**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Facultad de Tecnología de la Construcción**

**Monografía**

# DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA EL MUNICIPIO DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES

Para optar al título de ingeniero civil

**Elaborado por**

Br. Guillermo José Barquero Sevilla

Br. Lester Emilio Marín Duarte

Br. Melvin Antonio Tercero Tablada

**Tutor**

Ing. María Elena Baldizón Aguilar

Managua, septiembre 2020

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA Y MEDIO AMBIENTE

Managua, 24 de Agosto de 2020

Dr. Oscar Gutiérrez S.
Decano de FTC.
Su despacho.

Estimado Dr. Gutiérrez:

Tengo el agrado dirigirme a usted, para informarle que que he revisado el Trabajo Monográfico titulado **"Diseño de la red de alcantarillado sanitario y dimensionamiento del sistema de tratamiento de agua residual para el municipio de Comalapa, Departamento de Chontales",** desarrollado por los bachilleres, **Guillermo José Barquero Sevilla, Lester Emilio Marín Duarte y Melvin Antonio Tercero Tablada,** para optar al título de Ingeniero Civil.

Considero que el trabajo monográfico esta listo para ser defendido, ya que en el Documento se han incorparado todas las observaciones realizadas en predefensa, por lo que este puede ser presentado ante el el Jurado calificador.

Sin más a que referir y deseándole éxitos en sus funciones, le saludo.

Atentamente.

**Ing. María Elena Baldizón Aguilar.**
**Tutora.**

cc. Ing Saúl Pérez Arróliga – J. Dpto de Culminación de Estudios.
Ing. Ricardo Javier Fajardo - J. Dpto. de Hidráulica y Medio Ambiente.
Sustentantes (3).
Archivo.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

**DEC-FTC-REF-No.211**
Managua, 24 Septiembre del 2019

Bachilleres
**LESTER EMILIO MARIN DUARTE**
**GUILLERMO JOSE BARQUERO SEVILLA**
**MELVIN ANTONIO TERCERO TABLADA**
Estimados (as) Bachilleres:

Es de mi agrado informarles que el PROTOCOLO de su Tema **MONOGRAFICO**, titulado **"DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA EL MUNICIPIO DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES** "Ha sido aprobado por esta Decanatura.

Asimismo les comunico estar totalmente de acuerdo, que el (la) **Ing. Maria Elena Baldizon Aguilar,** sea el (la) tutor (a) de su trabajo final.

La fecha limite, para que presenten concluido su documento, debidamente revisado por el tutor guia será **el 23 de Marzo del 2020**

Esperando puntualidad en la entrega de la Tesis, me despido.

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

**Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba**
Decano

CC: Protocolo
Tutor – Ing. Maria Elena Baldizon Aguilar
Archivo*Consecutivo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

**DEC.FTC.REF No. 041**
Managua, 25 Marzo del 2020.

Bachilleres
**LESTER EMILIO MARIN DUARTE**
**GUILLERMO JOSE BARQUERO SEVILLA**
**MELVIN ANTONIO TERCERO TABLADA**
Estimados (as) Bachilleres:

Estimados (as) Bachilleres:

En atención a su carta de solicitud de **PRORROGA,** para efectuar la pre-defensa de su trabajo de **Monografia** titulado **"DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA EL MUNICIPIO DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES"** Esta Decanatura le aprueba **3 MESES DE PRORROGA,** considerando los problemas planteados en su comunicación.

La fecha límite, para que presenten concluido su documento, debidamente revisado por el tutor guía será el **25 de Mayo del 2020.** Para la programación de su fecha de pre-defensa.

Esperando de ustedes puntualidad en la entrega de su trabajo final, me despido.

Atentamente,

**Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba**
Decano

CC: Tutor – Ing. Maria Elena Baldizon Aguilar
Archivo-Consecutivo

## Agradecimientos

A **Dios** que nos dio la vida, nos dota de conocimiento y fuerzas para continuar, logrando cumplir nuestros sueños, tomados de su mano con fe, Sabiduría y entendimiento.

