



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

**Evaluación y rediseño del sistema de alcantarillado del Batallón de Ingenieros No 68 Cotopaxi.
Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales del Batallón de Ingenieros No 68 Cotopaxi.**

AUTORES:

Luisa Nathaly Batallas Martínez

Marlon Eduardo Simbaña Rodríguez

TUTOR:

Ing. Dario Roberto Bolaños Guerrón, Ph.D.

Sangolquí, 31 de agosto 2022

Ubicación Geográfica

- El Batallón de Ingenieros de Construcciones N° 68 “Cotopaxi”
- Superficie:45,4 ha



INTRODUCCIÓN



03/junio/2022

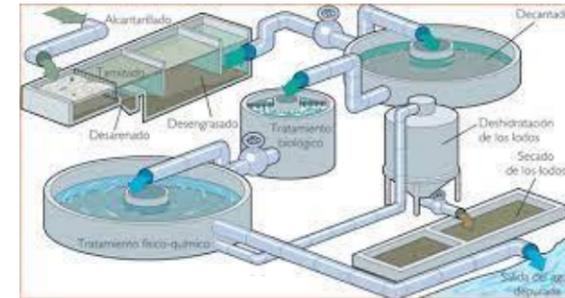
Alcantarillado Sanitario



Batallón de Ingenieros de Construcciones N° 68 "Cotopaxi"



Alcantarillado Pluvial



PTAR

Objetivo General

- Evaluar y diseñar los sistemas de alcantarillado separado, pluvial-sanitario y la planta de tratamiento de aguas residuales del Batallón de Ingenieros de Construcciones N° 68 “Cotopaxi”, a fin de garantizar el servicio a los usuarios del mismo, aplicando los parámetros de diseño hidráulicos, de saneamiento y normas técnicas que se requiera para su diseño.

Objetivos Específicos

- Elaborar un análisis de las aguas servidas que produce el Batallón, a fin de diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales que posibilite el saneamiento del agua que se descarga en la quebrada Calicanto.
- Diseñar los planos de los sistemas de alcantarillado pluvial, alcantarillado sanitario y de la planta de tratamiento, de acuerdo a los formatos establecidos por el Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias.
- Estimar el presupuesto referencial para los diseños propuestos de los sistemas de alcantarillado pluvial, alcantarillado sanitario y de la planta de tratamiento

Objetivos Específicos

- Evaluar el sistema de alcantarillado existente, por medio de una inspección in situ de los pozos y cajas de revisión, con la finalidad de evidenciar las condiciones en las que se encuentra y verificar el funcionamiento del mismo.
- Realizar el levantamiento topográfico del área de estudio para obtener las curvas de nivel y la distribución de la infraestructura a la cual se dotará del servicio de alcantarillado.
- Recopilar la información de la población a servir, para determinar los caudales que se aportarán al sistema de alcantarillado, a su vez analizar los datos de la estación meteorológica Izobamba para determinar las precipitaciones que aportarán al sistema pluvial.

Infraestructura y servicios



EPMAPS
AGUA DE QUITO
grande agua

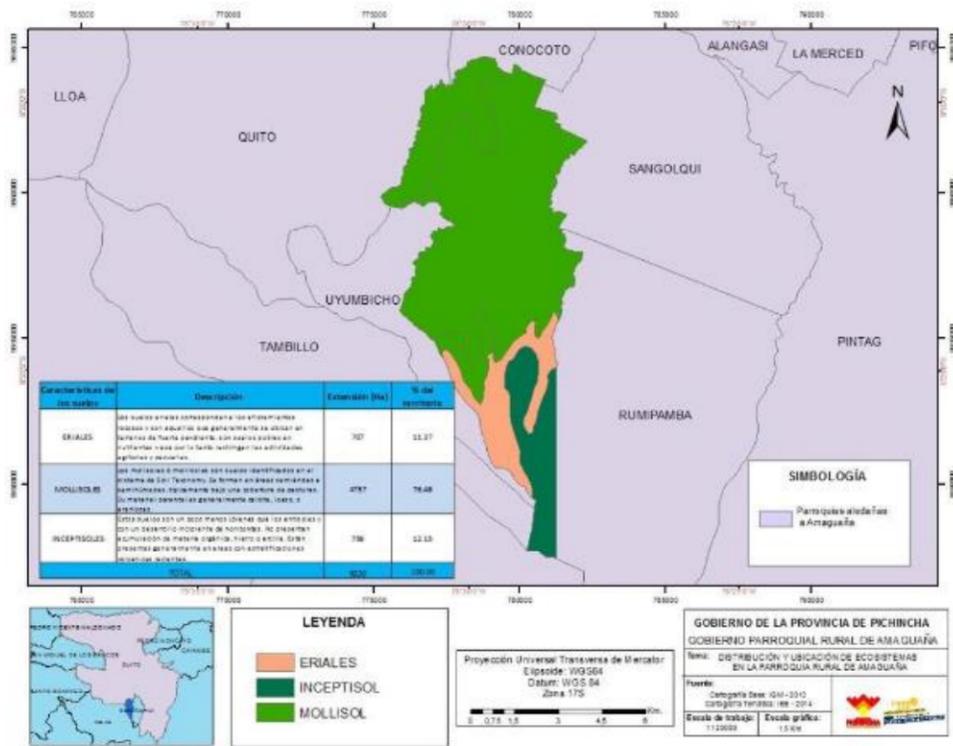


Factores Climaticos



- Temperatura 20,03 C°
- Precipitación 331,1 mm

Tipo de Suelo



Relieve y Topografía



- Puntos de control
- Curvas de nivel 1 m
- Sistema de coordenadas TMQ
- Pendiente 0,61%

Sistema de Alcantarillado Sanitario



➤ 30 años

➤ Población Futura 1000

➤ Dotación 150 l/hab. - día

➤ Población Actual 800

Caudal de diseño sanitario

Caudal de diseño = caudal máximo horario + caudal de aguas ilícitas + caudal de infiltración

Sistema de Alcantarillado Sanitario

- ✓ Caudal máximo horario
 $Q_{MH} = 4,429 \text{ l/s}$
- ✓ Caudal de aguas ilícitas
 $Q_{ilícitas} = 1 \text{ l/s}$
- ✓ Caudal de infiltración
 $Q_{infiltración} = 1,08 \text{ l/s/km}$
- ✓ Caudal de diseño
 $Q_{DISEÑO} = Q_{mH} + Q_{infiltración} + Q_{ilícitas}$
 $Q_{DISEÑO} = 4,429 + 1,08 + 1$
 $Q_{DISEÑO} = 6,51 \text{ (l/s)}$

Caudal de diseño pluvial

Método racional < 200 ha

$$Q = \frac{C * i * A}{360} \quad C=0,7 \text{ (Zona residencial)}$$

➤ **Tiempo de concentración**

$$t_c = t_i + t_f$$

$t_i = 12 \text{ min}$ (Áreas medianamente pobladas)

$$t_f = \frac{L}{60 V}$$

$$t_f = \frac{80 \text{ m}}{60 (0,60 \text{ m/s})}$$

$$t_c = 15 \text{ min}$$

$$t_f = 2,22 \text{ min} \approx 3 \text{ min}$$

Sistema de Alcantarillado Pluvial

➤ Intensidad de precipitación

Estación		Intervalo de tiempo	Ecuaciones	R	R ²
Código	Nombre	(minutos)			
M0003	IZOBAMBA	5 < 30	$i=164,212 \cdot T^{0,1650} \cdot t^{-0,4326}$	0,9825	0,9652
		30 < 120	$i=371,072 \cdot T^{0,1575} \cdot t^{-0,6771}$	0,9947	0,9895
		120 < 1440	$i=929,503 \cdot T^{0,1614} \cdot t^{-0,8773}$	0,999	0,9981

Nota. Recuperado de (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología - INAMHI, 2015).

$$i = 86,6 \text{ m m/h}$$

Evaluación del Sistema de Alcantarillado

➤ Catastro

PARÁMETROS CONSIDERADOS

- Localización
- Diámetro
- Profundidad
- Estado
- Material
- Composición estructural
- Tipo de red

