	m.s.n.m
CC_{PI}	Cota clave en el pozo inicial	m.s.n.m
CC_{PF}	Cota clave en el pozo final	m.s.n.m
C_E	Coefficiente de escorrentía	Adimensional
CE	Cota de energía	m.s.n.m
CE_{PI}	Cota de energía en el pozo inicial	m.s.n.m
CE_{PF}	Cota de energía en el pozo final	m.s.n.m
C_{INF}	Coefficiente de infiltración	(l/s)*ha
CL	Cota de lámina de agua	m.s.n.m
CL_{PI}	Cota de lámina en el pozo inicial	m.s.n.m
CL_{PF}	Cota de lámina en el pozo final	m.s.n.m
CR	Coefficiente de retorno	%
CR	Cota rasante	m.s.n.m
CR_{PI}	Cota rasante en el pozo inicial	m.s.n.m
CR_{PF}	Cota rasante en el pozo final	m.s.n.m
D	Densidad poblacional	hab/ha
D	Diámetro teórico	m
D_c	Diámetro de colector	m
$D_{c \text{ interno}}$	Diámetro de colector	m
D_g	Diámetro de la grava implementada en el humedal	mm
D_p	Diámetro del pozo de inspección	m
D_s	Diámetro de la tubería a la salida del pozo de inspección	m
d	Lámina de agua	m
d_{hi}	Perdida de carga en la zona inicial de tratamiento	m
d_{hf}	Perdida de carga en la zona final de tratamiento	m
d_{M-M}	Distancia entre plantas en el humedal artificial	m
E	Energía específica	m

Símbolo	Término	Unidad
F	Factor de mayoración	Adimensional
F	Frecuencia del evento de precipitación	Años
g	Gravedad	m/s^2
H	Profundidad hidráulica	m
H_c	Profundidad a clave	m
H_{CPI}	Profundidad a clave en el pozo inicial	m
H_{CPF}	Profundidad a clave en el pozo final	m
h_{Curva}	Perdida de energía por cambio de dirección	m
H_{FA}	Altura del filtro anaerobio	m
H_{PS}	Altura total del pozo séptico	m
H_{Tab}	Altura del tabique divisorio del pozo séptico	m
H_{UTG}	Profundidad útil de la trampa de grasas	m
$h_{Transición}$	Perdida de energía por transición	m
I	Intensidad de la precipitación	$(mm/h) - ((l/s)*ha)$
K	Tasa de acumulación de lodos digeridos	Años
K_s	Conductividad hidráulica	$m^3/m^2/día$
$K_{s1\%}$	Conductividad hidráulica al 1%	$m^3/m^2/día$
K_t	Constante cinética de primer orden	$Día^{-1}$
L	Longitud	m
L_{C1}	Longitud de la primera cámara del pozo séptico	m
L_{C2}	Longitud de la segunda cámara del pozo séptico	m
L_i	Longitud de la zona inicial de tratamiento	m
L_f	Longitud de la zona final de tratamiento	m
L_f	Lodo fresco	$l/día$
L_{FA}	Longitud del filtro anaerobio	m
L_{HA}	Longitud total del humedal artificial	m
L_{PS}	Longitud de pozo séptico	m
L_{TG}	Longitud de la trampa de grasas	m

Símbolo	Término	Unidad
n	Porosidad	Adimensional
N_c	Número de contribuyentes	Hab
NF	Número de Froude	Adimensional
$N_{Macrófitas HA}$	Número de macrófitas en el humedal artificial	Und
P	Población servida	Hab
P_{CFA}	Perdida de carga en el filtro anaerobio	m
P_i	Población servida por colector	hab
Q	Caudal	(m ³ /s) - (l/s)
Q_0	Caudal a tubo lleno	(m ³ /s) - (l/s)
Q_C	Caudal de aguas comerciales	(m ³ /s) - (l/s)
Q_{CE}	Caudal de conexiones erradas	(m ³ /s) - (l/s)
Q_D	Caudal de aguas domesticas	(m ³ /s) - (l/s)
Q_d	Caudal de diseño	(m ³ /s) - (l/s)
Q_{DTG}	Caudal de diseño de trampa de grasas	
Q_I	Caudal de aguas industriales	(m ³ /s) - (l/s)
$\overline{Q_i}$	Caudal de medio diario para cada colector	(m ³ /s) - (l/s)
Q_{IN}	Caudal de aguas institucionales	(m ³ /s) - (l/s)
Q_{INF}	Caudal de infiltración	(m ³ /s) - (l/s)
Q_{MD}	Caudal de medio diario	(l/s)*ha
Q_{MH}	Caudal de máximo horario	(l/s)*ha
q_C	Aporte unitario de aguas comerciales	(l/s)*ha
q_D	Aporte unitario de aguas domesticas	(l/s)*ha
q_I	Aporte unitario de aguas industriales	(l/s)*ha
q_{it}	Aporte unitario ponderado	(l/s)*ha
q_{IN}	Aporte unitario de aguas institucionales	(l/s)*ha
R	Radio hidráulico	m
R_0	Radio hidráulico a tubo lleno	m
r_c	Radio de curvatura	m

Símbolo	Término	Unidad
S	Pendiente longitudinal del colector	%
t	Temperatura ambiente	°C
T	Tiempo de retención hidráulica para pozo séptico	días
T_c	Tiempo de concentración	Min
$T_{c\text{Real}}$	Tiempo de concentración real	Min
T_e	Tiempo de entrada	Min
T_{rTG}	Tiempo de retención hidráulico en trapa de grasas	Min
T_t o T_s	Tiempo de recorrido en el colector	Min
V	Velocidad	m/s
V_0	Velocidad a tubo lleno	m/s
VA_{TG}	Velocidad ascendente	Mm/s
V_{TG}	Volumen de trampa de grasas	m ³
V_{uFA}	Volumen útil del filtro anaerobio	m
V_{uPS}	Volumen útil de pozo de inspección	m
$W_{Cel\ HA}$	Ancho de celda del humedal artificial	m
W_{HA}	Ancho teórico del humedal artificial	m
y_{FA}	Profundidad útil del filtro anaerobio	m
y_{PS}	Profundidad útil del pozo séptico	m

Símbolos con letras griegas

Símbolo	Término	Unidad SI
γ	Peso específico del agua	kN/m ³
η	Coefficiente de rugosidad de Manning	Adimensional
τ	Esfuerzo cortante	Pa o N/m ²

Abreviaturas

Abreviatura	Término
<i>DANE</i>	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
<i>DBO₅</i>	Demanda Bioquímica de Oxígeno
<i>FAFA</i>	Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente
<i>HFS</i>	Humedal de Flujo Superficial
<i>HFSS</i>	Humedal de Flujo Sub-Superficial
<i>HT</i>	Humedales de Tratamiento
<i>IDF</i>	Intensidad – Duración - Frecuencia
<i>m.s.n.m</i>	Metros sobre el nivel del mar
<i>OMS</i>	Organización Mundial de la Salud
<i>PBOT</i>	Plan Básico de Ordenamiento Territorial
<i>PTAR</i>	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
<i>RAS</i>	Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico
<i>SCS</i>	Soil Conservation Service
<i>SECOP</i>	Sistema Electrónico de Contratación Pública
<i>STAR</i>	Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales
<i>TSAM</i>	Tanque Séptico de Acción Múltiple
<i>UASB</i>	Up Flow Anaerobic Sludge Blanket
<i>WWTPs</i>	Waste Water Treatment

Capítulo 1

1. Introducción

En la actualidad, uno de los elementos que le aseguran una mejor calidad de vida a la población es contar con servicios básicos como lo son el acueducto y el alcantarillado, pero a su vez, los habitantes tienen un compromiso de suma importancia con el ecosistema, ya que durante siglos se han extraído recursos como el agua para el consumo humano, pero nunca se han preocupado por las condiciones en las que es retornado el recurso al medio; es por eso que últimamente los sistemas de tratamiento de aguas residuales han cobrado más relevancia en las comunidades ya que estos permiten que gran parte del recurso que se utiliza diariamente sea devuelto en condiciones que no generen afectaciones ambientales y sociales.

Históricamente se ha demostrado que el mal manejo de las aguas residuales ha derivado en pandemias como la del colera a principios del siglo XIX, la falta de sistemas de conducción y recolección de estos residuos, sumado al vertimiento crudo de las aguas sucias a los cuerpos de agua que también sirven de fuente para poblaciones a lo largo de los ríos, se asocian a la transmisión de enfermedades diarreicas como el colera, la disentería, la fiebre tifoidea, lombrices intestinales y la poliomielitis (Organización Mundial de la Salud - OMS, 2022).

El municipio de Rivera, en el departamento del Huila, según datos arrojados en el plan básico de ordenamiento territorial (PBOT) estima que el 51 % de la población del municipio habita en las zonas rurales (SERCOIN, 2021); en una de estas zonas rurales está ubicado el Proyecto Residencial «Condominio Campestre Llano Grande», allí se presenta la problemática de no contar con sistemas de recolección, conducción y tratamiento de aguas residuales; es por esta razón, que la propietaria del proyecto, la

constructora TyM Construcciones e Inversiones S.A.S se ve en la necesidad de plantear un conjunto de sistemas que permita otorgar condiciones de vida de alta calidad y evitar que la zona residencial sea foco de afectaciones a la salud pública.

Teniendo en cuenta todas las problemáticas que se pueden evidenciar cuando existe la carencia de estos servicios se realiza el presente trabajo, que contiene una propuesta de diseño que engloba un sistema completo de manejo de aguas residuales, implementando redes separadas para las aguas sanitarias y las aguas lluvias; adicional a esto, teniendo en cuenta que la zona rural en la que se encuentra el proyecto no cuenta con un plan de tratamiento para estas aguas, se presenta un sistema de tratamiento de aguas residuales descentralizado que incluye un tratamiento preliminar, un tratamiento primario, uno secundario y un postratamiento.

1.1 Antecedentes

Los registros de los primeros sistemas de alcantarillados en distintas civilizaciones datan del año 3750 A.C. (Plomería y Cerámica de Querétaro, s.f.), estas civilizaciones iniciaron recolectando solo las aguas lluvias pero a medida que se iban expandiendo se vieron en la necesidad de también hacer recolección de los desechos generados por los seres humanos, desde ese tiempo hasta la actualidad se han presentado innumerables mejoras en los materiales, diseños y funcionalidades de estos sistemas. En Colombia, de acuerdo con el departamento administrativo nacional de estadística (DANE) en el boletín técnico de la encuesta nacional de calidad de vida realizada en el 2019, indica que el 74.4 % de la población del país tiene acceso a servicios de alcantarillados, pero otro panorama se evidencia en el departamento del Huila en donde el 65.5 % de la población tiene este servicio en sus domicilios (DANE, 2019). Teniendo en cuenta estas cifras, al revisar el en detalle al municipio de Rivera, según el PBOT el 51 % de la población del municipio habita en las zonas rurales (SERCOIN, 2021), pero de este porcentaje de población solo el 21.71 % de los habitantes de estas áreas rurales del municipio cuentan con servicios de saneamiento básico (Aguas del Huila, 2014).

Frente a la deficiencia de estos servicios de alcantarillados y tratamiento de aguas residuales es que desde diversos entes se han propuesto y ejecutado los diseños de

alcantarillados y sistemas de tratamientos de aguas residuales que buscan suplir estas necesidades a nivel nacionales, tal como evidencia en el sistema electrónico de contratación pública (SECOP II) en donde apertura el proceso de licitación para la construcción de la segunda fase del colector de alcantarillado pluvial para el sector sur del casco urbano del municipio de el Espinal – Tolima en septiembre del año 2022, a cargo de la unión temporal “Al fase 2 Espinal” (SECOP II, 2022).

En todo el país se llevan a cabo investigaciones respecto a esta línea como lo hicieron Cristian Alberto Valderrama Murillo y Nelson Moreno Carrero en el proyecto de grado que tiene por nombre Diagnostico de la infraestructura de la red de alcantarillado de la calle 40 de la ciudad de Girardot realizado en la Universidad Piloto de Colombia, en el cual realizan un valoración del estado en el que se encuentra la red de alcantarillado pluvial existente para posteriormente proyectar un nuevo diseño cumpliendo con la normativa actualizada establecida en el RAS 2000 (Valderrama Murillo & Moreno Carrero, 2017).

Desde el ámbito académico, en el municipio de Neiva Huila, estudiantes y docentes presentan una investigación para el desarrollo de un sistema de tratamiento de aguas residuales sostenible, es decir, una vez finalizado el proceso de tratamiento del agua, esta es reutilizada en procesos riegos en cultivos, enfocado directamente a zona rurales de menos de 10 hectáreas del departamento del Huila (Valencia G, Silva G, & Narvárez R, 2010). Adicional a esto, la universidad Surcolombiana se ha preocupado por esta situación y desde los diferentes programas académicos sus estudiantes han presentado propuestas de diseño para alcantarillados y sistemas de tratamiento en diferentes zonas del departamento como lo hace Juan Gabriel Barón Velásquez en su proyecto llamado Alternativa para tratamiento de aguas residuales urbanas para municipio de Tello – Huila en que manifiesta una alternativa de tratamiento para las aguas residuales implementando una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) compuesta de una rejilla, un desarenador con canaleta Parshall, un reactor UASB, un percolador y un sedimentador secundario, estos tipos de tratamientos centralizados generalmente se ponen en funcionamiento para poblaciones en las áreas urbanas (Barón Velásquez, 2020).

1.2 Justificación

La oferta y disposición del recurso hídrico es esencial para el ser humano en diferentes aspectos como el medio ambiental, el desarrollo social de las comunidades beneficiadas, el desarrollo económico con la agricultura, minería e industria, la salud, entre otros.

Debido al gran crecimiento de las comunidades y al asentamiento de las estas en zonas rurales a lo largo y ancho del territorio nacional, se ha generado el requerimiento de que puedan efectuar un manejo adecuado de las aguas residuales originadas por el consumo humano y las aguas generadas por las precipitaciones.

La presente propuesta tiene como objetivo suplir la necesidad que se ha presentado para la comunidad que se va a establecer en el proyecto residencial «Condominio Campestre Llano Grande», para este proyecto, al encontrarse ubicado en zona rural del municipio de Rivera, se hace aún más difícil el acceso a estos servicios básicos de saneamiento proporcionados por la administración municipal; es por esta razón que el presente proyecto de grado tiene por objeto el diseño de un sistema que recolecte, conduzca y trate las aguas residuales de carácter privado, en este caso se dispondrá de dos redes separadas, una para las aguas sanitarias combinado con un sistema de tratamiento de aguas residuales y otra red para las aguas lluvias que cumplan con la reglamentación establecida por las entidades estatales y adicional a esto, que sea el idóneo para demanda que se generará.

Con la implementación de estos sistemas de recolección, conducción y tratamiento de aguas residuales en el proyecto se busca reducir la carga contaminante aportada al río Magdalena y evitar la afectación en la salud tanto de las personas residentes en el condominio como para las personas que a lo largo del trayecto utilizan al río Magdalena como su fuente de agua para el consumo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Realizar el diseño de la red de alcantarillado sanitario, la red de alcantarillado para aguas lluvias y un sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR) del proyecto «Condominio Campestre Llano Grande».

1.3.2 Objetivos Específicos

- Proponer un modelo de alcantarillado sanitario y pluvial para el proyecto, que logre satisfacer las necesidades actuales y las futuras demandas que pueda tener.
- Plantear el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR) para entregar el agua en condiciones óptimas.
- Elaborar un presupuesto estimado de obra.
- Diseñar planos del STAR y de las redes diseñadas, con sus respectivos perfiles.

1.4 Estructura del documento

El presente documento está compuesto por seis capítulos organizados de la siguiente manera:

El capítulo uno contiene todos los aspectos generales del proyecto de grado, como la introducción, los antecedentes, la justificación y los objetivos; el marco teórico está en el capítulo número dos, incluye las definiciones técnicas, conceptos básicos, generalidades de un alcantarillado y un sistema de tratamiento de aguas residuales, adicionalmente, se encuentra el marco georreferencial en el cual se presenta la ubicación del proyecto; el capítulo tres presenta la metodología que se implementó durante el desarrollo de este proyecto, esta se divide en cinco fases las cuales se van describiendo fase por fase a medida que se avanza en la realización del capítulo; el capítulo cuatro contiene los resúmenes de resultados y el análisis los mismos para cada uno de los diseños ejecutados en el presente documento, para finalizar se tiene el capítulo cinco, en el cual se exponen

las conclusiones respondiendo a los objetivos planteados y la recomendaciones que propone el diseño para el correcto funcionamiento de un proyecto de este tipo; el anexo A, contiene la memoria de cálculo a detalle del diseño hidráulico del alcantarillado sanitario; la memoria de cálculo del alcantarillado pluvial se encuentra detallada en el anexo B; el anexo C presenta la memoria de cálculo para el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales; el anexo D comprende lo referente al presupuesto estimado del proyecto y finalmente en el anexo E se entregan los planos de los diseños de los dos alcantarillados y el sistema de tratamiento de aguas residuales.

Capítulo 2

2. Marco teórico

2.1 Alcantarillado

Se le conoce como alcantarillado al grupo de conductos y estructuras complementarias que satisfacen la necesidad de recolectar, transportar y evacuar las aguas residuales generadas por la población y las aguas lluvias presentes en forma de escorrentía superficial; las aguas residuales o aguas servidas tienen varios orígenes y a su vez, los alcantarillados se pueden clasificar en dos grupos (López Cualla, 2003).

2.1.1 Tipos de aguas residuales

- **Aguas residuales domesticas:**

Como su nombre lo indica, el origen de este tipo de aguas es doméstico, es decir, provienen del uso de inodoros, lavaderos, cocinas, entre otros; estas aguas están compuestas comúnmente por solidos suspendidos (materia orgánica), solidos sedimentables, nutrientes y bacterias (López Cualla, 2003).

- **Aguas residuales industriales:**

Dichas aguas son el resultado del uso de este recurso en procesos industriales o manufactureros, estas aguas, están compuestas adicionalmente en gran parte por químicos tóxicos (López Cualla, 2003).

- **Aguas lluvias:**

Se les llama así a las aguas que provienen de las precipitaciones que para llegar a la red de alcantarillado pasa por techados y vías, es por esta razón que la composición de

este tipo de agua tiene en gran parte solidos suspendidos, pero a su vez dependiendo de la contaminación atmosférica puede contener también metales pesados u otros elementos químicos (López Cualla, 2003), es por eso que a las precipitaciones que contienen altas cantidades de estos factores se le llama lluvia acida.

2.1.2 Tipos de alcantarillados

Por otro lado, la clasificación de los alcantarillados depende de la tecnología que se le aplique y del tipo de agua que transporten, estos sistemas se clasifican en alcantarillados convencionales y no convencionales.

- **Alcantarillados convencionales:**

Estos alcantarillados son los regularmente utilizados, permiten la instalación de tuberías de grandes diámetros que generan una gran flexibilidad en el diseño ya que existen factores que tienen una incertidumbre mayor; este tipo de alcantarillados son clasificados de acuerdo con el tipo de agua de transportan; por ejemplo, los alcantarillados separados desligan el sanitario del pluvial. El alcantarillado sanitario solo transporta aguas residuales de origen domestico e industrial, mientras que el alcantarillado pluvial solo transporta las aguas recolectadas de origen ambiental, es decir las aguas lluvias; pero también existe un alcantarillado que por un solo conducto reúne las aguas de origen doméstico, industrial y pluvial; a este tipo de redes se les llama alcantarillados combinados (López Cualla, 2003).

- **Alcantarillados no convencionales:**

Los alcantarillados no convencionales son utilizados generalmente en poblaciones que no poseen un poder adquisitivo muy elevado pero que tienen la necesidad de un sistema de saneamiento básico, en estos tipos de alcantarillados no se permite mucha flexibilidad para diseñar, es por esto que las variables deben estar bien definidas; la clasificación de este tipo se da dependiendo de la tecnología aplicada, se presentan los alcantarillados simplificados, que son diseñados prácticamente igual a los convencionales, pero en estos se admite la disminución de los diámetros y las longitudes de los colectores (López Cualla, 2003).

2.1.3 Clasificación de las tuberías

A continuación, se muestra la clasificación de las tuberías que se pueden encontrar en una red de alcantarillado según (López Cualla, 2003):

- 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.

2.2 Sistema de Tratamiento

2.2.1 Sistema centralizado de plantas de tratamiento

Las áreas densamente pobladas y las ciudades industrializadas dependen principalmente de plantas centralizadas de tratamiento de aguas residuales (WWTPs) para recibir y tratar las aguas residuales. Las intrincadas redes de tuberías de alcantarillado subterráneas llevan las aguas residuales de las casas y los edificios a la depuradora mediante gravedad y bombas. Una vez que las aguas residuales llegan a una planta de tratamiento de aguas residuales, se someten a varias etapas de tratamiento antes de ser descargadas. Los tipos de tratamientos utilizados y la calidad del agua tratada varían según la ubicación, las condiciones del agua, la disponibilidad de tecnología de tratamiento y otros factores. Sin embargo, incluso cuando se requieren tratamientos, las fallas son comunes y no debe asumirse que las regulaciones garantizan un tratamiento adecuado. (Reef Resilience Network, s.f.).

En el tratamiento de las aguas residuales se presentan diferentes niveles de tratamiento: el primario, el secundario y el terciario. Estos niveles están relacionados con el

porcentaje de remoción de contaminantes como son principalmente sólidos suspendidos, materia orgánica, nutrientes y patógenos (Maca Millán, 2014).

En cuanto al tratamiento primario, este busca remover los materiales que son posibles de sedimentar, usando tratamientos físicos o físico-químicos. En algunos casos el tratamiento primario deja simplemente sedimentar las aguas residuales, y en otros más avanzados se utilizan químicos. (Maca Millán, 2014). Entre los tipos de tratamiento primario se citan la sedimentación primaria, flotación, precipitación química, filtros gruesos, oxidación química, coagulación, floculación, sedimentación y filtración (Rojas, 2002).

Con el tratamiento secundario se pueden remover las partículas coloidales y similares utilizando procesos fisicoquímicos o biológicos. Así mismo, antes de aplicar cualquier tratamiento es necesario realizar un acondicionamiento del agua residual y remover el material más grueso, el cual es conocido como tratamiento preliminar o cribado, donde generalmente se utiliza una combinación de rejillas y desarenador (Maca Millán, 2014)

El tratamiento terciario tiene como objetivo complementar los procesos anteriormente indicados para lograr efluentes más puros, con menor carga contaminante y que pueda ser utilizado para diferentes usos como recarga de acuíferos, recreación, agua industrial, etc. Las sustancias o compuestos comúnmente removidos son: (a) Fosfatos y nitratos, (b) Huevos y quistes de parásitos, (c) Sustancias tenso activas, (d) Algas, (e) Bacterias y virus (desinfección), (f) Radionuclidos, (g) Sólidos totales y disueltos, (h) Temperatura. (Rojas, 2002)

2.2.2 Sistema descentralizado de plantas de tratamiento

Un sistema descentralizado de manejo de las aguas residuales puede definirse como la recolección, tratamiento, y vertimiento o reutilización de las aguas residuales provenientes de hogares, industrias o comunidades existentes cerca del punto de generación de residuos. En la Figura 2-1 se representa el sistema descentralizado integrado y sostenible.

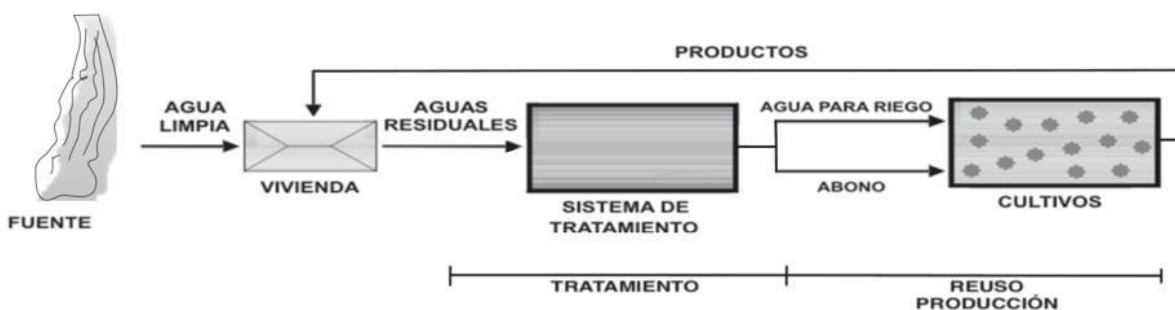


Figura 2-1: Esquema general de un Sistema Descentralizado Integrado y Sostenible. Tomado de (Valencia G, Silva G, & Narváz R, 2010).

Los sistemas descentralizados integrados y sostenibles están conformados por una o varias unidades de sistemas no convencionales, siendo los más comunes en nuestro medio: los tanques sépticos, los humedales, los biodigestores, las albercas biológicas, los canales con plantas acuáticas y los filtros anaerobios. (Valencia G, Silva G, & Narváz R, 2010).

Prototipos de sistemas descentralizados integrados y sostenibles

- Sistema con humedales:

Los humedales de tratamiento (HT), también conocidos como construidos o artificiales son sistemas de tratamiento de aguas residuales, diseñados específicamente para separar los contaminantes del agua residual y llevar a cabo el manejo y disposición de residuos de forma apropiada. En forma opuesta a los humedales naturales (pantanos, ciénagas, marismas etc.) los cuales se consideran parte del ambiente receptor y no parte de un sistema de tratamiento (Alarcón Herrera, Zurita Martínez, Lara-Borrero, & Vidal, 2018). En la Figura 2-2 se puede evidenciar, un sistema con humedal.

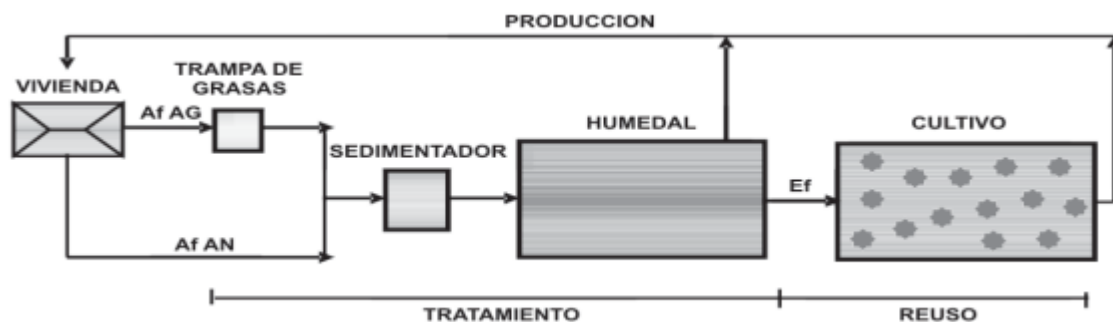


Figura 2-2: Esquema del Sistema con Humedal.
Tomado de (Valencia G, Silva G, & Narváez R, 2010).

Estos sistemas se pueden clasificar según su régimen de flujo de agua, en dos tipos: humedales de flujo superficial (HFS) y humedales de flujo subsuperficial (HFSS) (Alarcón Herrera, Zurita Martínez, Lara-Borrero, & Vidal, 2018).

Los sistemas de flujo subsuperficial consisten en estanques con un material filtrante, como lo es la grava o la arena, a través del cual fluye el agua con una baja velocidad. (Alarcón Herrera, Zurita Martínez, Lara-Borrero, & Vidal, 2018)

Un Humedal de Flujo Superficial (HFS) consiste en un sistema de baja profundidad, con alguna clase de barrera subterránea para prevenir la percolación al agua freática susceptible a contaminación, y una capa sumergida de gravilla u otro medio como soporte para las raíces de la vegetación macrófita emergente seleccionada. Además, se emplea una estructura reguladora de entrada y descarga para asegurar una distribución uniforme del agua residual aplicada entre niveles de 0,1 a 0,6 m. Este tipo de sistema es capaz de imitar a los sistemas naturales, tanto en apariencia como en función, ya que el flujo de agua pasa sobre la superficie y es filtrado a través de un soporte denso de plantas acuáticas (Alarcón Herrera, Zurita Martínez, Lara-Borrero, & Vidal, 2018).

Los Humedales de Flujo Subsuperficial (HFSS), consiste en un sistema cerrado con un sustrato poroso de roca o grava. El nivel del agua es diseñado para permanecer por debajo de la superficie del sustrato. Posee una buena capacidad de remoción de altas concentraciones de nitrógeno, fósforo y metales pesados, debido a la amplia variedad de procesos que ocurren en contacto con el sustrato, como la adsorción y la filtración. La principal ventaja de este sistema es la prevención de vectores, malos olores y la eliminación del riesgo de contacto público con el agua parcialmente tratada. (Alarcón Herrera, Zurita Martínez, Lara-Borrero, & Vidal, 2018).

▪ **Sistema con Alberca Biológica:**

Contempla para el tratamiento preliminar una trampa de grasas para las aguas grises, en el tratamiento primario un sedimentador y en el secundario una Alberca Biológica, compuesta por dos tanques sembrados con plantas acuáticas: Jacinto de agua *Eichhornia Crassipes*, y un filtro anaerobio, Los Jacintos cosechados serán compostados para ser utilizado en un cultivo y el efluente del filtro se utilizará para riego. La

producción retorna a la vivienda para ser comercializada. La Figura 2-3 muestra un esquema del sistema. (Valencia G, Silva G, & Narváez R, 2010).

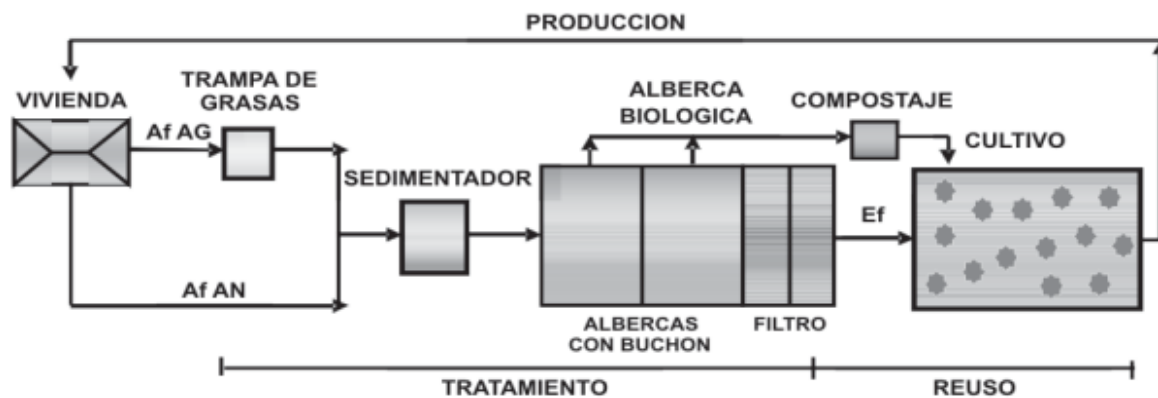


Figura 2-3: Esquema del Sistema con Alberca Biológica.

Tomado de (Valencia G, Silva G, & Narváez R, 2010).

- **Sistema con Tanque Séptico de Acción Múltiple (TSAM):**

Contempla para el tratamiento preliminar una trampa de grasas, y un Tanque Séptico de Acción Múltiple, conformado por un sedimentador como tratamiento primario y un digestor y un filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) como tratamiento secundario. Los lodos extraídos del sedimentador serán compostados para ser utilizados como abono en un cultivo; y el efluente como agua para riego. La Figura 2-4 muestra un esquema del sistema. (Valencia G, Silva G, & Narváez R, 2010).

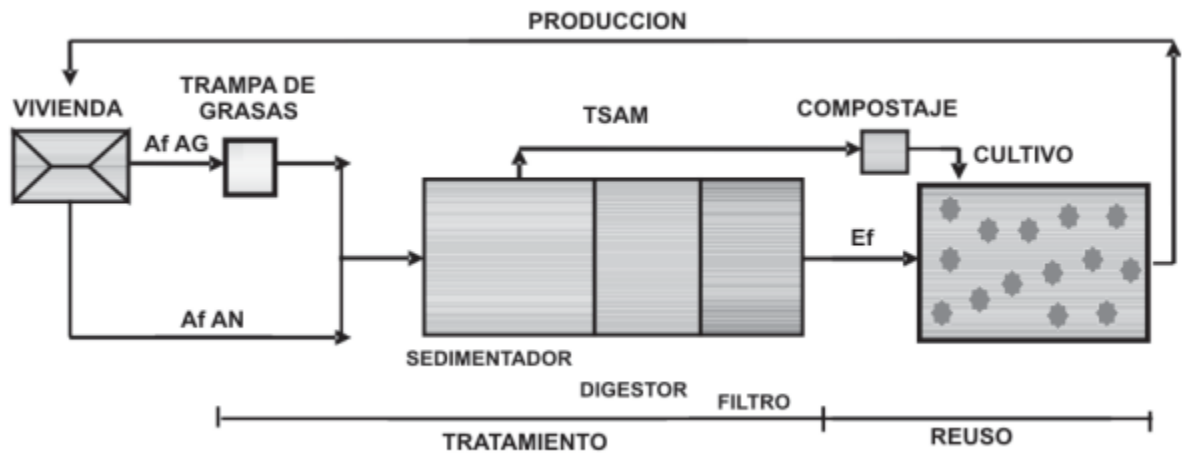


Figura 2-4: Esquema del Sistema con Tanque Séptico de Acción Múltiple.

Tomado de (Valencia G, Silva G, & Narváez R, 2010).

Capítulo 3

3. Metodología



Figura 3-1: Metodología para el desarrollo del proyecto.

3.1 Recopilación de Información

La zona de estudio está ubicada en el departamento del Huila, al norte del municipio de Rivera, puntualmente en el corregimiento del Arenoso como se puede observar en la Figura 3-2.



Figura 3-2: Ubicación del proyecto «Condominio Campestre Llano Grande».

El proyecto residencial condominio campestre llano grande, es propiedad de TyM construcciones e inversiones, actualmente la compañía se encuentra en la etapa de comercialización y promoción de predios del proyecto, es por esta razón que no se puede recolectar información como por ejemplo la calidad de las aguas residuales, las cotas reales de la subrasante, el estado y ubicación de los pozos de inspección y los sumideros o la población actual, entre otras cosas.

El director de proyectos de la compañía accedió a proporcionar la información necesaria para realizar el diseño del alcantarillado sanitario y pluvial, y el sistema de tratamiento de aguas residuales. Allí se recopilaron los planos urbanísticos (Figura 3-3) y los planos topográficos del proyecto (Figura 3-4).



Figura 3-3: Vista en planta del plano urbanístico del proyecto «Condominio Campestre Llano Grande».



Figura 3-4: Plano topográfico del proyecto «Condominio Campestre Llano Grande».

Adicional a esto, para el diseño del alcantarillado pluvial, se debe tener información sobre el histórico de lluvias en la zona de estudio, desafortunadamente en las proximidades del sector no se cuenta con estaciones del IDEAM que realicen el registro de las precipitaciones, es por esta razón que para el diseño se toman los datos de la estación más cercana al punto de estudio, este caso, es la ubicada en el aeropuerto Benito Salas de la ciudad de Neiva (IDEAM, 2017), dicha estación brinda las curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (Figura 3-5) con las que finalmente se obtendrá el caudal de diseño para el alcantarillado pluvial.

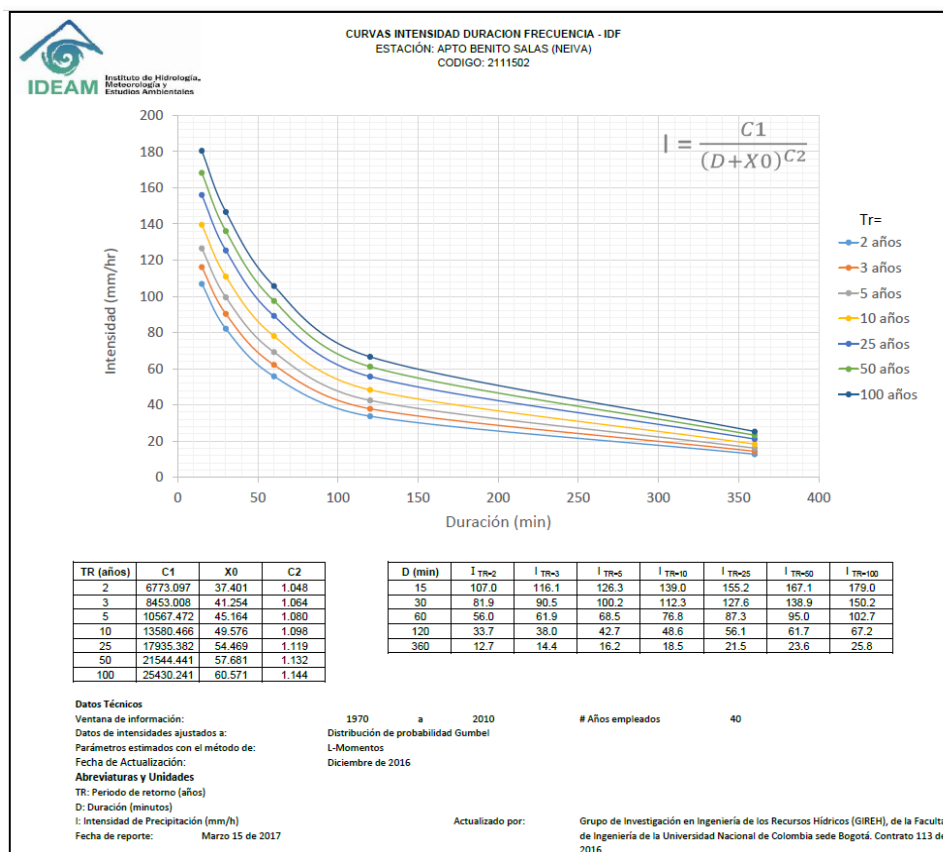


Figura 3-5: Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia, Est. Aeropuerto Benito Salas, Neiva. Tomado de (IDEAM, 2017).

3.2 Diseño Hidráulico de Alcantarillado Sanitario

3.2.1 Estimación de la Población (P)

Como se mencionó anteriormente, el condominio no está construido, es por esta razón que no se puede establecer una población actual mediante encuestas o censos.

Para este caso en particular y teniendo en cuenta que es un conjunto cerrado que dispone de ciertos criterios para construcción de sus viviendas, se realiza una estimación de la población actual con la ecuación (3.1), esta a su vez se va a asumir como la futura debido a que la población en un predio no va a aumentar de gran manera por los criterios de construcción establecidos por la administración del condominio, entonces se asume que en cada predio se encontrarán 6 personas, entonces:

$$P = \#Hab/Predio * \#Predios$$

(3.1)

$$P = 6 \text{ hab} * 214 = 1284 \text{ hab}$$

3.2.2 Definición del Nivel de Complejidad del Sistema

La asignación del nivel de complejidad se realiza de acuerdo con la tabla A.3.1 del título A de la norma RAS 2000 (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000).

TABLA A.3.1
Asignación del nivel de complejidad

Nivel de complejidad	Población en la zona urbana ⁽¹⁾ (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios ⁽²⁾
Bajo	< 2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	> 60000	Alta

Tabla 3-1: Asignación del nivel de complejidad.
Tomado de (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000).

Según la Tabla 3-1 y teniendo en cuenta que la población futura es de menos de 2000 habitantes, se asume un nivel de complejidad bajo.

3.2.3 Consumo Neto de Agua Potable (C)

Para establecer este criterio es necesario utilizar la tabla 1, que se encuentra en el artículo 43 de la resolución 0330 del 2017 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).

ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB*DÍA)
> 2000 m.s.n.m	120
1000 - 2000 m.s.n.m	130
< 1000 m.s.n.m	140

Tabla 3-2: Dotación neta de agua potable.

Tomado de (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).

Como se puede observar en la Tabla 3-2, para poder definir el consumo neto, es necesario conocer la altura de la zona del proyecto, en este caso la altura promedio es de 457 m.s.n.m, es decir se asume una dotación de agua de 140 (l/Hab*ha).

3.2.4 Periodo de Diseño

Como está plasmado en el artículo 40 de la resolución 0330 de 2017, se debe adoptar un periodo de diseño de 25 años para el sistema de recolección de aguas servidas (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).

3.2.5 Área de Drenaje de Aguas Sanitarias (A)

Se asume como área de drenaje solamente a los predios que van a aportar este tipo de aguas, para eso se suma el área de cada uno de los lotes, esto da un resultado de 21.985579 ha.

3.2.6 Densidad Poblacional (D)

Se asume que la densidad es uniforme para toda el área de estudio, se aplica la ecuación (3.2) para estimar la densidad.

$$D = \frac{P}{A}$$

(3.2)

$$D = \frac{1284 \text{ hab}}{21.985579 \text{ ha}}$$
$$D = 58.4019 \text{ hab/ha} \cong 59 \text{ hab/ha}$$

3.2.7 Coeficiente de Retorno (CR)

Este coeficiente se refiere al porcentaje de agua consumida, es decir el consumo neto, que es retornada en forma de aguas servidas; según el punto uno del artículo 134 de la resolución 0330 de 2017, el coeficiente de retorno se determina teniendo como referente las mediciones de campo y la información suministrada por el prestador del servicio, pero para el caso de este diseño, no es posible contar con información existente, es por eso por lo que la norma dice que se debe utilizar un coeficiente de 0.85, es decir 85% (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).

3.2.8 Coeficiente de Conexiones Erradas (C_{CE})

Este factor se refiere a la cantidad de agua que pueda ingresar al sistema mediante las conexiones hechas que se realicen, para este caso, como es un conjunto cerrado, no se esperan grandes aportes de este tipo; para determinar dicho factor se debe contar con información que para este caso no se posee, entonces en el punto cinco del artículo 134 de la resolución 0330 de 2017 se indica que el diseñador debe tomar un valor de 0.2 (l/s*ha) (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).

3.2.9 Coeficiente de Infiltración (C_{INF})

Como no se cuenta con la información necesaria para calcular este criterio de manera apropiada, la resolución 0330 de 2017 en el punto seis del artículo 134 dice que se puede tomar un factor de entre 0.1 (l/s*ha) y 0.3 (l/s*ha) (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017), para este caso de diseño, se asume el valor máximo que permite la norma, es decir 0.3 (l/s*ha).

Una vez determinados algunos de los parámetros de diseño del alcantarillado sanitario, se procede a realizar el diseño hidráulico de los colectores.

3.2.10 Distribución de la Red de Colectores

Se procede a realizar la distribución de la red y la ubicación de los pozos de inspección en el plano urbanístico, la ubicación de tuberías se debe regir por ciertos criterios que se encuentran establecidos en el artículo 138 de la resolución 0330 de 2017 y la localización de los pozos de inspección se rige por los lineamientos que están determinados en el artículo 154 de la resolución mencionada anteriormente (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017), como lo son:

- En los sistemas nuevos deben localizarse las redes de alcantarillado pluvial cerca del eje de la calzada y las redes del alcantarillado sanitario se ubican a uno de los costados respetando cierta distancia libre entre cada red.
- Deben de esta a una distancia de 0.5 m desde el borde del sardinal y la parte externa del colector y 1.5 m desde el paramento hasta la parte externa del conducto.
- En una misma zanja no pueden estar ubicadas las redes de alcantarillado y las de acueducto y deben estar ubicadas por debajo de las redes de acueducto.
- Si se tienen vías con separador, se deben instalar redes separadas en cada uno de los carriles.
- Las distancias libres entre las redes de alcantarillado sanitario, pluvial, acueducto, gas o eléctricas debe ser de 1.0 m en dirección horizontal y 0.3 m en dirección vertical, estas distancias son medidas entre las partes externas de los conductos.

Con la ubicación de los colectores y los pozos de inspección definida, se realiza la identificación de los pozos, es decir se le asignan números o letras para poder reconocerlos; adicional a esto, se le debe proporcionar una dirección al flujo del agua, para posteriormente poder definir las áreas afrentes y totales acumuladas de cada colector para realizar el diseño hidráulico.

3.2.11 Determinación de Caudales

Para establecer un caudal de diseño, se debe calcular el caudal de aguas servidas, el aporte generado por aguas de origen industrial, comercial e institucional, se debe calcular el caudal máximo horario (Q_{MH}) y el caudal medio diario (Q_{MD}).

▪ **Caudal de Aguas Domesticas (Q_D):**

Es el caudal de aguas residuales que es generado netamente por el uso en viviendas. La ecuación (3.3).

$$Q = \frac{CR * C * D}{84600 \text{ seg}}$$

(3.3)

$$Q = \frac{0.85 * 140 \text{ l/hab} * \text{dia} * 59 \text{ hab/ha}}{86400 \text{ seg}}$$

$$Q = 0.081262 \text{ l/s} * \text{ha}$$

▪ **Caudal de Aguas Industriales (Q_I):**

Son las aguas residuales que tienen como origen los procesos industriales, para el caso de este diseño no se cuenta con predios que generen este tipo de aportes, es por esa razón que se asume un valor de 0.

▪ **Caudal de Aguas Comerciales (Q_C):**

Este aporte es producido por las actividades comerciales, para este caso, se encuentra una pequeña zona comercial en la parte del ingreso al condominio, dicho eso, según la norma RAS 2000, en el numeral D.3.2.2.3, tabla D.3.3 indica el rango de valores que se pueden asumir para este criterio (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000).

TABLA D.3.3
Contribución comercial

Nivel de complejidad del sistema	Contribución comercial (L/s· ha com)
Cualquier	0,4 - 0,5

Tabla 3-3: Valores para contribución de caudal comercial.
Tomado de (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000).

Teniendo en cuenta la Tabla 3-3, para este diseño se asume el valor máximo entre los recomendados por la norma, es decir 0.5 (l/s*ha).

▪ **Caudal de Aguas Institucionales (Q_{IN}):**

En el proyecto no se va a contar con algún predio de carácter institucional que pueda contribuir agua residual al sistema, así que se asume un valor de 0.