A **nuestros padres** y **hermanos** que han dado todo su esfuerzo, para que ahora estemos culminando esta etapa de nuestras vidas; por apoyarnos en todos los momentos difíciles, ayudándonos a seguir adelante con sus consejos sabios y su confianza plena; al concluir esta meta propuesta.

Agradecemos a **nuestros maestros**, que, con nobleza y entusiasmo, vertieron toda su enseñanza en nuestra mente. En especial queremos agradecer al Ing. Noé Hernández Duran por dedicar su tiempo, para guiarnos y brindarnos sus conocimientos, en la elaboración del presente trabajo.

Agradecemos a la Alcaldía de **Acoyapa** y a los habitantes de este municipio, por brindarnos su hospitalidad y proporcionarnos información con respecto a nuestro tema monográfico.

A **todas aquellas personas** que de una u otra manera contribuyeron a la realización de este trabajo, ya que sin ellos y las personas e instituciones antes mencionadas; no hubiese sido posible la culminación de nuestros estudios profesionales.

## Dedicatoria

A **Dios**, quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer.

A mis padres: **Flor Tablada** y **Melvin Tercero** que, con apoyo incondicional, amor y confianza permitieron que logre culminar mi carrera profesional.

A mis hermanos **Juan Tercero** y **Karolina Tercero** que han sido el apoyo fundamental para lograr los objetivos propuestos, y siempre tuvieron fe en mí.

Agradezco a los docentes de mi carrera, en especial al **Ingeniero Mario Castellón Zelaya, al Ingeniero Henry Vilchez y al Ingeniero y amigo Johnny Calero** por su ayuda en mi tema monográfico y a mi tutor(a) de tesis, el(la) **Ing. María Elena Baldizón A.** por guiar esta investigación y formar parte de este objetivo alcanzado.

## Dedicatoria

A **Dios**, que me dió fuerzas, superando así los obstaculos de la vida para continuar con mis estudios y metas.

A mis padres: **Magaly Sevilla** y **Guillermo Barquero** quienes me apoyaron incondicionalmente en el caminar de mi vida.

A mis hermanas **Amanda Barquero** y **Anamery Barquero** que han estado al lado mío enseñándome a no darme por vencido.

Agradezco a los docentes de mi carrera, en especial a los **ingenieros Mario Castellón** y **Rubel Mendoza** por su ayuda en mi tema monográfico y a mi tutor(a) de tesis, el(la) **Ing. María Elena Baldizón** por guiar esta investigación y formar parte de este objetivo alcanzado.

## Dedicatoria

A **Dios**, el apoyo espiritual en toda mi vida, el ser que nos ayuda a levantarnos después de cada caída.

A mi madre: **Hannia Duartes Campos** que me apoyó en cada momento de mi vida personal y profesional.

A mi abuela **Aura Lila Campos** quien me cuido y estuvo al pendiente de mi para no perder el buen camino.

Agradezco a los docentes de mi carrera, en especial a los ingenieros **Mario Castellón y Rubel Mendoza** por su ayuda en mi tema monográfico y a mi tutor(a) de tesis, el(la) **Ing. María Elena Baldizón** por guiar esta investigación y formar parte de este objetivo alcanzado.

# Índice


I. Generalidades ..... 1
1.1. Introducción ..... 1
1.2. Antecedentes ..... 3
1.3. Justificación ..... 10
1.4. Objetivos ..... 12
1.4.1. Objetivo general ..... 12
1.4.2. Objetivos específicos ..... 12
II. Descripción del área en estudio ..... 13
2.1. Ubicación del área en estudio ..... 13
2.2. Reseña histórica ..... 14
2.3. Población ..... 14
2.4. Aspectos socio-económicos ..... 15
2.5. Características físicas y naturales del área ..... 16
2.5.1. Clima y precipitación ..... 16
2.5.2. Flora y fauna del municipio ..... 17
2.5.3. Recursos geológicos existentes ..... 18
2.5.4. Topografía ..... 19
2.6. Servicios básicos ..... 19
2.6.1. Alcantarillado sanitario ..... 20
2.6.2. Alcantarillado pluvial ..... 20
2.6.3. Salud ..... 20
2.6.4. Educación ..... 21
2.6.5. Energía eléctrica ..... 21
2.6.6. Vialidad y transporte ..... 22
2.6.7. Telecomunicaciones ..... 23
2.6.8. Servicios municipales ..... 23
2.6.9. Cultura y deporte ..... 23
III. Marco teórico ..... 24
3.1. Estudios básicos ..... 24
3.2. Estudios geotécnicos ..... 24
3.3. Estudios topográficos ..... 24