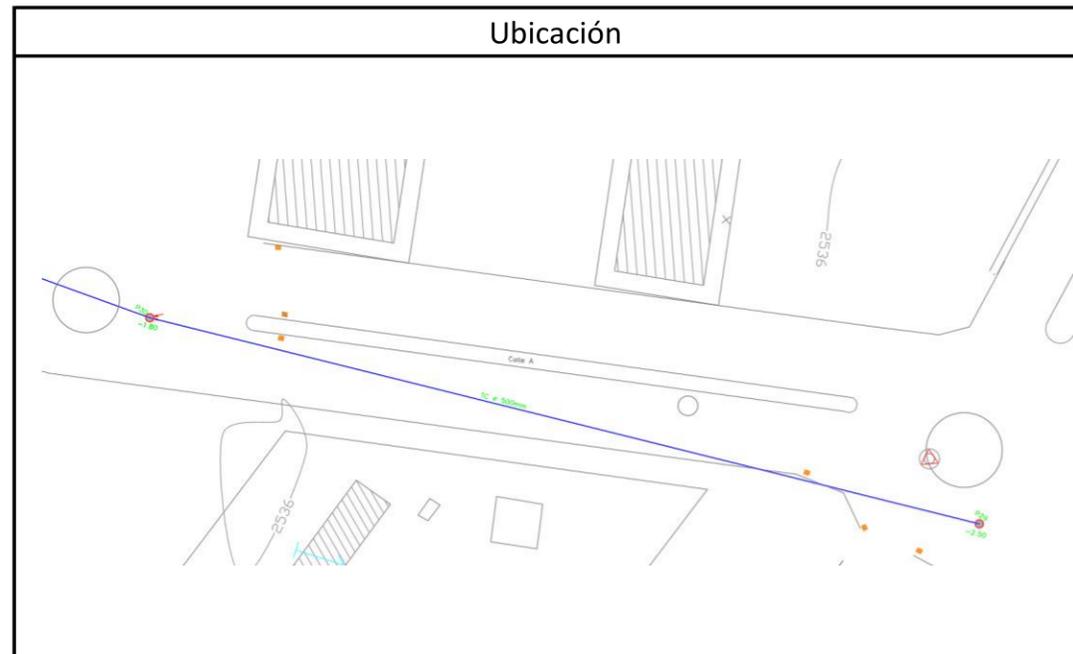


Ficha Catastral

PROYECTO: PROPUESTA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL, BATALLON DE INGENIEROS N° 68 "COTOPAXI"

Cota tapa	2536,49 msnm
Hpozo	1,8 m
Fecha	jun-22
Realizado por:	Nathaly Batallas y Marlon Simbaña

Coordenadas	
Este (m)	502414,1
Norte(m)	9960945,23



Ficha Catastral

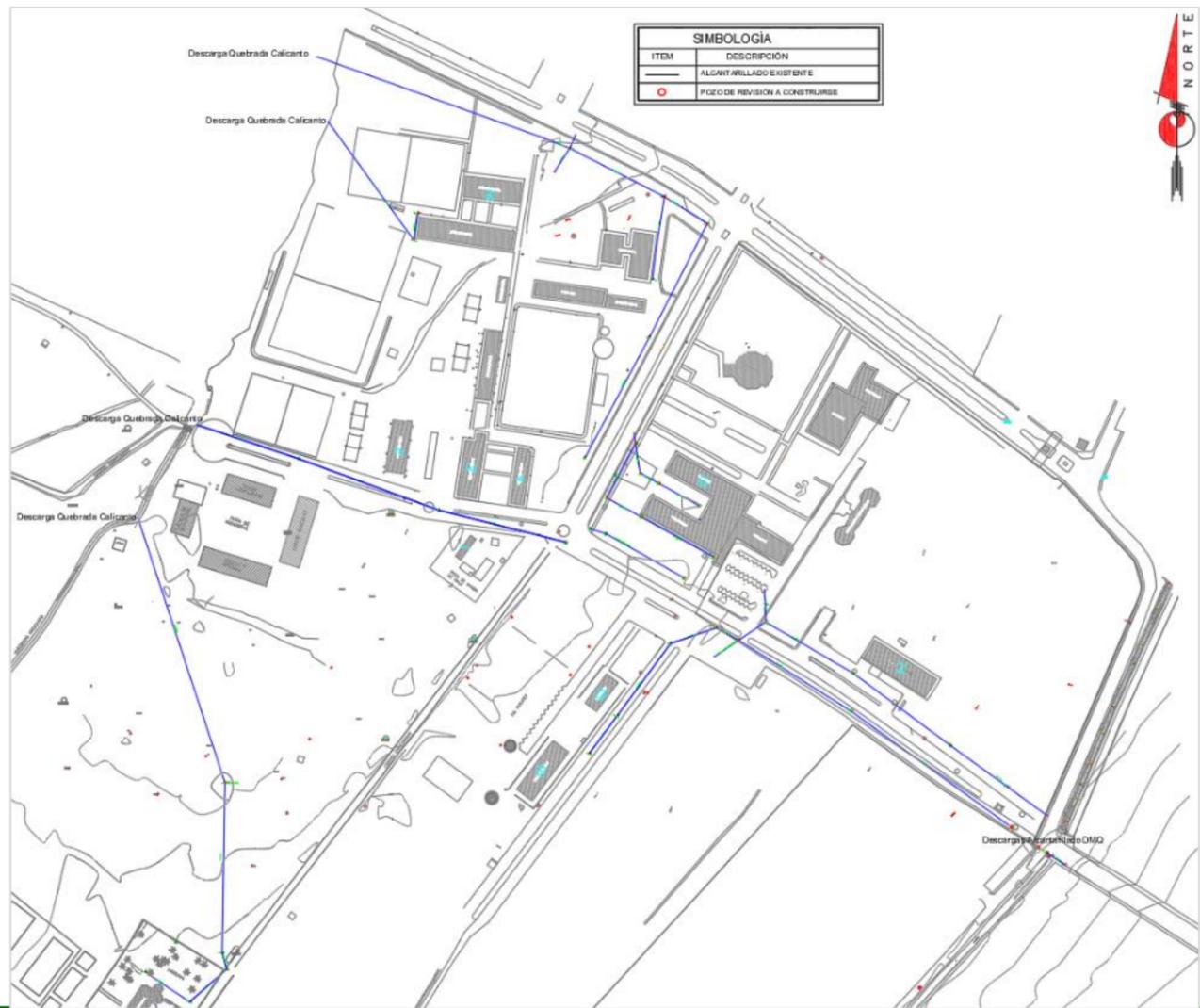
Pozo No	Estado del Material						
	NO	LADRILLO	BLOQUE	H.A.	B	R	M
30					X		
Tapa					X		
Paredes			X			X	
Zocalo						X	
Fondo						X	
Escalera	X						
Estado						X	
Diámetro Pozo (m)	0,7						

No Flujo	Descripción	Diámetro	Altura	Material
		(m)	(m)	
1	Pluvial	200	1,53	H S
2	Con Dom	90	0,78	PVC
3	Con Dom	90	0,78	PVC

Alcantarillado		
Sanitario	Pluvial	Combinado
		X

Observaciones: Pozo sin escaleras de acceso ademas de dos conexiones domiciliarias.