- **Caudal Medio Diario (Q_{MD}):**

Este caudal se calcula con la ecuación D.3.2 del literal D.3.2.2.5 de la RAS 2000 (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000).

$$Q_{MD} = Q_D + Q_I + Q_C + Q_{IN} \quad (3.4)$$

- **Caudal Máximo Horario (Q_{MH}):**

Para determinar este caudal se utiliza la ecuación D.3.3 del título D de la Ras 2000 (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000).

$$Q_{MH} = Q_{MD} * F \quad (3.5)$$

- **Factor de Mayoración (F):**

Para calcular esta variable, se utiliza la ecuación de factor de flujo o también conocida como la ecuación de Harmon, las diferentes ecuaciones para el cálculo de este factor están plasmadas en el literal D.3.2.4 del título D de la RAS 2000, la ecuación a utilizar es la D.3.4 de dicho literal (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000). El valor de P en la ecuación está en función de la población de cada tramo y debe expresarse por cada 1000 hab. Este factor debe ser mayor a 1.4.

$$F = 1 + \frac{14}{(4 + \sqrt{P})} \quad (3.6)$$

- **Caudal de Diseño (Q_d):**

Este caudal es el utilizado finalmente para determinar las otras variables del diseño hidráulico de cada colector, la ecuación con la que se calcula es la ecuación D.3.9 del literal D.3.2.5 del título D de la RAS 2000 (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000). Cabe de aclarar que en este mismo literal se indica que si el resultado de este cálculo es menor a 1.5 l/s, se debe tomar este valor como el caudal de diseño.

$$Q_d = Q_{MH} + Q_{INF} + Q_{CE} \quad (3.7)$$

El proceso se explica detalladamente en las memorias de cálculo (ver Anexo: Memoria de Cálculo para el Diseño Hidráulico del Sistema de Alcantarillado Sanitario).

Una vez determinado el caudal de diseño se realiza el diseño hidráulico de cada colector, este diseño lo que determina son los diámetros que tendrán los conductos y las profundidades a las que van a ser instalados para que cumplan con los requisitos establecidos en el reglamento RAS 2000 y sus actualizaciones.

3.2.12 Pendiente Mínima

La pendiente mínima es aquella que logre cumplir con los criterios de autolimpieza de los conductos como lo son la velocidad mínima y el esfuerzo cortante mínimo (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000), adicional a esto, la pendiente también tiene que cumplir con la profundidad mínima a la cota clave de los conductos, dicho valor es de 1.2 m para vías vehiculares, en este caso también se manejan profundidades de 0.8 m en los inicios de los circuitos, esta profundidad se puede manejar ya que las vías del condominio no van a recibir un alto flujo vehicular ni van a soportar grandes cargas.

3.2.13 Diámetro Teórico

Se utiliza la ecuación de Manning para estimar el diámetro que debe tener la tubería (López Cualla, 2003) y así mismo saber cuál el diámetro mínimo real que se necesita.

$$D = 1.548 * \left(\frac{nQ}{S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

(3.8)

3.2.14 Diámetro Interno Real Mínimo

Independientemente del tipo de tubería que sea utilizada en el diseño, lo más importante es contar con las especificaciones técnicas donde se pueda encontrar el diámetro interno real para continuar con los cálculos, en este caso de diseño, se va a utilizar una tubería de PVC; según la Resolución 0330 de 2017, en el artículo 140, se especifica un diámetro real interno mínimo de 170 mm, es decir según el catálogo de tuberías Pavco, solo se pueden utilizar diámetros de 8 pulgadas en adelante (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017), sin embargo, en este mismo artículo se menciona la opción de reducir el diámetro a 140 mm, es decir un diámetro nominal de 6 pulgadas, si y solo si la población es menor de 2500 habitantes (la cual es el caso de este diseño).

Como se mencionó anteriormente, se utilizará tubería de PVC, para la cual según la tabla D.2.2 del título D de la RAS 2000 indica que se le debe asignar un valor entre 0.010 a 0.015 para la rugosidad (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000), en este caso de diseño se toma un coeficiente de rugosidad de Manning de 0.010.

TABLA D.2.2
Valores del coeficiente de rugosidad de Manning
- Colectores y drenajes de aguas residuales domésticas y aguas lluvias -

Valores del coeficiente de rugosidad de Manning	
Material	n
CONDUCTOS CERRADOS	
Asbesto – cemento	0.011 - 0.015
Concreto prefabricado interior liso	0.011 - 0.015
Concreto prefabricado interior rugoso	0.015 - 0.017
Concreto fundido en sitio, formas lisas	0.012 - 0.015
Concreto fundido en sitio, formas rugosas	0.015 - 0.017
Gres vitrificado	0.011 - 0.015
Hierro dúctil revestido interiormente con cemento	0.011 - 0.015
PVC, polietileno y fibra de vidrio con interior liso	0.010 - 0.015
Metal corrugado	0.022 - 0.026
Colectores de ladrillo	0.013 - 0.017
CONDUCTOS ABIERTOS	
Canal revestido en ladrillo	0.012 - 0.018
Canal revestido en concreto	0.011 - 0.020
Canal excavado	0.018 - 0.050
Canal revestido rip-rap	0.020 - 0.035

Tabla 3-4: Coeficientes de rugosidad de Manning.
Tomado de (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000).

Una vez definido el material de los conductos con los que se va a diseñar los sistemas de alcantarillados, el fabricante PAVCO, proporciona un listado con las propiedades de cada uno de los diámetros que tienen disponibles para la construcción de alcantarillados.

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	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

Figura 3-6: Propiedades de tubería PVC para alcantarillados.

NORMA NTC 5055 ASTM F 794 - GRANDES DIÁMETROS										
	pulg.	mm	mm	mm	psi	kN/m ²	m	mm		Kg/m
2906313	24	650	595	1.78	28	4	6.5	345	688	20.49
2900511	27	730	670	1.78	28	4	6.5	394	833	24.82
2906378	30	813	747	2.16	28	4	6.5	450	927	32.75
2900512	30									32.75
2904604	33	898	824	2.41	28	4	6.5	525	1027	42.68
2904605	36	980	900	2.67	28	4	6.5	525	1115	52.99
2905865	39	1065	977.6	3.30	28	4	6.5	401	1125	57.65
2905866	42	1149	1054	3.50	28	4	6.5	401	1209	61.83

Figura 3-7: Propiedades de tubería PVC de grande diámetros para alcantarillados.

3.2.15 Relaciones Hidráulicas para Secciones Circulares

Para poder determinar los criterios de autolimpieza como lo son la velocidad real y el esfuerzo cortante, se deben encontrar las relaciones hidráulicas de los conductos que dependen del caudal a tubo lleno y la velocidad a tubo lleno. Las relaciones necesarias como lo son la relación de entre velocidad real y velocidad a tubo lleno, la relación entre lámina de agua y diámetro real interno, entre otras, se encuentran en la siguiente tabla (López Cualla, 2003).

Relaciones hidráulicas para conductos circulares (n_1/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	1,126	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	0,136	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	siendo: Q = caudal de diseño Q_0 = caudal a tubo lleno V = velocidad de diseño V_0 = velocidad a tubo lleno d = lámina de agua D = diámetro de la tubería R = radio hidráulico al caudal de diseño R_0 = radio hidráulico a tubo lleno H = profundidad hidráulica n = número de Manning a caudal de diseño n_0 = número de Manning a tubo lleno							
	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								

Tabla 3-5: Relaciones hidráulicas. Tomado de (López Cualla, 2003).

3.2.16 Velocidad Mínima

La velocidad real mínima recomendada para asegurar una autolimpieza de los conductos que transportan aguas residuales en las que predomina el aporte de residuos domésticos es de 0.45 m/s (López Cualla, 2003).

3.2.17 Velocidad Máxima

De acuerdo con el artículo 142 de la resolución 0330 del 2017, se recomienda que para cualquier colector que esté funcionando por gravedad no se deber superar una velocidad real de 5.0 m/s (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).

3.2.18 Esfuerzo Cortante Mínimo

El esfuerzo cortante es uno de los criterios de autolimpieza que se debe garantizar en el diseño hidráulico de los colectores, según el artículo 141 de la resolución 0330 del 2017, se debe asegurar que mínimo se genere un esfuerzo cortante de 1.0 Pa o (1.0 N/m²) (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017). El cortante se calcula con la siguiente ecuación.

$$\tau = \gamma RS$$

(3.9)

3.2.19 Pérdidas de Energía

Primeramente, se debe establecer el régimen en el que se encuentra el flujo, esto se determina mediante el número de Froude, de acuerdo con esto, se maneja la siguiente relación:

$$\textit{Subcritico } 1 > NF > 1 \textit{ Supercritico}$$

- **Para régimen Subcrítico:**

En el régimen subcrítico se deben establece las pérdidas que se generan por cambio de dirección en los pozos de inspección y las pérdidas que se generan por la transición de un colector a otro.

$$h_T = h_{Transicion} + h_{Curva}$$

(3.10)

Para determinar las perdidas por cambio de dirección se implementa la siguiente ecuación:

Pérdida de energía por cambio de dirección		
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 $V^2/2g$

Figura 3-8: Valores para determinar las pérdidas de energía por cambio de dirección en los pozos de inspección.

El valor $\frac{V^2}{2g}$ que se utiliza en las ecuaciones de la Figura 3-8 es un promedio entre la variable del tubo de entrada y de salida, en el anexo B se muestra el ejemplo de aplicación de esta variable.

Para determinar la constante que se va a utilizar primero se debe definir la relación entre el radio de curvatura (r_c) y el diámetro del pozo (D_p), esto se realiza mediante la siguiente ecuación:

Para el radio de curvatura se tiene lo siguiente:

$$r_c = \frac{D_p}{2 * \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \quad (3.11)$$

El factor D_p depende que los diámetros de los conductos y el factor α es el ángulo del giro en el pozo de inspección.

Determinados estos valores, se determina la relación $\frac{r_c}{D_s}$ el facto D_s es el diámetro de la tubería de salida del pozo de inspección.

Determinados estos valores se puede definir que constante se utiliza para determinar las pérdidas de energía por cambio de dirección.

Las pérdidas generadas por transición se determinan de la siguiente manera:

$$h_{Transicion} = k \left| \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} \right| \quad (3.12)$$

El factor $\frac{V_2^2}{2g}$ corresponde al conducto que se está analizando y el factor $\frac{V_1^2}{2g}$ corresponde al conducto aguas arriba.

La constante k es 0.1 si la velocidad entre el colector aguas arriba y la velocidad en el colector de estudio aumenta, y se utiliza 0.2 si la velocidad entre el colector aguas arriba y la velocidad en el colector de estudio disminuye.

- **Para régimen Supercrítico:**

Para este régimen las pérdidas de energía se determinan de la siguiente manera:

$$h_T = 40 \% * E$$

(3.13)

En el anexo A se muestra un ejemplo de cómo se aplica la ecuación anterior.

3.3 Diseño Hidráulico de Alcantarillado Pluvial

La metodología para realizar el diseño hidráulico del alcantarillado pluvial es similar a la metodología utilizada en el alcantarillado sanitario, la diferencia que tienen entre las dos es el proceso que se requiere para calcular el caudal de diseño de este sistema.

3.3.1 Área de Drenaje

Para el diseño de la red de alcantarillado pluvial se cuenta con un área de drenaje de 32.288693 ha, dentro de esta área están incluidas las zonas verdes y las vías, caso diferente al área del alcantarillado sanitaria en el solo se asumen que los predios residenciales van a generar aportes de este tipo de aguas residuales.

3.3.2 Periodo de Diseño

Para la red de alcantarillado pluvial se define un periodo de diseño de 25 años al igual que el alcantarillado sanitario.

3.3.3 Distribución de la Red de Colectores

Para realizar la distribución de los colectores se deben cumplir los mismos criterios establecidos anteriormente en el sistema de alcantarillado sanitario, adicional a esto, de

debe hacer la ubicación de los sumideros que recogerán el agua presente en las vías. Los criterios para la localización de los sumideros esta descrita en el artículo 156 de la resolución 0330 de 2017 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).

3.3.4 Determinación de Caudal de Diseño

El caudal presente en los conductos de este sistema de alcantarillado depende de la intensidad y la frecuencia de las lluvias en la zona de estudio, para estimar este valor se utiliza el método racional que se puede aplicar en proyectos en los cuales el área tributaria sea menor a 80 hectáreas. Como se mencionó anteriormente, para determinar esos factores se utilizan las curvas IDF (IDEAM, 2017). La ecuación para la determinación del caudal de diseño es la siguiente:

$$Q_d = 2.78 C_E I A$$

(3.14)

El área utilizada para la estimación del caudal es el área aferente acumulada de cada colector.

3.3.5 Coeficiente de Escorrentía (C_E)

Este coeficiente está en función del tipo de suelo, del uso inicial y a finalizar el periodo de diseño y la pendiente, en casos donde se presenten tipos de suelos diferentes dentro de una misma área, se debe realizar un promedio de coeficientes para estimar el apropiado de acuerdo a las características presentadas, para este caso de diseño, el condominio se realizarán viviendas que están separadas entre sí y tiene predominancia de zonas verdes, de acuerdo con esta información, la tabla D.4.5 del literal D.4.3.6 del título D de la RAS 2000 (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000) nos suministra los coeficientes aproximados dependiendo de los factores mencionados anteriormente.

TABLA D.4.5
Coefficiente de escorrentía o impermeabilidad

Tipo de superficie	C
Cubiertas	0,75-0,95
Pavimentos asfálticos y superficies de concreto	0,70-0,95
Vías adoquinadas	0,70-0,85
Zonas comerciales o industriales	0,60-0,95
Residencial, con casas contiguas, predominio de zonas duras	0,75
Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas duras entre éstos	0,60-0,75
Residencial unifamiliar, con casas contiguas y predominio de jardines	0,40-0,60
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	0,20-0,35

Tabla 3-6: Coeficientes de escorrentía.
 Tomado de (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000).

De acuerdo con la Tabla 3-6 se adopta un valor para el coeficiente de escorrentía de 0.45 teniendo en cuenta las características del condominio.

3.3.6 Intensidad de la Precipitación (I)

Las intensidades de las precipitaciones están definidas en las curvas IDF, cada curva es representativa de un periodo de retorno, por ende, cada intensidad tiene valores diferentes para los factores de la ecuación.

3.3.7 Periodo de Retorno

El periodo de retorno definido nos da como resultado la ecuación de intensidad que se debe utilizar para la estimación del caudal de diseño de cada colector. Dependiendo de la importancia de las áreas aferentes podemos asignar un periodo de retorno. La tabla 16 del artículo 135 de la resolución 0330 de 2015 señala el periodo que se debe seleccionar (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).

Tabla 16. Períodos de retorno

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 3-7: Períodos de retorno.

Tomado de (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).

3.3.8 Tiempo de Concentración (T_c)

El tiempo de concentración se compone de dos factores, el tiempo de entrada y el tiempo de recorrido en el conducto, la ecuación D.4.3 del literal D.4.3.7 del título D de la norma RAS 2000 (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000) indica la forma de estimar este factor.

$$T_c = T_e + T_t \quad (3.15)$$

▪ *Tiempo de Entrada (T_e)*

La estimación de este valor se realizará bajo los criterios establecidos por el Soil Conservation Service (SCS), que tiene como base la velocidad de la escorrentía superficial en el área de drenaje. Las ecuaciones D.4.6 y D.4.7 del título D de la norma RAS 2000 indican las variables que se necesitan para determinar el valor de este criterio (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000).

$$T_e = \frac{L}{(60 * V_s)} \quad (3.16)$$

$$V_s = a * S^{1/2} \quad (3.17)$$

La variable “a” es una constante cuyo valor depende de la superficie del terreno, la tabla D.4.7 del literal D.4.3.7.1 en el título D de la RAS 2000 (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000) indica los valores que se pueden asignar.

TABLA D.4.7
Constante a de velocidad superficial

Tipo de superficie	a
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 3-8: Constante “a” de velocidad superficial.
 Tomado de (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000).

Teniendo en cuenta las características de la zona de estudio, para el presente caso de diseño se va a utilizar el valor de 6.5 para la constante mencionada de acuerdo con la Tabla 3-8.

▪ **Tiempo de Recorrido (T_t):**

El tiempo de recorrido se calcula con la ecuación D.4.8 del literal D4.3.7.2 del título D de la RAS 2000. Este tiempo se calcula para cada colector por eso se debe tener en cuenta la longitud de cada uno y se debe asumir una velocidad que para este caso es la mínima que permite la normal, es decir, 0.75 m/s (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000).

$$T_t = \frac{L_c}{60 * V}$$

(3.18)

En el literal D.4.3.7 de la RAS 2000 se estipula que el tiempo de concentración mínimo es de 10 minutos y el máximo es de 20 minutos, pero a su vez para los tramos colectores iniciales, el tiempo de entrada mínimo es de 5 minutos (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000).

Una vez calculados los caudales de diseño para cada colector, el procedimiento es el mismo se lleva a cabo que en el alcantarillado sanitario, pero para el alcantarillado pluvial los valores mínimos de diámetro, velocidad y cortante cambian.

3.3.9 Diámetro Interno Real Mínimo

En el alcantarillado pluvial conociendo que pueden llegar a ser mayores los caudales que están en el sistema, la norma menciona en el artículo 149 de la resolución 0330 del 2017

que le diámetro mínimo es de 260 mm, es decir de 12 pulgadas en adelante (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017), pero como se señala en el literal D.4.3.8 de la RAS 2000, en los niveles de complejidad bajo, se pueden utilizar diámetros de 200 mm mínimo en tramos iniciales, es decir tuberías de 10 pulgadas (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000).

3.3.10 Velocidad Mínima

La velocidad mínima según lo estipulado en el literal D.4.3.10 de la RAS 2000, la velocidad mínima permitida en los colectores es de 0.75 m/s, esto con el fin de que en el interior de los conductos se genere una función autolimpiante (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000).

3.3.11 Velocidad Máxima

Al igual que en el sistema de alcantarillado sanitario, la velocidad máxima en los colectores es de 5.0 m/s, esto de acuerdo con el artículo 150 de la resolución 0330 de 2017 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).

3.3.12 Esfuerzo Cortante Mínimo

De acuerdo con el artículo 149 de la resolución 0330 de 2017 el esfuerzo cortante mínimo en el interior de cada colector es de 2.0 Pa (2.0 N/m²) para asegurar que en los conductos se va a generar autolimpieza (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

El proceso detallado del diseño hidráulico del alcantarillado pluvial se encuentra en las memorias de cálculo (ver Anexo: Memoria de Cálculo para el Diseño Hidráulico del Sistema de Alcantarillado Pluvial) del presente documento.

3.4 Diseño de Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR)

El sistema que se va a implementar en el presente proyecto se compone de un pretratamiento, un tratamiento principal, uno secundario y un postratamiento.

Se estima que la concentración de DBO_5 en las aguas residuales recolectadas debido al uso doméstico es de aproximadamente 186 mg/l.

3.4.1 Trampa de Grasas

El pretratamiento consiste en hacer inicialmente la retención de grasas que salen a la superficie utilizando estas estructuras. En esta estructura se debe garantizar un área de 0.25 m^2 por cada litro que ingrese (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000).

▪ Caudal de Diseño (Q_{dTG})

El caudal que se debe utilizar para realizar el diseño de la trampa es el caudal máximo horario obtenido en el último colector del diseño de alcantarillado sanitario tal como se menciona en el literal E.3.3.1 del título E de la RAS 2000 (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000).

$$Q_{dTG} = 6.654 \text{ l/s} = 0.006654 \text{ m}^3/\text{s} \quad (3.19)$$

▪ Tiempo de Retención Hidráulico (T_{rTG})

La tabla E.3.2 del título E de la RAS 2000 (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000) indica los tiempos de retención que se deben utilizar dependiendo del caudal de diseño que tendrá la trampa de grasas.

TABLA E.3.2
Tiempos de retención hidráulicos

Tiempo de retención (minutos)	Caudal de entrada (L/s)
3	2 - 9
4	10 - 19
5	20 o más

Tabla 3-9: Tiempos de retención hidráulicos.
Tomado de (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000).

Ya que a la trampa va a ingresar un caudal de 6.654 l/s, se define un tiempo de retención de 3 minutos de acuerdo con la Tabla 3-9.

▪ Volumen de la Trampa de Grasas (V_{TG})

Se utilizará la ecuación (3.20), donde el tiempo de retención (T_{rTG}) se debe expresar en segundos (Tellez Losada & Cardenas Motta, 2021).

$$V_{TG} = Q_{dTG} * T_{rTG} \quad (3.20)$$

- **Velocidad Ascendente (VA_{TG})**

El literal E.3.3.2 del título E de la norma RAS 2000, indica que la velocidad ascendente mínima es de 4 mm/s (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000).

- **Área Superficial (As_{TG})**

La ecuación (3.21) será la utilizada para la determinación del área superficial, la velocidad se debe ingresar en metros (Tellez Losada & Cardenas Motta, 2021).

$$As_{TG} = \frac{Q_{dTG}}{VA_{TG}} \quad (3.21)$$

- **Relación Ancho/Longitud**

De acuerdo con el literal E.3.3.2 del título E de la norma RAS 2000, se puede tener una relación ancho/longitud de entre 1:4 y 1:18 (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000), para este diseño se definió una relación ancho/longitud de 1:4.

- **Dimensiones de la Trampa de Grasa**

Teniendo en cuenta la relación mencionada anteriormente, se utilizarán las siguientes ecuaciones para la determinación de las dimensiones (Tellez Losada & Cardenas Motta, 2021).

- **Para el ancho:**

$$B_{TG} = \sqrt{\frac{As_{TG}}{4}} \quad (3.22)$$

- **Para la longitud:**

$$L_{TG} = 4B_{TG} \quad (3.23)$$

- **Profundidad Útil:**

$$Hu_{TG} = \frac{V_{TG}}{As_{TG}}$$

(3.24)

Para el diseño, según el literal E.3.3.3 de la RAS 2000, se debe instalar elementos que controlen y se eviten sobrecargas en la entrada.

- **Borde Libre (BL_{TG})**

Se define un borde libre de 0.5 m.

- **Dispositivo de Entrada a la Trampa de Grasa**

Para la entrada se debe instalará un tubo que tenga un diámetro mínimo de 50 mm y el extremo final debe de estar sumergido por lo menos 150 mm de acuerdo con el literal E.3.3.3 de la RAS 2000 (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000). En este caso de diseño se optó por instalar un codo de 90° de 10" de diámetro en material PVC con una sumergencia al extremo de 0.15 m.

- **Dispositivo de Salida de la Trampa de Grasa**

La salida de la trampa de grasa debe tener un diámetro de mínimo 100 mm y debe de estar ubicado a 150 mm del suelo (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000), en este caso, se establece una "Tee" con diámetro de 10" y se asume la medida desde el fondo de 0.15 m para dejar el extremo del tubo.

- **Espesores de Muros**

Los espesores reales y el diseño estructurales las debe definir un experto, pero para el caso, se asumen los muros, el fondo y la placa superior de 20 cm de espesor en concreto reforzado y una tapa de 0.50 m x 0.50 m con espesor de 0.15 m.

3.4.2 Pozo Séptico de Acción Múltiple

El pozo séptico con sus dos cámaras compone el tratamiento primario que se realizará a las aguas residuales. Se espera que el tratamiento primario genere una remoción un 75 % del DBO₅ presente en el agua.

- **Volumen Útil (V_{uPS})**

La ecuación E.7.1 del literal E.7.2.1.1 del reglamento RAS 2000 es la necesaria para determinar el volumen útil que tendrá el pozo.

$$V_{uPS} = 1000 + N_c (C T + K L_f) \quad (3.25)$$

- **Número de Contribuyentes (N_c)**

El número de contribuyentes para el volumen útil del pozo séptico es de 1291 hab.

- **Contribución Aguas Residuales (C) y Lodo Fresco (L_f)**

Para utilizar la ecuación (3.25) se deben definir unos valores con ayuda de la tabla E.7.1 de la RAS 2000 (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000) (ver Tabla 3-11).

TABLA E.7.1
Contribución de aguas residuales por persona

Predio	Unidades	Contribución de aguas residuales (C) y lodo fresco L_f (L / día)	
		C	L_f
Ocupantes permanentes			
Residencia			
<i>Clase alta</i>	persona	160	1
<i>Clase media</i>	persona	130	1
<i>Clase baja</i>	persona	100	1
Hotel (excepto lavandería y cocina)	persona	100	1
Alojamiento provisional	persona	80	1
Ocupantes temporales			
Fábrica en general	persona	70	0.30
Oficinas temporales	persona	50	0.20
Edificios públicos o comerciales	persona	50	0.20
Escuelas	persona	50	0.20
Bares	persona	6	0.10
Restaurantes	comida	25	0.01
Cines, teatros o locales de corta permanencia	local	2	0.02
Baños públicos	tasa sanitaria	480	4.0

Tabla 3-10: Contribución de aguas residuales y de lodo fresco.
Tomado de (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000).

Para el caso de diseño de acuerdo con la Tabla 3-10, se asume que los residentes del proyecto son de clase media, lo cual da como resultado una contribución de agua residual de 130 (l/día) y de lodo fresco de 1 (l/día).

- **Tiempo de Retención (T)**

La tabla E.7.2 de la RAS 2000 (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000), permite estimar el tiempo de retención.

TABLA E.7.2
Tiempos de retención

Contribución diaria (L)	Tiempo de retención (T)	
	días	horas
Hasta 1,500	1.00	24
De 1,501 a 3,000	0.92	22
De 3,000 a 4,500	0.83	20
4,501 a 6,000	0.75	18
6,001 a 7,500	0.67	16
7,501 a 9,000	0.58	14
mas de 9,000	0.50	12

Tabla 3-11: Tiempo de retención.
Tomado de (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000).

- **Tasa de Acumulación de Lodos Digeridos (K)**

El factor (K) se determina utilizando la tabla E.7.3 de la RAS 2000 (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000), es de aclarar que para el uso de esta tabla se debe tener claro la temperatura ambiente, que para este caso de diseño es de aproximadamente 30° C y el intervalo de limpieza del tanque, el cual para este caso se va a asumir de 3 años.

TABLA E.7.3
Valores de tasa de acumulación de lodos digeridos

Intervalo de limpieza (años)	Valores de K por intervalo temperatura ambiente (t) en °C		
	t ≤ 10	10 ≤ t ≤ 20	t ≥ 20
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Tabla 3-12: Factor “K”. tasa de acumulación de lodos digeridos.
Tomado de (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000).

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, según la Tabla 3-12 estipula que se debe utilizar el valor de 137 para el factor (K).

- **Dimensiones del Pozo Séptico**

- **Profundidad Útil (y_{PS})**

La tabla 25 de la resolución 0330 del 2017 indica los rangos de valores permitidos para asumir esta variable dependiendo del volumen de agua residual obtenido al aplicar la ecuación (3.25) (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).

Tabla 25. Profundidad útil

Volumen útil (m ³)	Profundidad útil mínima (m)	Profundidad útil máxima (m)
Hasta 6	1,2	2,2
De 6 a 10	1,5	2,5
Más de 10	1,8	2,8

Tabla 3-13: Valores de Profundidad Útil para Pozo Séptico.
Tomado de (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000).

- **Número de Cámaras**

La resolución 0330 del 2017 menciona en el artículo 173 que el pozo debe tener como mínimo dos cámaras (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017), para este caso, el pozo será de forma rectangular con dos cámaras en serie.

- **Relación Ancho/Longitud**

De acuerdo con el punto 2 del artículo 173 de la resolución 0330 de 2017 se puede determinar una relación ancho/longitud de entre 2:1 a 5:1 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017), para este diseño se adopta una relación de 2:1.

- **Ancho (B_{PS})**

Para llegar a la ecuación (3.28), se debe reemplazar la variable (L_{PS}) en la ecuación (3.26) para posteriormente despejar (B_{PS}).

$$Vu_{PS} = L_{PS} B_{PS} \gamma_{PS} \quad (3.26)$$

$$L_{PS} = 2B_{PS} \quad (3.27)$$

$$B_{PS} = \sqrt{\frac{Vu_{PS}}{2 \gamma_{PS}}} \quad (3.28)$$

- **Longitud Total (L_{PS})**

De acuerdo con el literal E.3.4.3.3 de la RAS 2000 el largo mínimo interno de un pozo séptico es de 0.8 m (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000), la ecuación utilizada es la siguiente:

$$L_{PS} = \frac{Vu_{PS}}{B_{PS} * y_{PS}}$$

(3.29)

- **Longitud de Cámaras (L_{C1})(L_{C2})**

Ya que se tiene un pozo de dos cámaras, la revista de Empresas Públicas de Medellín menciona que la longitud recomendada para la primera es de 2/3 de la longitud total y que la longitud de la segunda sea el 1/3 restante (Empresas Públicas de Medellín, 1988).

$$L_{C1} = \frac{2}{3} L_{PS}$$

(3.30)

$$L_{C2} = L_{PS} - L_{C1}$$

(3.31)

- **Borde Libre (BL_{PS})**

Se considerará un borde libre que sea de al menos el 25% de la profundidad útil (Valencia Granada, y otros, 1997)

$$BL_{PS} = 25\% y_{PS}$$

(3.32)

- **Dispositivo de Entrada al Pozo Séptico**

Se utilizará una “Tee” ventilada de 10” en PVC, la parte final del tubo debe de estar sumergida 0,30 m, como se recomienda en la revista de las Empresas Públicas de Medellín, la diferencia entre la altura de agua a la entrada y a la salida debe ser de al menos de 7.5 cm (Empresas Públicas de Medellín, 1988). Para este diseño se adopta ese mismo criterio recomendado.

- **Conexión entre Cámaras**

Se instalará una “Tee” ventilada de 10” en PVC en donde estará sumergida 0.40 m la parte del extremo final (Empresas Públicas de Medellín, 1988).

- **Dispositivo de Salida del Pozo Séptico**

El dispositivo de salida consiste en una “Tee” ventilada de 10” en PVC, estará ubicada a la altura del nivel del agua y el tubo debe de estar sumergido 0,40 m (Empresas Públicas de Medellín, 1988).

- **Espesores de Pozo**

Para este diseño se considerará un espesor de 0.30 m para los muros perimetrales y el tabique divisorio del pozo, la loza de la parte superior tendrá un espesor de 0.25 m y la loza del fondo tendrá 0.30 m, en la loza superior se instalarán tres tapas de 1 m x 1 m y 0.20 m de espesor, una ubicada en el dispositivo de entrada, otra cerca del tabique divisorio y otra en dispositivo de salida del pozo.

- **Altura del Tabique Divisorio**

El tabique divisorio debe ser un poco más bajo de los muros perimetrales del pozo para permitir la circulación de gases entre las cámaras del pozo. De acuerdo con la revista de las Empresas Públicas de Medellín debe ser al menos 2.5 cm más bajo que altura total (Empresas Públicas de Medellín, 1988), teniendo en cuenta esto, la ecuación utilizada para determinar la altura del tabique es la siguiente:

$$H_{Tab} = H_{PS} - 0.05 \text{ m} \quad (3.33)$$

3.4.3 Filtro Anaerobio

Se espera que el filtro genere una remoción de DBO₅ del 70 %.

- **Volumen Útil (V_{uFA})**

De acuerdo con la ecuación E.7.2 del literal E.7.2.2 de la RAS 2000, la ecuación necesaria para determina el volumen útil del filtro es la siguiente (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000):

$$Vu_{FA} = 1.60 N C T \quad (3.34)$$

Las variables N y C de la ecuación (3.34) tienen los mismos valores que se utilizan en el diseño del pozo séptico.

- **Tiempo de Retención Hidráulica (T)**

Para estimar el tiempo de retención hidráulica se utiliza la tabla E.4.29 que se encuentra en el literal E.4.7.9.1 del título E de la RAS 2000 (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000).

TABLA E.4.29
Tiempos de retención hidráulica

Rango de la concentración orgánica del afluente al filtro anaerobio. (Expresada en DBO ₅ TOTAL en mg/L)	Rango del tiempo de retención hidráulica en el filtro anaerobio. Se expresa t _{min} , t _{max} , t _{d1} y t _{d2} . Donde el tiempo de diseño t _d es igual a (t _{d1} + t _{d2})/2. (horas)				Valores del coeficiente característico del sustrato en digestión, K, para un sustrato típico doméstico o municipal, correspondiente a los t expresados en la columna anterior			
	t _{min}	t _{d1}	t _{d2}	t _{max}	Para t _{min}	Para t _{d1}	Para t _{d2}	Para t _{max}
Mínima : 50 Co (media): 65 Máxima: 80	3.0	4.0	6.5	12	1.4	1.5	1.6	1.8
Mínima : 80 Co (media): 190 Máxima: 300	2.5	4.0	6.5	12	1.0	1.1	1.3	1.7
Mínima : 300 Co (media): 650 Máxima: 1000	2.5	4.0	6.5	12	1.4	1.6	1.8	2.1
Mínima : 1000 Co(media): 3000 Máxima: 5000	3.0	6.0	8.0	12	1.7	1.9	2.1	2.5

Tabla 3-14: Tiempo de retención hidráulica para filtro anaerobio. Tomado de (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000).

▪ **Altura del Filtro (H_{FA})**

De acuerdo con lo que se encuentra establecido en el literal E.4.7.9.2 de la RAS 2000, se recomienda que la altura del filtro debe sea mayor a 0.60 m y menor a 1.80 m (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000). Para este diseño se asume una altura de 1.80 m, un falso fondo de 0.20 m, una pérdida de carga de 0.10 m y un borde libre de 0.15 m.

▪ **Profundidad Útil (y_{FA})**

Se utiliza la ecuación (3.35) para determinar la altura útil del filtro.

$$y_{FA} = H_{FA} - \text{Perdida de Carga} - BL_{FA} \tag{3.35}$$

▪ **Ancho del Filtro (B_{FA})**

Ya que el filtro se encuentra después del pozo séptico, se asume el mismo ancho del pozo.

$$B_{FA} = B_{PS} \tag{3.36}$$

- **Longitud del Filtro (L_{FA})**

Se utiliza la ecuación para el cálculo de la longitud del filtro (Tellez Losada & Cardenas Motta, 2021)

$$L_{FA} = \frac{Vu_{FA}}{B_{FA} * \gamma_{FA}}$$

(3.37)

- **Materiales Filtrantes**

Esta estructura se compone de varios materiales filtrantes, en este caso se dispondrán tres capas, en la parte inferior una capa de 0.45 m con un agregado de 25 mm, la capa intermedia de 0.70 m con un material de 16 mm y en la capa superior una capa de 0.45 m con un agregado de 4 mm (Valencia Granada, y otros, 1997).

- **Dispositivo de Entrada al Filtro**

Se define un codo de 90° con diámetro de 10" de PVC que desvía el fluido y finalmente queda el extremo final sumergido en el fondo del filtro (Tellez Losada & Cardenas Motta, 2021).

- **Dispositivo de Salida del Filtro**

Se establece una tubería con diámetro de 10" de PVC que conduce el agua en la parte superior del filtro (Tellez Losada & Cardenas Motta, 2021).

- **Espesor de Muros y Tapa**

Los muros del filtro serán de 0.30 m, la placa del fondo será de 0.40 m, la placa de la parte superior debe ser de 0.30 m con una puerta de 1 m x 1 m con espesor de 0.20 m.

3.4.4 Humedal Artificial Subsuperficial de Flujo Horizontal

Se estima que con el humedal subsuperficial de flujo horizontal se pueda generar una reducción del 65% y llevar los niveles de DBO₅ a menos de 5 mg/l.

- **Área Superficial (A_{SHA})**

La ecuación implementando la cinética del proceso está definida en el literal E.3.5.3.2.2 de la RAS 2000 (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000).

$$A_{SHA} = \frac{Q_d * (\ln C_o - \ln C_e)}{K_t * D * n}$$

(3.38)

▪ **Carga de DBO₅ del Influyente (C_o)**

La carga del influente es la resultante del proceso de remoción de DBO₅ que genera el pozo séptico (75 %) y el filtro anaerobio (70 %).

▪ **Carga de DBO₅ del Efluente (C_e)**

La carga del efluente es la resultante que se espera obtener después del proceso de remoción de DBO₅ el humedal que es del 65 %.

▪ **Constante Cinética de Primer Orden (K_t)**

Se utiliza la siguiente ecuación para determinar la constante

$$K_t = K_{20} * \theta^{T-20^\circ C}$$

(3.39)

Las variables K₂₀ y θ dependen del tipo de Humedal, para este caso que es de flujo subsuperficial, los valores se definen en 1.104 d⁻¹ para K₂₀ y 1.06 para θ (Comisión Nacional del Agua, CONAGUA, 2015) y la variable T es la temperatura más baja que puede tener el agua en la zona de estudio, para este caso se estima que sea 24 °C.

▪ **Porosidad (n)**

Se considera que el material del lecho filtrante es grava media y tiene una porosidad de 40 % (Comisión Nacional del Agua, CONAGUA, 2015).

▪ **Profundidad (D)**

El reglamento RAS 2000 indica en el literal E.3.5.3.2.2 que la profundidad del lecho filtrante debe ser de 0.60 m (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000).

▪ **Ancho Teórico (W_{HA})**

Mediante la siguiente ecuación, se estima el ancho mínimo teórico del humedal (Cuervo Aponte & Hernández Espinoza, 2018).

$$W_{HA} = \left(\frac{Q_d * A_i}{K_{s1\%} * dh_i * D} \right)^{0.5}$$

(3.40)

- **Área Inicial de Tratamiento (A_i)**

El área inicial corresponde al 30 % del humedal, para determinar este área se utiliza el área superficial total determinada previamente (Tellez Losada & Cardenas Motta, 2021).

$$A_i = 30\% A_{SHS} \quad (3.41)$$

- **Conductividad Hidráulica (K_s)**

La conductividad hidráulica está determina por el diámetro del material que se va a implementar, en este caso que es grava mediana de 39 mm, se determina la conductividad hidráulica con la siguiente ecuación (Comisión Nacional del Agua, CONAGUA, 2015):

$$K_s = 12600 \left(\frac{D_g}{10} \right)^{1.9} \quad (3.42)$$

- **Pérdida de Carga en Zona Inicial (dh_i)**

Primeramente, se asume una pérdida de carga en la zona inicial como 0.06 m (Comisión Nacional del Agua, CONAGUA, 2015).

- **Longitud de la Zona Inicial (L_i)**

Se utiliza la siguiente ecuación para la estimación de la longitud en la zona inicial de tratamiento en el humedal artificial (Comisión Nacional del Agua, CONAGUA, 2015)

$$L_i = \frac{A_i}{W_{HA}} \quad (3.43)$$

- **Pérdida de Carga en la Zona Inicial (dh_i)**

Se recalcula la pérdida de carga en la zona inicial con la siguiente ecuación (Comisión Nacional del Agua, CONAGUA, 2015)

$$dh_i = \frac{Q_d * L_i}{K_{s1\%} * W_{HA} * D} \quad (3.44)$$

- **Área Final de Tratamiento (A_f)**

El área final se asume como 70 % restante del humedal, para determinar este área se utiliza el área superficial de humedal (Tellez Losada & Cardenas Motta, 2021).

$$A_f = 70\% A_{SHS}$$

(3.45)

- **Longitud de la Zona Final (L_f)**

Se utiliza la siguiente ecuación para la estimación de la longitud en la zona inicial de tratamiento en el humedal artificial (Comisión Nacional del Agua, CONAGUA, 2015)

$$L_f = \frac{A_f}{W_{HA}}$$

(3.46)

- **Pérdida de Carga en la Zona Final (dh_f)**

Se recalcula la pérdida de carga en la zona final del humedal con la siguiente ecuación (Comisión Nacional del Agua, CONAGUA, 2015)

$$dh_f = \frac{Q_d * L_f}{K_{s1\%} * W_{HA} * D}$$

(3.47)

- **Longitud Total (L_{HA})**

La longitud es el resultado de la suma de las dos longitudes calculadas anteriormente.

$$L_{HA} = L_i + L_f$$

(3.48)

- **Ancho de Celda (W_{CelHA})**

Tal como se expresa en el manual de humedales de (Comisión Nacional del Agua, CONAGUA, 2015), cuando se tienen longitudes y anchos muy grandes, se recomienda hacer la división del humedal en celdas de tratamiento que faciliten las actividades de operación y mantenimiento. Entre las recomendaciones están: A) mantener una relación largo – ancho de entre 2:1 y 4:1, B) se deben implementar mínimo dos celdas de tratamiento y C) para las separación entre celdas se pueden emplear geomembranas. La cantidad de celtas definidas para este caso es de dos.

$$W_{Cel\ HA} = \frac{W_{HA}}{\#_{Celdas}}$$

(3.49)

▪ **Número de Macrófitas**

Se determina el número de macrófitas que debe tener el humedal se determina empleando la siguiente ecuación (Comisión Nacional del Agua, CONAGUA, 2015).

$$N_{Macrofitas\ HA} = \left(\frac{W_{HA}}{d_{M-M}} - 1 \right) * \left(\frac{L_{HA}}{d_{M-M}} - 1 \right)$$

(3.50)

3.5 Elaboración de Planos y Presupuesto

Una vez finalizado el diseño hidráulico de los alcantarillados y el sistema de tratamiento se realizan los planos de cada uno, en los que se incluye la distribución de la red de alcantarillado y de la red de alcantarillado pluvial, los perfiles de cada uno de los circuitos los alcantarillados y las vistas con detalles de los elementos que componen el sistema de tratamiento de aguas residuales.

Para la realización del presupuesto se tienen en cuenta un estimado de los costos directos en los que van a incluidos las cantidades estimadas de excavación, tubería, concretos y los costos indirectos como los son la administración, los imprevistos y la utilidad.

Capítulo 4

4. Resultados

4.1 Resultados del Diseño de Alcantarillado Sanitario

En este numeral se presentan en resumen los resultados de los parámetros más importantes como el caudal, las áreas aferentes, los coeficientes y caudales unitarios, entre otros. El resto de los valores se encuentran plasmados en la Tabla A-1 y Tabla A-2 del anexo A

DETERMINACION DE CAUDAL - AGUAS RESIDUALES												
Pozo	Área parcial	Área total	Q Medio Diario		Q Máx Horario		Q Infiltración		Conexiones		Caudal Diseño	
	A _i (Aferente)		q _i Ponderado	Q	Coef. Mayoración	Q	Coef. Infiltración	Q	Coef. Erradas	Q	Calculado	Adoptado
De - A	(ha)	(ha)	((l/s)*ha)	(l/s)	F	(l/s)	((l/s)*ha)	(l/s)	((l/s)*ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s)
1	2	3	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1 - 2	0.237383	0.237383	0.081	0.019	4.399	0.085	0.3	0.07	0.2	0.05	0.20	1.50
2 - 3	0.241091	0.478474	0.081	0.039	4.359	0.169	0.3	0.14	0.2	0.10	0.41	1.50
3 - 4	0.379795	0.858269	0.081	0.070	4.314	0.301	0.3	0.26	0.2	0.17	0.73	1.50
4 - 25	0	0.858269	0.081	0.070	4.314	0.301	0.3	0.26	0.2	0.17	0.73	1.50
5 - 6	0.128694	0.128694	0.081	0.010	4.425	0.046	0.3	0.04	0.2	0.03	0.11	1.50
6 - 7	0.558518	0.687212	0.081	0.056	4.332	0.242	0.3	0.21	0.2	0.14	0.59	1.50
7 - 8	0.652171	1.339383	0.081	0.109	4.270	0.465	0.3	0.40	0.2	0.27	1.13	1.50
8 - 9	0.615154	1.954537	0.081	0.159	4.226	0.671	0.3	0.59	0.2	0.39	1.65	1.65
9 - 10	0.724772	2.679309	0.081	0.218	4.184	0.911	0.3	0.80	0.2	0.54	2.25	2.25
10 - 11	0.552422	3.231731	0.081	0.263	4.156	1.091	0.3	0.97	0.2	0.65	2.71	2.71
11 - 15	0.712566	4.012222	0.081	0.326	4.120	1.343	0.3	1.20	0.2	0.80	3.35	3.35
15 - 16	0.475024	4.487246	0.081	0.365	4.101	1.495	0.3	1.35	0.2	0.90	3.74	3.74
11 - 12	0.350095	0.350095	0.081	0.028	4.379	0.125	0.3	0.11	0.2	0.07	0.30	1.50
12 - 13	0.663893	1.013988	0.081	0.082	4.298	0.354	0.3	0.30	0.2	0.20	0.86	1.50
13 - 14	0.487434	1.501422	0.081	0.122	4.258	0.519	0.3	0.45	0.2	0.30	1.27	1.50
14 - 16	0	1.501422	0.081	0.122	4.258	0.519	0.3	0.45	0.2	0.30	1.27	1.50
16 - 33	0	5.988668	0.081	0.487	4.047	1.970	0.3	1.80	0.2	1.20	4.96	4.96
33 - 66	0	10.07034	0.081	0.818	3.935	3.220	0.3	3.02	0.2	2.01	8.25	8.25
17 - 11	0.067925	0.067925	0.081	0.006	4.445	0.025	0.3	0.02	0.2	0.01	0.06	1.50
18 - 19	0.01592	0.01592	0.500	0.008	4.500	0.036	0.3	0.00	0.2	0.00	0.04	1.50
19 - 20	0.01592	0.03184	0.500	0.016	4.500	0.072	0.3	0.01	0.2	0.01	0.09	1.50
20 - 21	0.158063	0.189903	0.081	0.015	4.410	0.068	0.3	0.06	0.2	0.04	0.16	1.50
21 - 22	0.181868	0.371771	0.081	0.030	4.375	0.132	0.3	0.11	0.2	0.07	0.32	1.50
22 - 23	0	0.371771	0.081	0.030	4.375	0.132	0.3	0.11	0.2	0.07	0.32	1.50
23 - 24	0.190062	0.561833	0.081	0.046	4.348	0.198	0.3	0.17	0.2	0.11	0.48	1.50
24 - 25	0	0.561833	0.081	0.046	4.348	0.198	0.3	0.17	0.2	0.11	0.48	1.50
25 - 26	0	1.420102	0.081	0.115	4.264	0.492	0.3	0.43	0.2	0.28	1.20	1.50
26 - 27	0.3	2.07771	0.081	0.169	4.218	0.712	0.3	0.62	0.2	0.42	1.75	1.75
27 - 28	0.2	2.27771	0.081	0.185	4.206	0.779	0.3	0.68	0.2	0.46	1.92	1.92
28 - 29	0	2.27771	0.081	0.185	4.206	0.779	0.3	0.68	0.2	0.46	1.92	1.92
29 - 30	0.416092	2.693802	0.081	0.219	4.183	0.916	0.3	0.81	0.2	0.54	2.26	2.26
30 - 31	0.449496	3.143298	0.081	0.255	4.160	1.063	0.3	0.94	0.2	0.63	2.63	2.63
31 - 32	0	3.143298	0.081	0.255	4.160	1.063	0.3	0.94	0.2	0.63	2.63	2.63
32 - 33	0.938374	4.081672	0.081	0.332	4.118	1.366	0.3	1.22	0.2	0.82	3.41	3.41

6 - 26	0.357608	0.357608	0.081	0.029	4.377	0.127	0.3	0.11	0.2	0.07	0.31	1.50
34 - 35	0.199315	0.199315	0.081	0.016	4.408	0.071	0.3	0.06	0.2	0.04	0.17	1.50
35 - 36	0.17206	0.371375	0.081	0.030	4.375	0.132	0.3	0.11	0.2	0.07	0.32	1.50
36 - 37	0	0.371375	0.081	0.030	4.375	0.132	0.3	0.11	0.2	0.07	0.32	1.50
37 - 38	0.172962	0.544337	0.081	0.044	4.350	0.192	0.3	0.16	0.2	0.11	0.46	1.50
38 - 39	0	0.544337	0.081	0.044	4.350	0.192	0.3	0.16	0.2	0.11	0.46	1.50
39 - 40	0	1.233491	0.081	0.100	4.279	0.429	0.3	0.37	0.2	0.25	1.05	1.50
40 - 41	0.299874	1.939169	0.081	0.158	4.227	0.666	0.3	0.58	0.2	0.39	1.64	1.64
41 - 42	0.299284	2.238453	0.081	0.182	4.208	0.766	0.3	0.67	0.2	0.45	1.88	1.88
42 - 43	0	2.238453	0.081	0.182	4.208	0.766	0.3	0.67	0.2	0.45	1.88	1.88
43 - 44	0.434367	2.67282	0.081	0.217	4.184	0.909	0.3	0.80	0.2	0.53	2.25	2.25
44 - 45	0.506676	3.179496	0.081	0.258	4.158	1.074	0.3	0.95	0.2	0.64	2.66	2.66
45 - 46	0	3.179496	0.081	0.258	4.158	1.074	0.3	0.95	0.2	0.64	2.66	2.66
46 - 64	0	3.179496	0.081	0.258	4.158	1.074	0.3	0.95	0.2	0.64	2.66	2.66
47 - 48	0.226504	0.226504	0.081	0.018	4.402	0.081	0.3	0.07	0.2	0.05	0.19	1.50
48 - 49	0.46265	0.689154	0.081	0.056	4.332	0.243	0.3	0.21	0.2	0.14	0.59	1.50
49 - 39	0	0.689154	0.081	0.056	4.332	0.243	0.3	0.21	0.2	0.14	0.59	1.50
57 - 50	0.200357	0.200357	0.081	0.016	4.407	0.072	0.3	0.06	0.2	0.04	0.17	1.50
50 - 40	0.205447	0.405804	0.081	0.033	4.370	0.144	0.3	0.12	0.2	0.08	0.35	1.50
51 - 52	0.162502	0.162502	0.081	0.013	4.416	0.058	0.3	0.05	0.2	0.03	0.14	1.50
52 - 53	0.774066	0.936568	0.081	0.076	4.306	0.328	0.3	0.28	0.2	0.19	0.80	1.50
53 - 54	0.491452	1.42802	0.081	0.116	4.263	0.495	0.3	0.43	0.2	0.29	1.21	1.50
54 - 55	0.401297	1.829317	0.081	0.149	4.234	0.629	0.3	0.55	0.2	0.37	1.54	1.54
55 - 56	0.63459	2.463907	0.081	0.200	4.195	0.840	0.3	0.74	0.2	0.49	2.07	2.07
56 - 61	0	2.463907	0.081	0.200	4.195	0.840	0.3	0.74	0.2	0.49	2.07	2.07
52 - 57	0.28334	0.28334	0.081	0.023	4.390	0.101	0.3	0.09	0.2	0.06	0.24	1.50
57 - 58	0.79929	1.08263	0.081	0.088	4.292	0.378	0.3	0.32	0.2	0.22	0.92	1.50
58 - 59	0.646266	1.728896	0.081	0.140	4.241	0.596	0.3	0.52	0.2	0.35	1.46	1.50
59 - 60	0.570496	2.299392	0.081	0.187	4.205	0.786	0.3	0.69	0.2	0.46	1.94	1.94
60 - 61	0.620453	2.919845	0.081	0.237	4.171	0.990	0.3	0.88	0.2	0.58	2.45	2.45
61 - 62	1.039194	6.422946	0.081	0.522	4.033	2.105	0.3	1.93	0.2	1.28	5.32	5.32
62 - 63	0.716977	7.139923	0.081	0.580	4.011	2.327	0.3	2.14	0.2	1.43	5.90	5.90
63 - 64	0.113347	7.25327	0.081	0.589	4.008	2.362	0.3	2.18	0.2	1.45	5.99	5.99
64 - 65	0.674836	11.1076	0.081	0.903	3.911	3.530	0.3	3.33	0.2	2.22	9.08	9.08
65 - 66	0.807637	11.91524	0.081	0.968	3.893	3.770	0.3	3.57	0.2	2.38	9.73	9.73
66 - 67	0	21.98558	0.081	1.787	3.724	6.654	0.3	6.60	0.2	4.40	17.65	17.65
67 - E		21.98558		1.787	3.724	6.654	0.3	6.60	0.2	4.40	17.65	17.65

Tabla 4-1: Resumen de determinación de caudal para el alcantarillado sanitario.