3.4. Estudios de obras existentes ..... 25
3.5. Aguas residuales ..... 25
3.5.1. Características organolépticas de las aguas residuales ..... 25
3.5.2. Características físicas de las aguas residuales ..... 26
3.5.3. Características químicas de las aguas residuales ..... 27
3.5.4. Características microbiológicas ..... 29
3.5.5. Organismos indicadores de contaminación ..... 30
3.6. Estudio de población ..... 30
3.6.1. Período de diseño ..... 30
3.6.2. Proyección de población ..... 31
3.6.3. Método geométrico ..... 31
3.7. Sistema de alcantarillado sanitario ..... 32
3.8. Conceptos de aguas residuales ..... 32
3.9. Clasificación de aguas residuales ..... 32
3.9.1. Aguas residuales domesticas ..... 32
3.9.2. Aguas comerciales ..... 33
3.9.5. Aguas e infiltración y conexiones incontroladas ..... 33
3.9.6. Aguas pluviales ..... 33
3.10. Caudal de aguas residuales (Qd) ..... 34
3.11. Red de alcantarillado sanitario ..... 34
3.12. Hidráulica de las alcantarillas ..... 34
3.13. Tipos de sistemas de alcantarillado ..... 37
3.13.1. Redes de alcantarillado convencional ..... 37
3.14. Tratamiento de aguas residuales ..... 39
3.14.1. Tratamientos preliminares ..... 39
3.14.2. Tratamientos primarios ..... 40
3.14.3. Tratamientos secundarios ..... 42
3.15. Criterios de ubicación del sistema de tratamiento ..... 44
IV. Diseño metodológico ..... 47
4.1. Trabajo de campo ..... 47
4.1.1. Levantamiento topográfico ..... 47
4.1.2. Censo de la población ..... 47

4.1.3. Estudio de suelos ..... 47
4.2. Trabajo de gabinete ..... 48
4.2.1. Población de diseño ..... 48
4.2.2. Dotación y caudales de aguas residuales ..... 48
4.2.3. Dotación ..... 48
4.2.4. Caudales de aguas residuales ..... 49
4.2.5. Trazado de la red ..... 49
4.2.6. Tratamiento de aguas residuales ..... 49
4.2.7. Costos y presupuesto del proyecto ..... 49
4.2.8. Documentos finales y Planos ..... 49
4.3. Parámetros de diseño ..... 50
4.3.1. Proyección de la población ..... 50
4.3.2. Caudal de diseño ..... 50
4.3.3. Periodos de diseño ..... 51
4.3.4. Red de alcantarillado sanitario ..... 52
4.3.5. Sistema de tratamiento de aguas residuales ..... 53
4.3.6. Ubicación del Sistema de tratamiento ..... 53
4.3.7. Calidad de vertido ..... 66
4.3.8. Realización del presupuesto ..... 66
V Análisis de alternativas y presentación de resultados ..... 67
5.1. Proyección de población ..... 67
5.1.1. Tasa de crecimiento poblacional ..... 67
5.1.2. Población de diseño ..... 67
5.2. Aportes y caudal de diseño ..... 68
5.2.1. Aporte doméstico de aguas residuales ..... 68
5.2.2. Caudales de aguas residuales ..... 68
5.3. Red de Recolección ..... 69
5.4. Sistema de tratamiento ..... 74
5.4.1. Sistema de tratamiento preliminar ..... 74
5.4.1.1. Rejas ..... 74
5.4.1.2. Desarenador ..... 75
5.4.1.3. Medidor Parshall ..... 76