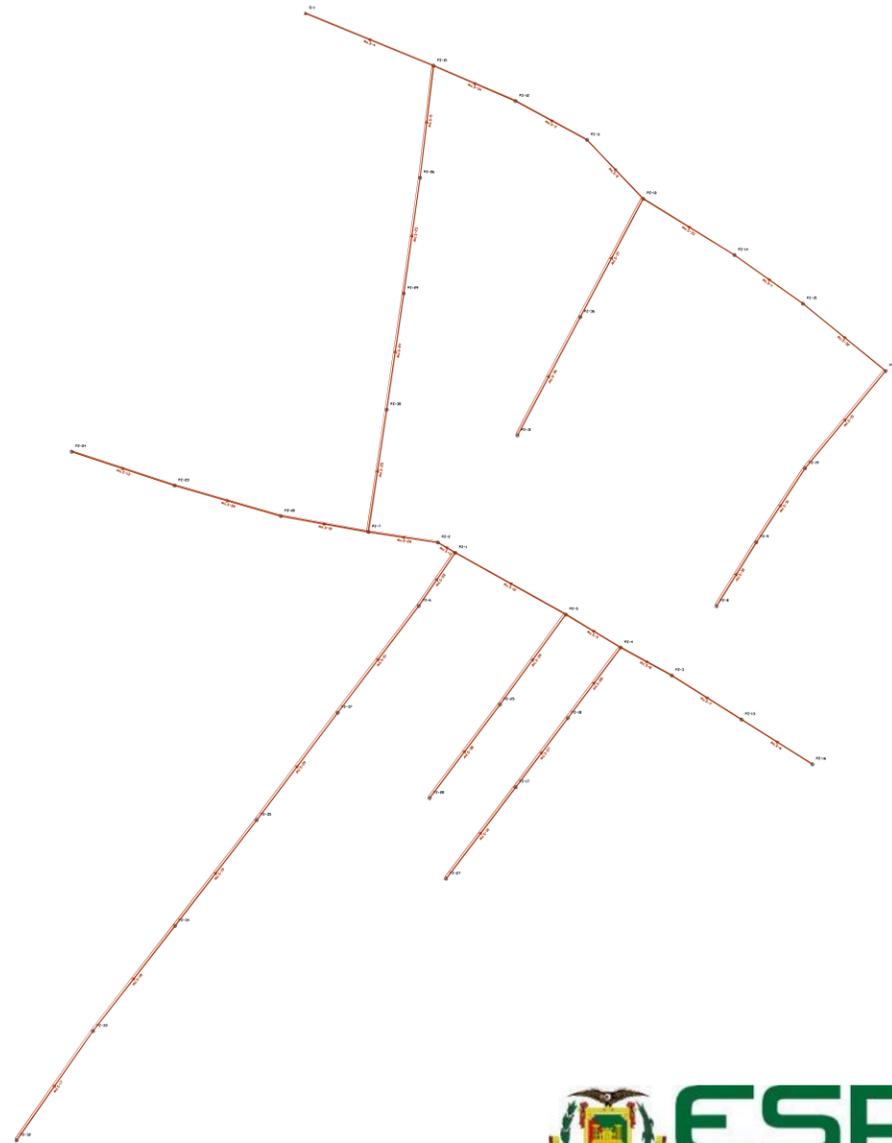
Sistema de alcantarillado Existente



Reporte del sistema de alcantarillado

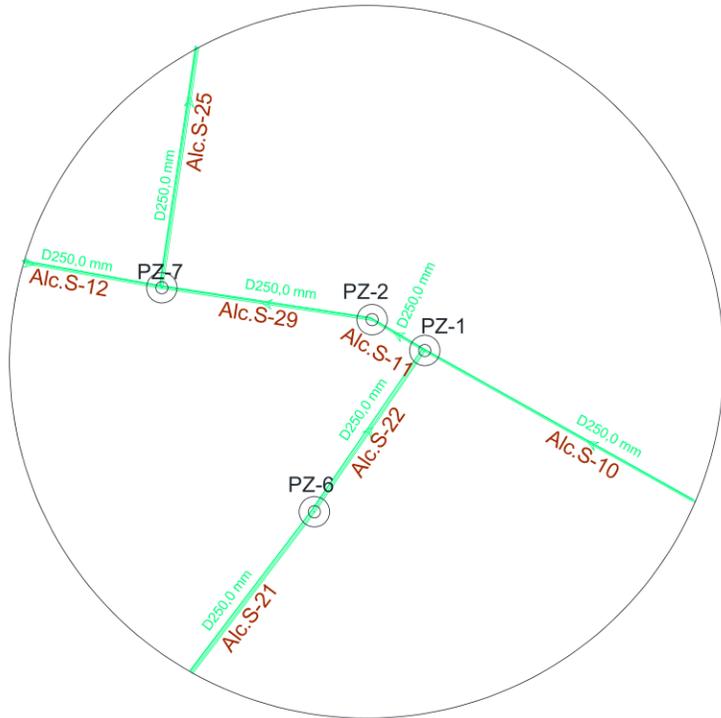


Diseño del Sistema de Alcantarillado Sanitario



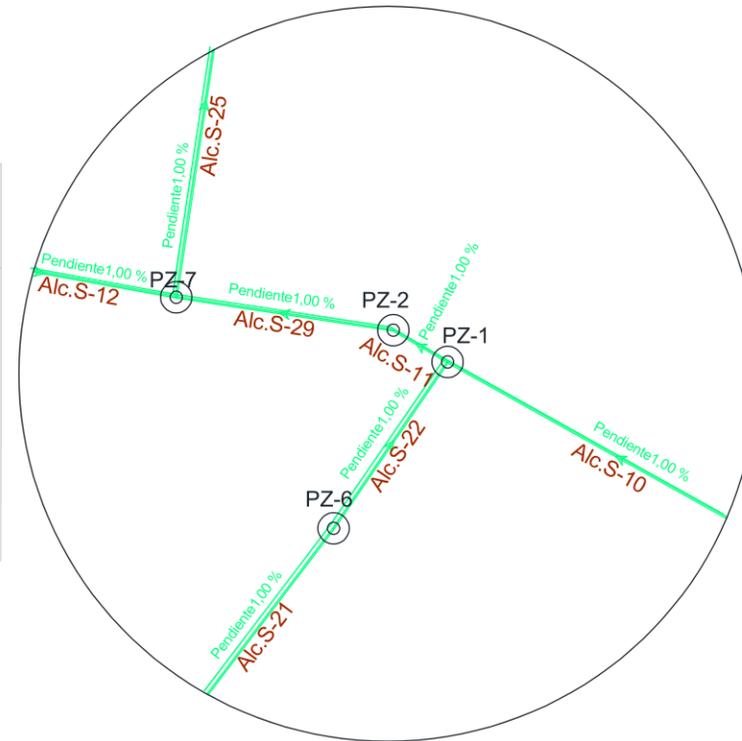
Diseño del Sistema de Alcantarillado Sanitario

➤ Diámetro del Conducto



Color Cding Legent Conduit: Diameter (mm)	
—	250,00 - 286,00
—	286,10 - 364,00
—	364,10 - 500,00
—	510,00 - 700,00
—	700,10 - 900,00
—	Other

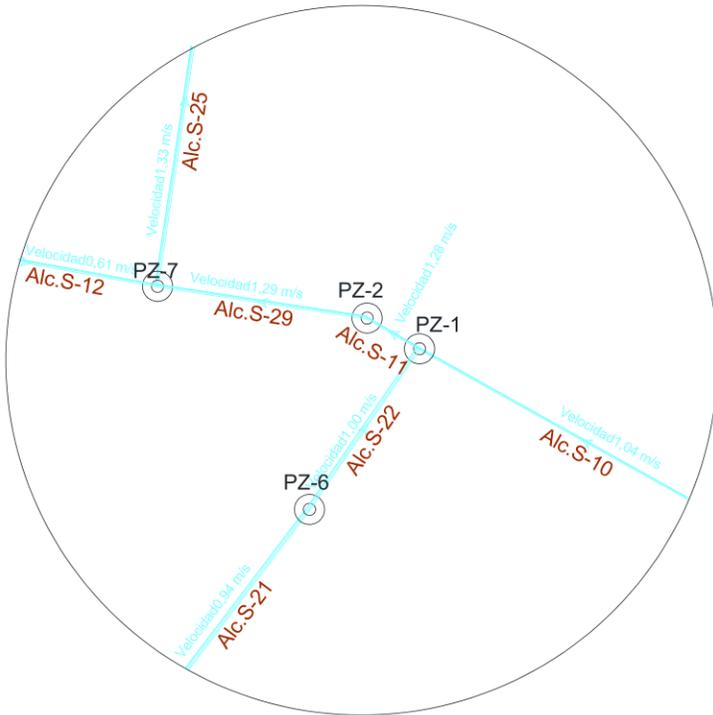
➤ Velocidades del Conducto



Color Cding Legent Conduit: Slope (Calculated) (%)	
—	<= 0,79
—	<= 2,00
—	<= 4,00
—	<= 6,00
—	<= 8,00
—	<= 10,00
—	Other

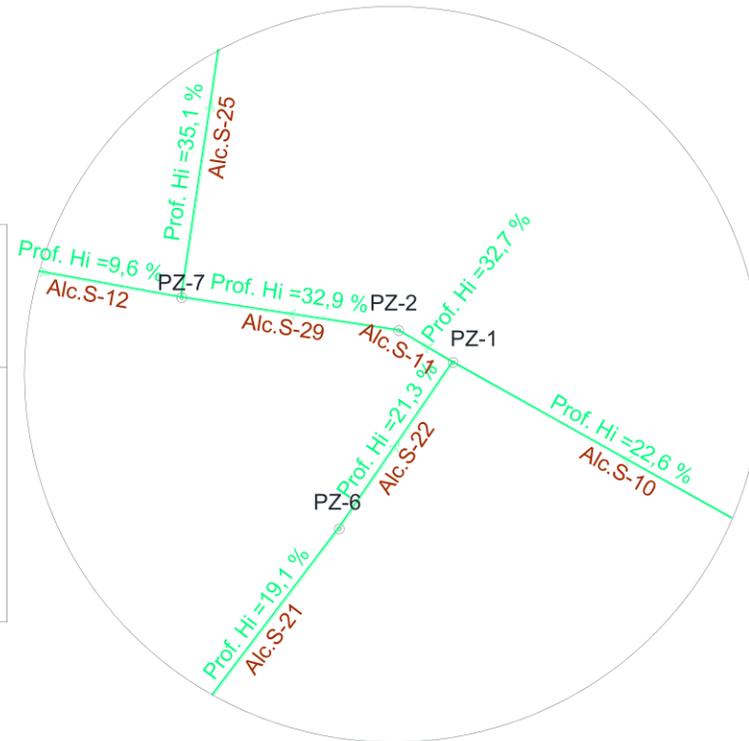
Diseño del Sistema de Alcantarillado Sanitario