A continuación, en la Tabla 4-2 y la Tabla 4-3 se presentan los resultados de las que se consideran las variables más importantes en el diseño hidráulico del alcantarillado. En la Tabla A-3 y la Tabla A-4 del anexo A se encuentran las otras variables no relacionadas en este resumen.

VARIABLES DE DISEÑO - AGUAS RESIDUALES									
Pozo	Long.	Cudal	Pendiente	D _c		Velocidad	Altura Velocidad	Radio Hidráulico	Esfuerzo Cortante
	L	Q	S	Nominal	Interno	V	V ² /2g	R	τ
De - A	(m)	(l/s)	%	(in)	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(N/m ²)
1 - 2	59.97	1.50	1.00	6	0.145	0.55	0.0156	0.02	1.88
2 - 3	75.04	1.50	1.40	6	0.145	0.64	0.0208	0.02	2.54
3 - 4	95.12	1.50	1.16	6	0.145	0.60	0.0181	0.02	2.18
4 - 25	36.60	1.50	0.82	6	0.145	0.52	0.0136	0.02	1.61
5 - 6	49.67	1.50	1.91	6	0.145	0.72	0.0262	0.02	3.27
6 - 7	83.74	1.50	1.19	6	0.145	0.61	0.0187	0.02	2.25
7 - 8	85.24	1.50	1.53	6	0.145	0.67	0.0226	0.02	2.76
8 - 9	69.57	1.65	0.79	6	0.145	0.53	0.0141	0.02	1.65
9 - 10	71.06	2.25	0.99	6	0.145	0.63	0.0203	0.02	2.28
10 - 11	91.50	2.71	3.33	6	0.145	1.01	0.0521	0.02	6.28
11 - 15	80.65	3.35	0.93	6	0.145	0.68	0.0237	0.03	2.47
15 - 16	55.36	3.74	2.26	6	0.145	0.97	0.0482	0.02	5.36
11 - 12	95.60	1.50	0.73	6	0.145	0.51	0.0131	0.02	1.53
12 - 13	80.64	1.50	0.74	6	0.145	0.51	0.0133	0.02	1.55
13 - 14	55.29	1.50	1.99	6	0.145	0.73	0.0273	0.02	3.40
14 - 16	95.60	1.50	0.73	6	0.145	0.51	0.0131	0.02	1.53
16 - 33	110.91	4.96	0.77	6	0.145	0.70	0.0252	0.03	2.47
33 - 66	114.79	8.25	0.78	6	0.145	0.83	0.0351	0.04	3.03
17 - 11	55.16	1.50	0.73	6	0.145	0.50	0.0130	0.02	1.51
18 - 19	24.60	1.50	1.63	6	0.145	0.66	0.0223	0.02	2.78
19 - 20	44.50	1.50	0.79	6	0.145	0.51	0.0130	0.02	1.55
20 - 21	74.82	1.50	1.54	6	0.145	0.67	0.0228	0.02	2.79
21 - 22	67.06	1.50	1.57	6	0.145	0.68	0.0232	0.02	2.84
22 - 23	11.81	1.50	0.85	6	0.145	0.52	0.0140	0.02	1.67
23 - 24	63.72	1.50	1.57	6	0.145	0.68	0.0233	0.02	2.85
24 - 25	27.03	1.50	1.11	6	0.145	0.58	0.0173	0.02	2.09
25 - 26	49.46	1.50	1.01	6	0.145	0.56	0.0158	0.02	1.90
26 - 27	68.56	1.75	1.09	6	0.145	0.60	0.0181	0.02	2.15
27 - 28	68.56	1.92	1.90	6	0.145	0.76	0.0296	0.02	3.57
28 - 29	60.29	1.92	0.75	6	0.145	0.54	0.0149	0.02	1.67
29 - 30	112.19	2.26	0.71	6	0.145	0.56	0.0157	0.02	1.74
30 - 31	115.56	2.63	2.64	6	0.145	0.93	0.0437	0.02	5.20
31 - 32	73.04	2.63	1.03	6	0.145	0.66	0.0219	0.02	2.44
32 - 33	98.09	3.41	1.58	6	0.145	0.83	0.0349	0.02	3.85
6 - 26	89.38	1.50	0.73	6	0.145	0.50	0.0130	0.02	1.51
34 - 35	66.43	1.50	2.86	6	0.145	0.84	0.0360	0.02	4.56
35 - 36	66.91	1.50	1.57	6	0.145	0.68	0.0233	0.02	2.84
36 - 37	12.06	1.50	0.83	6	0.145	0.52	0.0137	0.02	1.63
37 - 38	63.62	1.50	1.57	6	0.145	0.68	0.0233	0.02	2.85
38 - 39	27.03	1.50	1.48	6	0.145	0.66	0.0220	0.02	2.68
39 - 40	49.46	1.50	1.01	6	0.145	0.56	0.0158	0.02	1.90
40 - 41	68.56	1.64	0.95	6	0.145	0.56	0.0157	0.02	1.87
41 - 42	68.56	1.88	1.90	6	0.145	0.76	0.0296	0.02	3.57
42 - 43	60.29	1.88	0.75	6	0.145	0.54	0.0149	0.02	1.67
43 - 44	112.20	2.25	0.71	6	0.145	0.56	0.0157	0.02	1.74
44 - 45	115.56	2.66	2.64	6	0.145	0.93	0.0437	0.02	5.20
45 - 46	65.46	2.66	0.76	6	0.145	0.60	0.0182	0.03	1.94
46 - 64	75.37	2.66	0.73	6	0.145	0.58	0.0174	0.03	1.86
47 - 48	61.22	1.50	3.51	6	0.145	0.88	0.0392	0.01	5.12
48 - 49	99.07	1.50	1.11	6	0.145	0.58	0.0174	0.02	2.09
49 - 39	54.89	1.50	0.73	6	0.145	0.51	0.0130	0.02	1.52
57 - 50	48.34	1.50	0.83	6	0.145	0.52	0.0137	0.02	1.63
50 - 40	48.34	1.50	0.72	6	0.145	0.50	0.0129	0.02	1.51
51 - 52	40.11	1.50	1.00	6	0.145	0.55	0.0156	0.02	1.88
52 - 53	90.80	1.50	1.10	6	0.145	0.58	0.0172	0.02	2.07
53 - 54	78.18	1.50	1.66	6	0.145	0.67	0.0228	0.02	2.84
54 - 55	69.56	1.54	0.79	6	0.145	0.53	0.0141	0.02	1.65
55 - 56	71.07	2.07	0.77	6	0.145	0.56	0.0160	0.02	1.79
56 - 61	97.78	2.07	0.72	6	0.145	0.55	0.0153	0.02	1.70
52 - 57	97.80	1.50	0.77	6	0.145	0.50	0.0127	0.02	1.51
57 - 58	91.18	1.50	0.77	6	0.145	0.50	0.0127	0.02	1.51
58 - 59	77.80	1.50	1.61	6	0.145	0.68	0.0238	0.02	2.91
59 - 60	69.56	1.94	0.72	6	0.145	0.54	0.0148	0.02	1.66
60 - 61	71.07	2.45	1.83	6	0.145	0.80	0.0327	0.02	3.81
61 - 62	113.05	5.32	2.21	6	0.145	1.07	0.0583	0.03	6.04
62 - 63	87.22	5.90	0.75	6	0.145	0.74	0.0279	0.04	2.60
63 - 64	22.08	5.99	1.81	6	0.145	1.03	0.0536	0.03	5.38
64 - 65	67.05	9.08	0.89	6	0.145	0.90	0.0410	0.04	3.50
65 - 66	67.05	9.73	4.18	6	0.145	1.57	0.1254	0.03	12.59
66 - 67	74.16	17.65	0.74	8	0.182	1.00	0.0507	0.05	3.78
67 - E	75.28	17.65	0.73	8	0.182	0.99	0.0500	0.05	3.73

Tabla 4-2: Resumen de variables de diseño para el alcantarillado sanitario.

La siguiente tabla muestra las cotas necesarias para la construcción de este alcantarillado sanitario.

VARIABLES DE DISEÑO - AGUAS RESIDUALES								
Pozo	Cota Rasante		Cota Clave		Cota Batea		Prof. a clave	
	De	A	De	A	De	A	De	A
De - A	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
1 - 2	457.00	456.80	456.20	455.60	456.06	455.46	0.80	1.20
2 - 3	456.80	455.75	455.60	454.55	455.46	454.41	1.20	1.20
3 - 4	455.75	454.65	454.55	453.45	454.41	453.31	1.20	1.20
4 - 25	454.65	454.65	453.45	453.15	453.31	453.01	1.20	1.50
5 - 6	454.65	454.10	453.85	452.90	453.71	452.76	0.80	1.20
6 - 7	454.10	453.10	452.90	451.90	452.76	451.76	1.20	1.20
7 - 8	453.10	451.80	451.90	450.60	451.76	450.46	1.20	1.20
8 - 9	451.80	451.30	450.60	450.05	450.46	449.91	1.20	1.25
9 - 10	451.30	450.60	450.05	449.35	449.91	449.21	1.25	1.25
10 - 11	450.60	447.50	449.35	446.30	449.21	446.16	1.25	1.20
11 - 15	447.50	446.75	446.30	445.55	446.16	445.41	1.20	1.20
15 - 16	446.75	445.50	445.55	444.30	445.41	444.16	1.20	1.20
11 - 12	447.50	447.50	446.70	446.00	446.56	445.86	0.80	1.50
12 - 13	447.50	446.75	446.00	445.40	445.86	445.26	1.50	1.35
13 - 14	446.75	445.50	445.40	444.30	445.26	444.16	1.35	1.20
14 - 16	445.50	445.50	444.30	443.60	444.16	443.46	1.20	1.90
16 - 33	445.50	445.50	443.60	442.75	443.46	442.61	1.90	2.75
33 - 66	445.50	445.50	442.75	441.85	442.61	441.71	2.75	3.65
17 - 11	447.50	447.50	446.70	446.30	446.56	446.16	0.80	1.20
18 - 19	458.30	458.30	457.50	457.10	457.36	456.96	0.80	1.20
19 - 20	458.30	458.30	457.10	456.75	456.96	456.61	1.20	1.55
20 - 21	458.30	456.80	456.75	455.60	456.61	455.46	1.55	1.20
21 - 22	456.80	455.75	455.60	454.55	455.46	454.41	1.20	1.20
22 - 23	455.75	455.75	454.55	454.45	454.41	454.31	1.20	1.30
23 - 24	455.75	454.65	454.45	453.45	454.31	453.31	1.30	1.20
24 - 25	454.65	454.65	453.45	453.15	453.31	453.01	1.20	1.50
25 - 26	454.65	454.10	453.15	452.65	453.01	452.51	1.50	1.45
26 - 27	454.10	453.10	452.65	451.90	452.51	451.76	1.45	1.20
27 - 28	453.10	451.80	451.90	450.60	451.76	450.46	1.20	1.20
28 - 29	451.80	451.80	450.60	450.15	450.46	450.01	1.20	1.65
29 - 30	451.80	450.60	450.15	449.35	450.01	449.21	1.65	1.25
30 - 31	450.60	447.50	449.35	446.30	449.21	446.16	1.25	1.20
31 - 32	447.50	446.75	446.30	445.55	446.16	445.41	1.20	1.20
32 - 33	446.75	446.75	445.55	444.00	445.41	443.86	1.20	2.75
6 - 26	454.10	454.10	453.30	452.65	453.16	452.51	0.80	1.45
34 - 35	458.30	456.80	457.50	455.60	457.36	455.46	0.80	1.20
35 - 36	456.80	455.75	455.60	454.55	455.46	454.41	1.20	1.20
36 - 37	455.75	455.75	454.55	454.45	454.41	454.31	1.20	1.30
37 - 38	455.75	454.65	454.45	453.45	454.31	453.31	1.30	1.20
38 - 39	454.65	454.65	453.45	453.05	453.31	452.91	1.20	1.60
39 - 40	454.65	454.10	453.05	452.55	452.91	452.41	1.60	1.55
40 - 41	454.10	453.10	452.55	451.90	452.41	451.76	1.55	1.20
41 - 42	453.10	451.80	451.90	450.60	451.76	450.46	1.20	1.20
42 - 43	451.80	451.80	450.60	450.15	450.46	450.01	1.20	1.65
43 - 44	451.80	450.60	450.15	449.35	450.01	449.21	1.65	1.25
44 - 45	450.60	447.50	449.35	446.30	449.21	446.16	1.25	1.20
45 - 46	447.50	447.50	446.30	445.80	446.16	445.66	1.20	1.70
46 - 64	447.50	447.50	445.80	445.25	445.66	445.11	1.70	2.25
47 - 48	457.50	455.75	456.70	454.55	456.56	454.41	0.80	1.20
48 - 49	455.75	454.65	454.55	453.45	454.41	453.31	1.20	1.20
49 - 39	454.65	454.65	453.45	453.05	453.31	452.91	1.20	1.60
57 - 50	454.10	454.10	453.30	452.90	453.16	452.76	0.80	1.20
50 - 40	454.10	454.10	452.90	452.55	452.76	452.41	1.20	1.55
51 - 52	454.10	454.10	453.30	452.90	453.16	452.76	0.80	1.20
52 - 53	454.10	453.10	452.90	451.90	452.76	451.76	1.20	1.20
53 - 54	453.10	451.80	451.90	450.60	451.76	450.46	1.20	1.20
54 - 55	451.80	451.30	450.60	450.05	450.46	449.91	1.20	1.25
55 - 56	451.30	451.60	450.05	449.50	449.91	449.36	1.25	2.10
56 - 61	451.60	450.60	449.50	448.80	449.36	448.66	2.10	1.80
52 - 57	454.10	454.10	453.30	452.55	453.16	452.41	0.80	1.55
57 - 58	454.10	453.10	452.55	451.85	452.41	451.71	1.55	1.25
58 - 59	453.10	451.80	451.85	450.60	451.71	450.46	1.25	1.20
59 - 60	451.80	451.30	450.60	450.10	450.46	449.96	1.20	1.20
60 - 61	451.30	450.60	450.10	448.80	449.96	448.66	1.20	1.80
61 - 62	450.60	447.50	448.80	446.30	448.66	446.16	1.80	1.20
62 - 63	447.50	447.50	446.30	445.65	446.16	445.51	1.20	1.85
63 - 64	447.50	447.50	445.65	445.25	445.51	445.11	1.85	2.25
64 - 65	447.50	446.75	445.25	444.65	445.11	444.51	2.25	2.10
65 - 66	446.75	445.50	444.65	441.85	444.51	441.71	2.10	3.65
66 - 67	445.50	445.50	441.85	441.30	441.67	441.12	3.65	4.20
67 - E	445.50	444.00	441.30	440.75	441.12	440.57	4.20	3.25

Tabla 4-3: Resumen de variables de diseño para el alcantarillado sanitario.

Cotas de diseño

Al analizar los resultados obtenidos se observa que en el 53.5 % de los colectores, el caudal de diseño es de 1.50 l/s; adicional a esto, se puede evidenciar que en un poco más del 97 % de los colectores mantiene un diámetro de 6", en el 3 % restantes del diámetro aumenta a 8"; las velocidades en los colectores se mantienen en un rango de entre 0.50 m/s y 1.57 m/s; caso diferente ocurre con el esfuerzo cortante, que tiene una mayor variación en los colectores encontrándose en un rango de entre 1.51 N/m² y 12.59 N/m²; en todo caso, el diseño de este alcantarillado sanitario cumple con los requerimientos mínimos estipulados en la reglamento RAS 2000 y sus actualizaciones recientes.

4.2 Resultados del Diseño del Alcantarillado Pluvial

En este numeral se presentan los resultados más relevantes del diseño de alcantarillado pluvial como lo son la determinación del tiempo de concentración, la frecuencia, el caudal, la velocidad, el esfuerzo cortante, entre otros. En el anexo B se presentan las tablas completas.

La siguiente tabla muestra la parte inicial del diseño en el cual se determina el caudal de con el que se van a calcular las demás variables.

VARIABLES DE DISEÑO - AGUAS LLUVIAS					
Pozo	Area Total	Tiempo de Concentracion	Frecuencia	Intensidad	Caudal
De - A	(ha)	T_c	F	I	Q
		(min)	años	(l/s*Ha)	(L/s)
1 - 2	0.380391	10.00	3.00	356.37	61.00
2 - 3	0.872419	11.67	3.00	344.44	135.22
3 - 4	1.489241	13.78	3.00	330.38	221.41
4 - 23	1.583660	14.59	3.00	325.30	231.83
5 - 6	0.299861	10.00	3.00	356.37	48.09
6 - 7	0.955104	11.86	3.00	343.10	147.47
7 - 8	1.783085	13.76	3.00	330.55	265.23
8 - 9	2.495066	15.30	3.00	320.94	360.35
9 - 10	3.316672	16.88	3.00	311.67	465.17
10 - 11	4.350122	18.89	3.00	300.63	588.49
11 - 15	4.356145	19.02	3.00	299.91	587.91
15 - 16	5.329355	20.00	3.00	294.81	707.02
16 - 17	6.057186	20.00	3.00	294.81	803.58
17 - E2	6.057186	20.00	3.00	294.81	803.58
11 - 12	0.266991	10.00	3.00	356.37	42.82
12 - 13	0.908406	11.51	3.00	345.53	141.25
13 - 14	1.949783	13.02	3.00	335.31	294.20
14 - E1	1.949783	14.48	3.00	325.95	285.99
30 - 15	0.523469	10.00	3.00	356.37	83.95

18 - 19	0.832460	10.00	3.00	356.37	267.00
19 - 20	1.193070	10.83	3.00	350.33	244.93
20 - 21	1.344045	12.49	3.00	338.81	204.92
21 - 22	1.505884	14.16	3.00	327.97	222.25
22 - 23	1.694166	16.31	3.00	314.99	240.14
23 - 24	3.338271	17.42	3.00	308.65	463.66
24 - 25	4.009288	18.94	3.00	300.34	541.87
25 - 26	4.491746	20.00	3.00	294.81	595.90
26 - 27	4.827410	20.00	3.00	294.81	640.43
27 - 28	5.170600	20.00	3.00	294.81	685.96
28 - 29	5.735772	20.00	3.00	294.81	760.94
29 - 30	5.761390	20.00	3.00	294.81	764.34
30 - 31	6.239309	20.00	3.00	294.81	827.74
31 - 32	7.010824	20.00	3.00	294.81	930.09
32 - E3	7.782339	20.00	3.00	294.81	1032.45
6 - 24	0.441581	10.00	3.00	356.37	70.82
33 - 34	0.260978	10.00	3.00	356.37	41.85
34 - 35	0.507635	11.67	3.00	344.44	78.68
35 - 36	0.778737	13.81	3.00	330.19	115.71
36 - 37	2.236185	14.92	3.00	323.25	325.28
37 - 38	3.085791	16.45	3.00	314.17	436.26
38 - 39	3.611585	18.68	3.00	301.74	490.40
39 - 40	3.978093	20.00	3.00	294.81	527.76
40 - 41	4.352296	20.00	3.00	294.81	577.40
41 - 42	4.973492	20.00	3.00	294.81	659.81
42 - 43	5.253123	20.00	3.00	294.81	696.91
43 - 61	5.644773	20.00	3.00	294.81	748.87
44 - 45	0.323344	10.00	3.00	356.37	51.85
45 - 46	1.178039	12.19	3.00	340.87	180.70
46 - 36	1.382700	13.49	3.00	332.26	206.73
54 - 47	0.389687	10.00	3.00	356.37	62.49
47 - 37	0.660854	11.07	3.00	348.64	103.68
48 - 49	0.301179	10.00	3.00	356.37	48.30
49 - 50	0.979929	12.02	3.00	342.03	150.82
50 - 51	1.799917	13.76	3.00	330.55	267.73
51 - 52	2.540161	15.30	3.00	320.94	366.86
52 - 53	3.179523	16.88	3.00	311.67	445.94
53 - 58	3.618283	19.05	3.00	299.74	488.04
49 - 54	0.645760	10.00	3.00	356.37	103.56
54 - 55	1.261399	12.02	3.00	342.03	194.15
55 - 56	2.047458	13.76	3.00	330.55	304.55
56 - 57	2.748126	15.30	3.00	320.94	396.90
57 - 58	3.340596	16.88	3.00	311.67	468.53
58 - 59	7.998874	20.00	3.00	294.81	1061.17
59 - 60	8.892520	20.00	3.00	294.81	1179.73
60 - 61	9.112527	20.00	3.00	294.81	1208.92
61 - 62	15.545566	20.00	3.00	294.81	2062.36
62 - 63	16.499385	20.00	3.00	294.81	2188.90
63 - E4	16.499385	20.00	3.00	294.81	2188.90

Tabla 4-4: Resumen de determinación de caudal para el alcantarillado pluvial.

La tabla presentada a continuación contiene el valor de algunas variables de diseño en el presente diseño para el alcantarillado sanitario.

VARIABLES DE DISEÑO - AGUAS LLUVIAS									
Pozo	Caudal	Long.	Pendiente	D _c		Velocidad	Altura Velocidad	Radio Hidráulico	Esfuerzo Cortante
	Q (L/s)	L (m)	S %	Nominal (in)	Interno (m)	V (m/s)	V ² /2g (m)	R (m)	τ (N/m ²)
1 - 2	61.00	56.98	0.53	12	0.284	1.21	0.0752	0.085	4.50
2 - 3	135.22	75.04	1.00	14	0.327	1.89	0.1816	0.099	9.94
3 - 4	221.41	95.12	0.84	18	0.407	2.00	0.2043	0.124	10.39
4 - 23	231.83	36.30	0.83	18	0.407	2.02	0.2088	0.123	10.24
5 - 6	48.09	49.50	1.01	10	0.227	1.46	0.1090	0.068	6.89
6 - 7	147.47	83.74	1.07	14	0.327	1.99	0.2010	0.099	10.60
7 - 8	265.23	85.24	1.11	18	0.407	2.33	0.2775	0.124	13.71
8 - 9	360.35	69.57	1.08	20	0.452	2.49	0.3161	0.136	14.73
9 - 10	465.17	71.06	0.63	24	0.595	2.15	0.2362	0.177	11.15
10 - 11	588.49	90.25	3.10	24	0.595	4.01	0.8190	0.153	47.40
11 - 15	587.91	6.06	0.83	24	0.595	2.54	0.3296	0.180	14.95
15 - 16	707.02	68.00	1.03	27	0.67	2.85	0.4131	0.193	19.93
16 - 17	803.58	68.00	1.84	27	0.67	3.61	0.6646	0.186	34.30
17 - E2	803.58	70.65	0.71	27	0.67	2.60	0.3451	0.203	14.44
11 - 12	42.82	95.60	0.68	12	0.284	1.19	0.0721	0.076	5.14
12 - 13	141.25	67.97	0.96	14	0.327	1.89	0.1814	0.099	9.50
13 - 14	294.20	67.97	1.32	18	0.407	2.55	0.3320	0.123	16.28
14 - E1	285.99	65.86	0.76	20	0.452	2.05	0.2151	0.138	10.47
30 - 15	83.95	112.61	0.40	16	0.362	1.17	0.0700	0.104	4.17
18 - 19	267.00	42.00	0.71	20	0.452	1.97	0.1970	0.137	9.74
19 - 20	244.93	37.40	0.67	20	0.452	1.88	0.1811	0.136	9.10
20 - 21	204.92	74.82	1.14	20	0.452	2.14	0.2326	0.123	14.00
21 - 22	222.25	75.04	1.40	20	0.452	2.35	0.2823	0.122	17.07
22 - 23	240.14	96.47	0.73	20	0.452	1.93	0.1897	0.134	9.82
23 - 24	463.66	49.98	1.90	24	0.595	3.14	0.5020	0.153	29.05
24 - 25	541.87	68.56	1.46	24	0.595	3.01	0.4605	0.167	24.43
25 - 26	595.90	100.41	0.90	24	0.595	2.62	0.3509	0.179	16.09
26 - 27	640.43	69.42	1.30	27	0.67	2.98	0.4536	0.183	23.82
27 - 28	685.96	71.07	0.98	27	0.67	2.78	0.3930	0.193	18.96
28 - 29	760.94	120.00	2.58	27	0.67	3.99	0.8104	0.173	44.73
29 - 30	764.34	39.75	0.63	27	0.67	2.46	0.3080	0.203	12.79
30 - 31	827.74	67.32	0.74	27	0.67	2.66	0.3618	0.203	15.02
31 - 32	930.09	67.41	0.89	27	0.67	2.94	0.4402	0.202	17.99
32 - E3	1032.45	75.82	0.99	30	0.747	3.11	0.4924	0.221	21.85
6 - 24	70.82	89.13	0.45	14	0.327	1.18	0.0707	0.095	4.28
33 - 34	41.85	74.82	0.53	14	0.327	1.05	0.0567	0.079	4.17
34 - 35	78.68	75.04	1.40	16	0.362	1.77	0.1592	0.083	11.64
35 - 36	115.71	96.47	1.24	18	0.407	1.89	0.1812	0.099	12.29
36 - 37	325.28	49.98	1.30	20	0.452	2.58	0.3407	0.135	17.53
37 - 38	436.26	68.56	1.17	24	0.595	2.61	0.3485	0.163	19.04
38 - 39	490.40	100.41	1.29	24	0.595	2.79	0.3977	0.166	21.36
39 - 40	527.76	69.42	0.72	24	0.595	2.35	0.2807	0.179	12.87
40 - 41	577.40	71.07	0.70	24	0.595	2.38	0.2881	0.181	12.65
41 - 42	659.81	120.00	2.42	24	0.595	3.80	0.7376	0.165	39.85
42 - 43	696.91	72.52	0.55	27	0.67	2.28	0.2652	0.204	11.19
43 - 61	748.87	105.10	0.29	33	0.824	1.81	0.1679	0.245	7.11
44 - 45	51.85	57.22	3.41	10	0.227	2.28	0.2643	0.060	20.44
45 - 46	180.70	98.48	1.12	16	0.362	2.11	0.2279	0.109	12.24
46 - 36	206.73	58.53	0.17	24	0.595	1.06	0.0577	0.171	2.91
54 - 47	62.49	48.34	0.41	12	0.284	1.12	0.0638	0.086	3.53
47 - 37	103.68	48.08	0.42	16	0.362	1.27	0.0824	0.108	4.54
48 - 49	48.30	40.11	1.00	10	0.227	1.46	0.1085	0.068	6.84
49 - 50	150.82	90.80	1.10	14	0.327	2.02	0.2079	0.099	10.88
50 - 51	267.73	78.18	1.66	18	0.407	2.69	0.3697	0.120	20.00
51 - 52	366.86	69.56	0.72	24	0.595	2.09	0.2220	0.166	11.92
52 - 53	445.94	71.07	0.21	27	0.67	1.42	0.1033	0.203	4.26
53 - 58	488.04	97.78	0.56	27	0.67	2.06	0.2154	0.191	10.68
49 - 54	103.56	97.80	0.31	16	0.362	1.14	0.0667	0.110	3.40
54 - 55	194.15	90.80	0.88	18	0.407	1.96	0.1960	0.120	10.60
55 - 56	304.55	78.18	1.41	20	0.452	2.60	0.3448	0.132	18.59
56 - 57	396.90	69.56	1.29	24	0.595	2.62	0.3510	0.155	20.01
57 - 58	468.53	71.07	0.42	24	0.595	1.87	0.1784	0.179	7.52
58 - 59	1061.17	113.05	2.92	27	0.67	4.63	1.0911	0.189	55.22
59 - 60	1179.73	87.22	0.46	36	0.9	2.41	0.2970	0.267	12.30
60 - 61	1208.92	24.62	0.41	36	0.9	2.33	0.2776	0.270	11.09
61 - 62	2062.36	67.05	0.67	39	0.9776	3.22	0.5283	0.298	19.96
62 - 63	2188.90	67.05	1.86	39	0.9776	4.67	1.1118	0.272	50.60
63 - E4	2188.90	72.44	0.69	39	0.9776	3.31	0.5583	0.296	20.44

Tabla 4-5: Resumen de variables de diseño para el alcantarillado pluvial.

VARIABLES DE DISEÑO - AGUAS LLUVIAS								
Pozo	Cota Rasante		Cota Clave		Cota Batea		Prof. a Clave	
	De	A	De	A	De	A	De	A
De - A	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
1 - 2	457.00	456.80	455.50	455.20	455.22	454.91	1.50	1.60
2 - 3	456.80	455.75	455.20	454.45	454.87	454.12	1.60	1.30
3 - 4	455.75	454.65	454.45	453.65	454.04	453.24	1.30	1.00
4 - 23	454.65	454.65	453.65	453.35	453.24	452.94	1.00	1.30
5 - 6	454.65	454.10	452.65	452.15	452.42	451.92	2.00	1.95
6 - 7	454.10	453.10	452.15	451.25	451.82	450.93	1.95	1.85
7 - 8	453.10	451.80	451.25	450.30	450.84	449.90	1.85	1.50
8 - 9	451.80	451.30	450.30	449.55	449.85	449.10	1.50	1.75
9 - 10	451.30	450.60	449.55	449.10	448.96	448.51	1.75	1.50
10 - 11	450.60	447.50	449.10	446.30	448.51	445.71	1.50	1.20
11 - 15	447.50	447.50	446.30	446.25	445.71	445.65	1.20	1.25
15 - 16	447.50	446.75	446.25	445.55	445.58	444.88	1.25	1.20
16 - 17	446.75	445.50	445.55	444.30	444.88	443.63	1.20	1.20
17 - E2	445.50	445.00	444.30	443.80	443.63	443.13	1.20	1.20
11 - 12	447.50	447.50	446.70	446.05	446.42	445.77	0.80	1.45
12 - 13	447.50	446.75	446.05	445.40	445.72	445.07	1.45	1.35
13 - 14	446.75	445.50	445.40	444.50	444.99	444.10	1.35	1.00
14 - E1	445.50	445.00	444.50	444.00	444.05	443.55	1.00	1.00
30 - 15	447.50	447.50	446.70	446.25	446.34	445.89	0.80	1.25
18 - 19	458.30	458.30	457.00	456.70	456.55	456.25	1.30	1.60
19 - 20	458.30	458.30	456.70	456.45	456.25	456.00	1.60	1.85
20 - 21	458.30	456.80	456.45	455.60	456.00	455.15	1.85	1.20
21 - 22	456.80	455.75	455.60	454.55	455.15	454.10	1.20	1.20
22 - 23	455.75	454.65	454.55	453.85	454.10	453.39	1.20	0.80
23 - 24	454.65	454.10	453.85	452.90	453.26	452.31	0.80	1.20
24 - 25	454.10	453.10	452.90	451.90	452.31	451.30	1.20	1.20
25 - 26	453.10	451.80	451.90	451.00	451.31	450.40	1.20	0.80
26 - 27	451.80	451.30	451.00	450.10	450.33	449.43	0.80	1.20
27 - 28	451.30	450.60	450.10	449.40	449.43	448.73	1.20	1.20
28 - 29	450.60	447.50	449.40	446.30	448.73	445.63	1.20	1.20
29 - 30	447.50	447.50	446.30	446.05	445.63	445.38	1.20	1.45
30 - 31	447.50	446.75	446.05	445.55	445.38	444.88	1.45	1.20
31 - 32	446.75	446.75	445.55	444.95	444.88	444.28	1.20	1.80
32 - E3	446.75	445.00	444.95	444.20	444.20	443.45	1.80	0.80
6 - 24	454.10	454.10	453.30	452.90	452.97	452.57	0.80	1.20
33 - 34	458.30	456.80	456.00	455.60	455.67	455.28	2.30	1.20
34 - 35	456.80	455.75	455.60	454.55	455.24	454.19	1.20	1.20
35 - 36	455.75	454.65	454.55	453.35	454.14	452.95	1.20	1.30
36 - 37	454.65	454.10	453.35	452.70	452.90	452.25	1.30	1.40
37 - 38	454.10	453.10	452.70	451.90	452.11	451.30	1.40	1.20
38 - 39	453.10	451.80	451.90	450.60	451.31	450.01	1.20	1.20
39 - 40	451.80	451.30	450.60	450.10	450.01	449.51	1.20	1.20
40 - 41	451.30	450.60	450.10	449.60	449.51	449.01	1.20	1.00
41 - 42	450.60	447.50	449.60	446.70	449.01	446.10	1.00	0.80
42 - 43	447.50	447.50	446.70	446.30	446.03	445.63	0.80	1.20
43 - 61	447.50	447.50	446.30	446.00	445.48	445.17	1.20	1.50
44 - 45	457.50	455.75	456.50	454.55	456.27	454.32	1.00	1.20
45 - 46	455.75	454.65	454.55	453.45	454.19	453.09	1.20	1.20
46 - 36	454.65	454.65	453.45	453.35	452.86	452.76	1.20	1.30
54 - 47	454.10	454.10	453.10	452.90	452.82	452.62	1.00	1.20
47 - 37	454.10	454.10	452.90	452.70	452.54	452.34	1.20	1.40
48 - 49	454.10	454.10	453.30	452.90	453.07	452.67	0.80	1.20
49 - 50	454.10	453.10	452.90	451.90	452.57	451.57	1.20	1.20
50 - 51	453.10	451.80	451.90	450.60	451.49	450.20	1.20	1.20
51 - 52	451.80	451.30	450.60	450.10	450.01	449.50	1.20	1.20
52 - 53	451.30	451.60	450.10	449.95	449.43	449.28	1.20	1.65
53 - 58	451.60	450.60	449.95	449.40	449.28	448.73	1.65	1.20
49 - 54	454.10	454.10	453.20	452.90	452.84	452.53	0.90	1.20
54 - 55	454.10	453.10	452.90	452.10	452.49	451.69	1.20	1.00
55 - 56	453.10	451.80	452.10	451.00	451.65	450.55	1.00	0.80
56 - 57	451.80	451.30	451.00	450.10	450.41	449.51	0.80	1.20
57 - 58	451.30	450.60	450.10	449.80	449.51	449.21	1.20	0.80
58 - 59	450.60	447.50	449.80	446.50	449.13	445.83	0.80	1.00
59 - 60	447.50	447.50	446.50	446.10	445.60	445.20	1.00	1.40
60 - 61	447.50	447.50	446.10	446.00	445.20	445.10	1.40	1.50
61 - 62	447.50	446.75	446.00	445.55	445.02	444.57	1.50	1.20
62 - 63	446.75	445.50	445.55	444.30	444.57	443.33	1.20	1.20
63 - E4	445.50	445.00	444.30	443.80	443.32	442.82	1.20	1.20

Tabla 4-6: Resumen de variables de diseño para el alcantarillado pluvial.
Cotas de diseño.

Caso diferente ocurre en este Alcantarillado que debido a la zona donde está ubicado el proyecto, se pueden presentar lluvias de gran intensidad, es por esta razón que los caudales de diseño varían entre 41.85 l/s y 2188.90 l/s, lo mismo sucede con el diámetro de los colectores en los cuales el más pequeño es de 10” y el más grande llega a ser de 39”. Las velocidades y el esfuerzo cortante también tienen gran variación, pero cumpliendo siempre con lo establecido en la normatividad.

Los detalles del cálculo hidráulico del alcantarillado pluvial se presentan en el anexo B.

4.3 Resultados del Diseño del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR)

En los siguientes numerales se presentará un resumen de los resultados obtenidos para el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales, en estos resúmenes se incluirán parámetros relevantes tales como el volumen de diseño, las medidas de las estructuras, entre otros. Adicionalmente, en el anexo C, se presenta en detalle el diseño de cada uno de los elementos que conforman este sistema.

4.3.1 Trampa de Grasas

Parámetro	Valor	Unidad
Caudal de diseño	0.006654	m ³ /s
Tiempo de retención	3	min
Volumen	1.197680	m ³
Área superficial	1.663445	m ²
Largo	2.60	m
Ancho	0.65	m
Profundidad útil	0.72	m
Borde libre	0.50	m
Dispositivo de entrada	Codo 90° de 10	pulgadas
Dispositivo de salida	Tee de 10	pulgadas

Tabla 4-7: Resumen de los parámetros de diseño para la trampa de grasa.

4.3.2 Pozo Séptico de Acción Múltiple

Parámetro	Valor	Unidad
Volumen útil	87.6747	m ³
Profundidad útil	2.00	m
Ancho	4.70	m
Longitud total	9.60	m
Longitud cámara 1	6.40	m
Longitud cámara 2	3.20	m
Borde libre	0.50	m
Altura total	2.50	m
Dispositivo de entrada	Tee ventilada de 10	pulgadas
Dispositivo de conexión	Tee ventilada de 10	pulgadas
Dispositivo de salida	Tee ventilada de 10	pulgadas
Altura de tabique divisorio	2.45	m

Tabla 4-8: Resumen de los parámetros de diseño para pozo séptico de acción múltiple.

Para el pozo séptico debido a la opción inicial de diseñar uno solo generaba dimensiones muy grandes, se opta por dividir el volumen de diseño y diseñar tres estructuras separadas con menores dimensiones. Esta misma condición se aplica para el tratamiento secundario, es decir el filtro anaerobio.

4.3.3 Filtro Anaerobio

Parámetro	Valor	Unidad
Volumen útil	19.6734	m ³
Profundidad útil	1.60	m
Ancho	4.70	m
Longitud	2.65	m
Perdida de carga	0.20	m
Borde libre	0.20	m

Altura total	2.00	m
Dispositivo de entrada	Codo 90° de 10	pulgadas
Dispositivo de salida	Tubo de 10	pulgadas

Tabla 4-9: Resumen de los parámetros de diseño para el filtro anaerobio.

4.3.4 Humedal Subsuperficial de Flujo Horizontal.

Parámetro	Valor	Unidad
Área superficial	484.4498	m ²
Ancho	20.00	m
Longitud	24.30	m
Longitud de zona inicial	7.30	m
Longitud de zona final	17.00	m
Ancho de celda	10.00	m
Tiempo retención hidráulica	0.755632	día
Número de macrófitas	443	und

Tabla 4-10: Resumen de los parámetros de diseño para el humedal subsuperficial de flujo horizontal.

4.4 Resultados del Presupuesto

A partir de los resultados de los diseños hidráulicos se hace un presupuesto aproximado, se estiman cantidades de obra que tendría el proyecto y con esos valores se procede a calcular el presupuesto, el cual como resultado se arroja un valor aproximado de \$ 8,431,401,607.15 pesos colombianos, en este presupuesto van incluidos costos directos y costos indirectos.

A continuación, se presenta un resumen del presupuesto, en el anexo D se presenta con más detalle el presupuesto.

PRESUPUESTO «LLANO GRANDE»					
Presupuesto del Alcantarillado Sanitario, Pluvial y el Sistema de Tratamiento de Aguas Lluvias del Proyecto «Llano Grande»					
Item	Descripcion	Unidad	Cantidad	Vr/ unitario	Vr/ Total
1	PRELIMINARES				
SUBTOTAL					\$ 31,856,917.84
2	EXCAVACION				
SUBTOTAL					\$ 1,397,310,531.68
3	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA				
SUBTOTAL					\$ 4,282,993,627.81
4	POZOS DE INSPECCION				
SUBTOTAL					\$ 233,703,177.37
5	SUMIDEROS				
SUBTOTAL					\$ 175,906,920.00
6	RELLENO				
SUBTOTAL					\$ 231,946,044.38
7	REPOSICION DE PAVIMENTO FLEXIBLE				
SUBTOTAL					\$ 501,080,835.50
SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS					\$ 6,854,798,054.59
ADMINISTRACION				15%	\$ 1,028,219,708.19
IMPREVISTOS				3%	\$ 205,643,941.64
UTILIDAD				5%	\$ 342,739,902.73
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					\$ 8,431,401,607.15

Tabla 4-11: Resumen del presupuesto del proyecto.

4.5 Planos

Una vez finalizado el diseño hidráulico de los alcantarillados y de la planta de tratamiento, se realizan los planos que se muestran en el anexo E en los que van incluidos la vista en planta donde se evidencia la distribución de las dos redes de alcantarillado, los perfiles de los circuitos de cada una y los detalles de la trampa de grasa, el pozo séptico de acción múltiple, el filtro anaerobio y el humedal artificial.

Capítulo 5

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Se logró presentar una propuesta de diseño para el alcantarillado sanitario y otra para el alcantarillado pluvial, que satisfacen las necesidades de la población residente en el proyecto «Condominio Campestre Llano Grande», los dos diseños hidráulicos cumplen con los criterios establecidos en el Reglamento Técnico del Sector del Agua Potable y Saneamiento Básico que aseguran el correcto funcionamiento de las redes por un periodo de diseño de 25 años.
- Se determinó que la red de alcantarillado sanitario va a estar compuesta de 4884.91 metros de tubería PVC con diámetro de 6” (pulgadas) y 149.44 metros de tubería PVC con diámetro de 8” (pulgadas); el caudal al final de la red se espera que sea de 17.65 l/s asegurando que en la red y en el sistema de tratamiento no se van a generar aumentos en los caudales de diseño ya que es un conjunto cerrado en el que no están permitidas las conexiones erradas ni las ampliaciones de las viviendas; debido a estos diámetros de tubería, los pozos de inspección en su totalidad tendrán un diámetro de 1.20 metros.
- Se estableció que la red de alcantarillado pluvial tendrá una longitud de 4980.47 metros en total, los cuales contarán con diámetros que varían entre tuberías PVC de 10” (pulgadas) y tuberías PVC de 39” (pulgadas); cuando se presente la precipitación crítica se busca evacuar un caudal de 4310.91 l/s por los 4 emisores establecidos; debido a estos diámetros de tubería es que los diámetros de los pozos de inspección serán de 1.20 metros, 1.50 metros y 1.80 metros.