**5.4.2. Calidad de agua ..... 77**
**5.4.3. Alternativas de tratamiento ..... 78**
**5.4.4. Alternativa nº1. Tanque Imhoff + Biofiltros ..... 78**
**5.4.5. Alternativa nº2 Tanque Imhoff + Lagunas facultativas secundarias + Laguna Aerobia terciaria ..... 80**
**5.4.6. Selección de Alternativas de tratamiento ..... 82**
**VI. Conclusiones y recomendaciones ..... 74**
**6.1. Conclusiones ..... 74**
**6.2. Recomendaciones ..... 85**
**VII. Bibliografía ..... 86**

## Índice de tablas


**Tabla 1. Cobertura de saneamiento en Nicaragua ..... 3**
**Tabla 2. Volumen de aguas residuales ..... 5**
**Tabla 3. Sistemas de tratamiento de aguas residuales en Nicaragua ..... 6**
**Tabla 4. Sistemas de tratamiento de aguas residuales en Nicaragua ..... 7**
**Tabla 5 Sistemas de tratamiento de aguas residuales en Nicaragua ..... 8**
**Tabla 6. Distribución de casos por patología del 2019 ..... 11**
**Tabla 7. Microrregiones del municipio de Comalapa ..... 15**
**Tabla 8.Clasificación de los sólidos totales ..... 27**
**Tabla 9.Dotaciones de agua ..... 32**
**Tabla 10.Tipos de consumo y dotación ..... 33**
**Tabla 11. Factor de capacidad relativa ..... 60**
**Tabla 12.Tiempo requerido para la digestión ..... 61**
**Tabla 13.Calidad del efluente ..... 63**
**Tabla 14.Cálculo de la tasa de crecimiento ..... 67**
**Tabla 15.Resultados de población de diseño ..... 68**
**Tabla 16. Resultados de red de recolección ..... 68**
**Tabla 17. Caudales de aguas residuales en la red y colectora principal ..... 70**
**Tabla 18. Caudales de aguas residuales en colectora principal ..... 71**
**Tabla 19. Cálculos hidráulicos en colectora principal ..... 72**
**Tabla 20. Cálculos topográficos de colectora principal ..... 73**
**Tabla 21. Resultados de canal de entradas y rejas ..... 75**
**Tabla 22. Resultados de desarenador ..... 75**
**Tabla 23. Resultados de medidor Parshall ..... 76**
**Tabla 24. Caracterización de aguas residuales ..... 78**
**Tabla 25.Resultados tanque Imhoff ..... 78**
**Tabla 26. Resultados de lecho de secado ..... 79**
**Tabla 27. Resultados de biofiltro nº1 ..... 79**
**Tabla 28. Resultados de biofiltro nº2 ..... 80**
**Tabla 29. Resultados de laguna facultativa secundaria ..... 81**
**Tabla 30. Resultados de laguna aerobia terciaria ..... 81**
**Tabla 31. Resultados de laguna aerobia terciaria ..... 81**
**Tabla 32. Parámetros de selección de alternativas de tratamiento ..... 82**

## Índice de figuras

**Figura 1. Macro y micro localización del proyecto ..... 13**
**Figura 2. Estructura del tanque Imhoff ..... 41**
**Figura 3.Ubicación de planta de tratamiento ..... 54**
**Figura 4. Alternativa 1 de tratamiento..... 55**
**Figura 5. Alternativa 2 de tratamiento..... 55**
**Figura 6. Nomenclatura canaleta Parshall..... 77**

## Resumen ejecutivo

El presente documento contiene una propuesta de diseño de un sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales para el municipio de Comalapa, departamento de Chontales. En él se muestran, específicamente, los cálculos hidráulicos y topográficos de la alternativa propuesta para la recolección de aguas residuales y dos alternativas de tratamiento. Además, se presenta un estudio de las etapas de construcción y operación del proyecto y los costos totales del mismo.