➤ Pendiente



Color Cding Legent Conduit: Velocity (m/s)	
	<= 0,59
	<= 3,00
	<= 5,00
	Other

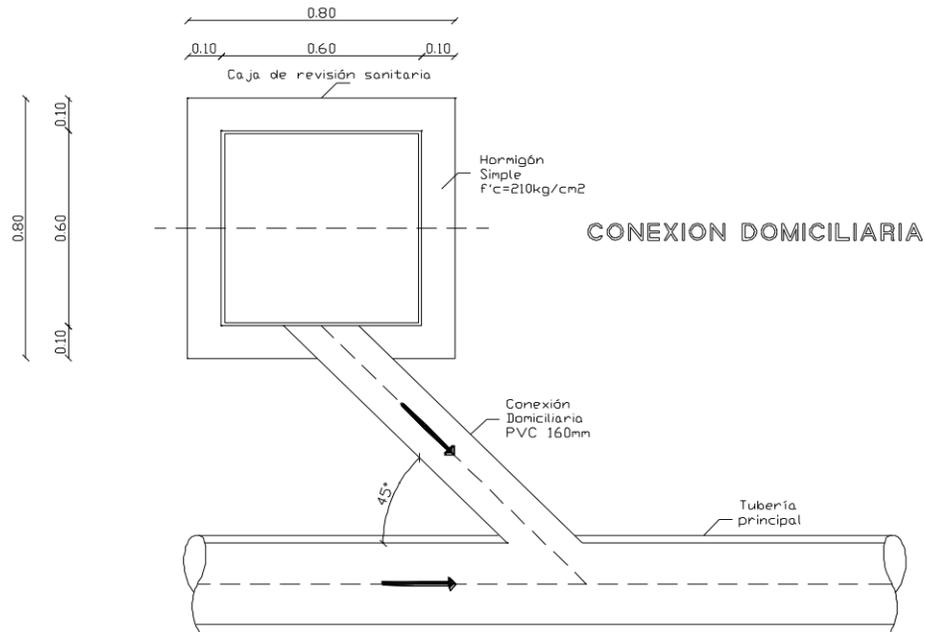
➤ Profundidad Hidráulica



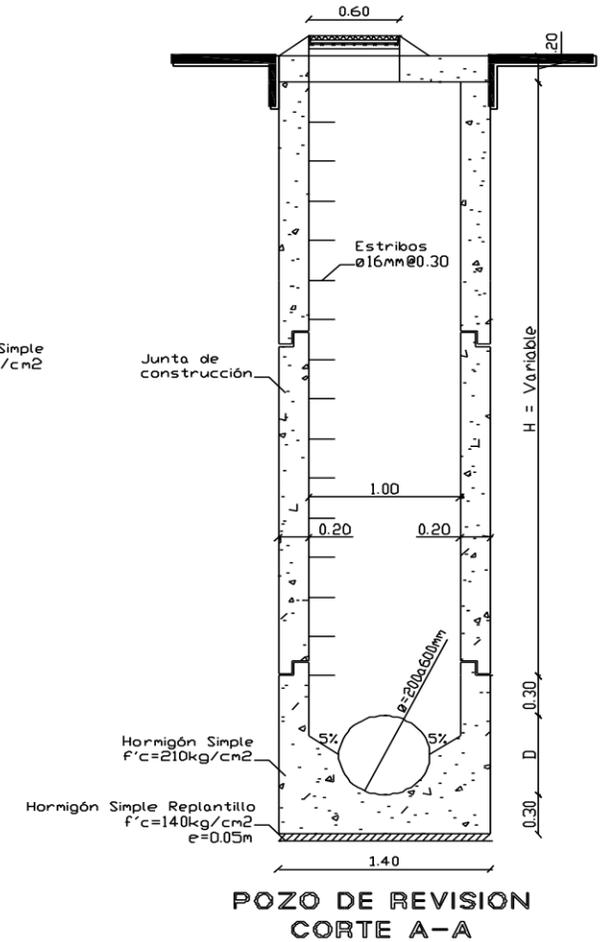
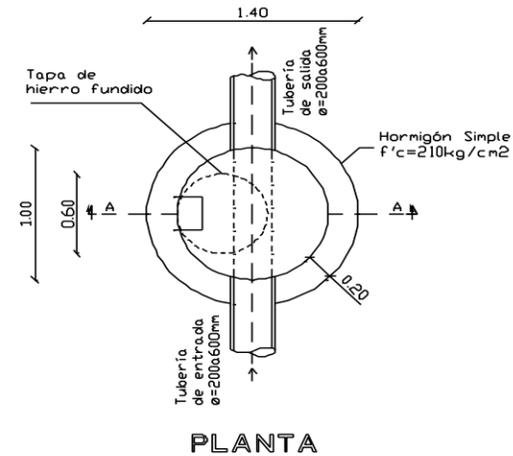
Color Cding Legent Conduit: Depth (Normal)/ Rise %	
	<= 50,00
	<= 55,00
	<= 65,00
	<= 75,00
	<= 85,00
	Other

Resultados Sistema de Alcantarillado Sanitario

- Longitud total de tubería PVC = 2,30km
- Pozos tipo B1=29
- Pozos de salto = 8



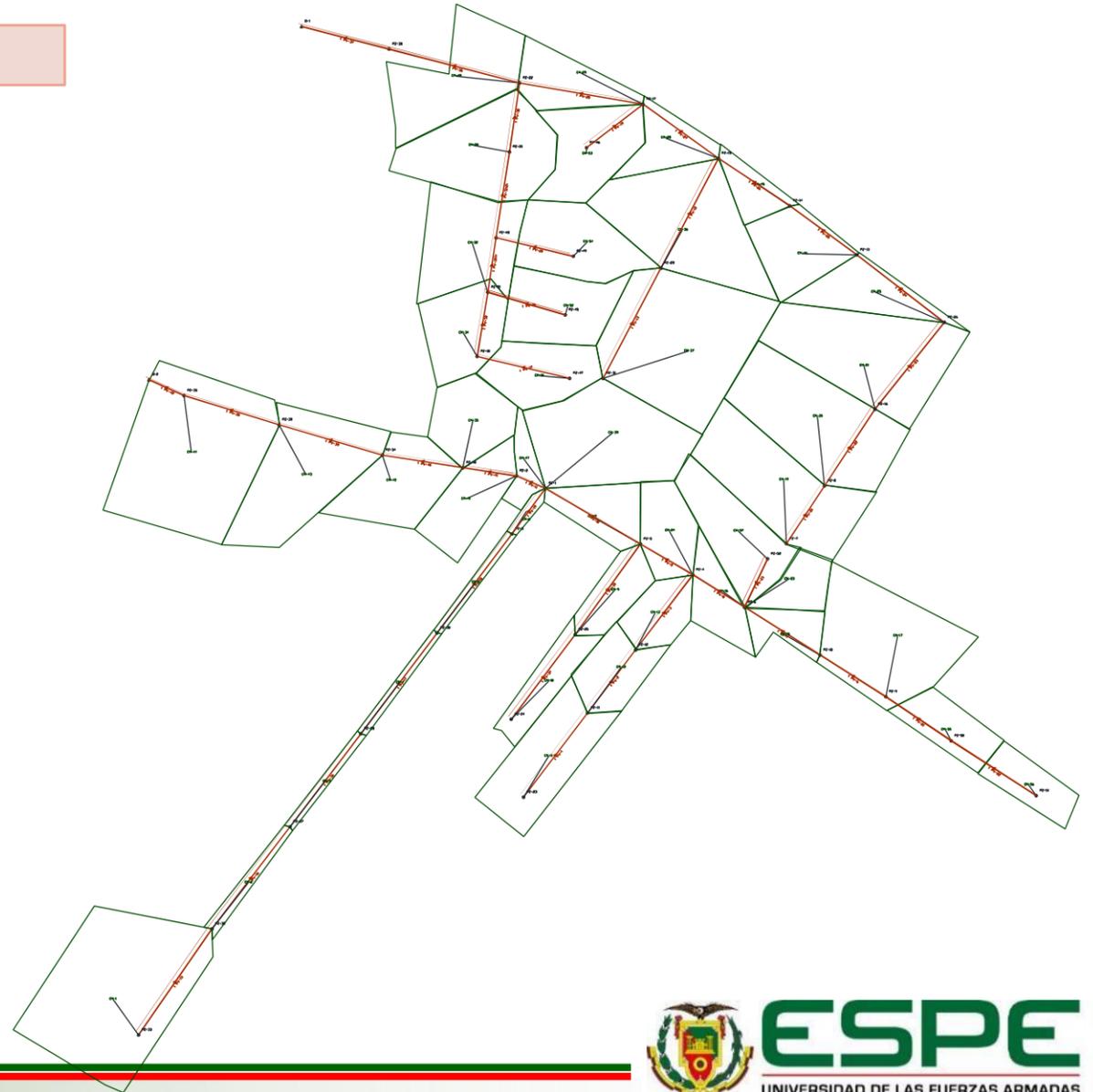
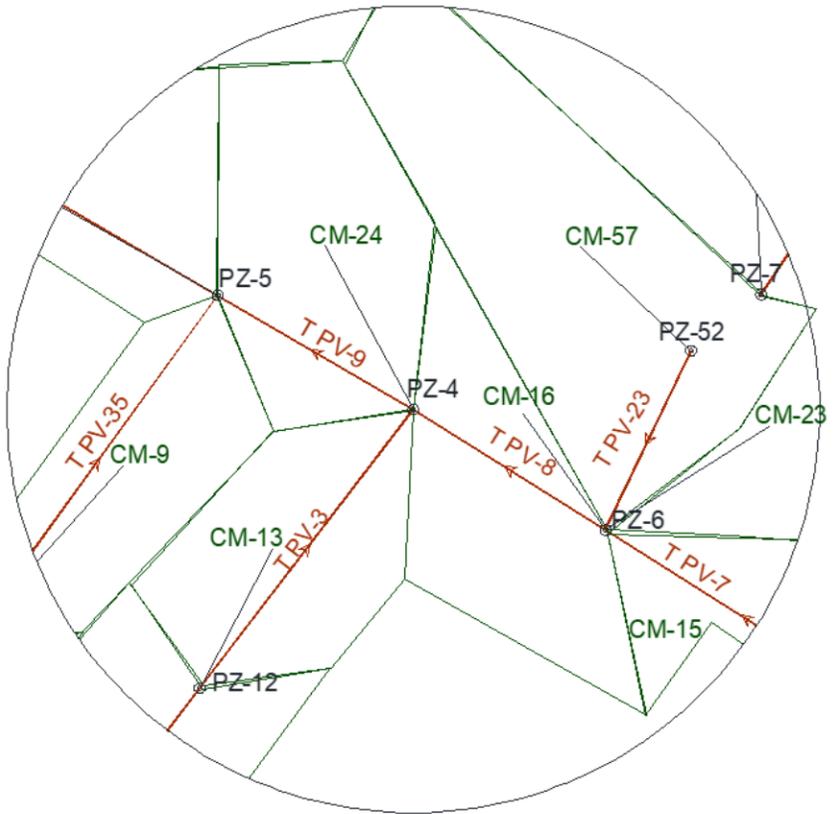
POZO TIPO B1