- Teniendo en cuenta las altas tasas de contaminación de los recursos hídricos que se generan por el vertimiento de aguas residuales sin tratar, se realizó el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales descentralizado ideal para poblaciones rurales compuesto por una trampa de grasas de 0.65 metros de ancho, 2.60 metros de largo y 1.22 metros de alto, que maneja un volumen de diseño de 1.1976.80 m³; seguido de tres pozos sépticos de acción múltiple de 9.60 metros de largo, 4.70 metros de ancho y 2.50 metros de alto en los cuales se van a tratar 87.6747 m³ en cada uno de los tanques; complementado por tres filtros anaerobios de flujo ascendente de 2 metros de alto, 2.65 metros de largo y 4,70 metros de ancho en el que se realizara el tratamiento a 19.6734.289 m³ de agua residual y se finalizara el tratamiento con un humedal artificial de flujo subsuperficial que tendrá un caudal de 154.36 m³/día, que realizara el tratamiento en dos celdas de 10.00 metros de ancho y 24.30 metros de largo.
- Debido a los grandes volúmenes que se van a manejar el interior del sistema de tratamiento de aguas residuales, se presentó la necesidad de dividir en tres el caudal de agua residual, esto con el fin de reducir un poco los costos de construcción, facilitar las labores de mantenimiento o de reparación en caso de que se sufra de alguna avería en alguno de los componentes del sistema, esta división asegura que siempre se preste el servicio de tratamiento de aguas residuales mientras se realizan los arreglos y/o mantenimientos pertinentes.
- Se elaboró un presupuesto inicial por un valor de \$ 8,431,401,607.15 pesos, esta cifra puede cambiar debido a que los precios unitarios están en constante fluctuación, adicional a esto, al hacer una optimización del alcantarillado sanitario pueden disminuir las cantidades de obra que también generarían una reducción del valor del presupuesto.
- Se dibujaron los planos para la construcción que complementan este proyecto, los planos contienen la distribución de las tuberías y los pozos de inspección para los alcantarillados sanitario y pluvial, también detalles de los perfiles longitudinales con sus respectivas cotas y por último se presentan los detalles de las estructuras hidráulicas que componen el sistema de tratamiento de aguas residuales.

5.2 Recomendaciones

- La principal recomendación es que se plante y ejecute un programa de limpieza y mantenimientos a los sistemas de los alcantarillados y al sistema de tratamiento para así preservar la calidad de los materiales y por consiguiente alargar al máximo la vida útil del sistema, estos programas de limpieza y mantenimientos evitarán daños graves que pueden terminar en elevados costos de reparación.
- Se recomienda ejecutar una optimización del diseño del alcantarillado pluvial mediante un estudio hidrológico más detallado en la zona de estudio de manera que se logren reducir los diámetros de los colectores y disminuir los caudales al interior de los conductos.
- Se recomienda hacer una revisión detallada de las cantidades de obra y la actualización de los precios para así tener un presupuesto más real.
- Se recomienda llevar un estricto control con las con las reparaciones que se realicen en los sistemas ya que, si se generan fugas de agua en los conductos, esto puede ocasionar que el terreno se desestabilice creando socavones y hundimientos no deseados.
- Es recomendable que el diseño detallado de las estructuras en concreto sea certificado por un ingeniero estructural con el fin de evitar daños en el futuro.
- Como recomendación adicional, se sugiere que se realice una verificación de las variables de diseño del alcantarillado en un software especializado para tener mayor certeza con la propuesta presentada.

Bibliografía

Aguas del Huila. (2014). *Plan de Departamental de Aguas (PDA)*. Aguas del Huila, Huila, Neiva. Obtenido de <http://www.aguadelhuila.gov.co/index.php/pda>

Alarcón Herrera, M. T., Zurita Martínez, F., Lara-Borrero, J. A., & Vidal, G. (2018). *Humedales de Tratamiento: Alternativa de saneamiento de aguas residuales aplicable en América Latina* (1 ed.). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

Barón Velásquez, J. G. (2020). Alternativa para el Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas para el Municipio de Tello - Huila. Neiva, Huila, Colombia.

Comisión Nacional del Agua, CONAGUA. (2015). Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Humedales Artificiales. *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*.

Cuervo Aponte, C. D., & Hernández Espinoza, M. Á. (Agosto de 2018). Diseño y Modelación de un Humedal Artificial Subsuperficial de Flujo Horizontal para Tratamiento de Aguas Residuales en la Vereda Mancilla del Municipio de Facatativa, Cundinamarca. Facatativa, Cundinamarca, Colombia.

DANE. (2019). *Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV)*. Boletín Técnico, DANE, Bogotá. Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/calidad_vida/2019/Boletin_Tecnico_ECV_2019.pdf

Empresas Públicas de Medellín. (Abril / Junio de 1988). Tanque Séptico. *Revista Empresas Públicas de Medellín*, 10(2).

IDEAM. (2017). *Curvas Intensidad, Duración y Frecuencia - IDF, Est. Aeropuerto Benito Salas (Neiva)*. Neiva. Obtenido de

<http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21141/precip+media+%5BModo+de+compatibilidad%5D.pdf/e0ae03be-8e3a-44f8-b5a2-2148a5aeff4d>

López Cualla, R. A. (2003). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados* (Segunda Edición ed.). Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana De Ingeniería.

Maca Millán, G. (2014). *Evaluación Economía de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales en la Ciudad de Guadalajara de Buga*. Universidad del Valle, Santiago de Cali.

Ministerio de Desarrollo Económico. (2000). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico*. Bogotá D.C., Colombia.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (08 de Junio de 2017). Resolución 0330 del 2017. *Resolución Número 0330*. Bogotá D.C., Colombia.

Organización Mundial de la Salud - OMS. (21 de Marzo de 2022). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Saneamiento: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/sanitation#:~:text=Un%20saneamiento%20deficiente%20va%20asociado,la%20resistencia%20a%20los%20antimicrobianos>.

Plomería y Cerámica de Querétaro. (s.f.). *Plomería y Cerámica de Querétaro*. Obtenido de <https://pcqro.com.mx/recomendaciones/historia-del-drenaje/>

Reef Resilience Network. (s.f.). Obtenido de <https://reefresilience.org/es/management-strategies/wastewater-pollution/existing-treatment-systems/>

Rojas, I. R. (2002). *Curso Internacional "Gestión Integral de Tratamiento de Aguas Residuales"*.

SECOP II. (2022). *Colombia Compra Eficiente*.

SERCOIN. (2021). *Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT)*. Alcaldía de Rivera, Huila, Rivera. Obtenido de <https://sites.google.com/view/potriversa-huila/inicio>

Tellez Losada, L. M., & Cardenas Motta, J. J. (2021). Propuesta de diseño del sistema de alcantarillado y planta de tratamiento de aguas residuales para el centro poblado Pueblo Nuevo en el municipio de Gigante - Huila. Neiva, Huila, Colombia.

Valderrama Murillo, C. A., & Moreno Carrero, N. (2017). Diagnóstico de la Infraestructura de la Red de Alcantarillado de la Calle 40 de la Ciudad de Girardot. Girardot, Cundinamarca, Colombia.

Valencia G, E., Silva G, I., & Narváez R, C. (2010). Sistemas Descentralizados Integrados y Sostenibles para el Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas. *Revista Ingeniería y Región*(7), 65 - 72.

Valencia Granada, E., Olaya Macias, M. M., Florez C., V. H., Gaspar T., J. A., Gomez C., M. M., Gonzales R., G. A., . . . Santander V., N. J. (Diciembre de 1997). Saneamiento Rural. *Generalidades Sobre Saneamiento Rural*. Colombia.

A. Anexo: Memoria de Cálculo para el Diseño Hidráulico del Sistema de Alcantarillado Sanitario

En esta memoria de cálculo se explica detalladamente el proceso columna por columna que se debe llevar a cabo para realizar el diseño del alcantarillado sanitario, se plantea el paso a paso del segundo colector y se repite el mismo procedimiento para cada uno de los demás colectores.

Determinación de Caudal de Diseño

Columna 1: Numeración del colector, se pone la forma en la que se va a identificar el colector. Para este caso de ejemplo el colector es el que va del pozo 2 al 3, entonces la identificación 2 – 3.

Columna 2: Área aferente, se utiliza el área de los predios que van a generar aporte de aguas residuales en cada colector. Para el colector 1 – 2 se tiene un área aferente de 0.241091 ha.

Columna 3: Área total, es el área de drenaje acumulada de los colectores aguas arriba. Se debe tener especial cuidado con las áreas de los colectores aguas arriba ya que se debe revisar cual colector descarga en cual teniendo en cuenta la distribución de estos. Para este caso se suma el área aferente del colector 2-3 y el área total del colector 1-2.

$$A_t = A_{aferente} + \Sigma A_{aguas\ arriba}$$

(A.1)

$$Col\ 3_{2-3} = Col\ 2_{2-3} + Col\ 3_{1-2}$$

$$A_{t\ 2-3} = 0.241091\ ha + 0.237383\ ha = 0.478474\ ha$$

Columna 4: Se debe definir el porcentaje del área que está destinado para uso doméstico. En este caso es el 100% del área.

Columna 5: Densidad poblacional, como se dejó establecido en el numeral 3.2.6, la densidad poblacional al aplicar la ecuación (3.2) es de 59 hab/ha. Esta densidad es igual para todos los colectores.

Columna 6: Población servida, es el estimado de personas que se benefician en cada colector, se debe tener en cuenta la población de los colectores aguas arriba.

$$P_i = A_t * D$$

(A.2)

$$Col\ 6_{2-3} = Col\ 3_{2-3} * Col\ 5_{2-3}$$

$$P_i = 0.478474\ ha * 59\ hab/ha = 28\ hab$$

Columna 7: Aporte unitario de aguas residuales, como se estipulo anteriormente, se debe aplicar la ecuación (3.3).

$$q_i = 0.081262\ l/s * ha$$

Columna 8: Porcentaje del área de colector que está destinada para tener un uso industrial. En este caso es 0 en todos los colectores.

Columna 9: Aporte unitario de aguas industriales, para este diseño es 0 en todos los colectores.

Columna 10: Porcentaje del área de colector que está destinada para tener un uso comercial. En este colector es 0 pero existen otros colectores que sí tienen uso comercial.

Columna 11: El aporte unitario de aguas comerciales, para los colectores que si tienen porcentaje de área de uso comercial es como se definió en la metodología, para el colector 2-3 es 0.

Columna 12: Porcentaje del área de colector que está destinada para tener un uso institucional. Para toda la red es 0 ya que no hay aportes de este tipo.

Columna 13: El aporte unitario de aguas residuales institucionales es 0 en todos los colectores.

Columna 14: Porcentaje de área total, la suma de los porcentajes de aportes de área.

$$\%A_T = \%A_D + \%A_I + \%A_C + \%A_{IN}$$

$$(A.3)$$

$$Col\ 14_{2-3} = Col\ 4_{2-3} + Col\ 8_{2-3} + Col\ 10_{2-3} + Col\ 12_{2-3}$$

$$\%A_T = 100\% + 0 + 0 + 0 = 100\%$$

Columna 15: Aporte unitario ponderado, se hace la ponderación de los aportes mencionados anterior mente.

$$q_{iT} = (q_D * \%A_D) + (q_I * \%A_I) + (q_C * \%A_C) + (q_{IN} * \%A_{IN})$$

$$(A.4)$$

$$Col\ 15_{2-3} = (Col\ 7_{2-3} * Col\ 4_{2-3}) + (Col\ 9_{2-3} * Col\ 8_{2-3}) + (Col\ 11_{2-3} * Col\ 10_{2-3})$$

$$+ (Col\ 13_{2-3} * Col\ 12_{2-3})$$

$$\bar{q}_{iT} = (0.08\ (l/s * ha) * 100\%) + 0 + 0 + 0 = 0.08\ l/s * ha$$

Columna 16: Caudal medio diario de aguas residuales (Q_{MD}), es el aporte correspondiente al área total de cada colector, para el tramo 2-3 se tiene:

$$\bar{Q}_l = \bar{q}_{iT} * A_t$$

$$(A.5)$$

$$Col\ 16_{2-3} = Col\ 15_{2-3} * Col\ 3_{2-3}$$

$$\bar{Q}_l = 0.08\ l/s * ha * 0.478474\ ha = 0.039\ l/s$$

Columna 17: Coeficiente de mayoración, se utiliza la ecuación (3.6), la variable P cambia de acuerdo con la población de cada colector.

$$F = 1 + \frac{14}{(4 + \sqrt{P})}$$

$$Col\ 17_{2-3} = 1 + \frac{14}{\left(4 + \sqrt{Col\ 6_{2-3}/1000}\right)}$$

$$F = 1 + \frac{14}{(4 + \sqrt{28/1000})} = 4.359$$

Columna 18: Caudal máximo horario (Q_{MH}), es el caudal medio diario afectado por el coeficiente de mayoración.

$$Q_{MH} = \bar{Q}_l * F$$

$$(A.6)$$

$$Col\ 18_{2-3} = Col\ 16_{2-3} * Col\ 17_{2-3} = 0.039\ l/s * 4.359 = 0.169\ l/s$$

Columna 19: Coeficiente de infiltración (C_{INF}), como se dejó definido en el numeral 3.2.9 el coeficiente es de 0.3 (l/s)*ha para todos los colectores.

Columna 20: Caudal de infiltración (Q_{INF}), es el aporte que se genera por infiltración de agua presente en el suelo al conducto.

$$Q_{INF} = A_t * C_{INF}$$

(A.7)

$$Col\ 20_{2-3} = Col\ 3_{2-3} * Col\ 19_{2-3}$$

$$Q_{INF} = 0.478474\ ha * 0.3\ l/s * ha = 0.14\ l/s$$

Columna 21: Coeficiente de conexiones erradas (C_{CE}), el coeficiente quedó previamente establecido en el numeral 3.2.8, el valor es 0.2 (l/s)*ha para todos los colectores.

Columna 22: Caudal de conexiones erradas, es el caudal generado cuando se realizan conexión hechizar a los colectores.

$$Q_{CE} = A_t * C_{CE}$$

(A.8)

$$Col\ 22_{2-3} = Col\ 3_{2-3} * Col\ 21_{2-3}$$

$$Q_{CE} = 0.478474\ ha * 0.2\ l/s * ha = 0.10\ l/s$$

Columna 23: Caudal de diseño calculado se determina de la siguiente forma:

$$Q_d = Q_{MH} + Q_{INF} + Q_{CE}$$

(A.9)

$$Col\ 23_{2-3} = Col\ 18_{2-3} + Col\ 20_{2-3} + Col\ 22_{2-3}$$

$$Q_{d\ 2-3} = 0.169\ l/s + 0.14\ l/s + 0.10\ l/s = 0.41\ l/s$$

Columna 24: Caudal de diseño adoptado, en esta columna se adopta el caudal mínimo que especifica la norma si el caudal calculado es menor de 1.5 l/s, de lo contrario se adopta el caudal que da como resultado en la columna 23.

$$Q_{d\ 2-3} = 1.5\ l/s$$

En las Tabla A-1 y Tabla A-2 se muestran los resultados de la estimación de caudales para cada colector del alcantarillado sanitario.

Con los caudales determinados se procede a calcular las variables de diseño para cada colector.

Pozo	Área parcial		Doméstico				Industrial		Comercial		Institucional	
	A _i (Aferente)	Área total	Área	Densidad	Poblacion	q _i	Área	q _i	Área	q _i	Área	q _i
De - A	(ha)	(ha)	%	(hab/ha)	(hab)	((l/s)*ha)	%	((l/s)*ha)	%	((l/s)*ha)	%	((l/s)*ha)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1 - 2	0.237383	0.237383	100%	59	14	0.08						
2 - 3	0.241091	0.478474	100%	59	28	0.08						
3 - 4	0.379795	0.858269	100%	59	51	0.08						
4 - 25	0	0.858269	100%	59	51	0.08						
5 - 6	0.128694	0.128694	100%	59	8	0.08						
6 - 7	0.558518	0.687212	100%	59	41	0.08						
7 - 8	0.652171	1.339383	100%	59	79	0.08						
8 - 9	0.615154	1.954537	100%	59	115	0.08						
9 - 10	0.724772	2.679309	100%	59	158	0.08						
10 - 11	0.552422	3.231731	100%	59	191	0.08						
11 - 15	0.712566	4.012222	100%	59	237	0.08						
15 - 16	0.475024	4.487246	100%	59	265	0.08						
11 - 12	0.350095	0.350095	100%	59	21	0.08						
12 - 13	0.663893	1.013988	100%	59	60	0.08						
13 - 14	0.487434	1.501422	100%	59	89	0.08						
14 - 16	0	1.501422	100%	59	89	0.08						
16 - 33	0	5.988668	100%	59	353	0.08						
33 - 66	0	10.07034	100%	59	594	0.08						
17 - 11	0.067925	0.067925	100%	59	4	0.08						
18 - 19	0.01592	0.01592							100%	0.5		
19 - 20	0.01592	0.03184							100%	0.5		
20 - 21	0.158063	0.189903	100%	59	11	0.08						
21 - 22	0.181868	0.371771	100%	59	22	0.08						
22 - 23	0	0.371771	100%	59	22	0.08						
23 - 24	0.190062	0.561833	100%	59	33	0.08						
24 - 25	0	0.561833	100%	59	33	0.08						
25 - 26	0	1.420102	100%	59	84	0.08						
26 - 27	0.3	2.07771	100%	59	123	0.08						
27 - 28	0.2	2.27771	100%	59	134	0.08						
28 - 29	0	2.27771	100%	59	134	0.08						
29 - 30	0.416092	2.693802	100%	59	159	0.08						
30 - 31	0.449496	3.143298	100%	59	185	0.08						
31 - 32	0	3.143298	100%	59	185	0.08						
32 - 33	0.938374	4.081672	100%	59	241	0.08						
6 - 26	0.357608	0.357608	100%	59	21	0.08						
34 - 35	0.199315	0.199315	100%	59	12	0.08						
35 - 36	0.17206	0.371375	100%	59	22	0.08						
36 - 37	0	0.371375	100%	59	22	0.08						
37 - 38	0.172962	0.544337	100%	59	32	0.08						
38 - 39	0	0.544337	100%	59	32	0.08						
39 - 40	0	1.233491	100%	59	73	0.08						
40 - 41	0.299874	1.939169	100%	59	114	0.08						
41 - 42	0.299284	2.238453	100%	59	132	0.08						
42 - 43	0	2.238453	100%	59	132	0.08						
43 - 44	0.434367	2.67282	100%	59	158	0.08						
44 - 45	0.506676	3.179496	100%	59	188	0.08						
45 - 46	0	3.179496	100%	59	188	0.08						
46 - 64	0	3.179496	100%	59	188	0.08						
47 - 48	0.226504	0.226504	100%	59	13	0.08						
48 - 49	0.46265	0.689154	100%	59	41	0.08						
49 - 39	0	0.689154	100%	59	41	0.08						
57 - 50	0.200357	0.200357	100%	59	12	0.08						
50 - 40	0.205447	0.405804	100%	59	24	0.08						
51 - 52	0.162502	0.162502	100%	59	10	0.08						
52 - 53	0.774066	0.936568	100%	59	55	0.08						
53 - 54	0.491452	1.42802	100%	59	84	0.08						
54 - 55	0.401297	1.829317	100%	59	108	0.08						
55 - 56	0.63459	2.463907	100%	59	145	0.08						
56 - 61	0	2.463907	100%	59	145	0.08						
52 - 57	0.28334	0.28334	100%	59	17	0.08						
57 - 58	0.79929	1.08263	100%	59	64	0.08						
58 - 59	0.646266	1.728896	100%	59	102	0.08						
59 - 60	0.570496	2.299392	100%	59	136	0.08						
60 - 61	0.620453	2.919845	100%	59	172	0.08						
61 - 62	1.039194	6.422946	100%	59	379	0.08						
62 - 63	0.716977	7.139923	100%	59	421	0.08						
63 - 64	0.113347	7.25327	100%	59	428	0.08						
64 - 65	0.674836	11.1076	100%	59	655	0.08						
65 - 66	0.807637	11.91524	100%	59	703	0.08						
66 - 67	0	21.98558	100%	59	1297	0.08						
67 - E		21.98558			1297							

Tabla A-1: Estimación de caudal de diseño.

Pozo	Total	Q Medio Diario		Q Máx Horario		Q Infiltración		Conexiones		Caudal Diseño	
	Área	q _i Ponderado	Q	Coef. Mayoración	Q	Coef. Infiltración	Q	Coef. Erradas	Q	Calculado	Adoptado
De - A	%	(l/s)*ha	(l/s)	F	(l/s)	(l/s)*ha	(l/s)	(l/s)*ha	(l/s)	(l/s)	(l/s)
1	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1 - 2	100%	0.081	0.019	4.399	0.085	0.3	0.07	0.2	0.05	0.20	1.50
2 - 3	100%	0.081	0.039	4.359	0.169	0.3	0.14	0.2	0.10	0.41	1.50
3 - 4	100%	0.081	0.070	4.314	0.301	0.3	0.26	0.2	0.17	0.73	1.50
4 - 25	100%	0.081	0.070	4.314	0.301	0.3	0.26	0.2	0.17	0.73	1.50
5 - 6	100%	0.081	0.010	4.425	0.046	0.3	0.04	0.2	0.03	0.11	1.50
6 - 7	100%	0.081	0.056	4.332	0.242	0.3	0.21	0.2	0.14	0.59	1.50
7 - 8	100%	0.081	0.109	4.270	0.465	0.3	0.40	0.2	0.27	1.13	1.50
8 - 9	100%	0.081	0.159	4.226	0.671	0.3	0.59	0.2	0.39	1.65	1.65
9 - 10	100%	0.081	0.218	4.184	0.911	0.3	0.80	0.2	0.54	2.25	2.25
10 - 11	100%	0.081	0.263	4.156	1.091	0.3	0.97	0.2	0.65	2.71	2.71
11 - 15	100%	0.081	0.326	4.120	1.343	0.3	1.20	0.2	0.80	3.35	3.35
15 - 16	100%	0.081	0.365	4.101	1.495	0.3	1.35	0.2	0.90	3.74	3.74
11 - 12	100%	0.081	0.028	4.379	0.125	0.3	0.11	0.2	0.07	0.30	1.50
12 - 13	100%	0.081	0.082	4.298	0.354	0.3	0.30	0.2	0.20	0.86	1.50
13 - 14	100%	0.081	0.122	4.258	0.519	0.3	0.45	0.2	0.30	1.27	1.50
14 - 16	100%	0.081	0.122	4.258	0.519	0.3	0.45	0.2	0.30	1.27	1.50
16 - 33	100%	0.081	0.487	4.047	1.970	0.3	1.80	0.2	1.20	4.96	4.96
33 - 66	100%	0.081	0.818	3.935	3.220	0.3	3.02	0.2	2.01	8.25	8.25
17 - 11	100%	0.081	0.006	4.445	0.025	0.3	0.02	0.2	0.01	0.06	1.50
18 - 19	100%	0.500	0.008	4.500	0.036	0.3	0.00	0.2	0.00	0.04	1.50
19 - 20	100%	0.500	0.016	4.500	0.072	0.3	0.01	0.2	0.01	0.09	1.50
20 - 21	100%	0.081	0.015	4.410	0.068	0.3	0.06	0.2	0.04	0.16	1.50
21 - 22	100%	0.081	0.030	4.375	0.132	0.3	0.11	0.2	0.07	0.32	1.50
22 - 23	100%	0.081	0.030	4.375	0.132	0.3	0.11	0.2	0.07	0.32	1.50
23 - 24	100%	0.081	0.046	4.348	0.198	0.3	0.17	0.2	0.11	0.48	1.50
24 - 25	100%	0.081	0.046	4.348	0.198	0.3	0.17	0.2	0.11	0.48	1.50
25 - 26	100%	0.081	0.115	4.264	0.492	0.3	0.43	0.2	0.28	1.20	1.50
26 - 27	100%	0.081	0.169	4.218	0.712	0.3	0.62	0.2	0.42	1.75	1.75
27 - 28	100%	0.081	0.185	4.206	0.779	0.3	0.68	0.2	0.46	1.92	1.92
28 - 29	100%	0.081	0.185	4.206	0.779	0.3	0.68	0.2	0.46	1.92	1.92
29 - 30	100%	0.081	0.219	4.183	0.916	0.3	0.81	0.2	0.54	2.26	2.26
30 - 31	100%	0.081	0.255	4.160	1.063	0.3	0.94	0.2	0.63	2.63	2.63
31 - 32	100%	0.081	0.255	4.160	1.063	0.3	0.94	0.2	0.63	2.63	2.63
32 - 33	100%	0.081	0.332	4.118	1.366	0.3	1.22	0.2	0.82	3.41	3.41
6 - 26	100%	0.081	0.029	4.377	0.127	0.3	0.11	0.2	0.07	0.31	1.50
34 - 35	100%	0.081	0.016	4.408	0.071	0.3	0.06	0.2	0.04	0.17	1.50
35 - 36	100%	0.081	0.030	4.375	0.132	0.3	0.11	0.2	0.07	0.32	1.50
36 - 37	100%	0.081	0.030	4.375	0.132	0.3	0.11	0.2	0.07	0.32	1.50
37 - 38	100%	0.081	0.044	4.350	0.192	0.3	0.16	0.2	0.11	0.46	1.50
38 - 39	100%	0.081	0.044	4.350	0.192	0.3	0.16	0.2	0.11	0.46	1.50
39 - 40	100%	0.081	0.100	4.279	0.429	0.3	0.37	0.2	0.25	1.05	1.50
40 - 41	100%	0.081	0.158	4.227	0.666	0.3	0.58	0.2	0.39	1.64	1.64
41 - 42	100%	0.081	0.182	4.208	0.766	0.3	0.67	0.2	0.45	1.88	1.88
42 - 43	100%	0.081	0.182	4.208	0.766	0.3	0.67	0.2	0.45	1.88	1.88
43 - 44	100%	0.081	0.217	4.184	0.909	0.3	0.80	0.2	0.53	2.25	2.25
44 - 45	100%	0.081	0.258	4.158	1.074	0.3	0.95	0.2	0.64	2.66	2.66
45 - 46	100%	0.081	0.258	4.158	1.074	0.3	0.95	0.2	0.64	2.66	2.66
46 - 64	100%	0.081	0.258	4.158	1.074	0.3	0.95	0.2	0.64	2.66	2.66
47 - 48	100%	0.081	0.018	4.402	0.081	0.3	0.07	0.2	0.05	0.19	1.50
48 - 49	100%	0.081	0.056	4.332	0.243	0.3	0.21	0.2	0.14	0.59	1.50
49 - 39	100%	0.081	0.056	4.332	0.243	0.3	0.21	0.2	0.14	0.59	1.50
57 - 50	100%	0.081	0.016	4.407	0.072	0.3	0.06	0.2	0.04	0.17	1.50
50 - 40	100%	0.081	0.033	4.370	0.144	0.3	0.12	0.2	0.08	0.35	1.50
51 - 52	100%	0.081	0.013	4.416	0.058	0.3	0.05	0.2	0.03	0.14	1.50
52 - 53	100%	0.081	0.076	4.306	0.328	0.3	0.28	0.2	0.19	0.80	1.50
53 - 54	100%	0.081	0.116	4.263	0.495	0.3	0.43	0.2	0.29	1.21	1.50
54 - 55	100%	0.081	0.149	4.234	0.629	0.3	0.55	0.2	0.37	1.54	1.54
55 - 56	100%	0.081	0.200	4.195	0.840	0.3	0.74	0.2	0.49	2.07	2.07
56 - 61	100%	0.081	0.200	4.195	0.840	0.3	0.74	0.2	0.49	2.07	2.07
52 - 57	100%	0.081	0.023	4.390	0.101	0.3	0.09	0.2	0.06	0.24	1.50
57 - 58	100%	0.081	0.088	4.292	0.378	0.3	0.32	0.2	0.22	0.92	1.50
58 - 59	100%	0.081	0.140	4.241	0.596	0.3	0.52	0.2	0.35	1.46	1.50
59 - 60	100%	0.081	0.187	4.205	0.786	0.3	0.69	0.2	0.46	1.94	1.94
60 - 61	100%	0.081	0.237	4.171	0.990	0.3	0.88	0.2	0.58	2.45	2.45
61 - 62	100%	0.081	0.522	4.033	2.105	0.3	1.93	0.2	1.28	5.32	5.32
62 - 63	100%	0.081	0.580	4.011	2.327	0.3	2.14	0.2	1.43	5.90	5.90
63 - 64	100%	0.081	0.589	4.008	2.362	0.3	2.18	0.2	1.45	5.99	5.99
64 - 65	100%	0.081	0.903	3.911	3.530	0.3	3.33	0.2	2.22	9.08	9.08
65 - 66	100%	0.081	0.968	3.893	3.770	0.3	3.57	0.2	2.38	9.73	9.73
66 - 67	100%	0.081	1.787	3.724	6.654	0.3	6.60	0.2	4.40	17.65	17.65
67 - E			1.787	3.724	6.654	0.3	6.60	0.2	4.40	17.65	17.65

Tabla A-2: (Continuación).

Determinación de Variables de Diseño

Columna 1: Numeración del colector, se pone la forma en la que se va a identificar el colector. Para este caso de ejemplo el colector es el que va del pozo 1 al 2, entonces la identificación 2 – 3.

Columna 2: Longitud de cada Colector, estos valores de longitud para cada colector salen del plano.

$$L_{2-3} = Col\ 2_{2-3} = 75.04\ m$$

Columna 3: Caudal de diseño, es el mismo caudal de la columna 24 de la tabla anterior.

$$Q_{d2-3} = Col\ 3_{2-3} = 1.50\ l/s$$

Columna 4: Pendiente longitudinal del colector, es la inclinación que tiene el conducto entre pozo y pozo, se expresa en porcentaje. Esta pendiente se obtiene al determinar las profundidades a la cota clave en cada punto. La estimación de la pendiente se realiza de la misma manera que en los otros colectores.

$$S_{2-3} = \left(\frac{(CC_2 - CC_3)}{L_{2-3}} \right) * 100$$

(A.10)

$$Col\ 4_{2-3} = \left(\frac{(Col\ 34_{2-3} - Col\ 35_{2-3})}{Col\ 2_{2-3}} \right) * 100$$

$$Col\ 4_{2-3} = \left(\frac{(455.6\ m.\ s.\ n.\ m - 454.55\ m.\ s.\ n.\ m)}{75.04\ m} \right) * 100 = 1.40\ \%$$

Columna 5: Diámetro teórico del tubo, se calcula utilizando la ecuación (3.8) que se encuentra en el numeral 3.2.13. Este proceso se aplica en todos los colectores.

$$D_{2-3} = 1.548 * \left(\frac{n\ Q_{2-3}}{S_{2-3}^{1/2}} \right)^{3/8}$$

$$Col\ 5_{2-3} = 1.548 * \left(\frac{n * Col\ 3_{2-3}}{Col\ 4_{2-3}^{1/2}} \right)^{3/8}$$

$$D_{2-3} = 1.548 * \left(\frac{0.01 * \left(\frac{1.5 \text{ l/s}}{1000} \right)}{\left(\frac{1.40 \%}{100} \right)^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}} = 0.0535 \text{ m}$$

Columna 6: Diámetro teórico nominal, se convierte el diámetro de la columna anterior de metros (m) a pulgadas (in).

$$D_{2-3} = \frac{D_{2-3}}{0.0254 \text{ m}}$$

(A.11)

$$\text{Col } 6_{2-3} = 2.00 \text{ in}$$

Columna 7: Diámetro del colector seleccionado, manualmente se selecciona el diámetro adecuado teniendo en cuenta el diámetro calculado ya que debe ser mayor a este, también se debe tener en cuenta la norma ya que, si el diámetro calculado es muy pequeño, se debe adoptar el diámetro mínimo permitido en la RAS 2000.

$$Dc_{2-3} = \text{Col } 7_{2-3} = 6 \text{ in}$$

Columna 8: Diámetro interno real del conducto. Se selecciona el diámetro real que interno del conducto de acuerdo con la tabla del fabricante del conducto.

$$Dc \text{ interno }_{2-3} = \text{Col } 8_{2-3} = 0.145 \text{ m}$$

Columna 9: Caudal a tubo lleno, es la capacidad que tiene el tubo. El diámetro debe expresarse en metros (m) y la pendiente en decimales.

$$Q_{0 \text{ } 2-3} = 312 * \left(\frac{Dc \text{ interno }_{2-3}^{\frac{8}{3}} * S_{2-3}^{\frac{1}{2}}}{\eta} \right)$$

(A.12)

$$\text{Col } 9_{2-3} = 312 * \left(\frac{\text{Col } 8_{2-3}^{\frac{8}{3}} * \text{Col } 4_{2-3}^{\frac{1}{2}}}{0.01} \right)$$

$$Q_{0 \text{ } 2-3} = 312 * \left(\frac{0.145 \text{ m}^{\frac{8}{3}} * 0.0140^{\frac{1}{2}}}{0.01} \right) = 21.42 \text{ l/s}$$

Columna 10: Velocidad a tubo lleno, se calcula mediante la ecuación de la continuidad. El caudal a tubo se debe expresar en m³/s y el área del tubo en m².

$$V_{0\ 2-3} = \frac{Q_{0\ 2-3}}{A_{Tubo}}$$

(A.13)

$$Col\ 10_{2-3} = \frac{\frac{Col\ 9_{2-3}}{1000}}{\pi * \frac{Col\ 8_{2-3}^2}{4}}$$

$$V_{0\ 2-3} = \frac{\frac{21.42\ l/s}{1000}}{\pi * \frac{0.145^2}{4}}$$

$$V_{0\ 2-3} = 1.30\ m/s$$

Columna 11: Relación de caudales, se realiza la relación entre caudal de diseño y el caudal a tubo lleno.

$$\frac{Q_{2-3}}{Q_{0\ 2-3}}$$

(A.14)

$$Col\ 11_{2-3} = \frac{Col\ 3_{2-3}}{Col\ 9_{2-3}}$$

$$\frac{Q_{2-3}}{Q_{0\ 2-3}} = \frac{1.50\ l/s}{21.42\ l/s} = 0.07$$

Columna 12: Relación de velocidades, es la relación entre la velocidad real y la velocidad a tubo lleno, para determinar el valor, se debe tener en cuenta el valor obtenido en la relación de caudales y así, revisando la Tabla 3-5 conseguir un valor para esta variable. Para el caso de este colector, el valor es de 0.492.

$$\frac{V_{2-3}}{V_{0\ 2-3}} = Col\ 12_{2-3} = 0.492$$

(A.15)

Columna 13: Relación entre lámina de agua y diámetro interno, al igual que la relación de velocidades, el valor de esta variable proviene de la Tabla 3-5.

$$\frac{d_{2-3}}{D_{2-3}} = Col\ 13_{2-3} = 0.210$$

$$(A.16)$$

Columna 14: Relación entre el radio hidráulico de la sección de flujo y el radio hidráulico de la sección a tubo lleno, el valor se obtiene de la misma manera que los relaciones anteriores encontradas en la Tabla 3-5.

$$\frac{R_{2-3}}{R_{0\ 2-3}} = Col\ 14_{2-3} = 0.510$$

$$(A.17)$$

Columna 15: Relación entre profundidad hidráulica de la sección de flujo y el diámetro interno de la tubería, este valor se encuentra establecido Tabla 3-5.

$$\frac{H_{2-3}}{Dc\ interno_{2-3}} = Col\ 15_{2-3} = 0.140$$

$$(A.18)$$

Columna 16: Velocidad real, se determina la velocidad real del flujo mediante la siguiente ecuación y se debe cumplir lo establecido en el numeral 3.2.16.

$$V_{2-3} = \frac{V_{2-3}}{V_{0\ 2-3}} * V_{0\ 2-3}$$

$$(A.19)$$

$$Col\ 16_{2-3} = Col\ 12_{2-3} * Col\ 10_{2-3}$$

$$V_{2-3} = 0.492 * 1.30\ m/s$$

$$V_{2-3} = 0.64\ m/s$$

Columna 17: Altura de velocidad, utilizando la siguiente ecuación se determina la energía cinética que tendría la velocidad.

$$\frac{V_{2-3}^2}{2\ g}$$

$$(A.20)$$

$$Col\ 17_{2-3} = \frac{Col\ 16_{2-3}^2}{2\ g}$$

$$\frac{V_{2-3}^2}{2\ g} = \frac{(0.64\ m/s)^2}{2\ (9.806\ m/s^2)}$$

$$\frac{V_{2-3}^2}{2\ g} = 0.0208\ m$$

Columna 18: Radio hidráulico, se utiliza la siguiente ecuación para calcular el valor de esta variable.

$$R_{2-3} = \frac{R_{2-3}}{R_{0\ 2-3}} * \frac{Dc\ interno_{2-3}}{4}$$

(A.21)

$$Col\ 18_{2-3} = Col\ 14_{2-3} * \frac{Col\ 8_{2-3}}{4}$$

$$R_{2-3} = 0.510 * \frac{0.145\ m}{4}$$

$$R_{2-3} = 0.02\ m$$

Columna 19: Esfuerzo cortante, esta variable asegura que se genere una autolimpieza en la parte interna del tubo y no se tapone con material transportado.

$$\tau_{2-3} = \gamma_{AguaSanitaria} * R_{2-3} * S_{2-3}$$

(A.22)

$$Col\ 19_{2-3} = \gamma_{AguaSanitaria} * Col\ 17_{2-3} * Col\ 4_{2-3}$$

$$\tau_{2-3} = \left(9.801\ kN/m^2 * \left(\frac{1000\ N}{1\ kN} \right) \right) * 0.02\ m * \frac{1.40\ \%}{100}$$

$$\tau_{2-3} = 2.54\ N/m^2$$

Columna 20: Lámina de agua, es la altura que tendrá el flujo al interior del conducto.

$$d_{2-3} = \frac{d_{2-3}}{D_{2-3}} * Dc\ interno_{2-3}$$

(A.23)

$$Col\ 20_{2-3} = Col\ 13_{2-3} * Col\ 8_{2-3}$$

$$d_{2-3}^2 = 0.210 * 0.145\ m$$

$$d_{2-3} = 0.03\ m$$

Columna 21: Energía específica, es la suma de la altura de velocidad y la lámina de agua.

$$E_{2-3} = \frac{V_{2-3}^2}{2\ g} + d_{2-3}$$

(A.24)

$$Col\ 21_{2-3} = Col\ 17_{2-3} + Col\ 13_{2-3}$$

$$E_{2-3} = 0.0208 \text{ m} + 0.03 \text{ m}$$

$$E_{2-3} = 0.05 \text{ m}$$

Columna 22: Profundidad hidráulica de la sección de flujo, se calcula teniendo como base las relaciones determinadas anteriormente.

$$H_{2-3} = \frac{H_{2-3}}{Dc \text{ interno }_{2-3}} * Dc \text{ interno }_{2-3}$$

(A.25)

$$Col 22_{2-3} = Col 15_{2-3} * Col 8_{2-3}$$

$$H_{2-3} = 0.140 + 0.145 \text{ m}$$

$$H_{2-3} = 0.0203 \text{ m}$$

Columna 23: Número de Froude, se utiliza la siguiente ecuación para determinarlo, con este valor se puede establecer el tipo de régimen en el que se encuentra el flujo.

$$NF_{2-3} = \frac{V_{2-3}}{\sqrt{g * H_{2-3}}}$$

(A.26)

$$Col 23_{2-3} = \frac{Col 16_{2-3}}{\sqrt{g * Col 22_{2-3}}}$$

$$NF_{2-3} = \frac{0.64 \text{ m/s}}{\sqrt{9.806 \text{ m} * 0.0203 \text{ m}}}$$

$$NF_{2-3} = 1.43$$

Una vez calculado el número de Froude, se verifica en qué régimen está el flujo manejando la siguiente condición.

$$\textit{Subcrítico} \ 1 > NF > 1 \ \textit{Supercrítico}$$

Columna 24: Pérdida de energía total, dependiendo del tipo de régimen en el que se encuentre el flujo, se debe aplicar una ecuación diferente.

- **Para Régimen Subcrítico:**

$$h_T = h_{Transicion} + h_{Curva}$$

- **Para Régimen Supercrítico:**

$$h_T = 40 \% * E$$

Como se puede observar, el valor del número de Froude para el colector 2-3 es de 1.43, se considera que el flujo se encuentra en un régimen supercrítico, por esta razón, para determinar las pérdidas de energía se utiliza la ecuación (3.13) para estimar el valor de esta variable.

$$\begin{aligned}h_{T\ 2-3} &= 40 \% * E \\Col\ 24_{2-3} &= 40 \% * Col\ 21_{2-3} \\h_{T\ 2-3} &= 40 \% * 0.05\ m \\h_{T\ 2-3} &= 0.205\ m\end{aligned}$$

En el diseño de este alcantarillado, todos los colectores trabajan con un régimen de flujo supercrítico, es por esta razón que en todos los colectores se utiliza la ecuación (3.13) para determinar las pérdidas de energía.

▪ Cotas de Diseño

Columna 25: Cota rasante del pozo inicial, es la cota del terreno tomada del levantamiento topográfico para el inicio del colector, para este ejemplo es la cota del pozo 2.

$$CR_{PI\ 2-3} = Col\ 25_{2-3} = 456.80\ m.\ s.\ n.\ m$$

Columna 26: Cota rasante del pozo final, es la cota que tiene el colector al final, es tomada del levantamiento topográfico, para este caso la cota corresponde a la cota del pozo 3.

$$CR_{PF\ 2-3} = Col\ 26_{2-3} = 455.75\ m.\ s.\ n.\ m$$

Columna 27: Cota clave del pozo inicial, es la cota de la parte externa más alta de los conductos, en este caso se toma la cota en del pozo 2, se utiliza la siguiente ecuación.

$$\begin{aligned}CC_{PI\ 2-3} &= CR_{PI\ 2-3} - PC_{PI\ 2-3} \\&\quad (A.27)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Col\ 27_{2-3} &= Col\ 25_{2-3} - Col\ 35_{2-3} \\CC_{PI\ 2-3} &= 456.80\ m.\ s.\ n.\ m - 1.20\ m \\CC_{PI\ 2-3} &= 455.60\ m.\ s.\ n.\ m\end{aligned}$$

Columna 28: Cota clave del pozo final, es la cota de la parte externa más alta de los conductos, en este caso se toma la cota en del pozo 3, se utiliza la siguiente ecuación.

$$CC_{PF\ 2-3} = CR_{PF\ 2-3} - PC_{PF\ 2-3}$$

(A.28)

$$Col\ 28_{2-3} = Col\ 26_{2-3} - Col\ 36_{2-3}$$

$$CC_{PF\ 2-3} = 455.75\ m.s.n.m - 1.20\ m$$

$$CC_{PF\ 2-3} = 454.55\ m.s.n.m$$

Columna 29: Cota batea del pozo inicial, es la cota de la parte interna más baja de los conductos, en este caso se toma la cota en del pozo 2, se utiliza la siguiente ecuación.

$$CB_{PI\ 2-3} = CC_{PI\ 2-3} - Dc\ interno\ 2-3$$

(A.29)

$$Col\ 29_{2-3} = Col\ 27_{2-3} - Col\ 8_{2-3}$$

$$CB_{PI\ 2-3} = 455.60\ m.s.n.m - 0.145\ m$$

$$CB_{PI\ 2-3} = 455.46\ m.s.n.m$$

Columna 30: Cota batea del pozo final, es la cota de la parte interna más baja de los conductos, en este caso se toma la cota en del pozo 3, se utiliza la siguiente ecuación.

$$CB_{PF\ 2-3} = CB_{PI\ 2-3} - (L_{2-3} * S_{2-3})$$

(A.30)

$$Col\ 30_{2-3} = Col\ 29_{2-3} - (Col\ 2_{2-3} * Col\ 4_{2-3})$$

$$CB_{PF\ 2-3} = 455.46\ m.s.n.m - (75.04\ m * 1.40\ \%)$$

$$CB_{PF\ 2-3} = 454.41\ m.s.n.m$$

Columna 31: Cota lamina del pozo inicial, es la cota a la quedaría la lámina de agua al interior de los conductos, en este caso se toma la cota en del pozo 2, se utiliza la siguiente ecuación.

$$CL_{PI\ 2-3} = CB_{PI\ 2-3} + d_{2-3}$$

(A.31)

$$Col\ 31_{2-3} = Col\ 29_{2-3} - Col\ 20_{2-3}$$

$$CL_{PI\ 2-3} = 455.46\ m.s.n.m + 0.03\ m$$

$$CL_{PI\ 2-3} = 455.49\ m.s.n.m$$

Columna 32: Cota lamina del pozo inicial, es la cota a la quedaría la lámina de agua al interior de los conductos, en este caso se toma la cota en del pozo 3, se utiliza la siguiente ecuación.

$$CL_{PF\ 2-3} = CB_{PI\ 2-3} - (L_{2-3} * S_{2-3})$$

(A.32)

$$Col\ 32_{2-3} = Col\ 31_{2-3} - (Col\ 2_{2-3} * Col\ 4_{2-3})$$

$$CL_{PF\ 2-3} = 455.49\ m.s.n.m - (75.04\ m * 1.40\ \%)$$

$$CL_{PF\ 2-3} = 454.44\ m.s.n.m$$

Columna 33: Cota de energía del pozo inicial, para este caso se toma la cota en del pozo 2, se utiliza la siguiente ecuación.

$$CE_{PI\ 2-3} = CE_{PF\ 1-2} - h_{T\ 1-2}$$

(A.33)

$$Col\ 33_{2-3} = Col\ 34_{1-2} - Col\ 24_{1-2}$$

$$CE_{PI\ 2-3} = 455.50\ m.s.n.m - 0.019\ m$$

$$CE_{PI\ 2-3} = 455.48\ m.s.n.m$$

Columna 34: Cota de energía del pozo inicial, este caso se determina la cota en del pozo 3, se utiliza la siguiente ecuación.

$$CE_{PF\ 2-3} = CE_{PI\ 2-3} - (L_{2-3} * S_{2-3})$$

(A.34)

$$Col\ 34_{2-3} = Col\ 33_{2-3} - (Col\ 2_{2-3} * Col\ 4_{2-3})$$

$$CE_{PF\ 2-3} = 455.48\ m.s.n.m - (75.04\ m * 1.40\ \%)$$

$$CE_{PF\ 2-3} = 454.43\ m.s.n.m$$

Columna 35: Profundidad a clave del pozo inicial, esta variable es la profundidad desde el terreno hasta la cota clave. Estos valores los asigna el diseñador.

$$Hc_{PI\ 2-3} = Col\ 35_{2-3} = 1.20\ m$$

Columna 36: Profundidad a clave del pozo final, esta variable es la profundidad desde el terreno hasta la cota clave. Estos valores los asigna el diseñador.

$$Hc_{PF\ 2-3} = Col\ 36_{2-3} = 1.20\ m$$

B. Anexo: Memoria de Cálculo para el Diseño Hidráulico del Sistema de Alcantarillado Pluvial

Ya que el alcantarillado sanitario y el alcantarillado pluvial funcionan de manera similar, en este anexo se detallarán las variables de diseño que tienen en común pero que se determinan de manera diferente y las que no tienen en común; adicional a esto, debido a los diámetros que se emplean en este sistema, se ha logrado mantener el régimen del flujo de algunos colectores en subcrítico, en necesario detallar el procedimiento requerido para determinar las pérdidas de energía en los colectores que manejan el régimen subcrítico.