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

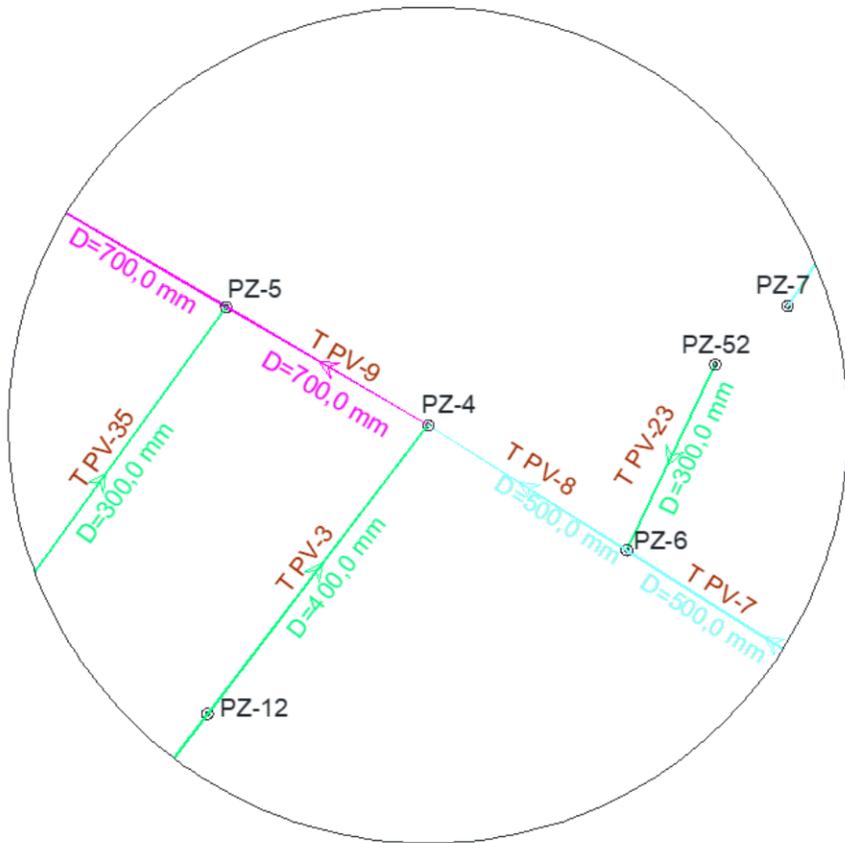


Diseño del Sistema de Alcantarillado Pluvial



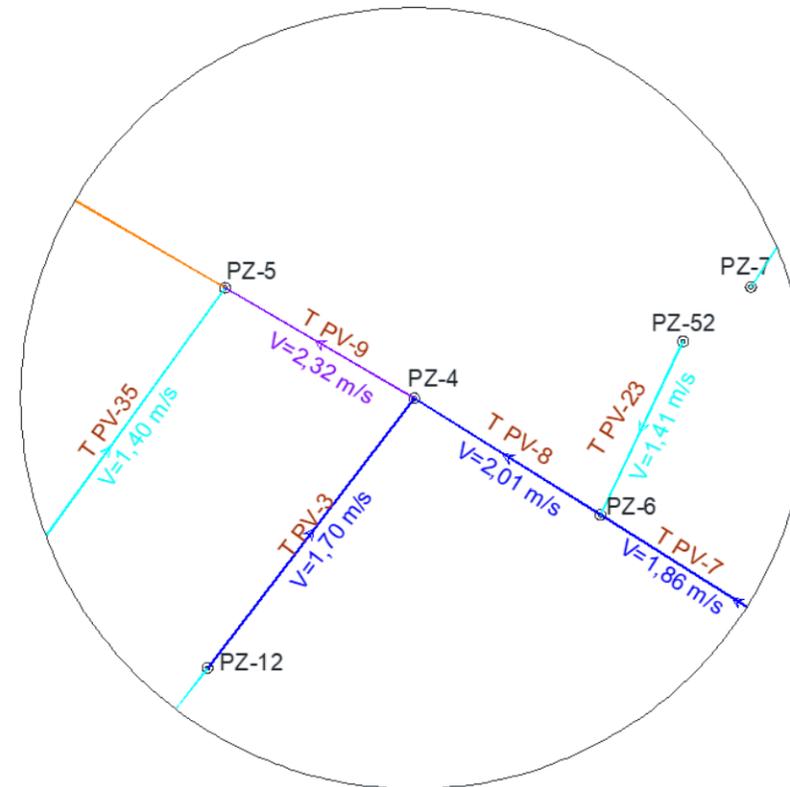
Diseño del Sistema de Alcantarillado Pluvial

➤ Diámetro del Conducto



Color Coding Legend	
Conduit Diameter (mm)	
█	≤ 299,0
█	≤ 420,0
█	≤ 540,0
█	≤ 660,0
█	≤ 780,0
█	≤ 900,0
█	Other

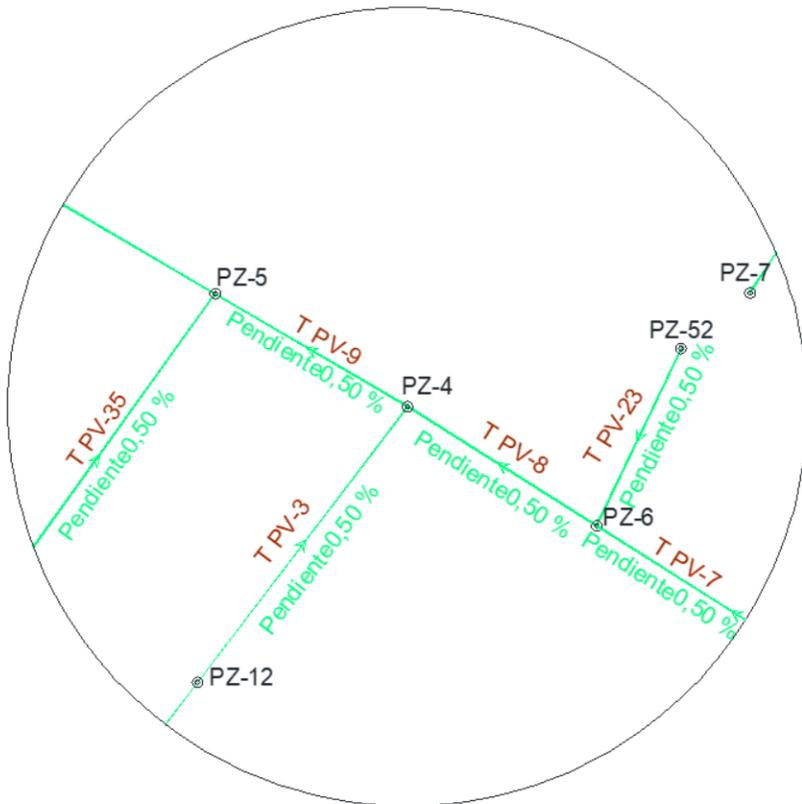
➤ Velocidades del Conducto



Color Coding Legend	
Conduit Velocity (m/s)	
█	≤ 0,59
█	≤ 1,37
█	≤ 1,70
█	≤ 2,04
█	≤ 2,37
█	≤ 5,00
█	Other

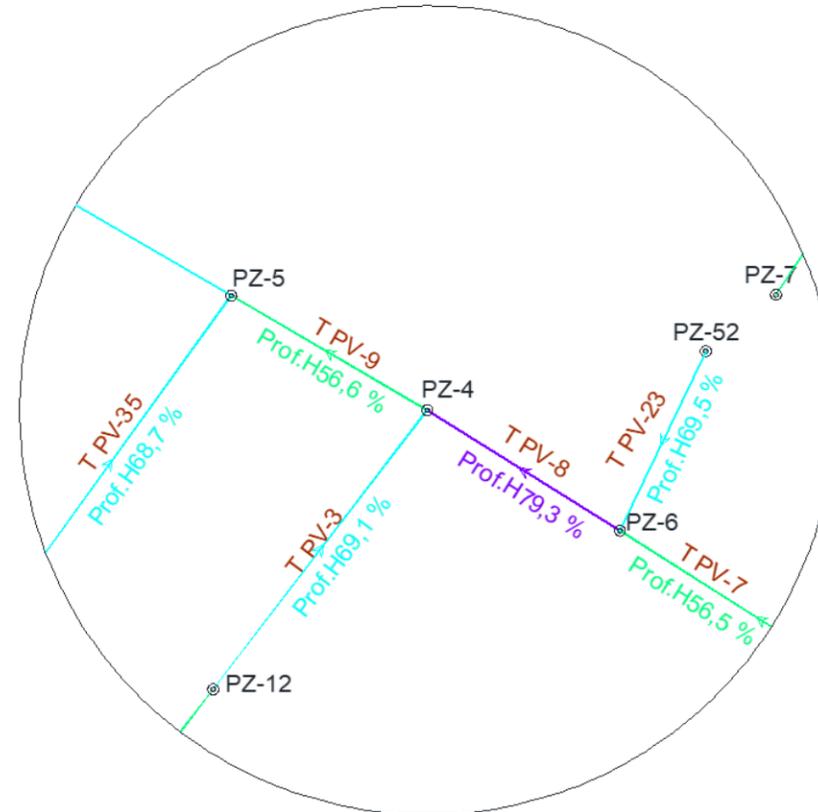
Diseño del Sistema de Alcantarillado Pluvial

➤ Pendiente



Color Coding Legend Conduit: Slope (Calculated) (%)	
	<= 0,49
	<= 3,00
	<= 5,00
	Other

➤ Profundidad Hidráulica



Color Coding Legend Conduit: Depth (Normal) / Rise (%)	
	<= 60,0
	<= 70,0
	<= 75,0
	<= 80,0
	<= 84,9
	Other

Resultados Sistema de Alcantarillado Pluvial

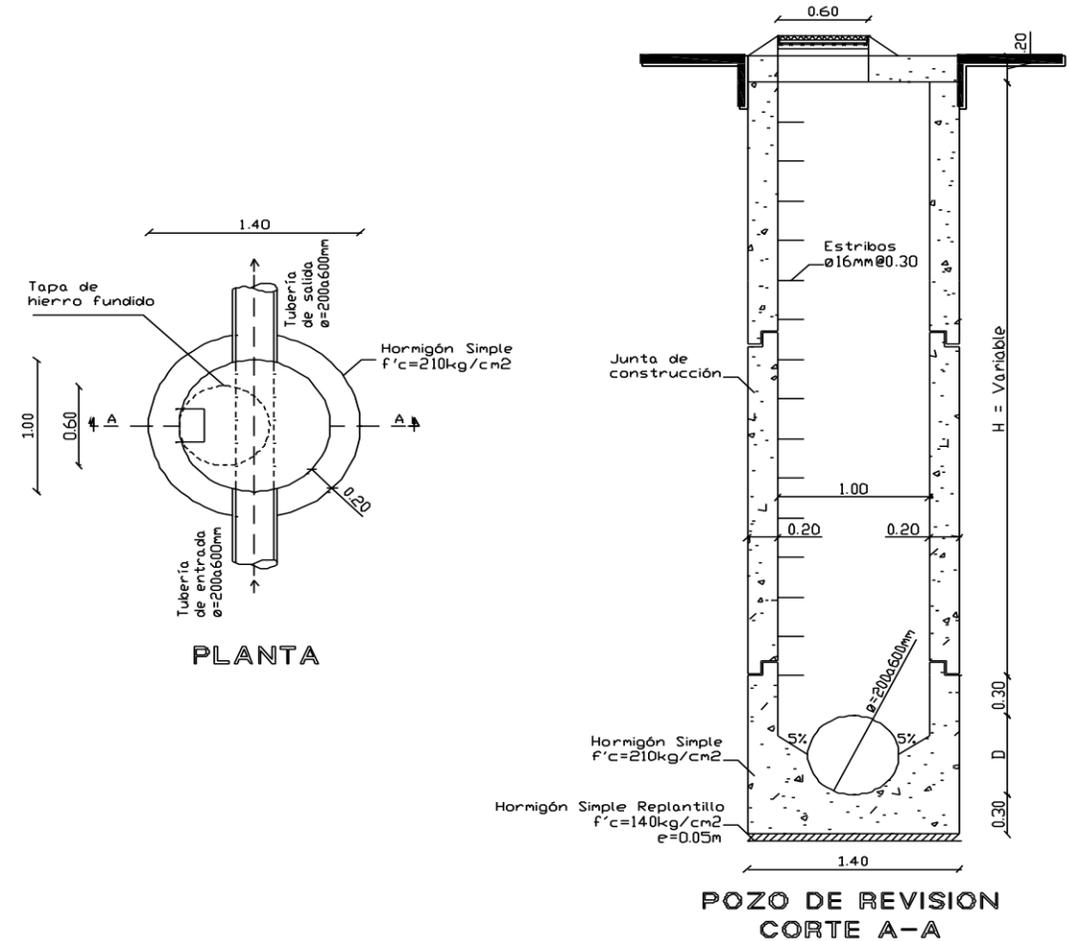
➤ Longitud total de tubería PVC

Diámetro (mm)	Longitud (m)
300	384,70
364	255,40
400	162,60
500	905,60
600	251,40
700	250,40
800	240,90
900	169,70

➤ Pozos tipo B1=41

➤ Pozos de salto = 4

POZO TIPO B1



POZO DE REVISION
CORTE A-A



Tratamiento De Aguas Residuales

➤ Parámetros establecidos

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100ml	10000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DB0 ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Nitrógeno Amoniacal	N	mg/l	30
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50
Solidos suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos Totales	ST	mg/l	1600

Nota. Recuperado de (Ministerio del Ambiente, 2015).

Acuerdo ministerial Nro 28 MA

Libro VI del texto unificado de legislación MA

Tratamiento De Aguas Residuales

➤ Caracterización del agua residual

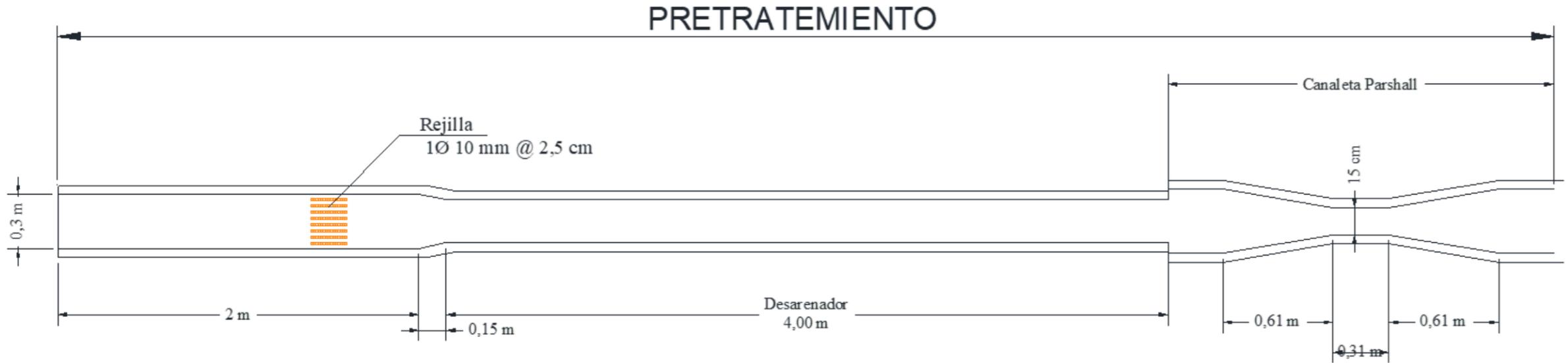
Parámetro	Unidad	Muestra	Comparación
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mgO ₂ /L	196	No cumple
Demanda Química de Oxígeno	mgO ₂ /L	835	No Cumple
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	20,5	Cumple
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	35	Cumple
Solidos suspendidos Totales	mg/L	815	No cumple
Sólidos Totales	mg/L	1564	Cumple
Índice de Coliformes Fecales	NMP/100ml	1,3x10 ⁹	No cumple
Índice de Coliformes Totales	NMP/100ml	3,3x10 ¹⁷	No cumple

Nota. Elaboración propia.