A continuación, se presenta una relación de las columnas del anexo B que funcionan igual que algunas columnas del anexo A.

Anexo B	=	Anexo A	Anexo B	=	Anexo A
Col 1	=	Col 1	Col 29	=	Col 19
Col 13	=	Col 2	Col 30	=	Col 20
Col 14	=	Col 4	Col 31	=	Col 21
Col 15	=	Col 5	Col 32	=	Col 22
Col 16	=	Col 6	Col 33	=	Col 23
Col 17	=	Col 7	Col 38	=	Col 25
Col 18	=	Col 8	Col 39	=	Col 26
Col 19	=	Col 9	Col 40	=	Col 27
Col 20	=	Col 10	Col 41	=	Col 28
Col 21	=	Col 11	Col 42	=	Col 29
Col 22	=	Col 12	Col 43	=	Col 30
Col 23	=	Col 13	Col 44	=	Col 31
Col 24	=	Col 14	Col 45	=	Col 32
Col 25	=	Col 15	Col 46	=	Col 33
Col 26	=	Col 16	Col 47	=	Col 34
Col 27	=	Col 17	Col 48	=	Col 35
Col 28	=	Col 18	Col 49	=	Col 36

Tabla B-1: Relación de funcionamiento de columnas entre anexo B y anexo A.

Son pocas las ecuaciones que se aplican de manera diferente entre el diseño del alcantarillado sanitario y el diseño del alcantarillado pluvial, a continuación, se presentan las columnas que son diferentes con sus respectivas ecuaciones.

En este anexo se pondrá como ejemplo el colector 47-37.

Columna 2: Área total, es el área aferente del colector más área de los colectores aguas arriba que aportan caudal al colector de estudio.

$$A_{t\ 47-37} = A_{aferente} + \Sigma A_{aguas\ arriba}$$

(B.1)

$$A_{t\ 47-37} = Col\ 2_{47-37} = 0.660854\ ha$$

Columna 3: Coeficiente de escorrentía, este coeficiente es definido por el diseñador con ayuda de la Tabla 3-6.

$$C_{3\ 47-37} = Col\ 3_{47-37} = 0.45$$

Columna 4: Tiempo de concentración, es el tiempo que tarda la lluvia en llegar al colector, en ningún caso este puede ser menor a 10 minutos y mayor a 20 minutos. Es la suma del tiempo de entrada y el tiempo de salida. Se emplea la ecuación (3.15) para estimar este valor.

$$T_{C\ 47-37} = T_e + T_s$$

$$Col\ 4_{47-37} = Col\ 5_{47-37} + Col\ 6_{47-37}$$

$$T_{C\ 47-37} = 10\ min + 1.07\ min$$

$$T_{C\ 47-37} = 11.07\ min$$

Columna 5: Tiempo de entrada, para este colector el tiempo de entrada es igual al tiempo de concentración del colector anterior. Para pozos iniciales este valor no puede ser menor a 5 min. Para establecer el valor es necesario utilizar la ecuación (3.17).

$$T_e\ 47-37 = T_{C\ 54-47}$$

$$Col\ 5_{47-37} = Col\ 4_{54-47} = 10\ min$$

Columna 6: Tiempo de salida, este tiempo es lo que demora el agua en recorrer el conducto, para determinar el valor primero se tiene que suponer una velocidad del agua, en este caso se toma la mínima que es de 0.75 m/s. se usa la ecuación (3.18) para calcular esta variable

$$T_{s\ 47-37} = \frac{L_{54-47}}{45\ m/min}$$

$$Col\ 6_{47-37} = \frac{Col\ 13_{47-37}}{45\ m/min}$$

$$T_{s\ 47-37} = \frac{48.08\ m}{45\ m/min}$$

$$T_{s\ 47-37} = 1.07\ min$$

Columna 7: Tiempo de salida real, este tiempo se mide con la velocidad obtenida dentro del conducto, se emplea la siguiente ecuación, la velocidad debe convertirse a m/min.

$$T_{s\ Real\ 47-37} = \frac{L_{47-37}}{V_{47-37}}$$

(B.2)

$$Col\ 7_{47-37} = \frac{Col\ 13_{47-37}}{Col\ 26_{47-37}}$$

$$T_{s\ Real\ 47-37} = \frac{48.08\ m}{1.27\ m/seg * 60\ seg/min}$$

$$T_{s\ Real\ 47-37} = 0.63\ min$$

Columna 8: Error, es la diferencia porcentual que tiene el tiempo de salida con la velocidad entre la real obtenida y tiempo de salida con la velocidad supuesta inicialmente.

$$Error_{47-37} = \left(\frac{T_{s\ Real\ 47-37}}{T_{s\ 47-37}} \right) - 1$$

(B.3)

$$Col\ 8_{47-37} = \left(\frac{Col\ 7_{47-37}}{Col\ 6_{47-37}} \right) - 1$$

$$Error_{47-37} = \left(\frac{0.63\ min}{1.07\ min} \right) - 1$$

$$Error_{47-37} = -0.41 = -41\%$$

Columna 9: Frecuencia, con la Tabla 3-7 se define la frecuencia con la que ocurrirá una lluvia de dicha intensidad

$$F_{47-37} = Col\ 9_{47-37} = 3\ años$$

Columna 10: Intensidad, una vez definido el periodo de retorno, es decir la frecuencia, se calcula la intensidad con las constantes especificadas en la Figura 3-5 para el periodo de retorno de 3 años.

$$I_{47-37} = \frac{8453.008}{(T_{C\ 47-37} + 41.254)^{1.064}}$$

(B.4)

$$Col\ 10_{47-37} = \frac{8453.008}{(Col\ 4_{47-37} + 41.254)^{1.064}}$$

$$I_{47-37} = \frac{8453.008}{(11.07\ min + 41.254)^{1.064}}$$

$$I_{47-37} = 125.41\ mm/h$$

Columna 11: Intensidad, se expresa la intensidad en (l/s)*ha.

$$I_{47-37} = I_{47-37} * 2.78$$

(B.5)

$$Col\ 11_{47-37} = Col\ 10_{47-37} * 2.78$$

$$I_{47-37} = 125.41\ mm/h * 2.78$$

$$I_{47-37} = 348.64\ (l/s) * ha$$

Columna 12: Caudal, se necesita de la intensidad, el coeficiente de escorrentía y el área total para determinar el caudal de diseño en cada colector.

$$Q_{47-37} = C_{3\ 47-37} * I_{47-37} * A_{t\ 47-37}$$

(B.6)

$$Col\ 12_{47-37} = Col\ 3_{47-37} * Col\ 11_{47-37} * Col\ 2_{47-37} *$$

$$Q_{47-37} = 0.45 * 348.64\ (l/s) * ha * 0.660854\ ha *$$

$$Q_{47-37} = 103.68\ l/s$$

Las siguientes columnas funcionan igual que en el anexo A tal como se relacionó al inicio de este anexo.

Columna 34: Relación r_c/D_s , se debe estimar el valor del radio de curvatura para este colector, se aplica la ecuación (3.11):

$$r_{c\ 47-37} = \frac{D_{p\ 47-37}}{2 * \tan\left(\frac{\alpha_{47-37}}{2}\right)}$$

$$r_{c\ 47-37} = \frac{1.20\ m}{2 * \tan\left(\frac{90^\circ}{2}\right)}$$

$$r_{c\ 47-37} = 0.60$$

Con eso se establece la relación

$$\frac{r_c}{D_{s\ 47-37}} = \frac{r_{c\ 47-37}}{D_{p\ 37-38}}$$

(B.7)

$$Col\ 34_{47-37} = \frac{r_{c\ 47-37}}{Col\ 18_{37-38}}$$

$$\frac{r_c}{D_{s\ 47-37}} = \frac{0.60}{0.595\ m}$$

$$\frac{r_c}{D_{s\ 47-37}} = 1.008$$

Columna 35: Pérdidas de energía por cambio de dirección, como se puede observar, el resultado es 1.008, entonces, de acuerdo con la Figura 3-8 la constante que se debe utilizar es 0.40.

$$h_{Curva\ 47-37} = 0.40 \left(\frac{\frac{V^2}{2g_{47-37}} + \frac{V^2}{2g_{37-38}}}{2} \right)$$

$$Col\ 35_{47-37} = 0.40 \left(\frac{Col\ 27_{47-37} + Col\ 27_{37-38}}{2} \right)$$

$$h_{Curva\ 47-37} = 0.40 \left(\frac{0.0824\ m + 0.3485\ m}{2} \right)$$

$$r_{c\ 47-37} = 0.0862\ m$$

Columna 36: Pérdidas de energía por transición, se debe verificar la velocidad para establecer que valor de la constante k se debe utilizar.

Se tiene entonces que la velocidad en el colector 47-37 es de 1.27 m/s y la del colector 37-38 es de 2.61 m/s, como se generó un incremento de velocidad, se utiliza el valor para k de 0.1.

$$h_{Transicion\ 47-37} = 0.10 \left| \frac{V^2}{2g_{47-37}} - \frac{V^2}{2g_{37-38}} \right|$$

$$Col\ 36_{47-37} = 0.10 \mid Col\ 27_{47-37} - Col\ 27_{37-38} \mid$$

$$h_{Transicion\ 47-37} = 0.10 \mid 0.0824\ m - 0.3485\ m \mid$$

$$h_{Transicion\ 47-37} = 0.0266\ m$$

Columna 37: Pérdidas de energía, determinadas las pérdidas por cambio de dirección y transición, se utiliza la ecuación (3.10) para estimar las pérdidas totales.

$$h_{T\ 47-37} = h_{Transicion\ 47-37} + h_{Curva\ 47-37}$$

$$Col\ 37_{47-37} = Col\ 36_{47-37} + Col\ 35_{47-37}$$

$$h_{T\ 47-37} = 0.0862\ m + 0.0266\ m$$

$$h_{T\ 47-37} = 0.11.28\ m$$

A partir de acá, el procedimiento para determinar las cotas de diseño es el mismo que el realizado en el anexo A.

A continuación, se presentan las tablas completas con todas las variables del diseño hidráulico y todos los colectores que componen la red de alcantarillado pluvial.

C. Anexo: Memoria de Cálculo para el Diseño del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR)

Se presentan los cálculos utilizados para el diseño de cada uno de los elementos que componen el sistema de tratamiento de aguas residuales que será utilizado.

Trampa de Grasas:

- ***Caudal de Diseño:***

Para el diseño de la trampa de grasas se utiliza el caudal máximo horario calculado en el diseño del alcantarillado. Se implementa la ecuación (3.19).

$$Q_{dTG} = 6.654 \text{ l/s}$$
$$Q_{dTG} = 0.006654 \text{ m}^3/\text{s}$$

- ***Tiempo de Retención:***

Se determina según la Tabla 3-9.

$$Tr_{TG} = 3 \text{ min}$$

- ***Volumen de la Trampa de Grasa:***

Para el volumen se debe utilizar la ecuación (3.20).

$$V_{TG} = Q_{dTG} * Tr_{TG}$$
$$V_{TG} = 0.006654 \text{ m}^3/\text{s} * (60 \text{ s} * 3 \text{ min})$$
$$V_{TG} = 1.197680 \text{ m}^3$$

- ***Velocidad Ascendente:***

Se asume la velocidad ascendente mínima según la norma RAS 2000.

$$VA_{TG} = 4 \text{ mm/s}$$

▪ **Área superficial:**

Se utiliza la ecuación (3.21) para estimar este valor.(3.21

$$As_{TG} = \frac{Q_{dTG}}{VA_{TG}}$$

$$As_{TG} = \frac{0.006654 \text{ m}^3/\text{s}}{0.004 \text{ m/s}} = 1.663445 \text{ m}^2$$

▪ **Dimensiones de la Trampa de Grasa:**

De acuerdo con la relación determinada anteriormente, se utilizan las ecuaciones (3.22), (3.23) y (3.24) para determinar dimensiones.

Para el ancho:

$$B_{TG} = \sqrt{\frac{As_{TG}}{4}}$$

$$B_{TG} = \sqrt{\frac{1.663445 \text{ m}^2}{4}} = 0.644873 \text{ m} \cong 0.65 \text{ m}$$

Para la longitud:

$$L_{TG} = 4 * B_{TG}$$

$$L_{TG} = 4 * 0.65 \text{ m} = 2.60 \text{ m}$$

Para la Profundidad útil:

$$Hu_{TG} = \frac{V_{TG}}{As_{TG}}$$

$$H_{TG} = \frac{1.197680 \text{ m}^3}{1.663445 \text{ m}^2}$$

$$H_{TG} = 0.72 \text{ m}$$

Pozo Séptico de Acción Múltiple:

▪ **Volumen Útil:**

Para la determinación del volumen se utiliza la población servida que se determina con la ecuación (3.25).

$$Vu_{PS} = 1000 + N_C * (CT + KL_f)$$

$$Vu_{PS} = 1000 + 1297 \text{ hab} * \left(130 \frac{\text{L}}{\text{hab}} * 0,5 \text{ días} + 137 \text{ días} * 1 \frac{\text{L}}{\text{hab}} \right)$$

$$Vu_{PS} = 263024 \text{ l} = 263.0241 \text{ m}^3$$

$$Vu_{PS} = \frac{263.0241 \text{ m}^3}{3} = 87.6747 \text{ m}^3$$

▪ **Dimensiones del Pozo Séptico:**

Se determinan las dimensiones de pozo utilizando las ecuaciones (3.28) y (3.29).

Profundidad Útil:

Teniendo como referencia la Tabla 3-13, se asume el siguiente valor para la profundidad útil del pozo séptico.

$$y_{PS} = 2.00 \text{ m}$$

Para el ancho:

$$B_{PS} = \sqrt{\frac{Vu_{PS}}{2y_{PS}}}$$

$$B_{PS} = \sqrt{\frac{87.6747 \text{ m}^3}{2 * 2.00 \text{ m}}}$$

$$B_{PS} = 4.6817 \text{ m} \cong 4.70 \text{ m}$$

Para la longitud:

$$L_{PS} = \frac{Vu_{PS}}{B_{PS} * y_{PS}}$$

$$L_{PS} = \frac{87.6747 \text{ m}^3}{4.70 \text{ m} * 2.00 \text{ m}}$$

$$L_{PS} = 9.3271 \text{ m} \cong 9.60 \text{ m}$$

El pozo séptico se divide en dos cámaras, se determinan las medidas de cada una de las cámaras a continuación utilizando las ecuaciones (3.30) y (3.31):

Primera cámara:

$$L_{C1} = \frac{2}{3} L_{PS}$$

$$L_{C1} = \frac{2}{3} * 9.60 \text{ m} = 6.40 \text{ m}$$

Segunda cámara:

$$L_{C2} = L_{PS} - L_{C1}$$

$$L_{C2} = 9.60 \text{ m} - 6.40 \text{ m} = 3.20 \text{ m}$$

Borde libre: Se determina mediante la ecuación (3.32).

$$BL_{PS} = y_{PS} 25\%$$

$$BL_{PS} = 2.00 \text{ m} * 25\%$$

$$BL_{PS} = 0.50 \text{ m}$$

Altura total de pozo séptico: Se utiliza la siguiente ecuación para estimar el valor de esta variable:

$$H_{PS} = y_{PS} + BL_{PS}$$

$$(C.1)$$

$$H_{PS} = 2.00 \text{ m} + 0.50 \text{ m}$$

$$H_{PS} = 2.50 \text{ m}$$

Altura total de pozo séptico: Utilizando la ecuación (3.33) se determina el valor.

$$H_{Tab} = H_{PS} - 0.05 \text{ m}$$

$$H_{Tab} = 2.50 \text{ m} - 0.05 \text{ m}$$

$$H_{Tab} = 2.45 \text{ m}$$

Filtro anaerobio:

- **Volumen Útil:**

$$Vu_{FA} = 1.60 * Nc * C * T_{RH}$$

$$Vu_{FA} = 1.60 * 1297 \text{ hab} * 130 \text{ L/día/hab} * \left(\frac{4.0 + 6.5}{2}\right) \text{ hr} * \left(\frac{\text{día}}{24\text{hr}}\right)$$

$$Vu_{FA} = 59020.2868 \text{ l} = 59.0202 \text{ m}^3$$

$$Vu_{FA} = \frac{59.0202 \text{ m}^3}{3} = 19.6734 \text{ m}^3$$

- **Profundidad Útil:**

$$y_{FA} = H_{FA} - BL_{FA} - P_{cFA}$$

$$y_{FA} = 2.00 \text{ m} - 0.20 \text{ m} - 0.20 \text{ m}$$

$$y_{FA} = 1.60 \text{ m}$$

- **Ancho del Filtro:**

$$B_{FA} = B_{PS} = 4.70m$$

- **Longitud del Filtro:**

$$L_{FA} = \frac{Vu_{FA}}{B_{FA} * y_{FA}}$$

$$L_{FA} = \frac{19.6734 m^3}{4.70m * 1.60 m}$$

$$L_{FA} = 2.65 m$$

Filtro anaerobio:

- **Volumen Útil:**

$$Vu_{FA} = 1.60 * Nc * C * T_{RH}$$

$$Vu_{FA} = 1.60 * 1297 hab * 130 L/día/hab * \left(\frac{4.0 + 6.5}{2}\right) hr * \left(\frac{día}{24hr}\right)$$

$$Vu_{FA} = 59020.2868 l = 59.0202 m^3$$

$$Vu_{FA} = \frac{59.0202 m^3}{3} = 19.6734 m^3$$

- **Profundidad Útil:**

$$y_{FA} = H_{FA} - BL_{FA} - Pc_{FA}$$

$$y_{FA} = 2.00 m - 0.20 m - 0.20 m$$

$$y_{FA} = 1.60 m$$

- **Ancho del Filtro:**

$$B_{FA} = B_{PS} = 4.70m$$

- **Longitud del Filtro:**

$$L_{FA} = \frac{Vu_{FA}}{B_{FA} * y_{FA}}$$

$$L_{FA} = \frac{19.6734 m^3}{4.70m * 1.60 m}$$

$$L_{FA} = 2.65 m$$

Humedal Artificial Subsuperficial de Flujo Horizontal:

- **Área Superficial:**

Se implementa la ecuación (3.38) para calcular la variable.

$$A_{SHA} = \frac{Q_d * (\ln C_o - \ln C_e)}{K_t * D * n}$$

$$A_{SHA} = \frac{154.3608 \text{ m}^3/\text{dia} * (\ln(13.95 \text{ mg/l}) - \ln(4.88 \text{ mg/l}))}{1.3937 \text{ dia}^{-1} * 0.60 \text{ m} * 0.40}$$

$$A_{SHA} = 484.4498 \text{ m}^2$$

- **Área Superficial:**

Mediante la ecuación (3.40) se puede determinar el valor de esta variable.

$$W_{HA} = \left(\frac{Q_d * A_i}{K_{s1\%} * dh_i * D} \right)^{0.5}$$

$$W_{HA} = \left(\frac{154.3608 \text{ m}^3/\text{dia} * 145.3349 \text{ m}^2}{1592.0581 \text{ m}^3/\text{m}^3/\text{dia} * 0.06\text{m} * 0.60 \text{ m}} \right)^{0.5}$$

$$W_{HA} = 19.7843 \text{ m} \cong 20.00 \text{ m}$$

Para establecer la variable A_i se emplea la ecuación (3.41).

$$A_i = 30\% A_{SHS}$$

$$A_i = 30\% * 484.4498 \text{ m}^2$$

$$A_i = 145.3349 \text{ m}^2$$

- **Longitud de Zona Inicial:**

Este parámetro se calcula con la ecuación (3.43).

$$L_i = \frac{A_i}{W_{HA}}$$

$$L_i = \frac{145.3349 \text{ m}^2}{20.00 \text{ m}}$$

$$L_i = 7.2667 \text{ m} \cong 7.30 \text{ m}$$

- **Verificación de Pérdida de Carga en la Zona Inicial**

Se verifica la pérdida de carga empleando la ecuación (3.44).

$$dh_i = \frac{Q_d * L_i}{K_{s1\%} * W_{HA} * D}$$

$$dh_i = \frac{154.3608 \text{ m}^3/\text{dia} * 7.30 \text{ m}}{1592.0581 \text{ m}^3/\text{m}^3/\text{dia} * 20.00 \text{ m} * 0.60 \text{ m}}$$

$$dh_i = 0.06 \text{ m}$$

- **Área Final de Tratamiento**

Se puede definir aplicando la ecuación (3.45).

$$A_f = 70\% A_{SHS}$$

$$A_f = 70\% * 484.4498 \text{ m}^2$$

$$A_f = 339.1149 \text{ m}^2$$

▪ **Longitud de la Zona Final**

La ecuación (3.46) es la que se debe emplear para el cálculo de este parámetro.

$$L_f = \frac{A_f}{W_{HA}}$$

$$L_f = \frac{339.1149 \text{ m}^2}{20.00 \text{ m}}$$

$$L_f = 16.9557 \text{ m} \cong 17.00 \text{ m}$$

▪ **Pérdida de Carga en la Zona Final**

Se calcula la pérdida de carga en la zona final del humedal con la ecuación (3.47).

$$dh_f = \frac{Q_d * L_f}{K_{s1\%} * W_{HA} * D}$$

$$dh_f = \frac{154.3608 \text{ m}^3/\text{dia} * 17.00 \text{ m}}{1592.0581 \text{ m}^3/\text{m}^3/\text{dia} * 20.00 \text{ m} * 0.60 \text{ m}}$$

$$dh_f = 0.1373 \text{ m}$$

▪ **Longitud Total**

La longitud total del humedal se determina con la ecuación (3.48)

$$L_{HA} = L_i + L_f$$

$$L_{HA} = 7.30 \text{ m} + 17.00 \text{ m}$$

$$L_{HA} = 24.30 \text{ m}$$

▪ **Ancho Celda**

Se emplea la ecuación (3.50) para estimar el valor de este parámetro.

$$W_{Cel HA} = \frac{W_{HA}}{\#Celdas}$$

$$W_{Cel HA} = \frac{20.00 \text{ m}}{2}$$

$$W_{Cel HA} = 10.00 \text{ m}$$

Con este ancho de celda se cumple con la relación longitud - ancho esperada de 2:1.

▪ **Ancho Celda**

Con la aplicación de la ecuación (3.50)(3.50) se procede a calcular la cantidad de macrófitas que tendrá el humedal.

$$N_{Macrofitas HA} = \left(\frac{W_{HA}}{d_{M-M}} - 1 \right) * \left(\frac{L_{HA}}{d_{M-M}} - 1 \right)$$
$$N_{Macrofitas HA} = \left(\frac{20.00 m}{1.00 m} - 1 \right) * \left(\frac{24.30 m}{1.00 m} - 1 \right)$$
$$N_{Macrofitas HA} = 442.70 und \cong 443 und$$

D. Anexo: Presupuesto del Proyecto

En este anexo, se presenta el presupuesto en el cual se incluye el alcantarillado sanitario, el alcantarillado pluvial y el sistema de tratamiento de aguas residuales.

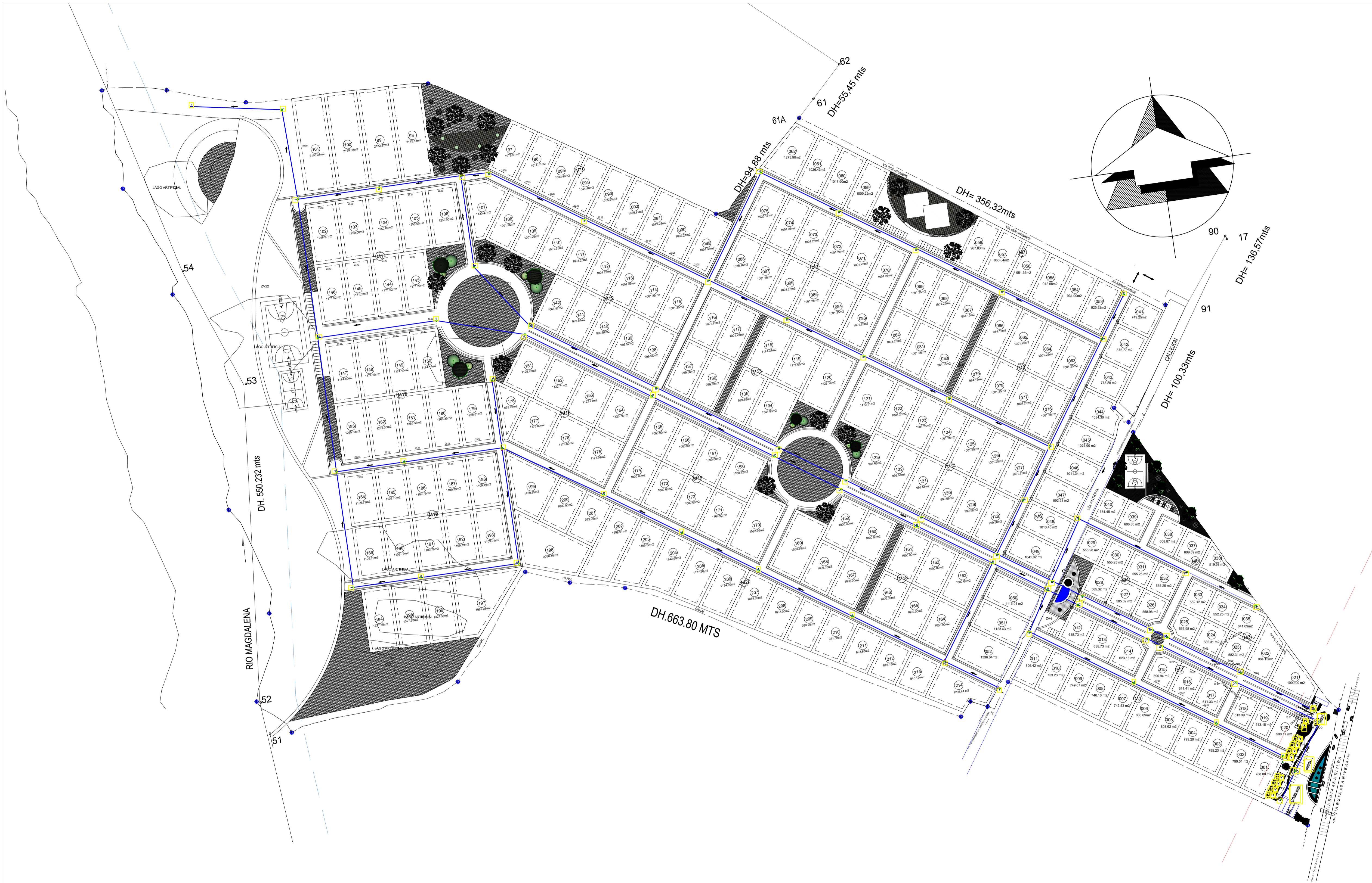
Para este presupuesto se estimaron unas cantidades de acuerdo con los diseños hidráulicos de cada uno de los elementos que van incluidos en la propuesta de diseño.

PRESUPUESTO «LLANO GRANDE»					
Presupuesto del Alcantarillado Sanitario, Pluvial y el Sistema de Tratamiento de Aguas Lluvias del Proyecto «Llano Grande»					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Vr/ unitario	Vr/ Total
1	PRELIMINARES				
1.1	Localización y replanteo tubería, INCLUYE: Topografía y generación de datos SIG. Planos record de tuberías	ML	10,014.82	\$ 2,784.00	\$ 27,881,258.88
1.2	Localización y replanteo componentes STAR, INCLUYE: Topografía y generación de datos SIG. Planos record	M2	702.91	\$ 5,656.00	\$ 3,975,658.96
SUBTOTAL					\$ 31,856,917.84
2	EXCAVACION				
2.2	Excavaciones varias sin clasificar para profundidades no mayores a 4 metros. INCLUYE: RETIRO Y TRANSPORTE DEL MATERIAL SOBRENTE EN ESCOMBRERA AUTORIZADA	M2	15,898.04	\$ 87,892.00	\$ 1,397,310,531.68
SUBTOTAL					\$ 1,397,310,531.68
3	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA				
3.1	Suministro e instalación tubería PVC diámetro 6 pulgadas, de pared estructural y sello hermético. Incluye: Transporte al sitio.	ML	4,884.91	\$ 77,595.71	\$ 379,048,080.67
3.2	Suministro e instalación tubería PVC diámetro 8 pulgadas, de pared estructural y sello hermético. Incluye: Transporte al sitio.	ML	149.44	\$ 86,167.14	\$ 12,876,817.83
3.3	Suministro e instalación tubería PVC diámetro 10 pulgadas, de pared estructural y sello hermético. Incluye: Transporte al sitio.	ML	146.83	\$ 92,595.71	\$ 13,595,828.73
3.4	Suministro e instalación tubería PVC diámetro 12 pulgadas, de pared estructural y sello hermético. Incluye: Transporte al sitio.	ML	200.89	\$ 144,447.14	\$ 29,017,986.53
3.5	Suministro e instalación tubería PVC diámetro 14 pulgadas, de pared estructural y sello hermético. Incluye: Transporte al sitio.	ML	481.50	\$ 199,720.00	\$ 96,165,180.00
3.6	Suministro e instalación tubería PVC diámetro 16 pulgadas, de pared estructural y sello hermético. Incluye: Transporte al sitio.	ML	432.01	\$ 244,700.00	\$ 105,712,847.00
3.7	Suministro e instalación tubería PVC diámetro 18 pulgadas, de pared estructural y sello hermético. Incluye: Transporte al sitio.	ML	550.08	\$ 316,078.57	\$ 173,868,500.57
3.8	Suministro e instalación tubería PVC diámetro 20 pulgadas, de pared estructural y sello hermético. Incluye: Transporte al sitio.	ML	589.32	\$ 565,170.00	\$ 333,065,984.40
3.9	Suministro e instalación tubería PVC diámetro 24 pulgadas, de pared estructural y sello hermético. Incluye: Transporte al sitio.	ML	1,084.50	\$ 838,991.43	\$ 909,886,204.29
3.10	Suministro e instalación tubería PVC diámetro 27 pulgadas, de pared estructural y sello hermético. Incluye: Transporte al sitio.	ML	996.04	\$ 1,124,705.71	\$ 1,120,251,879.66
3.11	Suministro e instalación tubería PVC diámetro 30 pulgadas, de pared estructural y sello hermético. Incluye: Transporte al sitio.	ML	75.82	\$ 1,393,741.43	\$ 105,673,475.11
3.12	Suministro e instalación tubería PVC diámetro 33 pulgadas, de pared estructural y sello hermético. Incluye: Transporte al sitio.	ML	105.10	\$ 1,838,991.43	\$ 193,277,999.14
3.13	Suministro e instalación tubería PVC diámetro 36 pulgadas, de pared estructural y sello hermético. Incluye: Transporte al sitio.	ML	111.84	\$ 2,104,205.71	\$ 235,334,367.09
3.14	Suministro e instalación tubería PVC diámetro 39 pulgadas, de pared estructural y sello hermético. Incluye: Transporte al sitio.	ML	206.54	\$ 2,392,777.14	\$ 494,204,191.09
3.15	Suministro Kit Silla Yee	UND	214.00	\$ 378,571.43	\$ 81,014,285.71
SUBTOTAL					\$ 4,282,993,627.81
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	152.20	\$ 842,126.00	\$ 128,171,577.20
4.2	Construcción de cuerpo cilíndrico de pozo de inspección en concreto reforzado de 24 Mpa Impermeabilizado de diametro libre de 1.50 metros. E=0.20 m	ML	33.75	\$ 1,010,551.20	\$ 34,106,103.00
4.3	Construcción de cuerpo cilíndrico de pozo de inspección en concreto reforzado de 24 MPa Impermeabilizado de diametro libre de 1.80 metros. E=0.20 m	ML	8.80	\$ 1,212,661.44	\$ 10,671,420.67
4.4	Placa circular para pozo de inspección. Diametros de 1.20 m, 1.50 m, 1.80 m; concreto de 24 Mpa. E=0.20 m. Incluye cañuela	UND	130.00	\$ 467,339.05	\$ 60,754,076.50
SUBTOTAL					\$ 233,703,177.37
5	SUMIDEROS				
5.1	Construcción de sumidero estandar según plano de diseño. INCLUYE: TUBERIA Y ACCESORIOS PARA CONEXIÓN A POZO DE INSPECCION	UND	140.00	\$ 1,256,478.00	\$ 175,906,920.00
SUBTOTAL					\$ 175,906,920.00
6	RELLENO				
6.1	Relleno con material proveniente de excavacion, compactación mecanica según INV-2012.	M3	19,077.65	\$ 12,158.00	\$ 231,946,044.38
SUBTOTAL					\$ 231,946,044.38
7	REPOSICION DE PAVIMENTO FLEXIBLE				
7.1	Concreto reforzado de 28 MPa Impermeabilizado para placa de piso y muros del STAR	M3	486.38	\$ 1,030,225.00	\$ 501,080,835.50
SUBTOTAL					\$ 501,080,835.50
SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS					\$ 6,854,798,054.59
ADMINISTRACION				15%	\$ 1,028,219,708.19
IMPREVISTOS				3%	\$ 205,643,941.64
UTILIDAD				5%	\$ 342,739,902.73
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					\$ 8,431,401,607.15

Tabla D-1: Presupuesto de los Alcantarillados Sanitario, Pluvial y STAR.

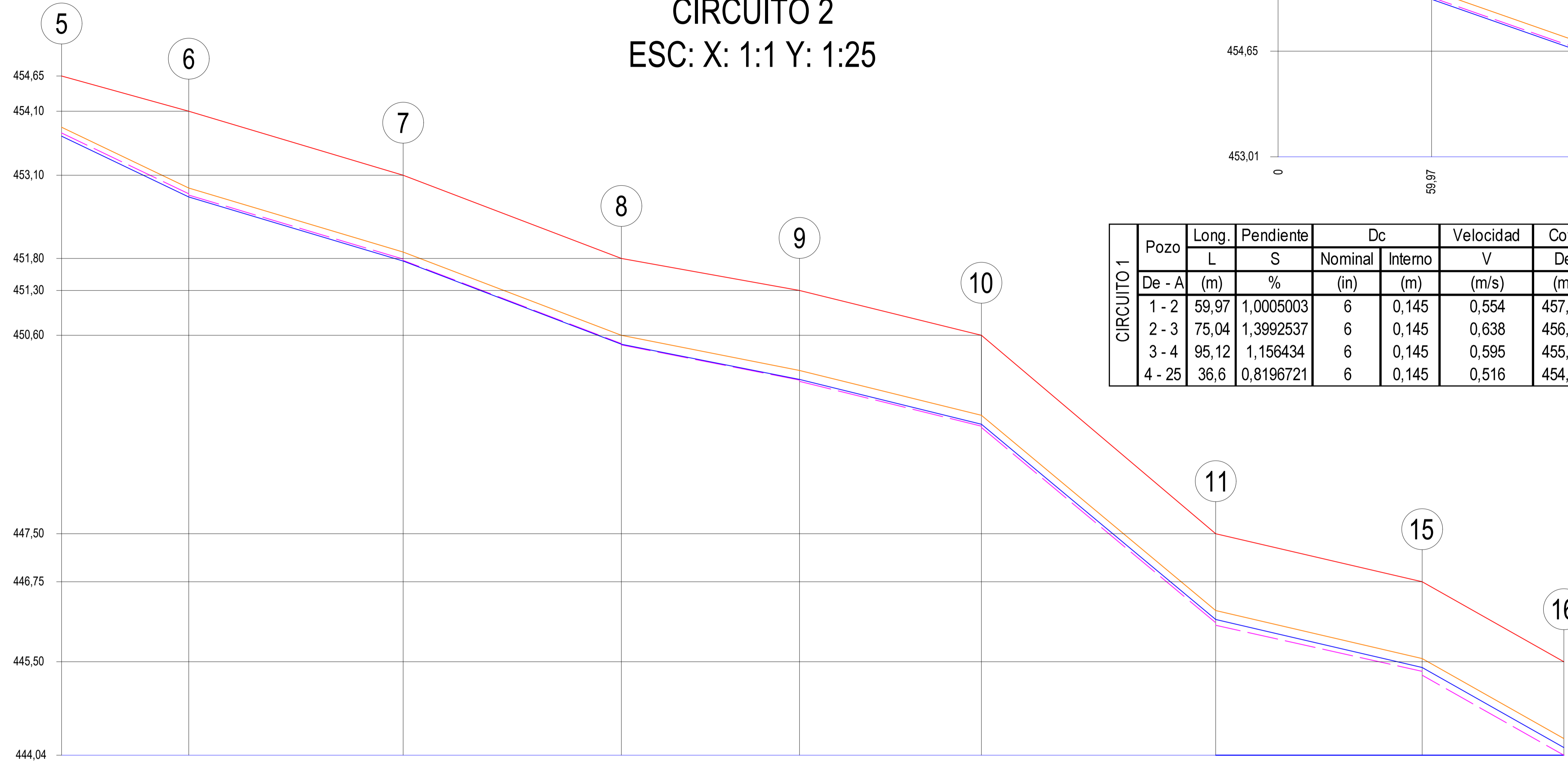
E. Anexo: Planos del Proyecto

En este anexo van incluidos los planos de la distribución de los colectores y los pozos de inspección en las dos redes de alcantarillado, los perfiles longitudinales de cada uno de los circuitos que las componen y los detalles de los elementos que constituyen el sistema de tratamiento de aguas residuales.

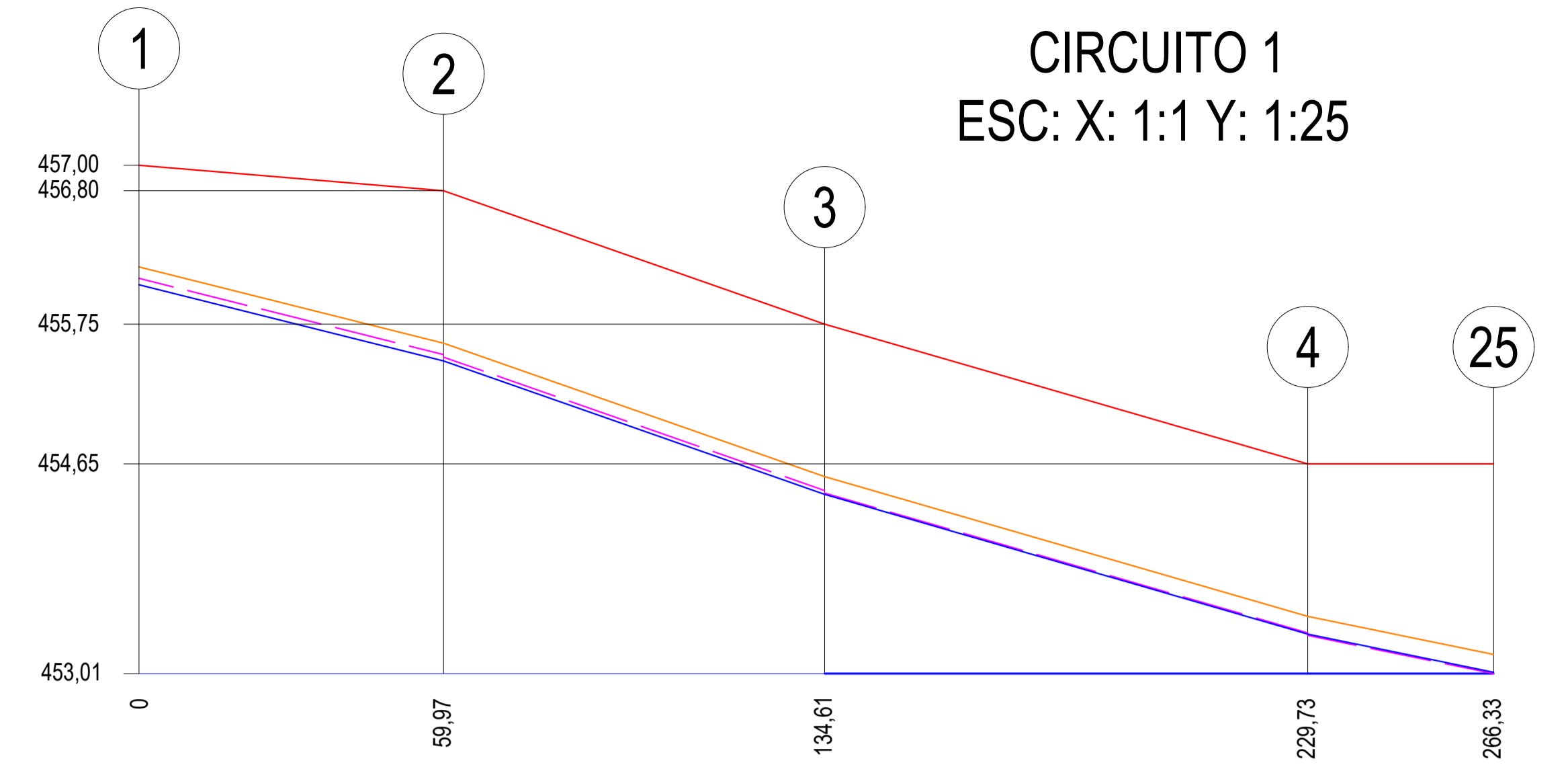


PROYECTISTA:	KEVIN STEVE POLO HORTA	N° DE PLANO:	1
PROYECTO:	SISTEMA DE DRENAJE Y AGUAS LUVIAS		
ASESOR:			
CONTIENE:	FECHA: 02/12/2022	CUADRO DE CONVENCIONES	
DETALLE EN PLANTA - TUBERIA SANITARIA	ESCALA: EN PLANO		TUBERIA SANITARIO
	CODIGO: A001		POZO DE INSPECCION
			INICIO CIRCUITO

CIRCUITO 2
ESC: X: 1:1 Y: 1:25



CIRCUITO 1
ESC: X: 1:1 Y: 1:25



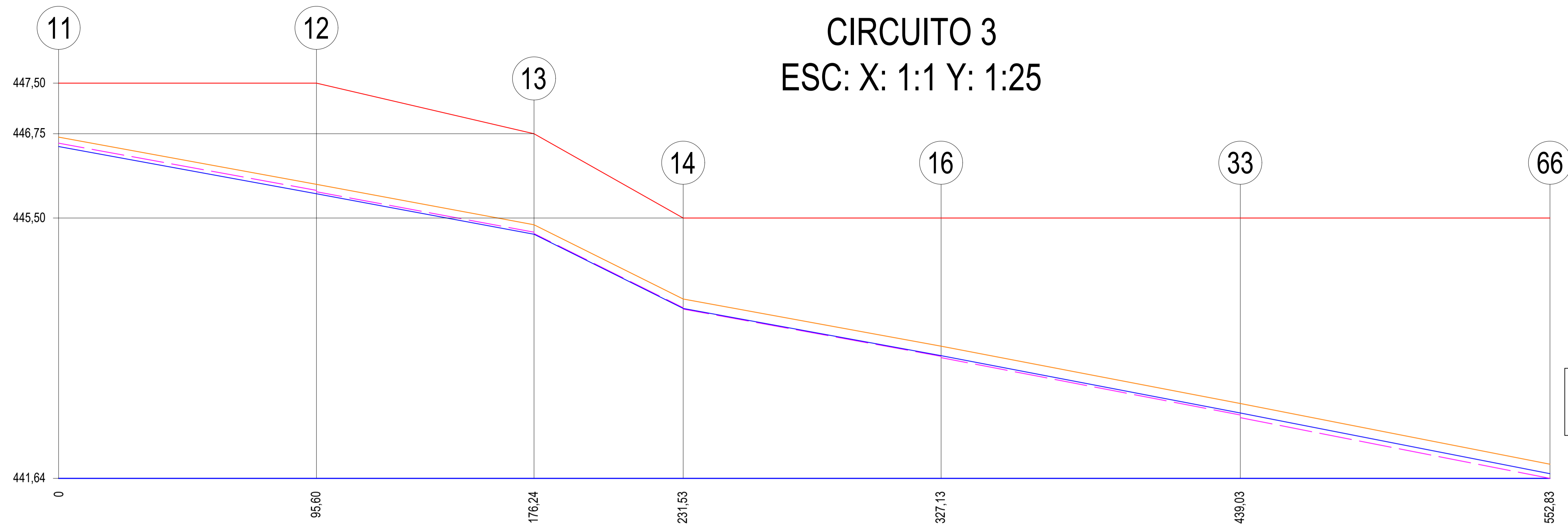
CIRCUITO 1	Pozo	Long.		Pendiente		Dc		Velocidad	Cota Rasante		Cota Clave		Cota Batea		Cota Energía	
		L	S	Nominal	Interno	V	De	A	De	A	De	A	De	A		
	De - A	(m)	%	(in)	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
	1 - 2	59,97	1,0005003	6	0,145	0,554	457,00	456,80	456,20	455,60	456,06	455,46	456,10	455,50	456,10	455,50
	2 - 3	75,04	1,3992537	6	0,145	0,638	456,80	455,75	455,60	454,55	455,46	454,41	455,48	454,43	455,48	454,43
	3 - 4	95,12	1,156434	6	0,145	0,595	455,75	454,65	454,55	453,45	454,41	453,31	454,41	453,31	454,41	453,31
	4 - 25	36,6	0,8196721	6	0,145	0,516	454,65	454,65	453,45	453,15	453,31	453,01	453,29	452,99	453,29	452,99