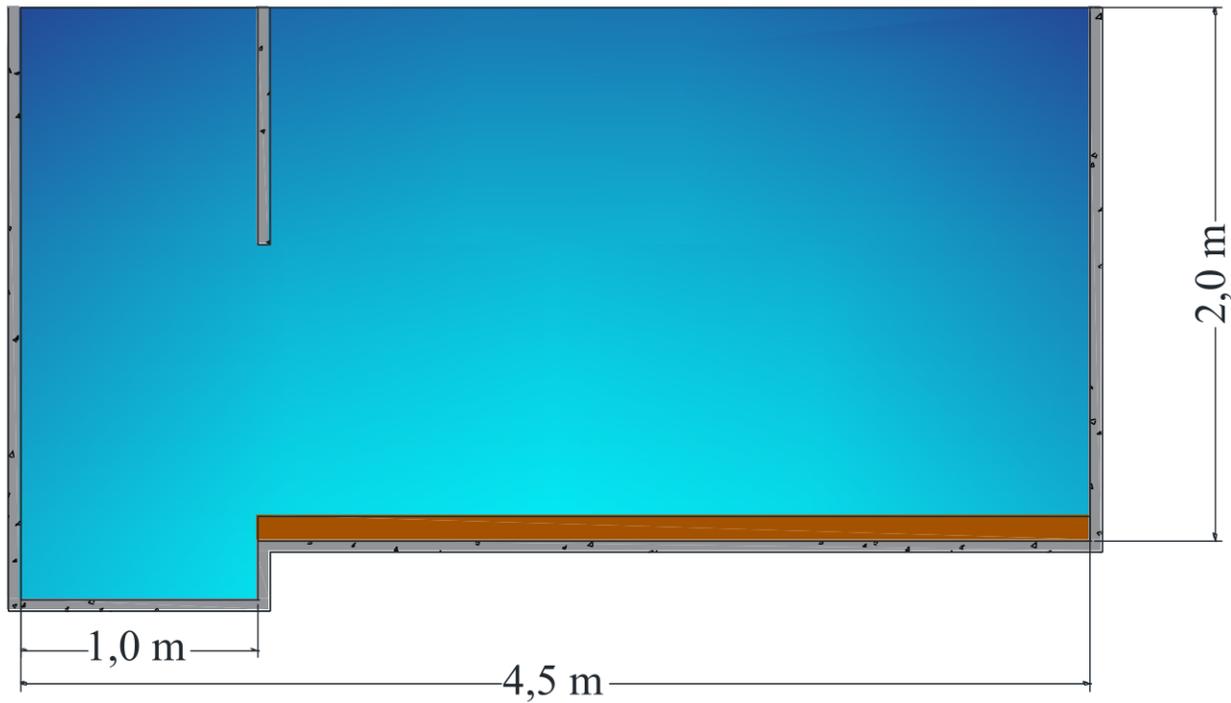
Tratamiento De Aguas Residuales

- Pretratamiento
 - Canal de entrada
 - Reja
 - Desarenador

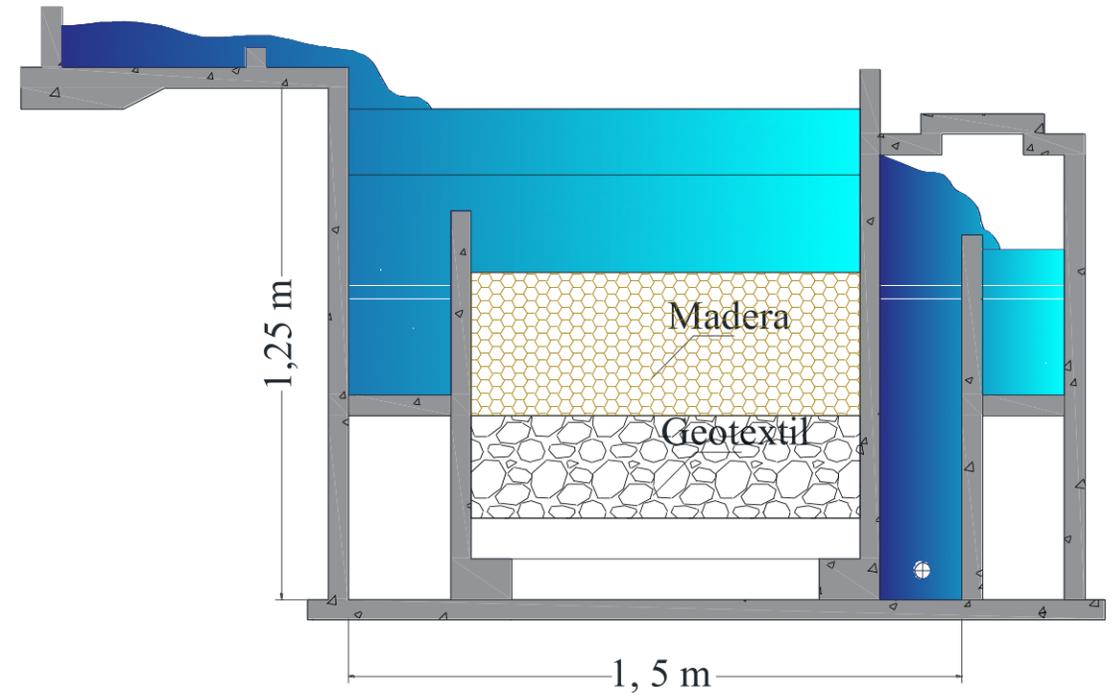


Tratamiento De Aguas Residuales

➤ Tratamiento primario

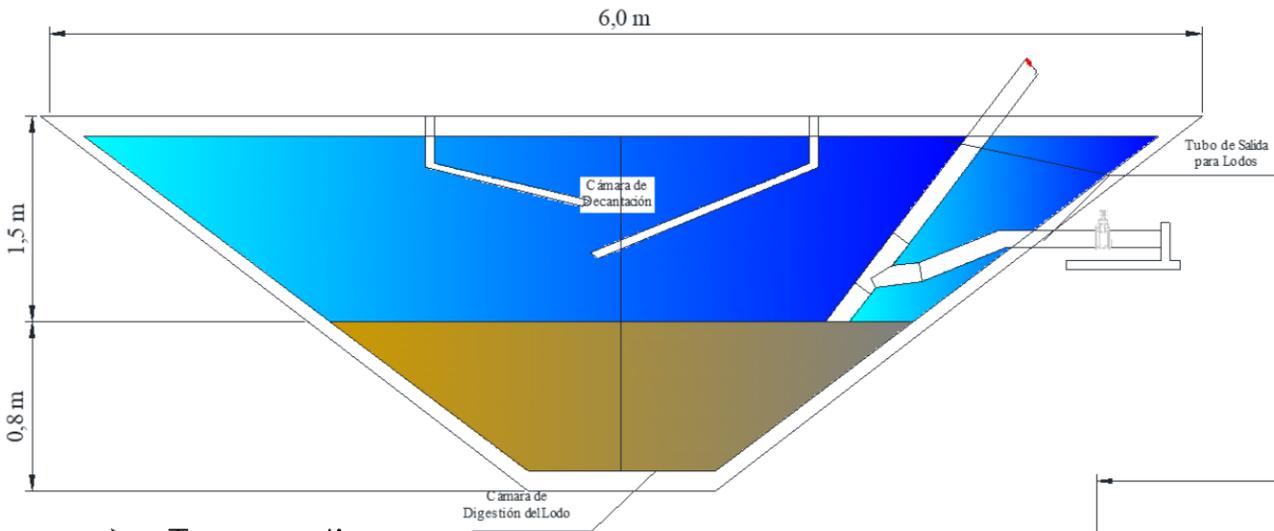


➤ Tratamiento secundario



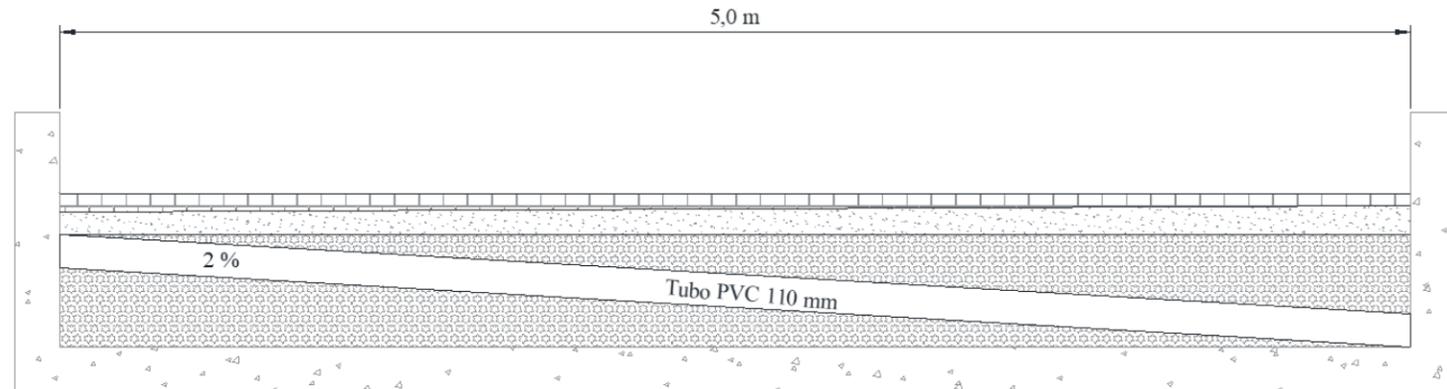
Tratamiento De Aguas Residuales

➤ Tratamiento de lodos



➤ Tanque digestor

➤ Patio de secado



Presupuesto Referencial Sistema de Alcantarillado Sanitario

	Rubros Considerados	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO GLOBAL
TRABAJOS PRELIMINARES					
1	Replanteo y Nivelación lineal con equipo topográfico	m	2300,00	\$0,34	\$774,18
MOVIMIENTO DE TIERRAS					
2	Excavación mecánica en suelo sin clasificar	m3	85265,54	\$2,85	\$242.930,05
3	Relleno compactado de zanja	m3	75194,208	\$0,57	\$42.913,33
TUBERÍA					
4	tubería PVC corrugada $\phi=280\text{mm}$	m	2256,80	\$24,38	\$55.031,39
POZOS DE REVISIÓN					
5	Pozo de revisión H.S fc=210 kg/cm2 H=0.00 - 2.50m (Tapa, cerco y peldaños)	u	9,00	\$511,70	\$4.605,32
6	Pozo de revisión H.S fc=210 kg/cm2 H=2.51 - 5.00m, (Tapa, cerco y peldaños)	u	13,00	\$733,87	\$9.540,35
7	Pozo de revisión H.S fc=210 kg/cm2 H=5.01 - 7.50m, (Tapa, cerco y peldaños)	u	7,00	\$873,86	\$6.117,03
8	Pozo de revisión H.S fc=210 kg/cm2 H=7.51 - 10.00m, (Tapa, cerco y peldaños)	u	8,00	\$957,12	\$7.656,98
OTROS					
9	Instalación de tubería PVC corrugada $\phi=175\text{ mm}$ con conexión a red.	m	450,00	\$18,20	\$8.188,92
10	Conexión Domiciliaria	u	24,00	\$140,10	\$3.362,47
11	Entibados de zanja	m	1745,00	\$10,12	\$17.659,40
12	Rotura y reposición de pavimento	m2	2300,00	\$8,84	\$20.340,05
TOTAL					\$419.119,47

Nota. Elaboración propia.

Presupuesto Referencial Sistema de Alcantarillado Pluvial

	Rubros Considerados	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO GLOBAL
TRABAJOS PRELIMINARES					
1	Replanteo y Nivelación lineal con equipo topográfico	m	2300,00	\$0,34	\$774,18
MOVIMIENTO DE TIERRAS					
2	Excavación mecánica en suelo sin clasificar	m3	85265,54	\$2,85	\$242.930,05
3	Relleno compactado de zanja	m3	83867,7544	\$0,57	\$47.863,33
TUBERÍA					
4	Tubería PVC corrugada $\phi=335$ mm	m	140,20	\$28,44	\$3.987,95
5	Tubería PVC corrugada $\phi=400$ mm	m	119,10	\$242,43	\$28.873,97
6	Tubería PVC corrugada $\phi=440$ mm	m	424,70	\$249,75	\$106.070,82
7	Tubería PVC corrugada $\phi=540$ mm	m	674,60	\$393,93	\$265.748,35
8	Tubería PVC corrugada $\phi=650$ mm	m	290,60	\$104,95	\$30.499,84
9	Tubería PVC corrugada $\phi=760$ mm	m	70,80	\$134,95	\$9.554,79
10	Tubería PVC corrugada $\phi=875$ mm	m	381,30	\$167,45	\$63.850,48
11	Tubería PVC corrugada $\phi=975$ mm	m	169,70	\$243,29	\$41.285,97
POZOS DE REVISIÓN					
12	Pozo de revisión H.S f _c =210 kg/cm ² H=0.00 - 2.50m (Tapa, cerco y peldaños)	u	18,00	\$511,70	\$9.210,63
13	Pozo de revisión H.S f _c =210 kg/cm ² H=2.51 - 5.00m, (Tapa, cerco y peldaños)	u	17,00	\$733,87	\$12.475,84
14	Pozo de revisión H.S f _c =210 kg/cm ² H=5.01 - 7.50m, (Tapa, cerco y peldaños)	u	10,00	\$873,86	\$8.738,61
15	Pozo de revisión H.S f _c =210 kg/cm ² H=7.51 - 10.00m, (Tapa, cerco y peldaños)	u	8,00	\$957,12	\$7.656,98
OTROS					
16	Instalación de tubería PVC corrugada $\phi=220$ mm con conexión a pozo.	m	450,00	\$45,25	\$20.364,44
17	Sumideros de calzada incluye rejilla HF	u	110,00	\$167,76	\$18.454,12
18	Entibados de zanja	m	1745,00	\$10,12	\$17.659,40
19	Rotura y reposición de pavimento	m ²	2300,00	\$8,84	\$20.340,05
TOTAL					\$956.339,79

Nota: Elaboración propia

Presupuesto Referencial PTAR

Rubros Considerados	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO GLOBAL
TRABAJOS PRELIMINARES				
1 Limpieza y Desbroce Replanteo y Nivelación	m2	340	\$1,71	\$580,41
2 lineal con equipo topográfico	m2	90,00	\$0,56	\$50,63
MOVIMIENTO DE TIERRAS				
3 Excavación mecánica en suelo sin clasificar	m3	1450,00	\$2,85	\$4.131,20