CIRCUITO 2	Pozo	Long.		Pendiente		Dc		Velocidad	Cota Rasante		Cota Clave		Cota Batea		Cota Energía	
		L	S	Nominal	Interno	V	De	A	De	A	De	A	De	A		
	De - A	(m)	%	(in)	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
	5 - 6	49,67	1,912623	6	0,145	0,717	454,65	454,10	453,85	452,90	453,71	452,76	453,76	452,81	453,76	452,81
	6 - 7	83,74	1,194172	6	0,145	0,605	454,10	453,10	452,90	451,90	452,76	451,76	452,79	451,79	452,79	451,79
	7 - 8	85,24	1,525106	6	0,145	0,666	453,10	451,80	451,90	450,60	451,76	450,46	451,77	450,47	451,77	450,47
	8 - 9	69,57	0,790571	6	0,145	0,526	451,80	451,30	450,60	450,05	450,46	449,91	450,45	449,90	450,45	449,90
	9 - 10	71,06	0,985083	6	0,145	0,631	451,30	450,60	450,05	449,35	449,91	449,21	449,88	449,18	449,88	449,18
	10 - 11	91,5	3,333333	6	0,145	1,011	450,60	447,50	449,35	446,30	449,21	446,16	449,15	446,10	449,15	446,10
	11 - 15	80,65	0,929944	6	0,145	0,682	447,50	446,75	446,30	445,55	446,16	445,41	446,07	445,32	446,07	445,32
	15 - 16	55,36	2,257948	6	0,145	0,972	446,75	445,50	445,55	444,30	445,41	444,16	445,29	444,04	445,29	444,04

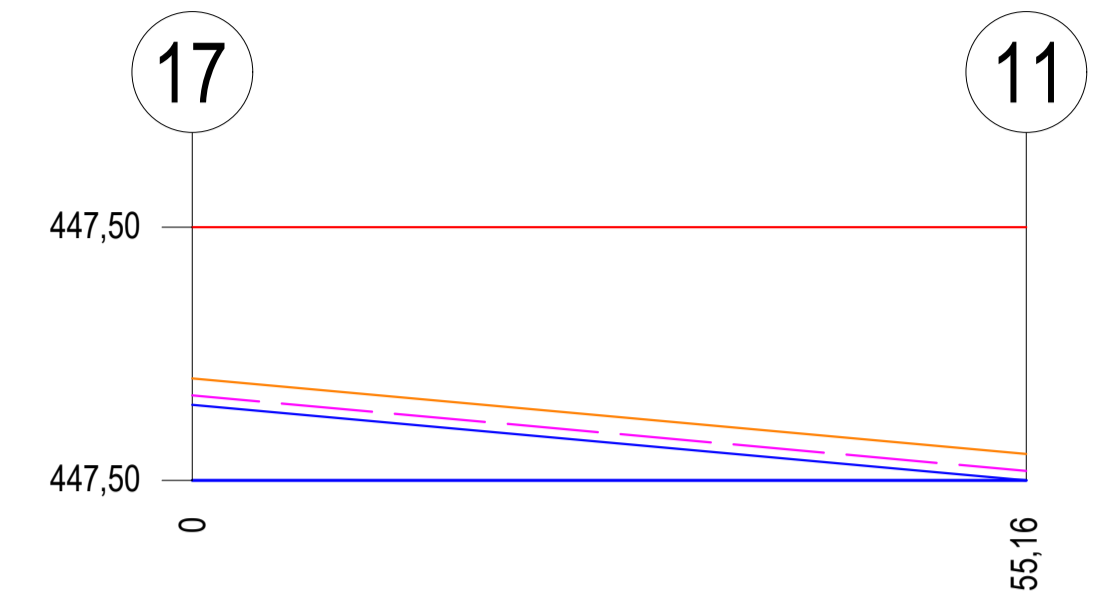
PROYECTISTA:	KEVIN STEVE POLO HORTA	N° DE PLANO:	2
PROYECTO:	PERFILES LONGITUDINALES - SANITARIOS		
ASESOR:			
CONTIENE:	PERFILES LONGITUDINALES CIRCUITOS 1 Y 2 SANITARIOS	FECHA:	02/12/2022
		ESCALA:	EN PLANO
		CODIGO:	A001

CUADRO DE CONVENCIONES	
—	COTA RASANTE
—	COTA BATEA
—	COTA CLAVE
—	COTA BATEA

CIRCUITO 3 ESC: X: 1:1 Y: 1:25



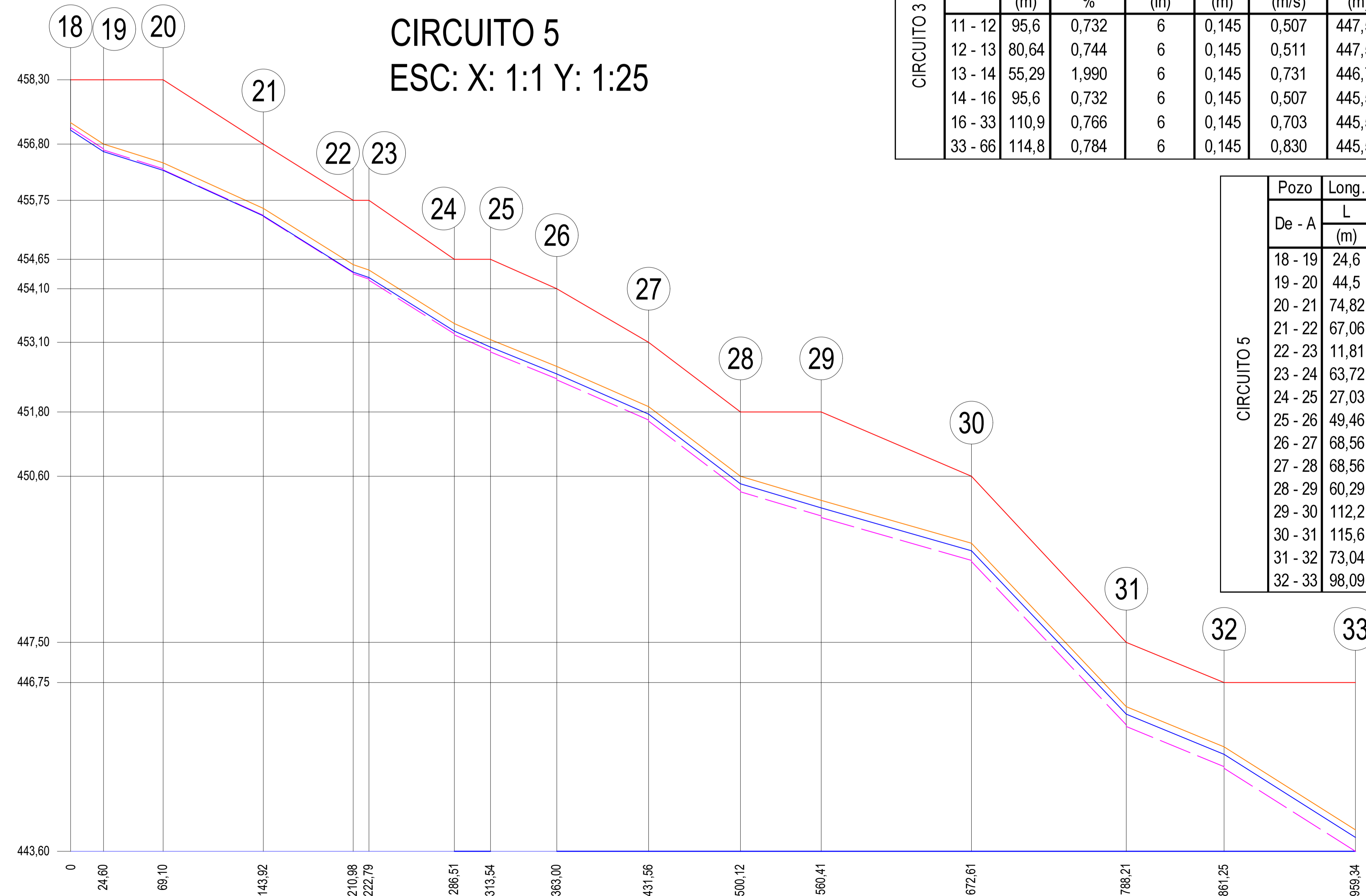
CIRCUITO 4 ESC: X: 1:1 Y: 1:25



CIRCUITO 4	Pozo	Long.		Pendiente		Dc		Velocidad	Cota Rasante		Cota Clave		Cota Batea		Cota Energia	
		L	S	Nominal	Interno	V	De	A	De	A	De	A	De	A		
	De - A	(m)	%	(in)	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
	17 - 11	55,16	0,725	6	0,145	0,504	447,50	447,50	446,70	446,30	446,56	446,16	446,60	446,20		

CIRCUITO 3	Pozo	Long.		Pendiente		Dc		Velocidad	Cota Rasante		Cota Clave		Cota Batea		Cota Energia	
		L	S	Nominal	Interno	V	De	A	De	A	De	A	De	A		
	De - A	(m)	%	(in)	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
	11 - 12	95,6	0,732	6	0,145	0,507	447,50	447,50	446,70	446,00	446,56	445,86	446,60	445,90		
	12 - 13	80,64	0,744	6	0,145	0,511	447,50	446,75	446,00	445,40	445,86	445,26	445,88	445,28		
	13 - 14	55,29	1,990	6	0,145	0,731	446,75	445,50	445,40	444,30	445,26	444,16	445,26	444,16		
	14 - 16	95,6	0,732	6	0,145	0,507	445,50	445,50	444,30	443,60	444,16	443,46	444,14	443,44		
	16 - 33	110,9	0,766	6	0,145	0,703	445,50	445,50	443,60	442,75	443,46	442,61	443,42	442,57		
	33 - 66	114,8	0,784	6	0,145	0,830	445,50	445,50	442,75	441,85	442,61	441,71	442,54	441,64		

CIRCUITO 5 ESC: X: 1:1 Y: 1:25

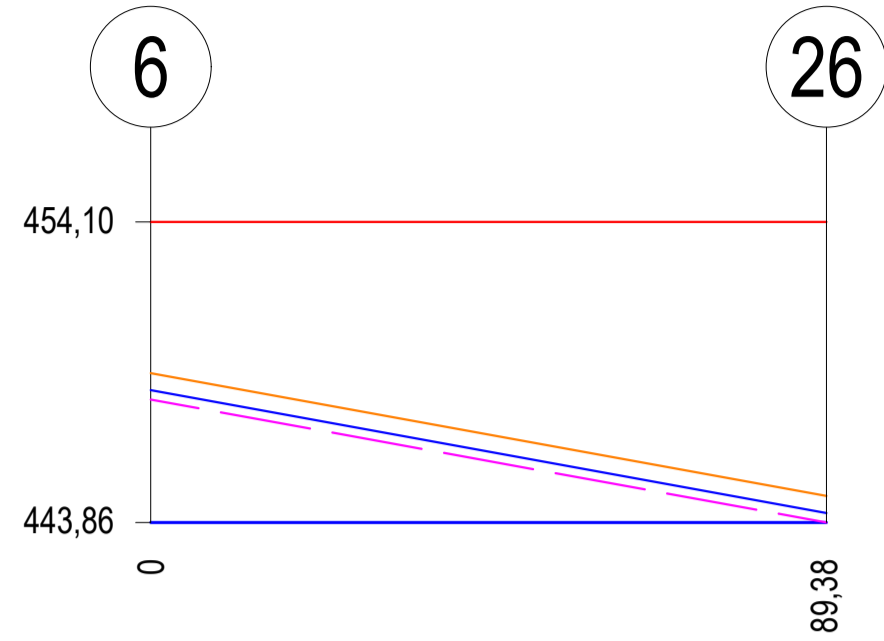


CIRCUITO 5	Pozo	Long.		Pendiente		Dc		Velocidad	Cota Rasante		Cota Clave		Cota Batea		Cota Energia	
		L	S	Nominal	Interno	V	De	A	De	A	De	A	De	A		
	De - A	(m)	%	(in)	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
	18 - 19	24,6	1,626	6	0,145	0,661	458,30	458,30	457,50	457,10	457,36	456,96	457,41	457,01		
	19 - 20	44,5	0,787	6	0,145	0,506	458,30	458,30	457,10	456,75	456,96	456,61	456,99	456,64		
	20 - 21	74,82	1,537	6	0,145	0,669	458,30	456,80	456,75	455,60	456,61	455,46	456,62	455,47		
	21 - 22	67,06	1,566	6	0,145	0,675	456,80	455,75	455,60	454,55	455,46	454,41	455,45	454,40		
	22 - 23	11,81	0,847	6	0,145	0,525	455,75	455,75	454,55	454,45	454,41	454,31	454,37	454,27		
	23 - 24	63,72	1,569	6	0,145	0,676	455,75	454,65	454,45	453,45	454,31	453,31	454,25	453,25		
	24 - 25	27,03	1,110	6	0,145	0,583	454,65	454,65	453,45	453,15	453,31	453,01	453,23	452,93		
	25 - 26	49,46	1,011	6	0,145	0,557	454,65	454,10	453,15	452,65	453,01	452,51	452,91	452,41		
	26 - 27	68,56	1,094	6	0,145	0,596	454,10	453,10	452,65	451,90	452,51	451,76	452,40	451,65		
	27 - 28	68,56	1,896	6	0,145	0,762	453,10	451,80	451,90	450,60	451,76	450,46	451,62	450,32		
	28 - 29	60,29	0,746	6	0,145	0,540	451,80	451,80	450,60	450,15	450,46	450,01	450,30	449,85		
	29 - 30	112,2	0,713	6	0,145	0,556	451,80	450,60	450,15	449,35	450,01	449,21	449,83	449,03		
	30 - 31	115,6	2,639	6	0,145	0,926	450,60	447,50	449,35	446,30	449,21	446,16	449,00	445,95		
	31 - 32	73,04	1,027	6	0,145	0,656	447,50	446,75	446,30	445,55	446,16	445,41	445,92	445,17		
	32 - 33	98,09	1,580	6	0,145	0,827	446,75	446,75	445,55	444,00	445,41	443,86	445,15	443,60		

PROYECTISTA:	KEVIN STEVE POLO HORTA	N° DE PLANO:	3
PROYECTO:	PERFILES LONGITUDINALES - SANITARIOS		
ASESOR:			
CONTIENE:	PERFILES LONGITUDINALES CIRCUITOS 3, 4 Y 5 SANITARIOS	FECHA:	02/12/2022
		ESCALA:	EN PLANO
		CODIGO:	A002

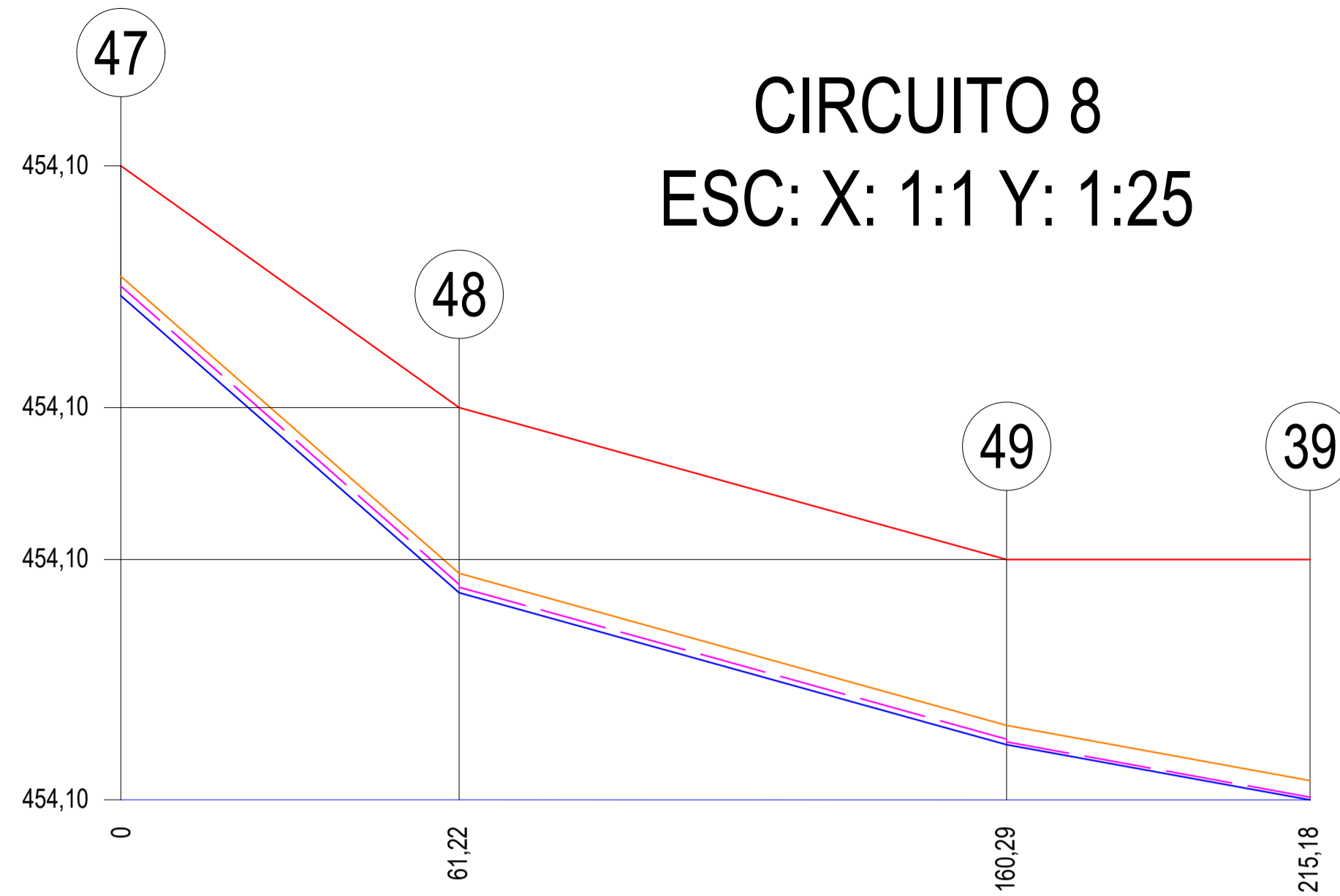
CUADRO DE CONVENCIONES	
	COTA RASANTE
	COTA ENERGIA
	COTA CLAVE
	COTA BATEA

CIRCUITO 6 ESC: X: 1:1 Y: 1:25



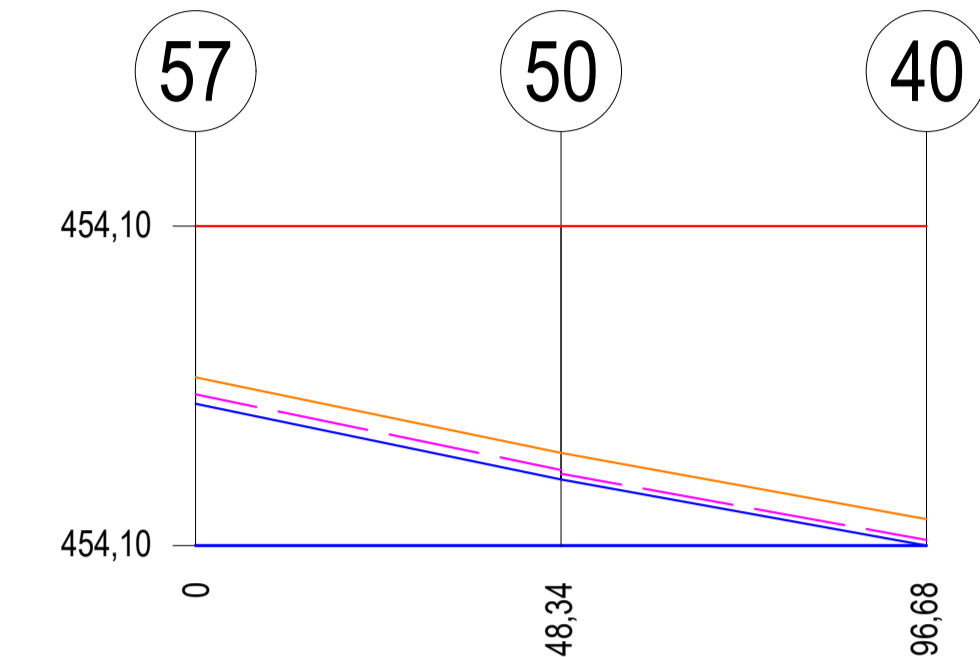
CIRCUITO 6	Pozo	Long.	Pendiente		Dc		Velocidad	Cota Rasante		Cota Clave		Cota Batea		Cota Energía	
			L	S	Nominal	Interno		De	A	De	A	De	A	De	A
			(m)	%	(in)	(m)		(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
6 - 26	89,38	0,727232	6	0,145	0,505	454,10	454,10	453,30	452,65	453,16	452,51	453,20	452,55		

CIRCUITO 8 ESC: X: 1:1 Y: 1:25

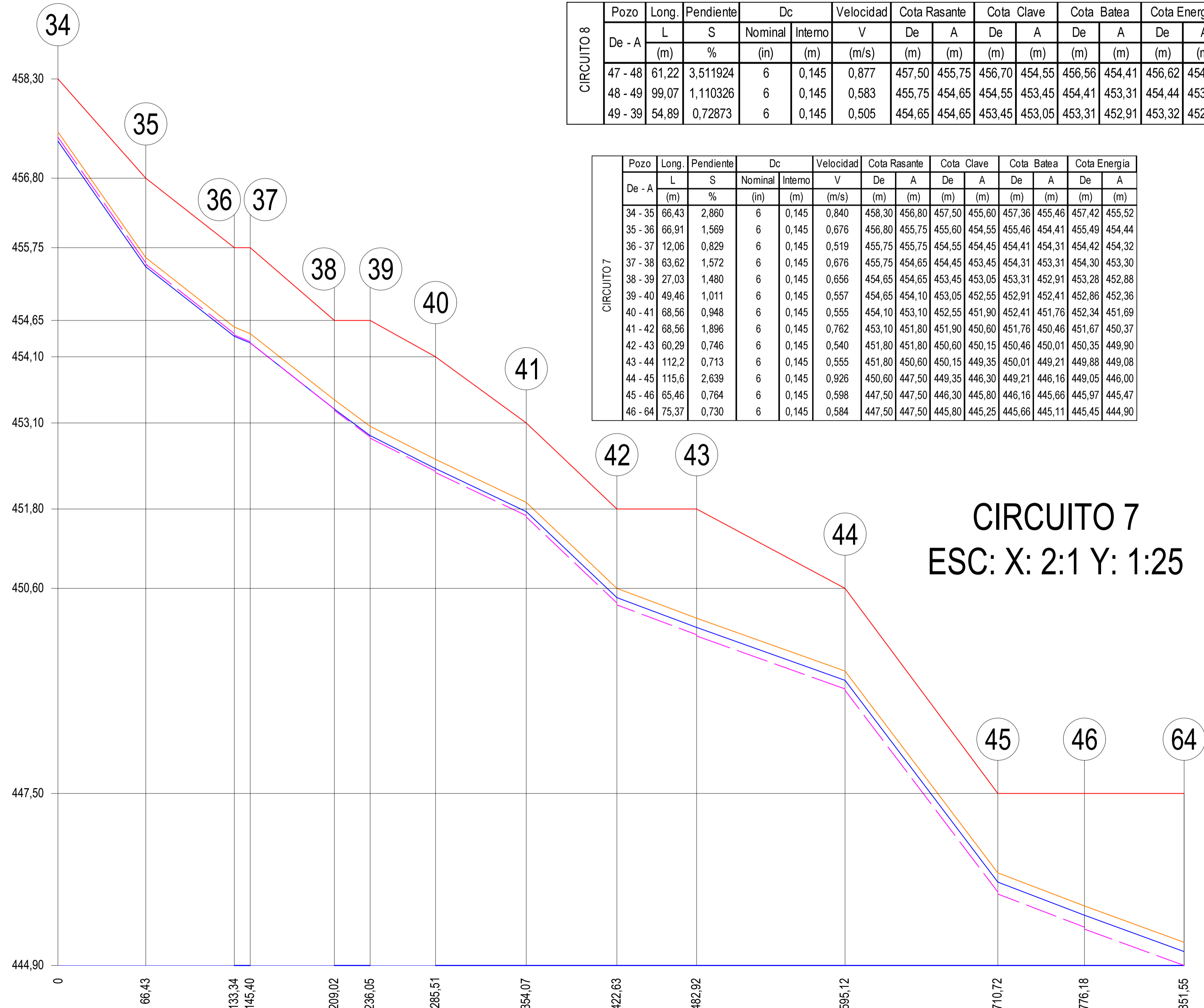


CIRCUITO 8	Pozo	Long.	Pendiente		Dc		Velocidad	Cota Rasante		Cota Clave		Cota Batea		Cota Energía	
			L	S	Nominal	Interno		De	A	De	A	De	A	De	A
			(m)	%	(in)	(m)		(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
47 - 48	61,22	3,511924	6	0,145	0,877	457,50	455,75	456,70	454,55	456,56	454,41	456,62	454,47		
48 - 49	99,07	1,110326	6	0,145	0,583	455,75	454,65	454,55	453,45	454,41	453,31	454,44	453,34		
49 - 39	54,89	0,72873	6	0,145	0,505	454,65	454,65	453,45	453,05	453,31	452,91	453,32	452,92		

CIRCUITO 9 ESC: X: 1:1 Y: 1:25



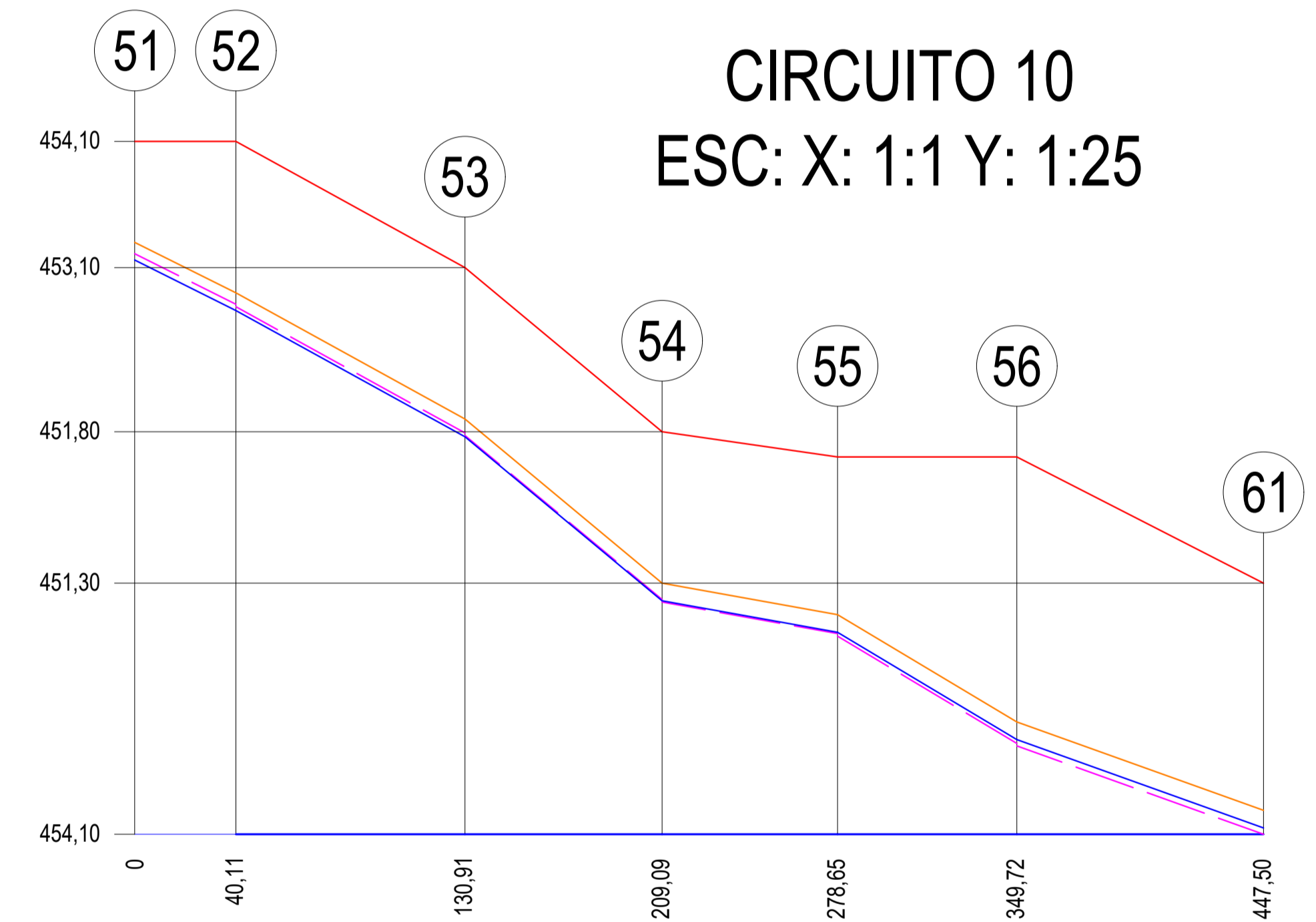
CIRCUITO 9	Pozo	Long.	Pendiente		Dc		Velocidad	Cota Rasante		Cota Clave		Cota Batea		Cota Energía	
			L	S	Nominal	Interno		De	A	De	A	De	A	De	A
			(m)	%	(in)	(m)		(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
57 - 50	48,34	0,827472	6	0,145	0,519	454,10	454,10	453,30	452,90	453,16	452,76	453,20	452,80		
50 - 40	48,34	0,724038	6	0,145	0,504	454,10	454,10	452,90	452,55	452,76	452,41	452,78	452,43		



CIRCUITO 7	Pozo	Long.	Pendiente		Dc		Velocidad	Cota Rasante		Cota Clave		Cota Batea		Cota Energía	
			L	S	Nominal	Interno		De	A	De	A	De	A	De	A
			(m)	%	(in)	(m)		(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
34 - 35	66,43	2,860	6	0,145	0,840	458,30	456,80	457,50	455,60	457,36	455,46	457,42	455,52		
35 - 36	66,91	1,569	6	0,145	0,676	456,80	455,75	455,60	454,55	455,46	454,41	455,49	454,44		
36 - 37	12,06	0,829	6	0,145	0,519	455,75	455,75	454,55	454,45	454,41	454,31	454,42	454,32		
37 - 38	63,62	1,572	6	0,145	0,676	455,75	454,65	454,45	453,45	454,31	453,31	454,30	453,30		
38 - 39	27,03	1,480	6	0,145	0,656	454,65	454,65	453,45	453,05	453,31	452,91	453,28	452,88		
39 - 40	49,46	1,011	6	0,145	0,557	454,65	454,10	453,05	452,55	452,91	452,41	452,86	452,36		
40 - 41	68,56	0,948	6	0,145	0,555	454,10	453,10	452,55	451,90	452,41	451,76	452,34	451,69		
41 - 42	68,56	1,896	6	0,145	0,762	453,10	451,80	451,90	450,60	451,76	450,46	451,67	450,37		
42 - 43	60,29	0,746	6	0,145	0,540	451,80	451,80	450,60	450,15	450,46	450,01	450,35	449,90		
43 - 44	112,2	0,713	6	0,145	0,555	451,80	450,60	450,15	449,35	450,01	449,21	449,88	449,08		
44 - 45	115,6	2,639	6	0,145	0,926	450,60	447,50	449,35	446,30	449,21	446,16	449,05	446,00		
45 - 46	65,46	0,764	6	0,145	0,598	447,50	447,50	446,30	445,80	446,16	445,66	445,97	445,47		
46 - 64	75,37	0,730	6	0,145	0,584	447,50	447,50	445,80	445,25	445,66	445,11	445,45	444,90		

CIRCUITO 7 ESC: X: 2:1 Y: 1:25

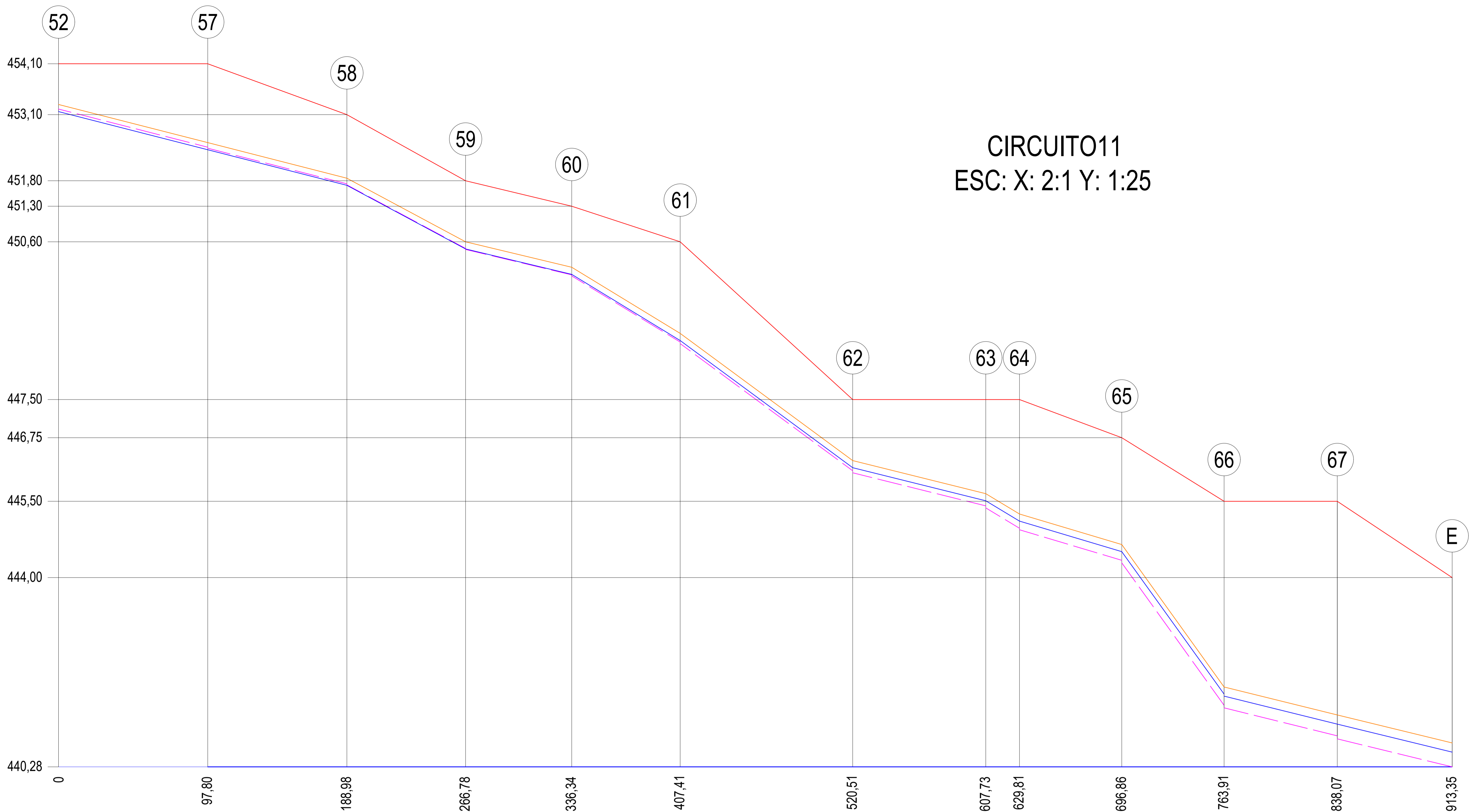
CIRCUITO 10 ESC: X: 1:1 Y: 1:25



CIRCUITO 10	Pozo	Long.	Pendiente		Dc		Velocidad	Cota Rasante		Cota Clave		Cota Batea		Cota Energía	
			L	S	Nominal	Interno		De	A	De	A	De	A	De	A
			(m)	%	(in)	(m)		(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
51 - 52	40,11	0,997258	6	0,145	0,553	454,10	454,10	453,30	452,90	453,16	452,76	453,20	452,80		
52 - 53	90,8	1,101322	6	0,145	0,581	454,10	453,10	452,90	451,90	452,76	451,76	452,78	451,78		
53 - 54	78,18	1,662829	6	0,145	0,669	453,10	451,80	451,90	450,60	451,76	450,46	451,76	450,46		
54 - 55	69,56	0,790684	6	0,145	0,526	451,80	451,30	450,60	450,05	450,46	449,91	450,44	449,89		
55 - 56	71,07	0,773885	6	0,145	0,559	451,30	451,60	450,05	449,50	449,91	449,36	449,87	449,32		
56 - 61	97,78	0,715893	6	0,145	0,547	451,60	450,60	449,50	448,80	449,36	448,66	449,30	448,60		

PROYECTISTA:	KEVIN STEVE POLO HORTA	N° DE PLANO:	4
PROYECTO:	PERFILES LONGITUDINALES - SANITARIOS		
ASESOR:			
CONTIENE:	PERFILES LONGITUDINALES CIRCUITOS 6, 7, 8, 9 Y 10 SANITARIOS	FECHA:	02/12/2022
		ESCALA:	EN PLANO
		CODIGO:	A003

CUADRO DE CONVENCIONES	
	COTA RASANTE
	COTA BATEA
	COTA CLAVE
	COTA ENERGIA

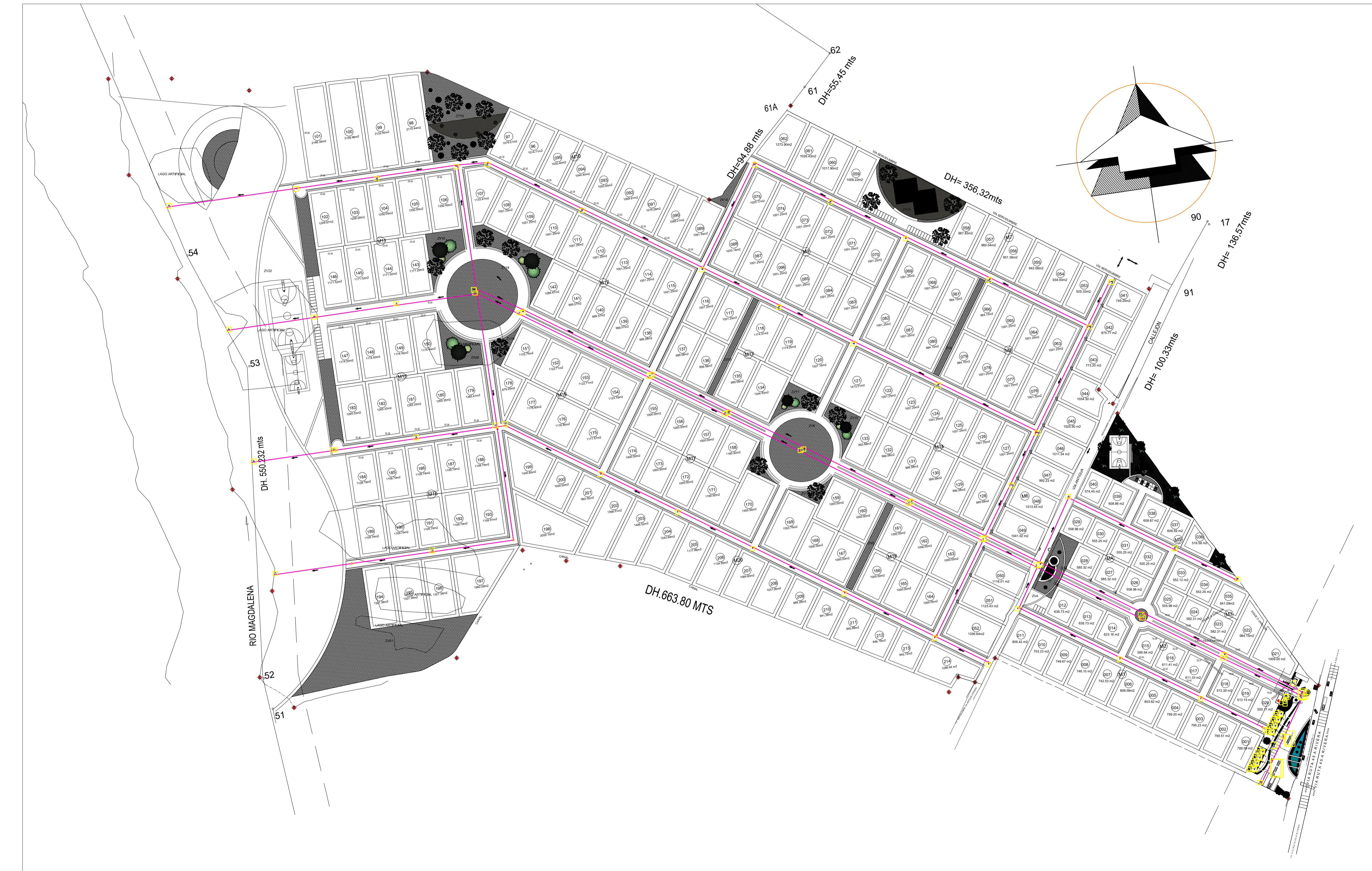


CIRCUITO 11
 ESC: X: 2:1 Y: 1:25

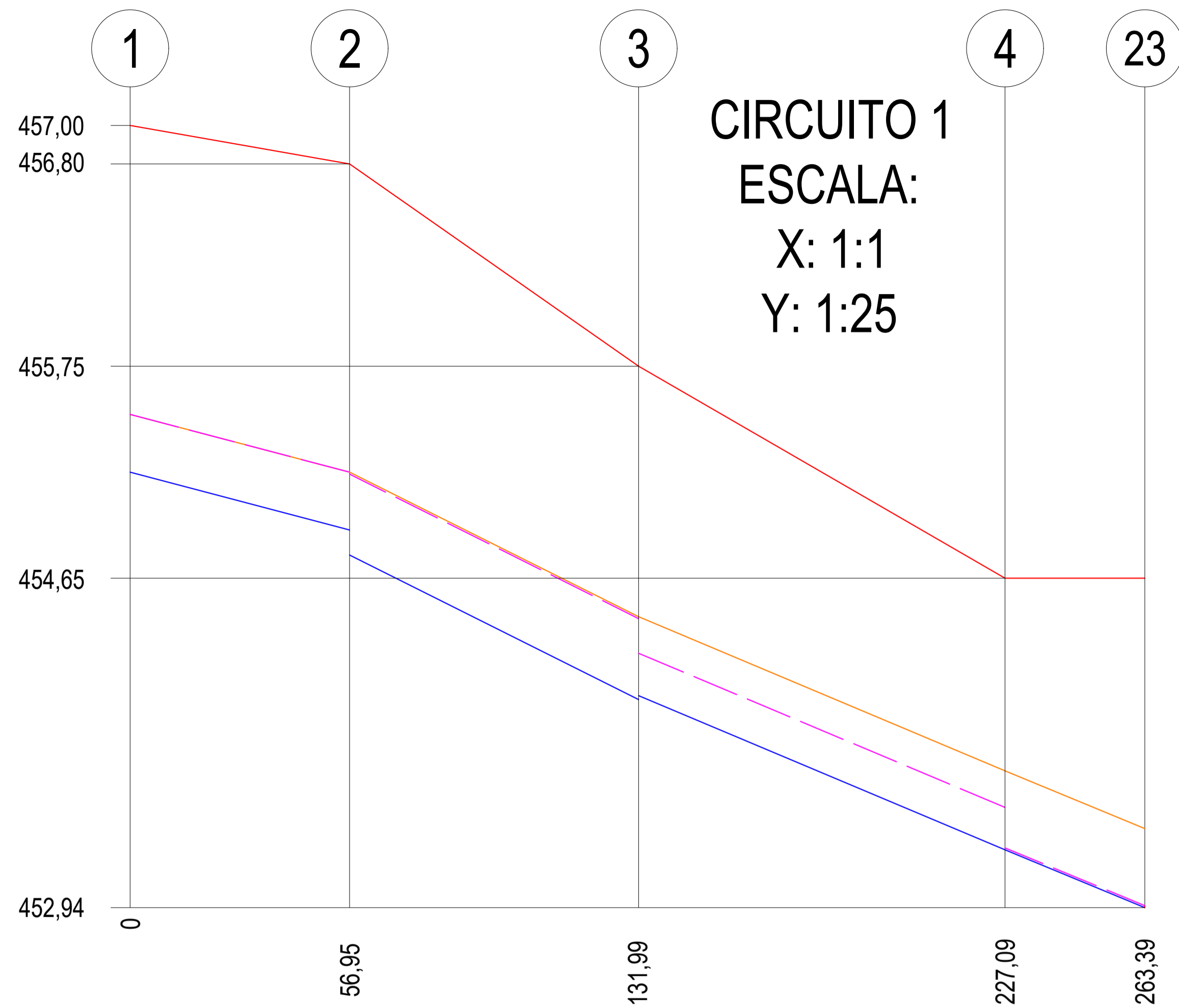
CIRCUITO 11	Pozo	Long.	Pendiente	Dc		Velocidad	Cota Rasante		Cota Clave		Cota Batea		Cota Energía	
	De - A	L	S	Nominal	Interno	V	De	A	De	A	De	A	De	A
	(m)	(m)	%	(in)	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
	52 - 57	97,8	0,767	6	0,145	0,499	454,10	454,10	453,30	452,55	453,16	452,41	453,20	452,45
	57 - 58	91,18	0,768	6	0,145	0,500	454,10	453,10	452,55	451,85	452,41	451,71	452,43	451,73
	58 - 59	77,8	1,607	6	0,145	0,684	453,10	451,80	451,85	450,60	451,71	450,46	451,71	450,46
	59 - 60	69,56	0,719	6	0,145	0,539	451,80	451,30	450,60	450,10	450,46	449,96	450,44	449,94
	60 - 61	71,07	1,829	6	0,145	0,801	451,30	450,60	450,10	448,80	449,96	448,66	449,92	448,62
	61 - 62	113,1	2,211	6	0,145	1,070	450,60	447,50	448,80	446,30	448,66	446,16	448,60	446,10
	62 - 63	87,22	0,745	6	0,145	0,739	447,50	447,50	446,30	445,65	446,16	445,51	446,05	445,40
	63 - 64	22,08	1,812	6	0,145	1,026	447,50	447,50	445,65	445,25	445,51	445,11	445,37	444,97
	64 - 65	67,05	0,895	6	0,145	0,897	447,50	446,75	445,25	444,65	445,11	444,51	444,94	444,34
	65 - 66	67,05	4,176	6	0,145	1,568	446,75	445,50	444,65	441,85	444,51	441,71	444,29	441,49
	66 - 67	74,16	0,742	8	0,182	0,998	445,50	445,50	441,85	441,30	441,67	441,12	441,44	440,89
	67 - E	75,28	0,731	8	0,182	0,990	445,50	444,00	441,30	440,75	441,12	440,57	440,83	440,28

PROYECTISTA:	KEVIN STEVE POLO HORTA	N° DE PLANO:	5
PROYECTO:	PERFILES LONGITUDINALES - SANITARIOS		
ASESOR:			
CONTIENE:	PERFILES LONGITUDINALES CIRCUITO 11 SANITARIO	FECHA:	02/12/2022
		ESCALA:	EN PLANO
		CODIGO:	A004

CUADRO DE CONVENCIONES	
—	COTA RASANTE
- - -	COTA ENERGIA
—	COTA CLAVE
—	COTA BATEA

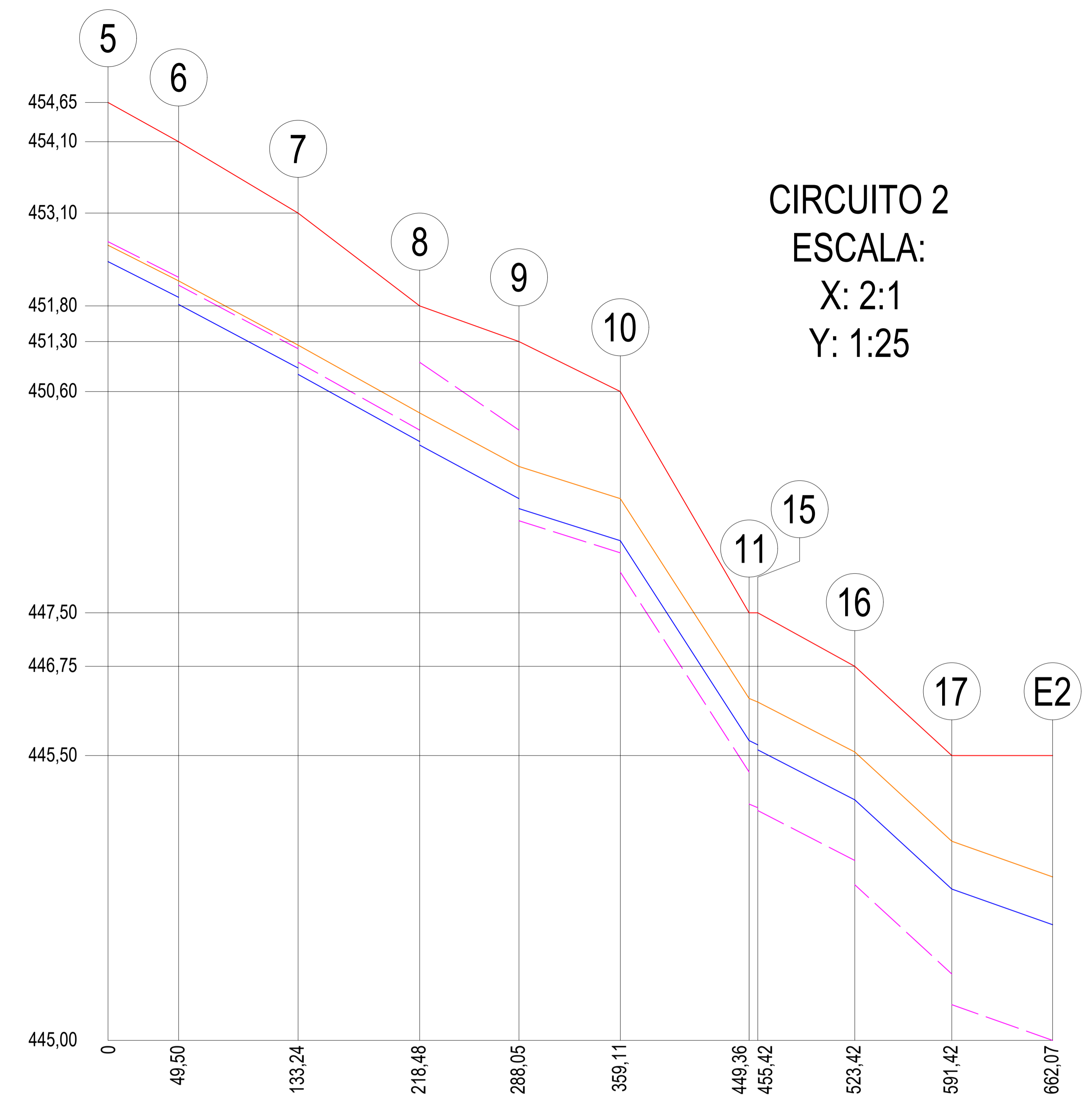


PROYECTISTA:	KEVIN STEVE POLO HORTA	N° DE PLANO:	6
PROYECTO:	SISTEMA DE DRENAJE Y AGUAS LLUVIAS		
ASESOR:			
CONTIENE:	FECHA: 02/12/2022	CUADRO DE CONVENCIONES	
DETALLE DE PLANTA - TUBERIA LLUVIA	ESCALA: EN PLANO		TUBERIA LLUVIAS
	CODIGO: A001		POZO DE INSPECCION
			INICIO CIRCUITO



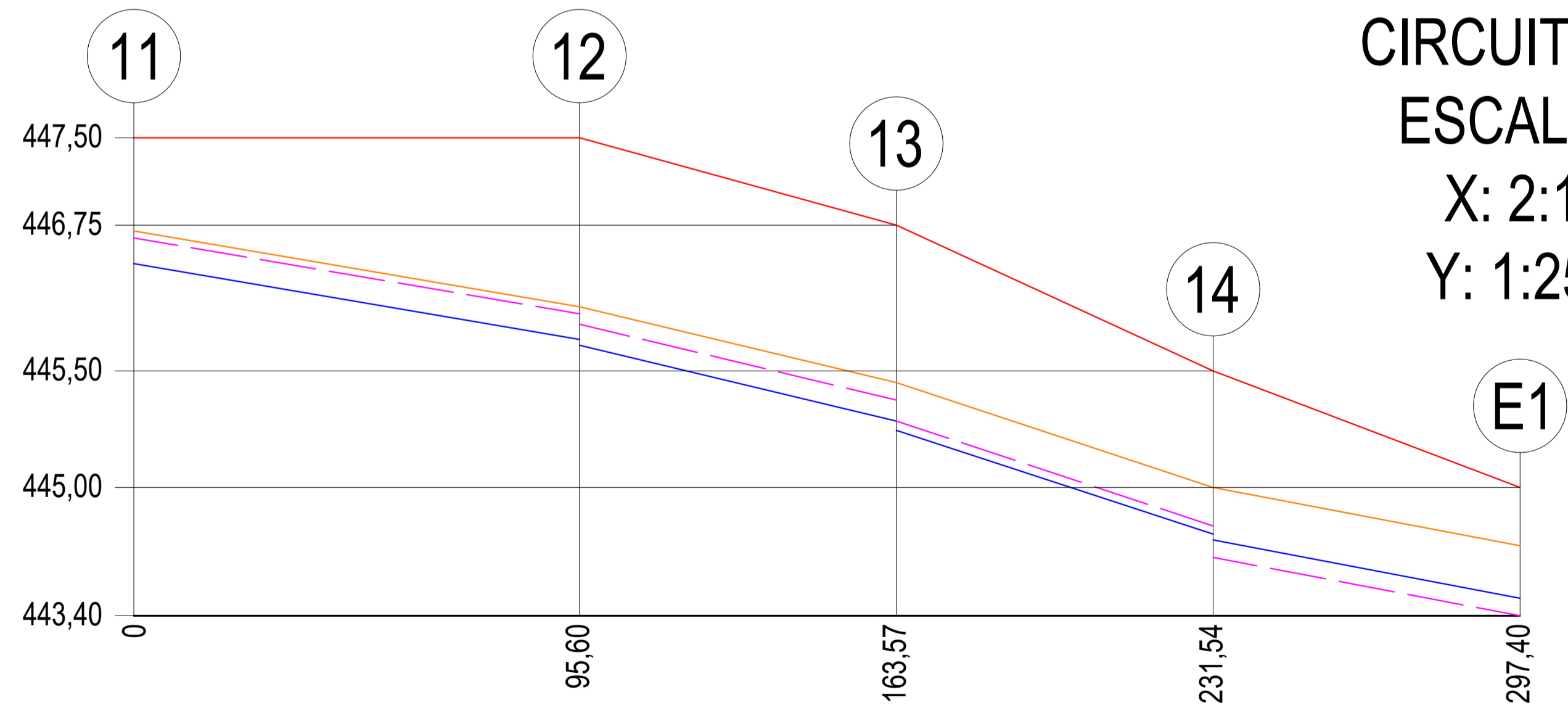
CIRCUITO 1
ESCALA:
X: 1:1
Y: 1:25

CIRCUITO 1	Pozo	Long.	Pendiente	Dc		Velocidad	Cota Rasante		Cota Clave		Cota Batea		Cota Energia	
	De - A	L	S	Nominal	Interno	V	De	A	De	A	De	A	De	A
	(m)	%	(in)	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
	1 - 2	56,95	0,53	12	0,284	1,215	457,00	456,80	455,50	455,20	455,22	454,91	455,50	455,20
	2 - 3	75,04	1	14	0,327	1,887	456,80	455,75	455,20	454,45	454,87	454,12	455,19	454,44
	3 - 4	95,12	0,84	18	0,407	2,002	455,75	454,65	454,45	453,65	454,04	453,24	454,26	453,46
	4 - 23	36,3	0,83	18	0,407	2,023	454,65	454,65	453,65	453,35	453,24	452,94	453,25	457,00



CIRCUITO 2
ESCALA:
X: 2:1
Y: 1:25

CIRCUITO 2	Pozo	Long.	Pendiente	Dc		Velocidad	Cota Rasante		Cota Clave		Cota Batea		Cota Energia	
	De - A	L	S	Nominal	Interno	V	De	A	De	A	De	A	De	A
	(m)	%	(in)	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
	5 - 6	49,5	1,01	10	0,227	1,462	454,65	454,10	452,65	452,15	452,42	451,92	452,70	452,20
	6 - 7	83,74	1,07	14	0,327	1,985	454,10	453,10	452,15	451,25	451,82	450,93	452,09	451,20
	7 - 8	85,24	1,11	18	0,407	2,333	453,10	451,80	451,25	450,30	450,84	449,90	451,01	450,06
	8 - 9	69,57	1,08	20	0,452	2,490	451,80	451,30	450,30	449,55	449,85	449,10	449,82	449,06
	9 - 10	71,06	0,63	24	0,595	2,152	451,30	450,60	449,55	449,10	448,96	448,51	448,79	448,34
	10 - 11	90,25	3,1	24	0,595	4,008	450,60	447,50	449,10	446,30	448,51	445,71	448,07	445,27
	11 - 15	6,06	0,83	24	0,595	2,542	447,50	447,50	446,30	446,25	445,71	445,65	444,82	444,77
	15 - 16	68	1,03	27	0,670	2,846	447,50	446,75	446,25	445,55	445,58	444,88	444,64	443,94
	16 - 17	68	1,84	27	0,670	3,610	446,75	445,50	445,55	444,30	444,88	443,63	443,60	442,35
	17 - E2	70,65	0,71	27	0,670	2,601	445,50	445,00	444,30	443,80	443,63	443,13	441,92	441,42

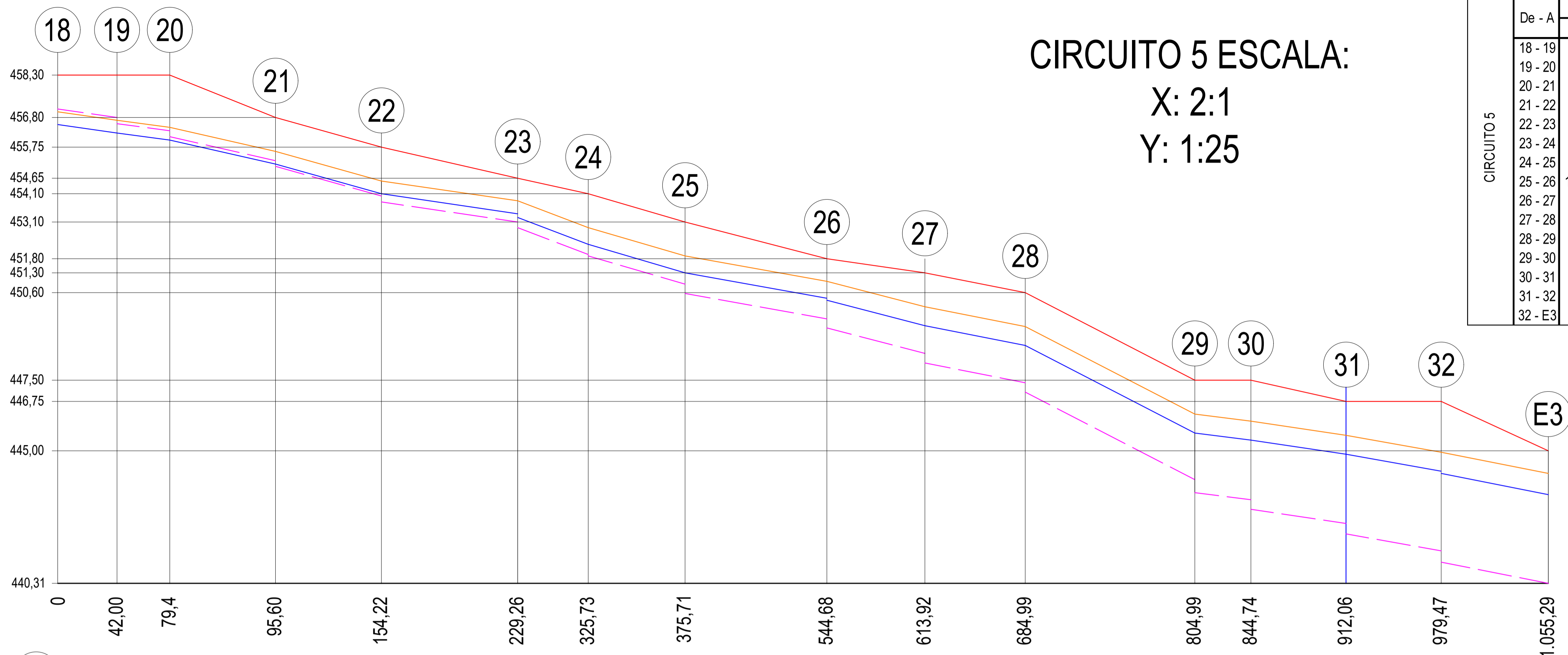


CIRCUITO 3
ESCALA:
X: 2:1
Y: 1:25

CIRCUITO 3	Pozo	Long.	Pendiente	Dc		Velocidad	Cota Rasante		Cota Clave		Cota Batea		Cota Energia	
	De - A	L	S	Nominal	Interno	V	De	A	De	A	De	A	De	A
	(m)	%	(in)	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
	11 - 12	95,6	0,68	12	0,284	1,189	447,50	447,50	446,70	446,05	446,42	445,77	446,64	445,99
	12 - 13	67,97	0,96	14	0,327	1,886	447,50	446,75	446,05	445,40	445,72	445,07	445,90	445,25
	13 - 14	67,97	1,32	18	0,407	2,552	446,75	445,50	445,40	444,50	444,99	444,10	445,07	444,17
	14 - E1	65,86	0,76	20	0,452	2,054	445,50	445,00	444,50	444,00	444,05	443,55	443,90	443,40

PROYECTISTA:	KEVIN STEVE POLO HORTA	N° DE PLANO:	7
PROYECTO:	PERFILES LONGITUDINALES - AGUAS LLUVIAS		
ASESOR:			
CONTIENE:	PERFILES LONGITUDINALES CIRCUITOS 1, 2 Y 3 AGUAS LLUVIAS	FECHA:	02/12/2022
		ESCALA:	EN PLANO
		CODIGO:	A005

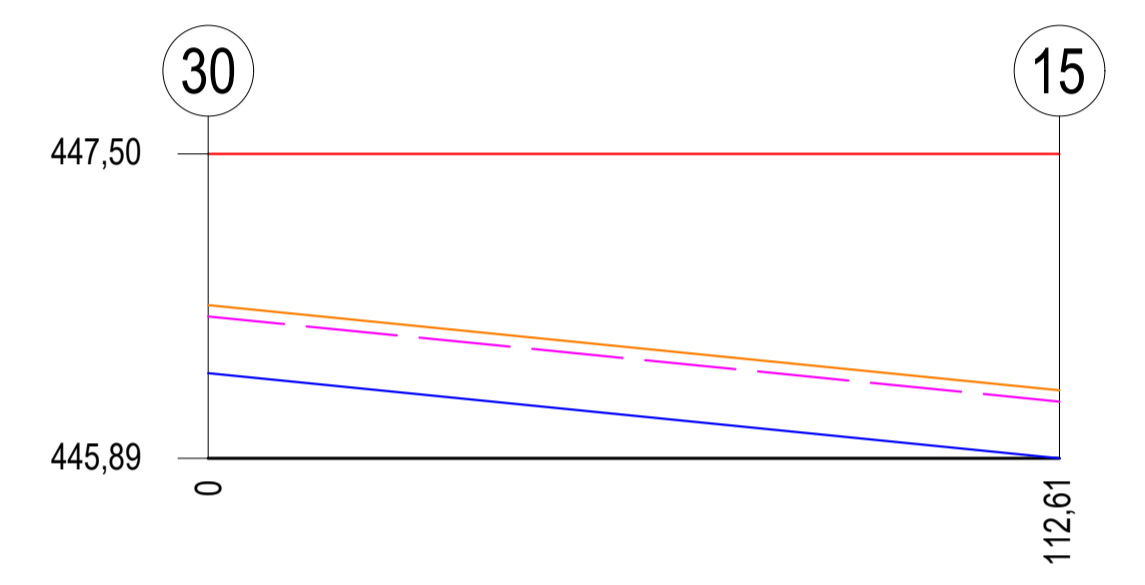
CUADRO DE CONVENCIONES	
	COTA RASANTE
	COTA ENERGIA
	COTA CLAVE
	COTA BATEA



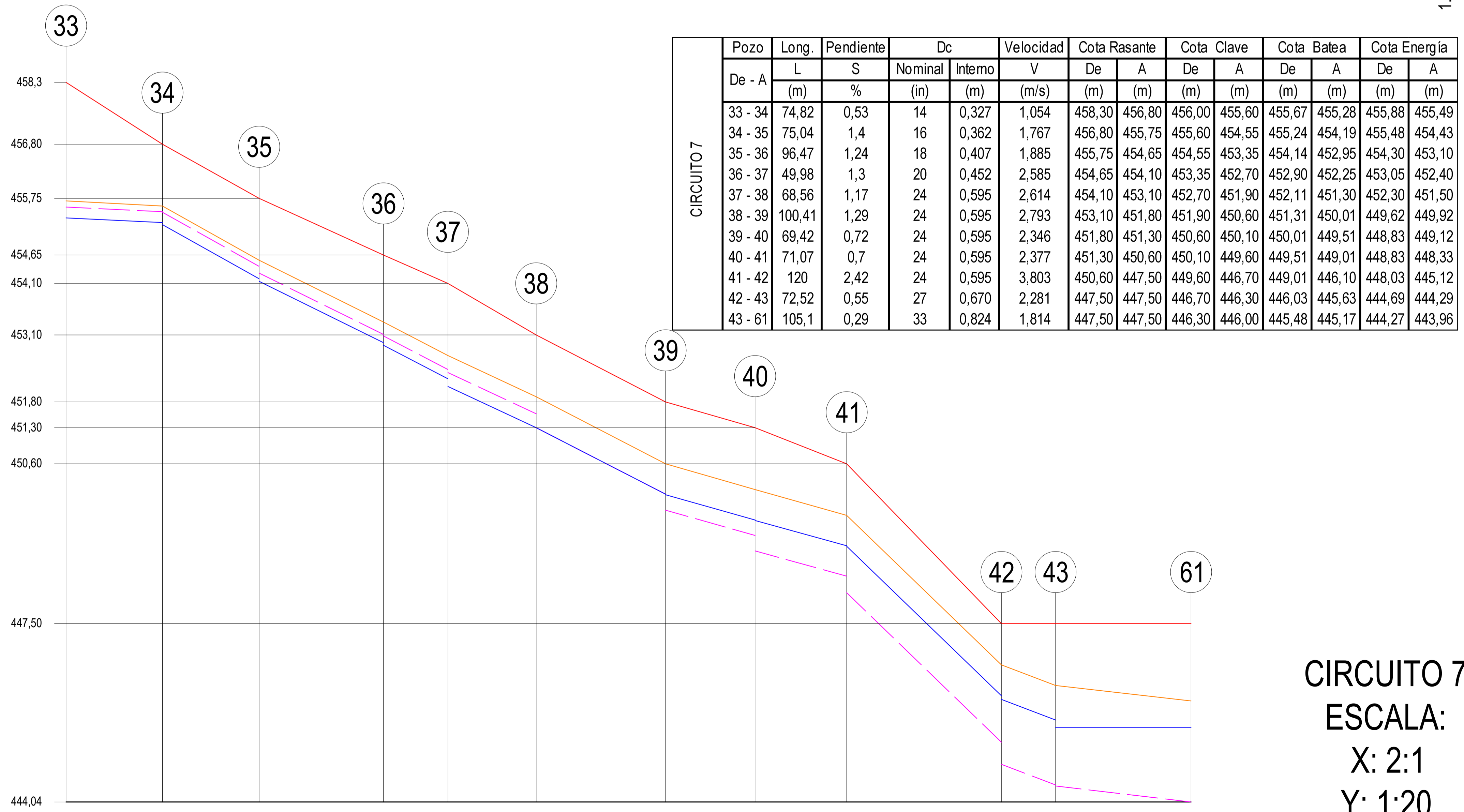
CIRCUITO 5 ESCALA:
X: 2:1
Y: 1:25

CIRCUITO 5	Pozo	Long.	Pendiente	Dc		Velocidad	Cota Rasante		Cota Clave		Cota Batea		Cota Energia			
				L	S		Nominal	Interno	De	A	De	A	De	A	De	A
18 - 19	42	0,71	20	0,452	1,966	458,30	458,30	457,00	456,70	456,55	456,25	457,10	456,80			
19 - 20	37,4	0,67	20	0,452	1,884	458,30	458,30	456,70	456,45	456,25	456,00	456,12	455,27			
20 - 21	74,82	1,14	20	0,452	2,136	458,30	456,80	456,45	455,60	456,00	455,15	456,12	455,27			
21 - 22	75,04	1,4	20	0,452	2,353	456,80	455,75	455,60	454,55	455,15	454,10	455,07	454,02			
22 - 23	96,47	0,73	20	0,452	1,929	455,75	454,65	454,55	453,85	454,10	453,39	453,81	453,10			
23 - 24	49,98	1,9	24	0,595	3,138	454,65	454,10	453,85	452,90	453,26	452,31	452,90	451,95			
24 - 25	68,56	1,46	24	0,595	3,005	454,10	453,10	452,90	451,90	452,31	451,30	451,83	450,82			
25 - 26	100,41	0,9	24	0,595	2,623	453,10	451,80	451,90	451,00	451,31	450,40	450,50	449,59			
26 - 27	69,42	1,3	27	0,670	2,983	451,80	451,30	451,00	450,10	450,33	449,43	449,27	448,37			
27 - 28	71,07	0,98	27	0,670	2,776	451,30	450,60	450,10	449,40	449,43	448,73	448,03	447,34			
28 - 29	120	2,58	27	0,670	3,987	450,60	447,50	449,40	446,30	448,73	445,63	447,00	443,91			
29 - 30	39,75	0,63	27	0,670	2,458	447,50	447,50	446,30	446,05	445,63	445,38	444,44	443,19			
30 - 31	67,32	0,74	27	0,670	2,664	447,50	446,75	446,05	445,55	445,38	444,88	444,25	442,35			
31 - 32	67,41	0,89	27	0,670	2,938	446,75	446,75	445,55	444,95	444,88	444,28	441,98	441,38			
32 - E3	75,82	0,99	30	0,747	3,108	446,75	445,00	444,95	444,20	444,20	443,45	440,98	440,23			

CIRCUITO 4 ESCALA:
X: 1:1 Y: 1:25



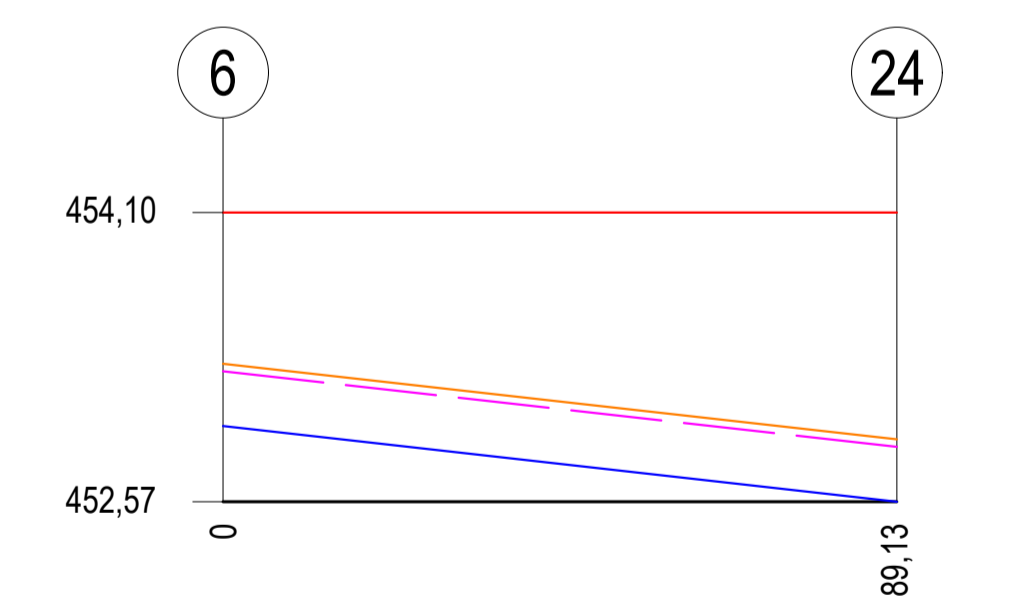
CIRCUITO 4	Pozo	Long.	Pendiente	Dc		Velocidad	Cota Rasante		Cota Clave		Cota Batea		Cota Energia			
				L	S		Nominal	Interno	De	A	De	A	De	A	De	A
30 - 15	112,61	0,4	16	0,362	1,172	447,50	447,50	446,70	446,25	446,34	445,89	446,64	446,19			



CIRCUITO 7 ESCALA:
X: 2:1
Y: 1:20

CIRCUITO 7	Pozo	Long.	Pendiente	Dc		Velocidad	Cota Rasante		Cota Clave		Cota Batea		Cota Energia			
				L	S		Nominal	Interno	De	A	De	A	De	A	De	A
33 - 34	74,82	0,53	14	0,327	1,054	458,30	456,80	456,00	455,60	455,67	455,28	455,88	455,49			
34 - 35	75,04	1,4	16	0,362	1,767	456,80	455,75	455,60	454,55	455,24	454,19	455,48	454,43			
35 - 36	96,47	1,24	18	0,407	1,885	455,75	454,65	454,55	453,35	454,14	452,95	454,30	453,10			
36 - 37	49,98	1,3	20	0,452	2,585	454,65	454,10	453,35	452,70	452,90	452,25	453,05	452,40			
37 - 38	68,56	1,17	24	0,595	2,614	454,10	453,10	452,70	451,90	452,11	451,30	452,30	451,50			
38 - 39	100,41	1,29	24	0,595	2,793	453,10	451,80	451,90	450,60	451,31	450,01	449,62	449,92			
39 - 40	69,42	0,72	24	0,595	2,346	451,80	451,30	450,60	450,10	450,01	449,51	448,83	449,12			
40 - 41	71,07	0,7	24	0,595	2,377	451,30	450,60	450,10	449,60	449,51	449,01	448,83	448,33			
41 - 42	120	2,42	24	0,595	3,803	450,60	447,50	449,60	446,70	449,01	446,10	448,03	445,12			
42 - 43	72,52	0,55	27	0,670	2,281	447,50	447,50	446,70	446,30	446,03	445,63	444,69	444,29			
43 - 61	105,1	0,29	33	0,824	1,814	447,50	447,50	446,30	446,00	445,48	445,17	444,27	443,96			

CIRCUITO 6 ESCALA:
X: 1:1 Y: 1:25

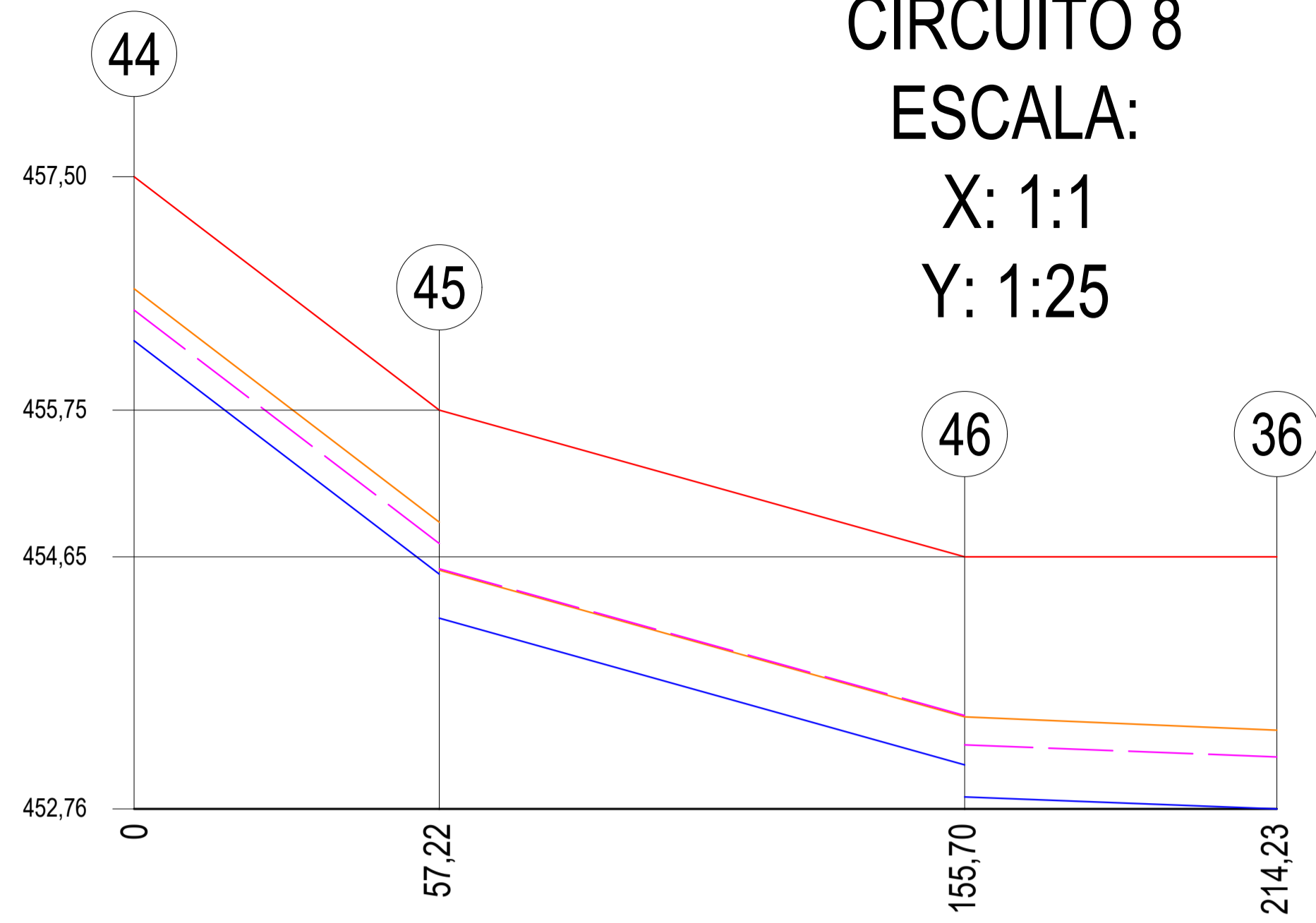


CIRCUITO 6	Pozo	Long.	Pendiente	Dc		Velocidad	Cota Rasante		Cota Clave		Cota Batea		Cota Energia			
				L	S		Nominal	Interno	De	A	De	A	De	A	De	A
6 - 24	89,13	0,45	14	0,327	1,178	454,10	454,10	453,30	452,90	452,97	452,57	453,26	452,86			

PROYECTISTA:	KEVIN STEVE POLO HORTA	N° DE PLANO:	8
PROYECTO:	PERFILES LONGITUDINALES - AGUAS LLUVIAS	FECHA:	02/12/2022
ASESOR:		ESCALA:	EN PLANO
CONTIENE:	PERFILES LONGITUDINALES CIRCUITOS 4, 5, 6 Y 7 AGUAS LLUVIAS	CODIGO:	A006

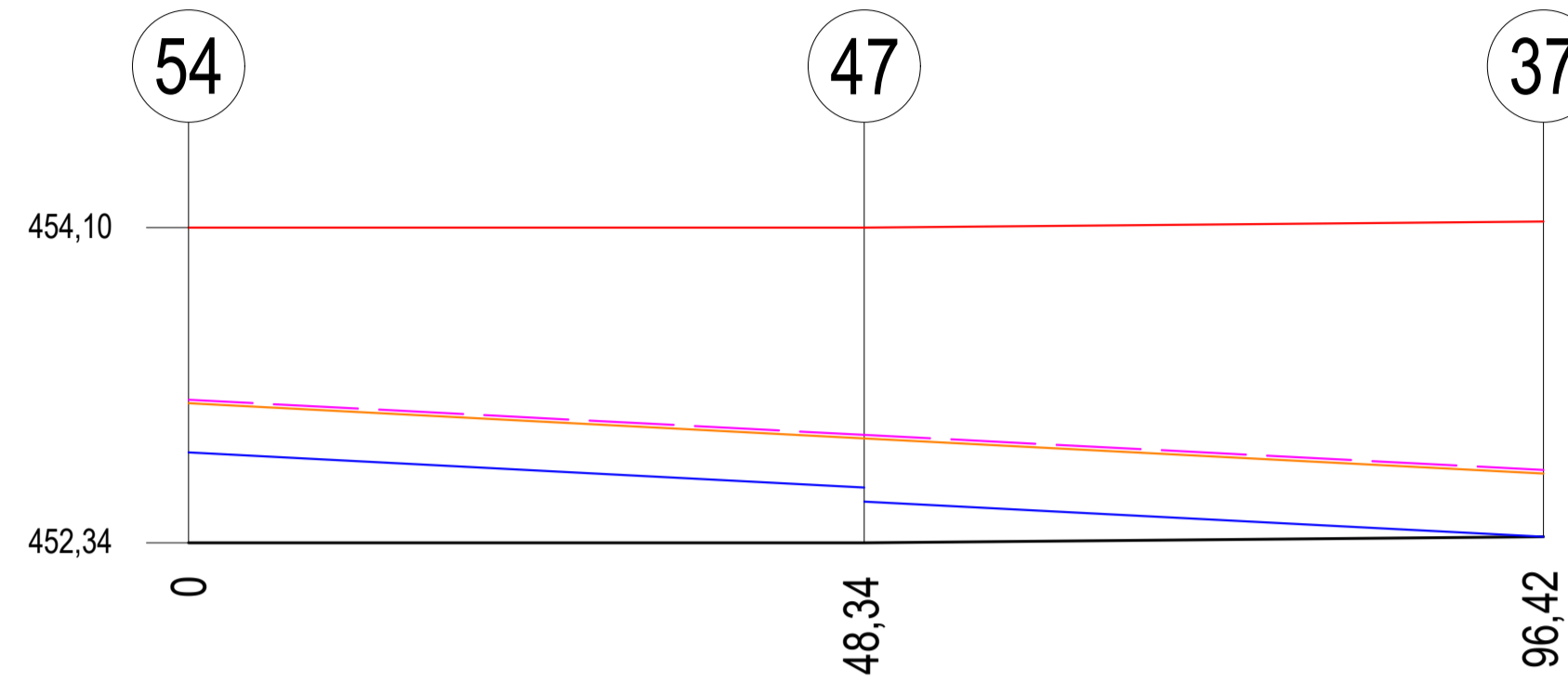
CUADRO DE CONVENCIONES	
	COTA RASANTE
	COTA ENERGIA
	COTA CLAVE
	COTA BATEA

CIRCUITO 8
ESCALA:
X: 1:1
Y: 1:25



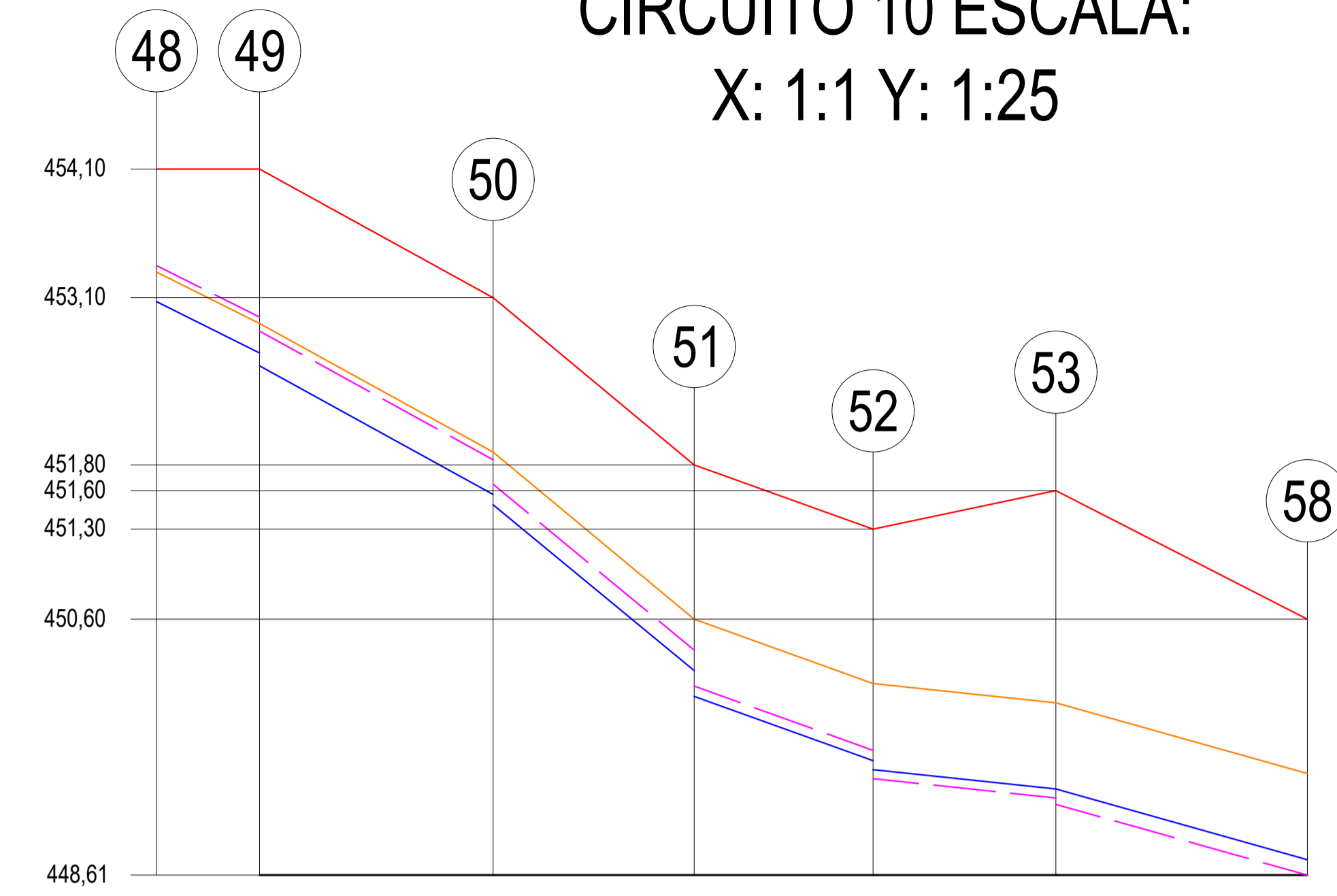
CIRCUITO 8	Pozo	Long.		Pendiente		Dc		Velocidad	Cota Rasante		Cota Clave		Cota Batea		Cota Energia	
		L	S	Nominal	Interno	V	De		A	De	A	De	A	De	A	
																(m)
44 - 45	57,22	3,41	10	0,227	2,277	457,50	455,75	456,50	454,55	456,27	454,32	456,66	454,71			
45 - 46	98,48	1,12	16	0,362	2,114	455,75	454,65	454,55	453,45	454,19	453,09	454,55	453,45			
46 - 36	58,53	0,17	24	0,595	1,064	454,65	454,65	453,45	453,35	452,86	452,76	453,25	453,15			

CIRCUITO 9 ESCALA:
X: 1:2 Y: 1:25



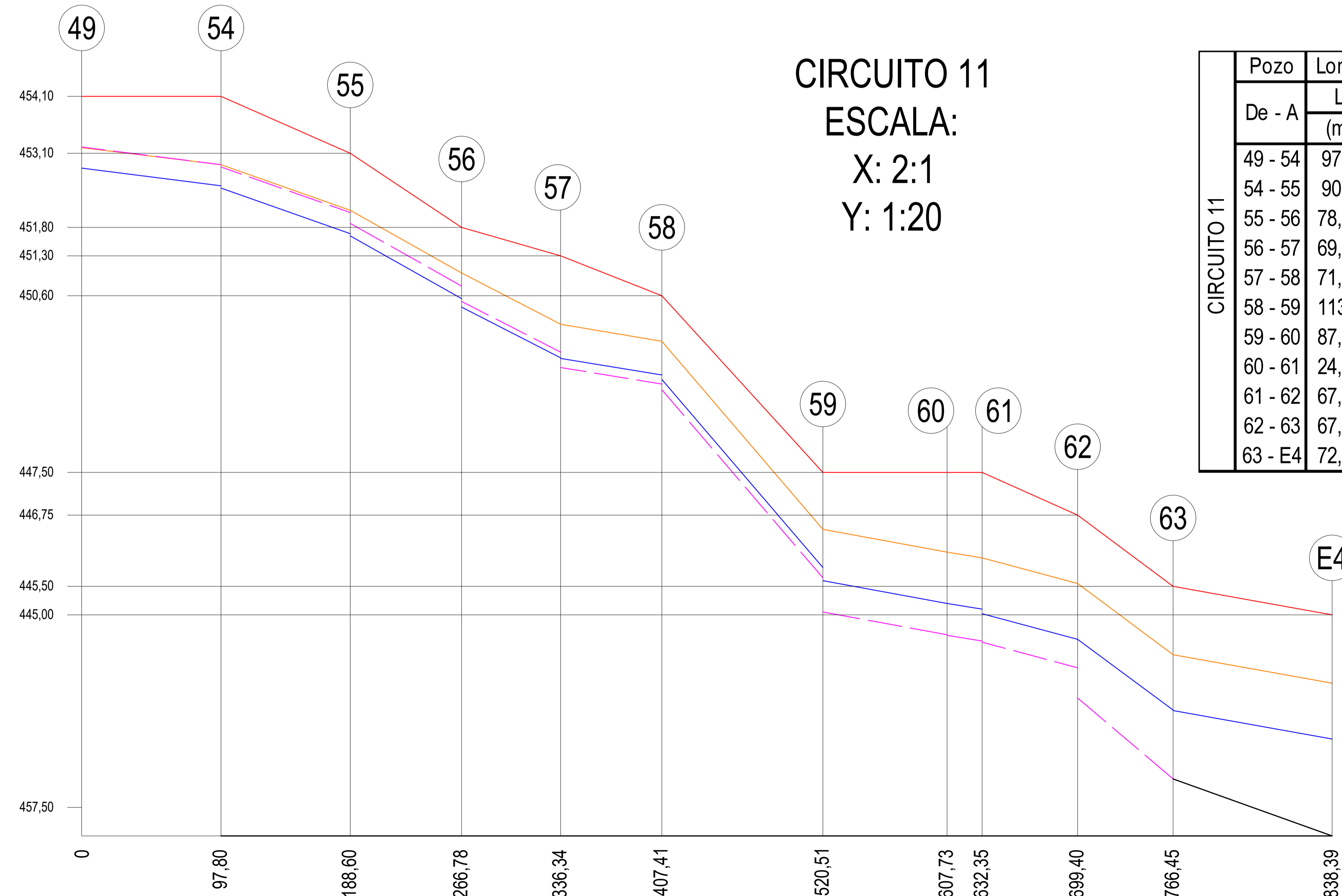
CIRCUITO 9	Pozo	Long.		Pendiente		Dc		Velocidad	Cota Rasante		Cota Clave		Cota Batea		Cota Energia	
		L	S	Nominal	Interno	V	De		A	De	A	De	A	De	A	
																(m)
54 - 47	48,34	0,41	12	0,284	1,119	454,10	454,10	453,10	452,90	452,82	452,62	453,11	452,92			
47 - 37	48,08	0,42	16	0,362	1,271	454,10	454,10	452,90	452,70	452,54	452,34	452,91	452,71			

CIRCUITO 10 ESCALA:
X: 1:1 Y: 1:25



CIRCUITO 10	Pozo	Long.		Pendiente		Dc		Velocidad	Cota Rasante		Cota Clave		Cota Batea		Cota Energia	
		L	S	Nominal	Interno	V	De		A	De	A	De	A	De	A	
																(m)
48 - 49	40,11	1	10	0,227	1,459	454,10	454,10	453,30	452,90	453,07	452,67	453,35	452,95			
49 - 50	90,8	1,1	14	0,327	2,019	454,10	453,10	452,90	451,90	452,57	451,57	452,84	451,84			
50 - 51	78,18	1,66	18	0,407	2,693	453,10	451,80	451,90	450,60	451,49	450,20	451,65	450,35			
51 - 52	69,56	0,72	24	0,595	2,086	451,80	451,30	450,80	450,10	450,01	449,50	450,09	449,59			
52 - 53	71,07	0,21	27	0,670	1,423	451,30	451,60	450,10	449,95	449,43	449,28	449,36	449,21			
53 - 58	97,78	0,56	27	0,670	2,055	451,60	450,60	449,95	449,40	449,28	448,73	449,13	448,59			