TUBERÍA				
4 Rejilla de Desbaste	m	0,3	\$33,88	\$10,16
5 Replanteo f _c =140 kg/cm ²	m3	3,15	\$111,51	\$351,26
6 Hormigón f _c =210kg/cm ² ENLUCIDO VERTICAL CON IMPERMEABILIZANTE-MORTERO 1:3 E= 2 CM.	m2	162,79	\$10,64	\$1.732,04
8 Grava	m3	5,25	\$4,95	\$25,99
9 Arena	m3	1,40	\$1,61	\$2,25
10 Ladrillo	u	300,00	\$3,15	\$944,73
1 GEOTEXTIL PARA DRENAJE	m3	8,64	\$8,21	\$70,96
POZOS DE REVISIÓN				
1 Cerramiento de tubo galvanizado redondo y malla triple gal	m	96,00	\$60,25	\$5.783,74
1 Puertas de tubo galvanizado y malla	u	1,00	\$54,21	\$54,21
TOTAL			\$17.569,43	

Nota. Elaboración propia.

Conclusiones

- *Posterior a la evaluación del alcantarillado existente en el Batallón N° 68 "Cotopaxi", se pudo determinar que dicho sistema ya había cumplido su vida útil. El catastro de los pozos permitió considerar que existen 5 redes instaladas entre los años 1977 y 2009, en las cuales existen pozos obstruidos, inaccesibles y rebosados de agua verificando el funcionamiento poco óptimo de la red.*
- *Del levantamiento topográfico de la zona del proyecto se obtuvo la información suficiente para determinar los parámetros necesarios para el diseño de los sistemas de alcantarillado pluvial y sanitario, de modo que con las curvas de nivel y la distribución de la infraestructura a la cual se dotará del servicio de alcantarillado se realizó el diseño de los sistemas considerando la topografía del proyecto.*
- *Para la estimación de los caudales que se aportaron al sistema de alcantarillado se determinó la población de diseño con los datos proporcionados por el Batallón de Ingenieros N° 68 "Cotopaxi", teniendo como resultado una población máxima de 1000 habitantes con una dotación de 150 l/hab*día.*
- *Al analizar los datos de la estación meteorológica Izobamba para determinar las precipitaciones que aportan al sistema pluvial, se pudo identificar que es una zona con precipitaciones fuertes en el mes marzo y abril, identificando así el mes de agosto como período seco por sus bajas precipitaciones, considerando así que las mayores intensidades se establecen en el orden de 331,1 mm.*

Conclusiones

- El análisis de las aguas servidas que produce el Batallón se lo realizó en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Central, determinando que las descargas a la quebrada Calicanto superaban los límites permisibles por lo cual se propuso el diseño de la planta de tratamiento.
- Se diseñó dos sistemas de alcantarillado, el alcantarillado sanitario cuenta con una longitud de 2256,8 m de tubería tipo PVC de diámetro 250mm, mientras al alcantarillado pluvial lo conforma una longitud de 2620,7 m de tubería tipo PVC con diámetros entre 300mm y 900mm.
- En el diseño de la planta de tratamiento se consideraron 3 procesos: pretratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario, resultando de estos las siguientes unidades: canal de entrada, rejilla, desarenador, canaleta Parshall, tanque de sedimentación, filtros biológicos y tratamiento de lodos.
- Entorno al presupuesto referencial para los diseños propuestos de los sistemas de alcantarillado, se obtuvo que para la red pluvial el presupuesto referencial es \$956.339,79; para el alcantarillado sanitario un valor de \$419.119,47 y de la planta de tratamiento \$17.569,43.

Recomendaciones

- *Para cuando se ejecute el proyecto en el Batallón N° 68 "Cotopaxi", se recomienda que se realice inspecciones y mantenimientos anuales de los sistemas de alcantarillado pluvial y sanitario, así como la limpieza de los sumideros en cada 4 meses debido a la caída de hojas de eucalipto que obstruyen el sistema.*
- *Como parte de las responsabilidades del operador de la planta se debe verificar periódicamente que esta no llegue a saturarse, se debe realizar la limpieza de la rejilla y de los demás elementos garantizando que el agua residual pueda circular.*



GRACIAS