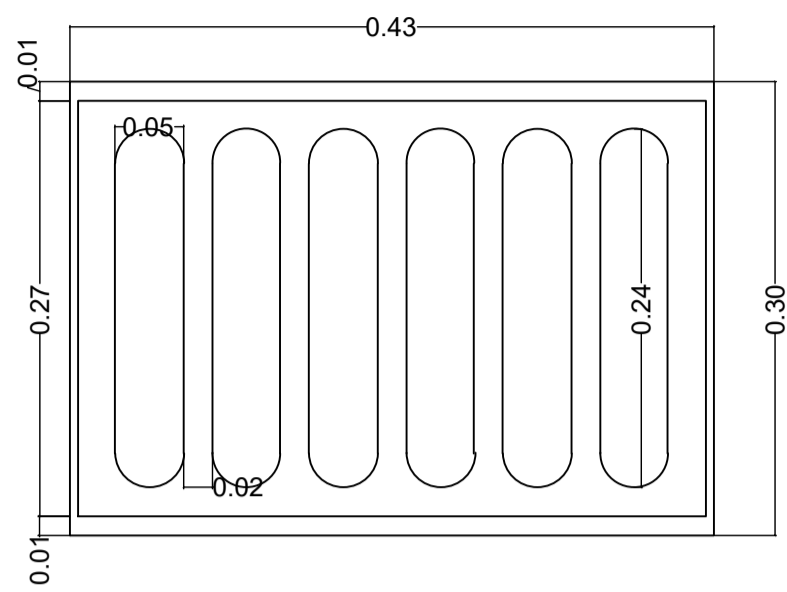
CIRCUITO 11
ESCALA:
X: 2:1
Y: 1:20



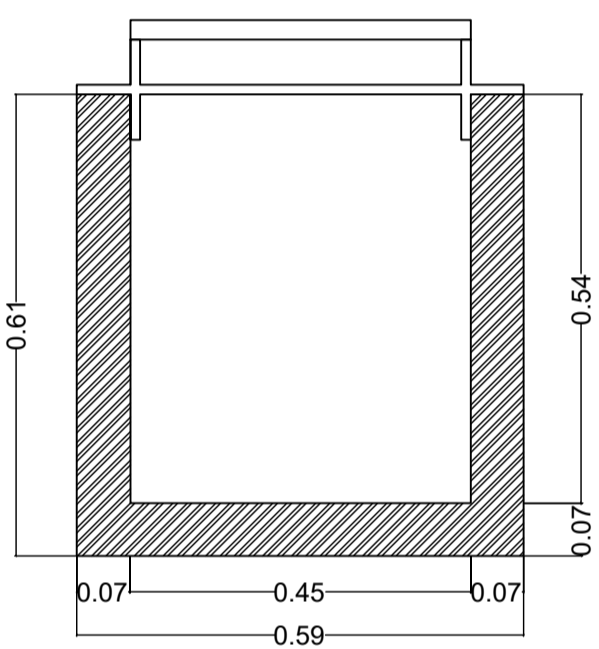
CIRCUITO 11	Pozo	Long.		Pendiente		Dc		Velocidad	Cota Rasante		Cota Clave		Cota Batea		Cota Energia	
		L	S	Nominal	Interno	V	De		A	De	A	De	A	De	A	
																(m)
49 - 54	97,8	0,31	16	0,362	1,144	454,10	454,10	453,20	452,90	452,84	452,53	453,20	452,90			
54 - 55	90,8	0,88	18	0,407	1,961	454,10	453,10	452,90	452,10	452,49	451,69	452,84	452,04			
55 - 56	78,18	1,41	20	0,452	2,600	453,10	451,80	452,10	451,00	451,65	450,55	451,84	450,74			
56 - 57	69,56	1,29	24	0,595	2,624	451,80	451,30	451,00	450,10	450,41	449,51	450,48	449,58			
57 - 58	71,07	0,42	24	0,595	1,870	451,30	450,60	450,10	449,80	449,51	449,21	449,32	449,02			
58 - 59	113,1	2,92	27	0,670	4,626	450,60	447,50	449,80	446,50	449,13	445,83	448,93	445,62			
59 - 60	87,22	0,46	36	0,900	2,414	447,50	447,50	446,50	446,10	445,60	445,20	445,02	444,62			
60 - 61	24,62	0,41	36	0,900	2,333	447,50	447,50	446,10	446,00	445,20	445,10	444,62	444,52			
61 - 62	67,05	0,67	39	0,978	3,219	447,50	446,75	446,00	445,55	445,02	444,57	444,49	444,04			
62 - 63	67,05	1,86	39	0,978	4,669	446,75	445,50	445,55	444,30	444,57	443,33	443,52	442,27			
63 - E4	72,44	0,69	39	0,978	3,309	445,50	445,00	444,30	443,80	443,32	442,82	441,60	441,10			

PROYECTISTA:	KEVIN STEVE POLO HORTA	N° DE PLANO:	9
PROYECTO:	PERFILES LONGITUDINALES - AGUAS LLUVIAS		
ASESOR:			
CONTIENE:	PERFIL LONGITUDINAL - CIRCUITO 1	FECHA:	02/12/2022
		ESCALA:	EN PLANO
		CODIGO:	A001

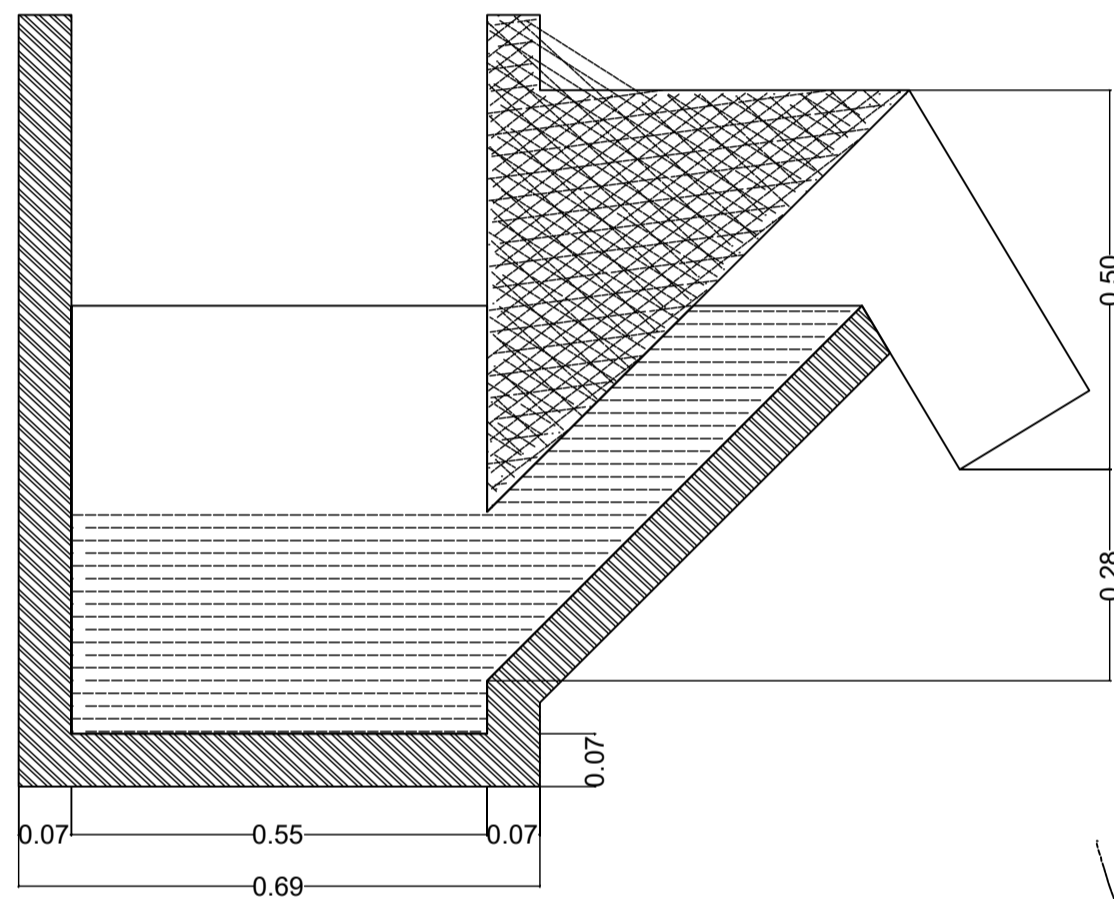
CUADRO DE CONVENCIONES	
	COTA RASANTE
	COTA ENERGIA
	COTA CLAVE
	COTA BATEA



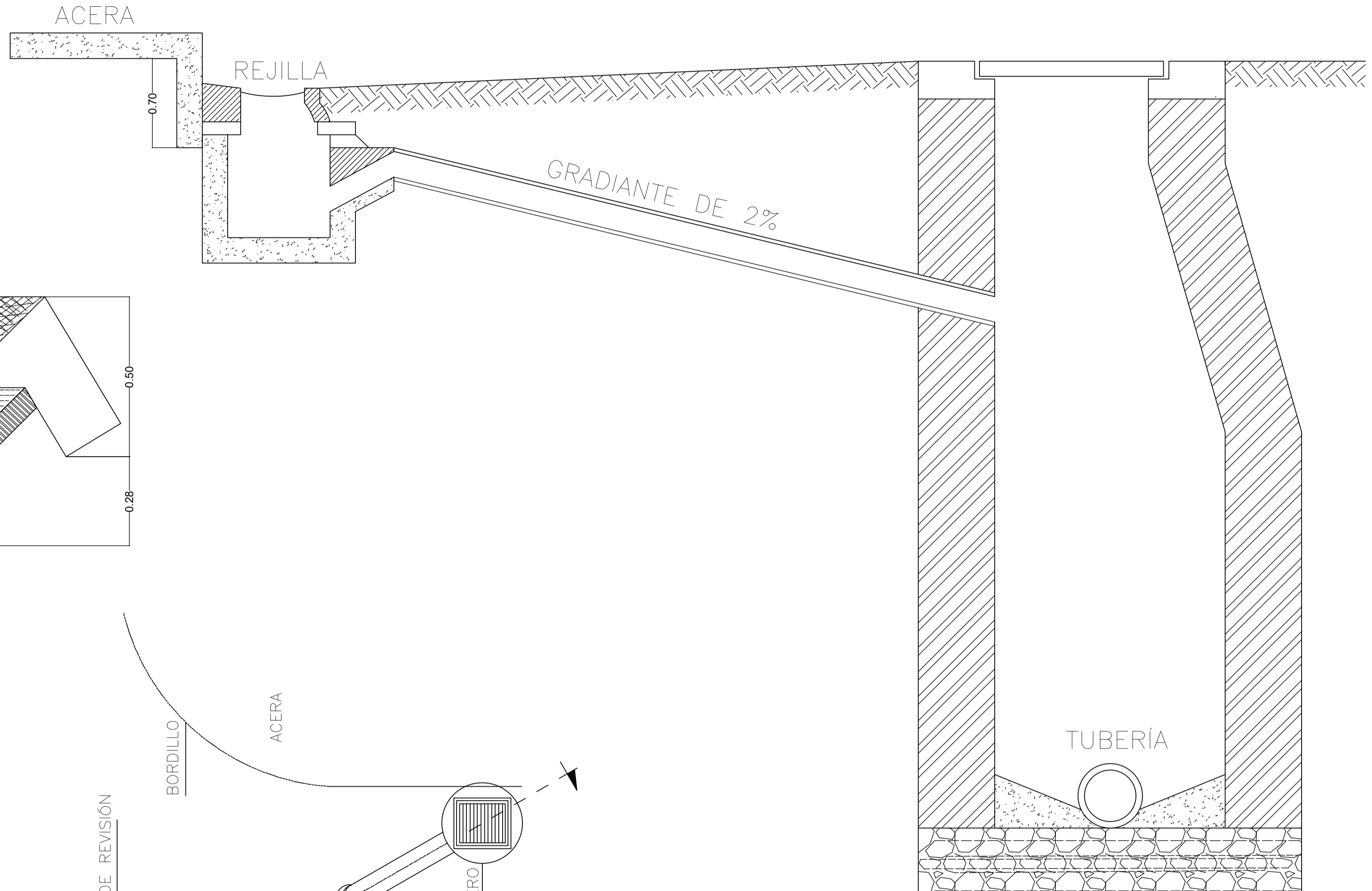
DETALLE DE REJILLA
ESC:1:5



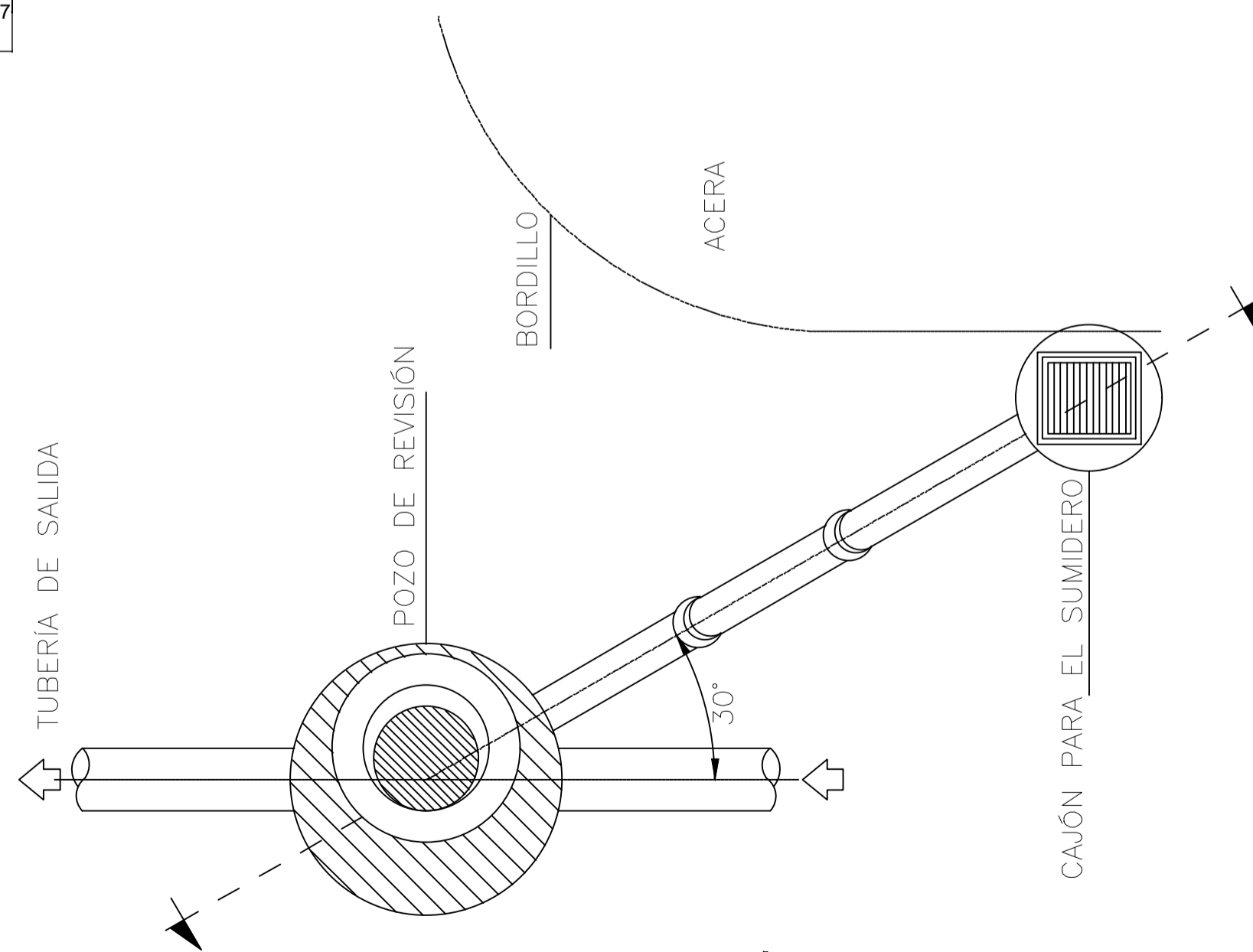
DETALLE DE SUMIDERO
ESC:1:10



DETALLE EN CORTE DE SUMIDERO
ESC:1:10

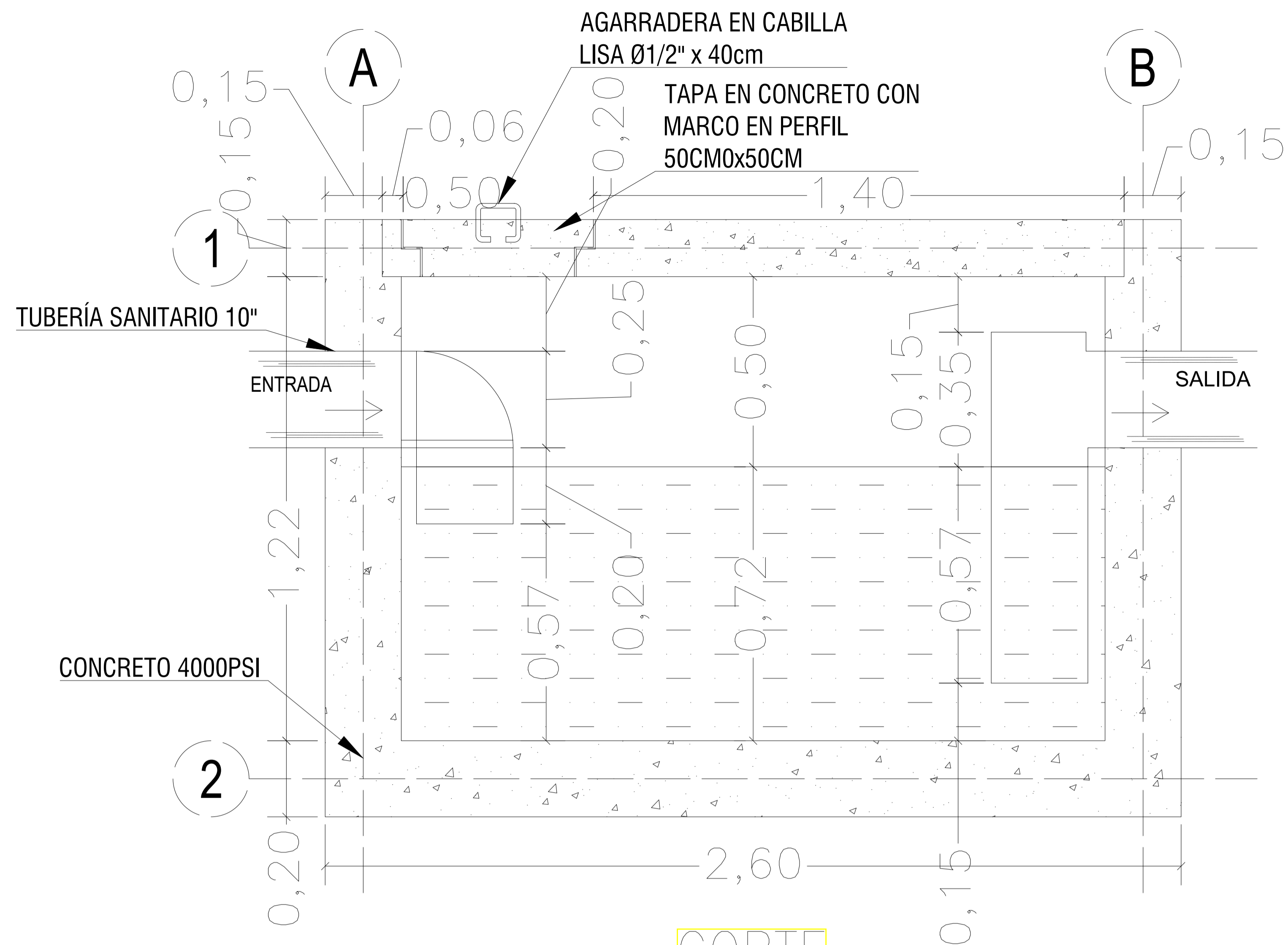


DETALLE EN CORTE CONEXIÓN SUMIDERO-POZO
ESC:1:25

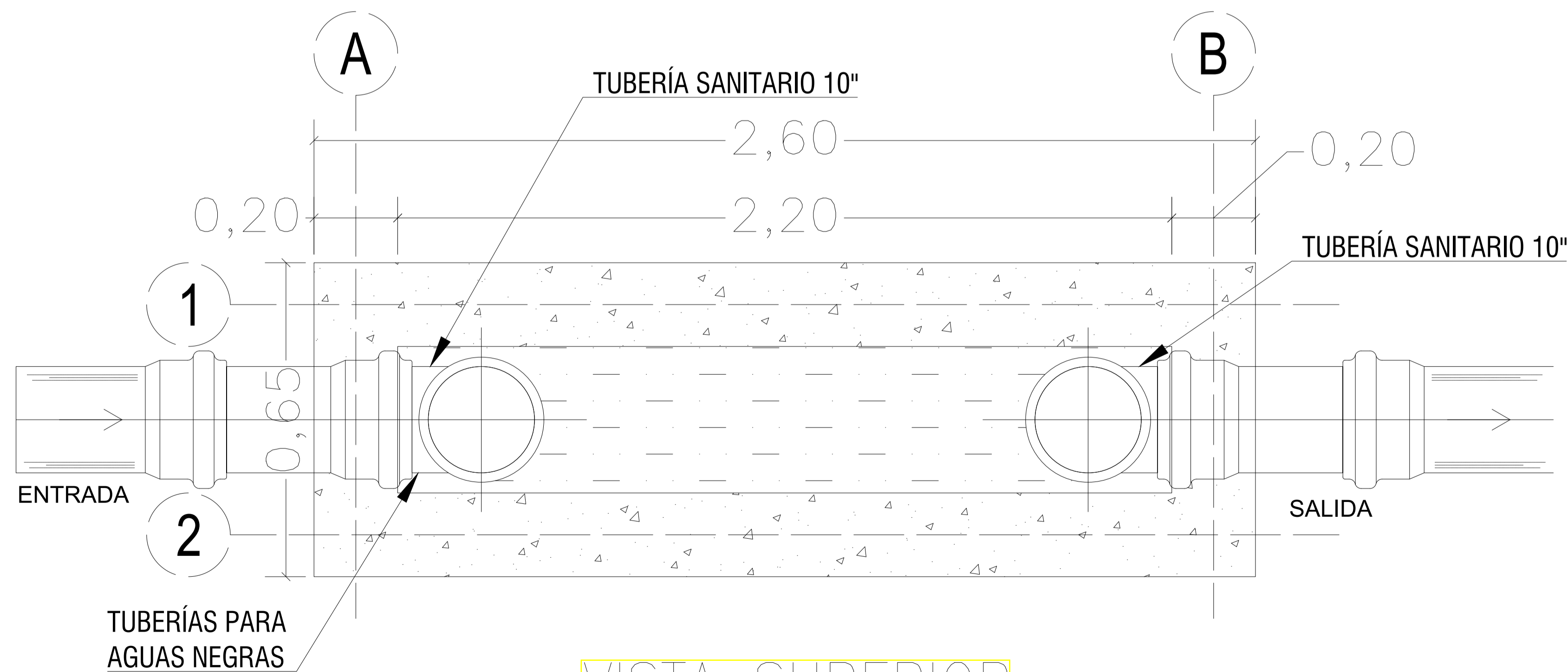


DETALLE CONEXIÓN SUMIDERO - POZO
ESC:1:10

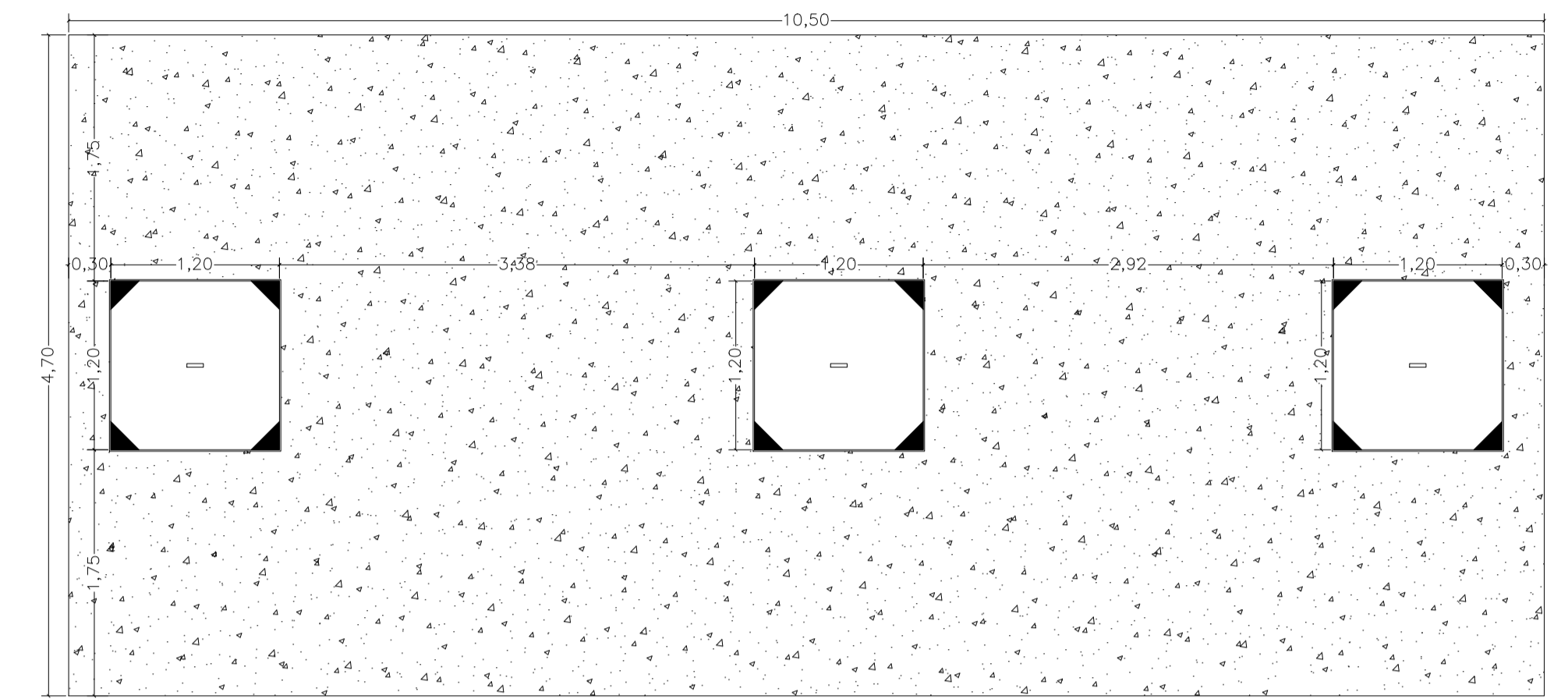
PROYECTISTA:	KEVIN STEVE POLO HORTA	N° DE PLANO:	10
PROYECTO:	SISTEMA DE DRENAJE Y AGUAS LLUVIAS		
ASESOR:			
CONTIENE:	FECHA: 02/12/2022	CUADRO DE CONVENCIONES	
DETALLES Y CORTES SUMIDERO	ESCALA: EN PLANO		COTA RASANTE
	CODIGO: A001		COTA ENERGIA
			COTA CLAVE
			COTA BATEA



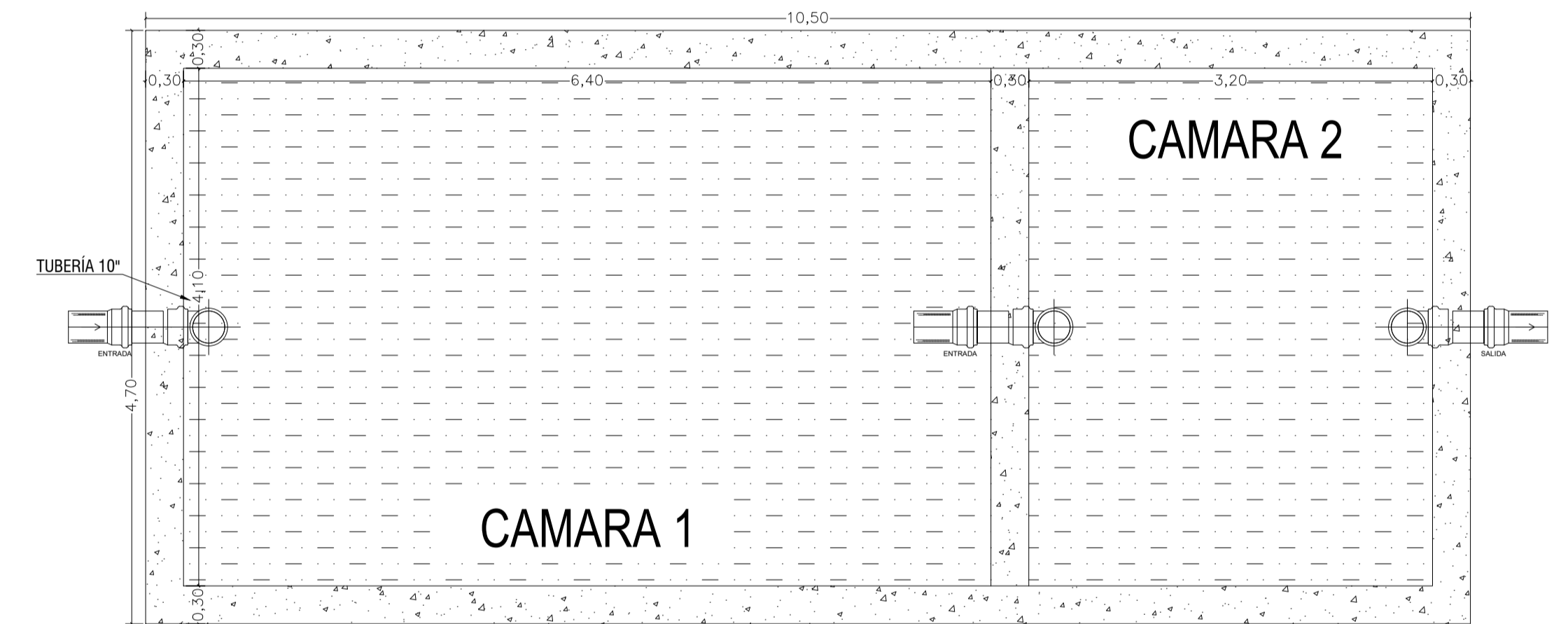
CORTE
TRAMPA DE GRASAS
 ESCALA 1:20



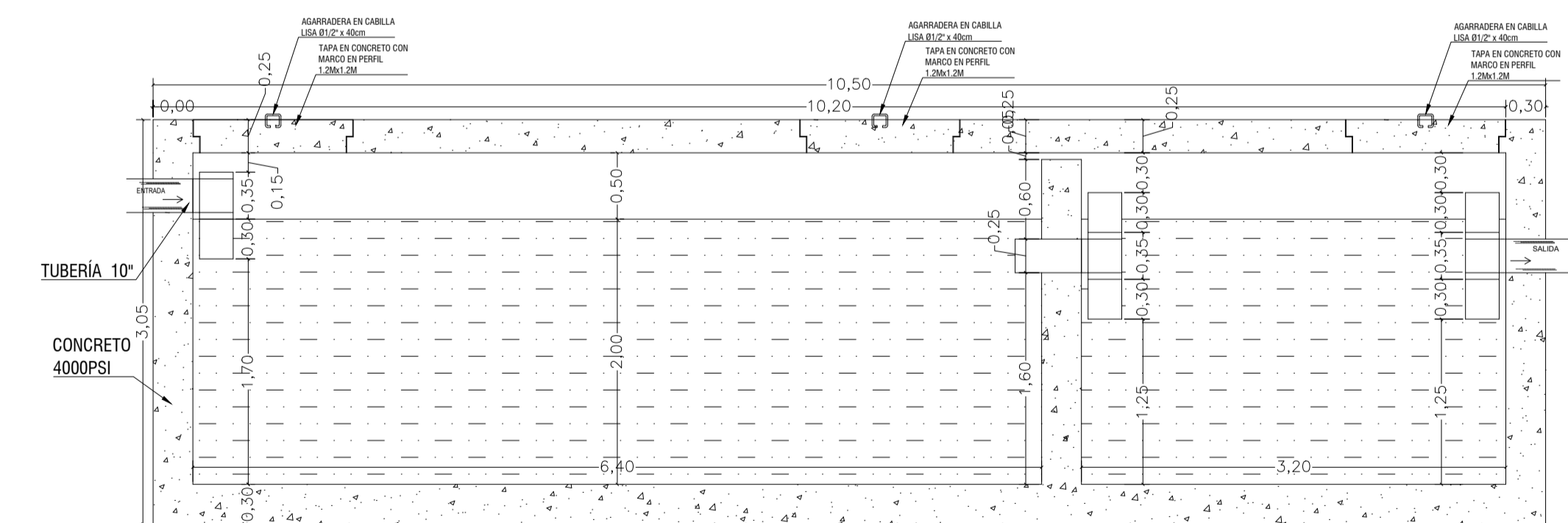
VISTA SUPERIOR
TRAMPA DE GRASAS
 ESCALA 1:20



VISTA SUPERIOR
TANQUE SEPTICO
 ESCALA 1:50

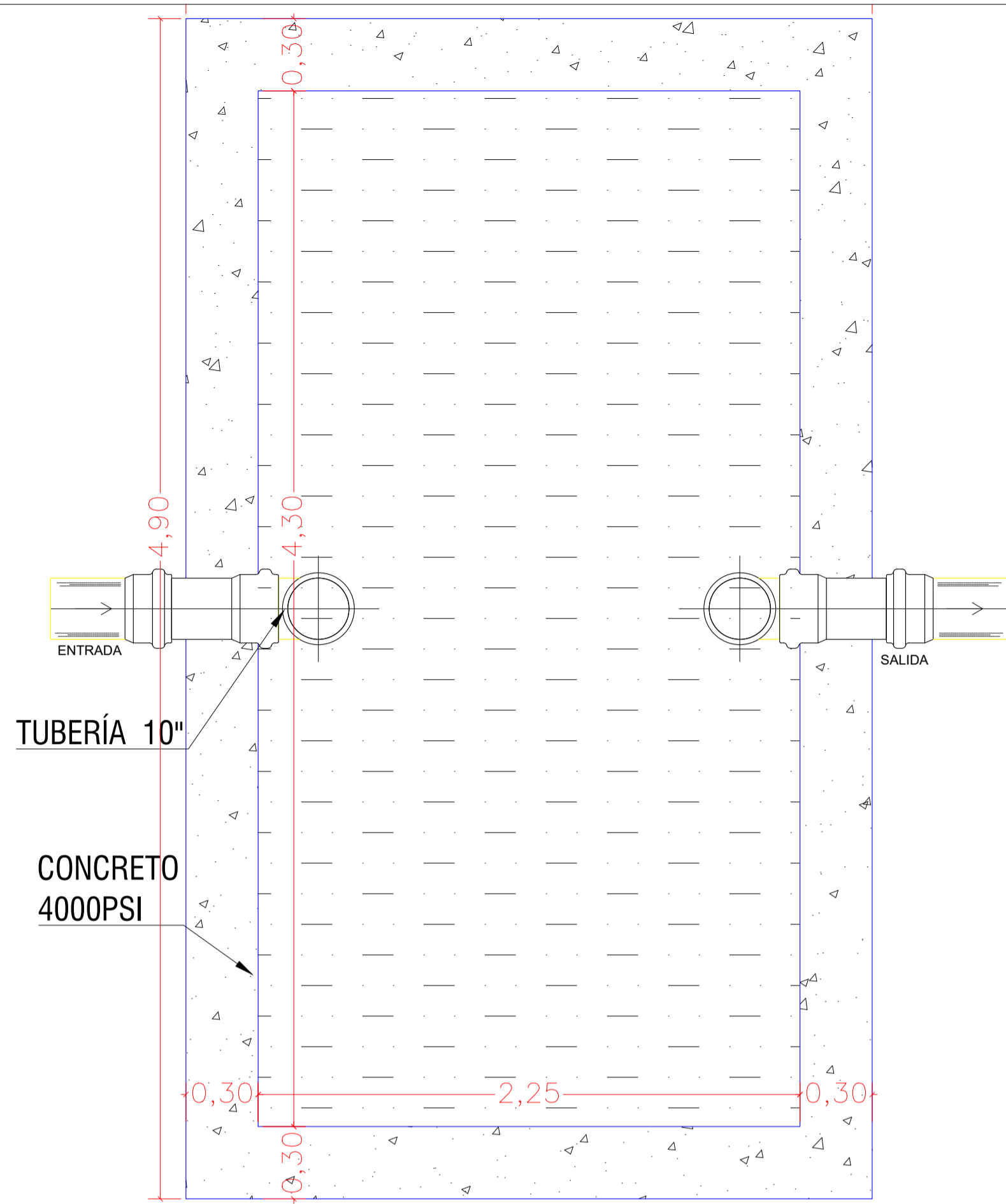


CORTE SUPERIOR
TANQUE SEPTICO
 ESCALA 1:50

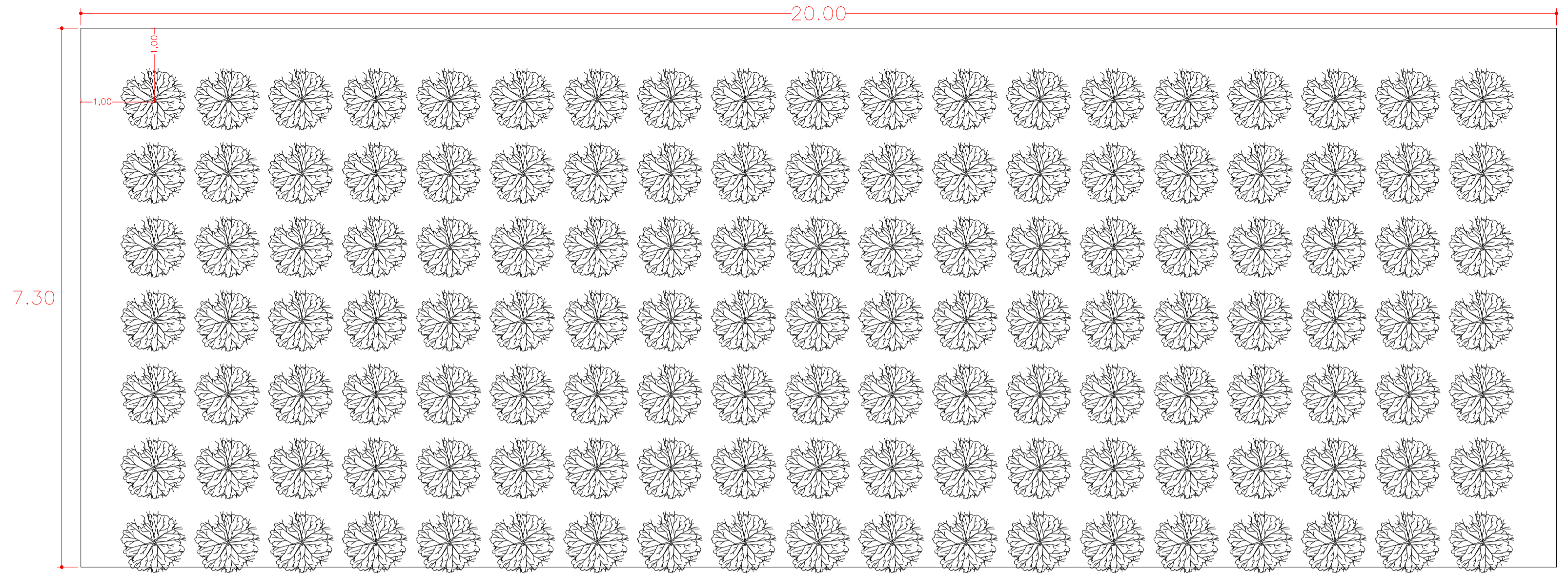


CORTE
TANQUE SEPTICO
 ESCALA 1:50

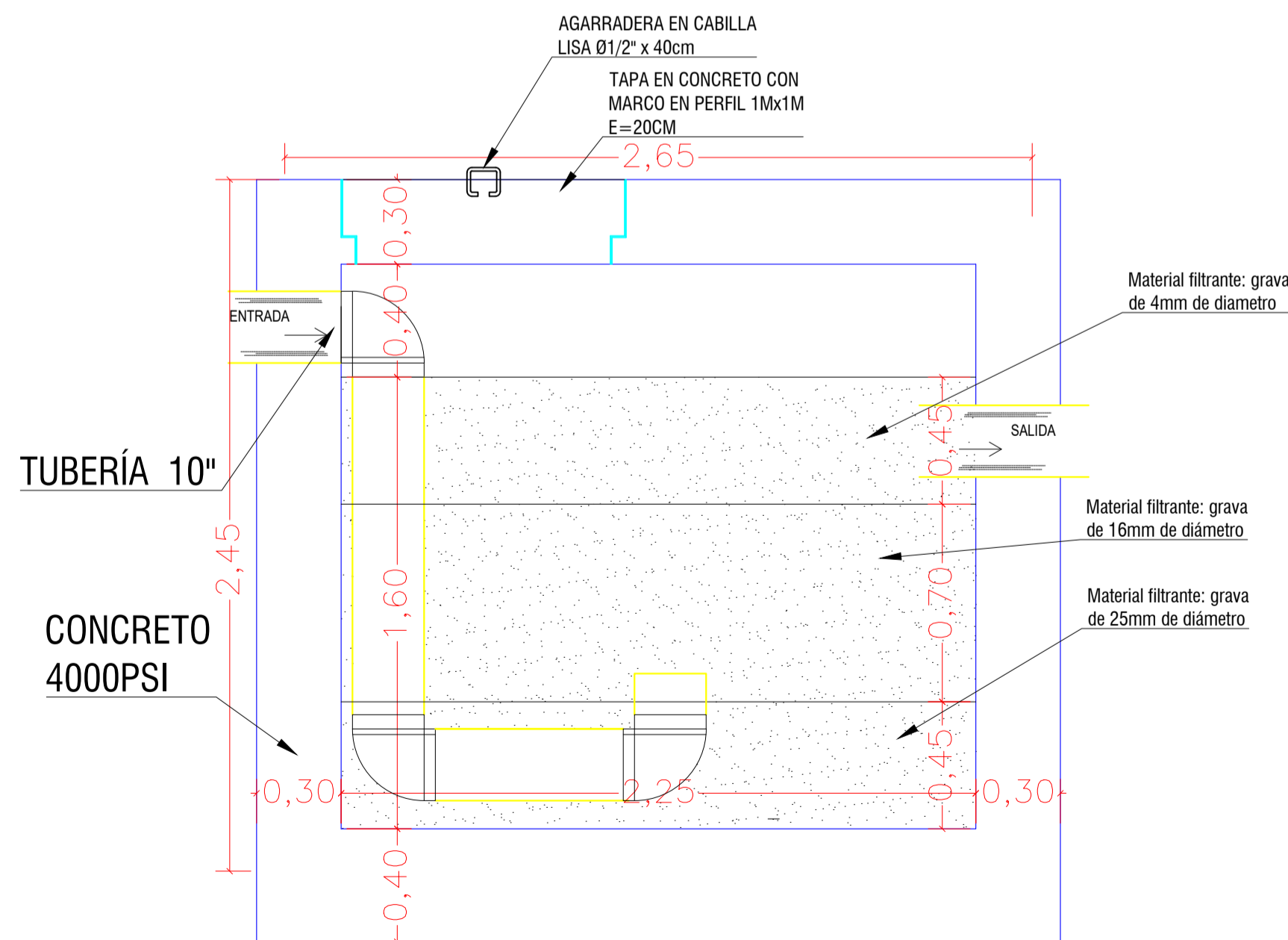
PROYECTISTA:	KEVIN STEVE POLO HORTA	N° DE PLANO:	11
PROYECTO:	PERFILES LONGITUDINALES		
ASESOR:			
CONTIENE:	FECHA: 02/12/2022	CUADRO DE CONVENCIONES	
DETALLES Y CORTES	ESCALA: EN PLANO	-----	COTA RASANTE
TANQUE SEPTICO	CODIGO: A001	-----	COTA ENERGIA
TRAMPA DE GRASAS		-----	COTA CLAVE
		-----	COTA BATEA



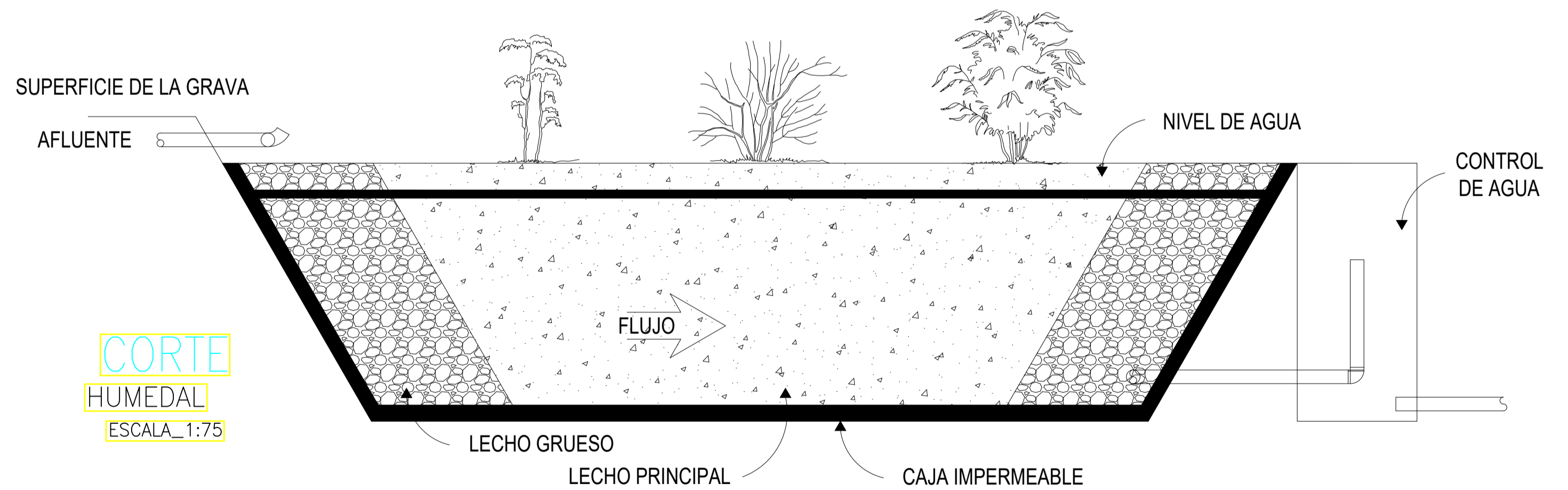
VISTA SUPERIOR
 FILTRO ANAEROBIO
 ESCALA 1:20



VISTA SUPERIOR
 HUMEDAL
 ESCALA 1:50



CORTE
 FILTRO ANAEROBIO
 ESCALA 1:20



CORTE
 HUMEDAL
 ESCALA 1:75

PROYECTISTA:	KEVIN STEVE POLO HORTA	N° DE PLANO:	12
PROYECTO:	SISTEMA DE DRENAJE Y AGUAS LLUVIAS		
ASESOR:			
CONTIENE:	FECHA: 02/12/2022	CUADRO DE CONVENCIONES	
DETALLES Y CORTES	ESCALA: EN PLANO	COTA RASANTE	
FILTRO ANAEROBIO	CODIGO: A001	COTA ENERGIA	
HUMEDAL		COTA CLAVE	
		COTA BATEA	