Se determinó la población actual, la cual corresponde a 1,272 habitantes, con base al último censo realizado en el año 2005 por el Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE).

El área total de la obra es de 23.77 Ha. cubriendo en un 96.10% la población del casco urbano del municipio, la cual se proyecta a 5,176 habitantes con un caudal de diseño de 15.975 l/s para un período de 20 años.

El proyecto comprende la instalación de 5,601.16 m de tubería de PVC corrugado - Novafort y 111 pozos de visita sanitarios. La cobertura del sistema es del 96.10%, correspondiente a 5,176 habitantes calculadas para un periodo de 20 años, las que producirán un caudal de 15.975 L/s.

Los diámetros comprendidos en la red de recolección oscilan entre 150 mm (6”) y 200 mm (8”), distribuidas de la siguiente manera 4889.82 m de tubería de 150 mm (6”), 711.34 m de tubería de 200 mm (8”).

Para el sistema de tratamiento se analizaron dos alternativas, la primera comprendió el diseño de pretratamiento + Tanque Imhoff + Humedales de Flujo sub superficial y en la segunda opción Pretratamiento+ Tanque Imhoff + Lagunas de Estabilización de estas se recomendó la utilización de la primera alternativa al determinarse como la más viable basado en sus costos de construcción, operación, mantenimiento y eficiencias de remoción del sistema de acuerdo al decreto 21-2017.

La calidad del efluente resultante será de 1.00 mg/L de DBO5 (<30 mg/L). y 9.00E+01 de coliformes fecales (< $10^3$NMP/100ml), valores que se encuentran dentro de los límites establecidos por el Decreto 21-2017 del MARENA para vertidos en cuerpos receptores naturales.

# *Introducción*

***"Convertid un árbol en leña y podrá arder para vosotros; pero ya no producirá flores ni frutos"***
***Rabindranath Tagore***

# I. Generalidades

## 1.1. Introducción

Más de 2,500 millones de personas, equivalentes al 41% de la población mundial, no tienen acceso a la calidad de vida saludable que sólo el saneamiento puede ofrecerles. Son aún más de 120 millones de latinoamericanos que carecen de acceso a sistemas mejorados de saneamiento y únicamente menos del 15% de las aguas residuales son tratadas en el continente (OMS, 2014).

La mayoría de municipios de nuestro país, no cuentan con un sistema de recolección y tratamiento de aguas residuales, siendo este uno de los grandes problemas del sector salud, ya que las personas se encuentran expuestas a contacto con coliformes fecales encontrados en las fuentes de abastecimiento de agua, que provocan muchas enfermedades.

El desarrollo de zonas urbanas implica la dotación de servicios acordes con la magnitud, importancia y auge que vaya adquiriendo una región, ya sea en forma planificada o espontánea. Esto supone que muchos servicios están interrelacionados de tal manera que la existencia de uno trae consigo la necesidad de otro, como es el caso del abastecimiento de agua para consumo humano que genera aguas residuales que necesitaran una red de alcantarillado, que a su vez demandara otro servicio como es el sistema de tratamiento de aguas residuales.

En Comalapa las aguas residuales domésticas corren por las cunetas sin ningún tipo de control, provocando la mayoría de las veces olores desagradables (en el mejor de los casos) y descontento general en la población. Las consecuencias que conlleva esta práctica pueden llegar a ser tan peligrosos que van desde una epidemia de enfermedades hídrico-entéricas hasta la contaminación total de las fuentes hídricas.

Dicho lo anterior, se presenta una propuesta de diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el municipio de Comalapa, Chontales y el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales, el cual tiene como objetivo principal reducir la contaminación al ambiente a cuerpos receptores de manera que cumpla

con el decreto 21-2017 del MARENA. Toda la propuesta de diseño se realizó haciendo de lo contemplado en las normas técnicas nacionales, así como, en la Guía técnica para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales que ha elaborado el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado (INAA).

## 1.2. Antecedentes

En el municipio de Comalapa, Chontales, ha habido un notable incremento poblacional lo cual ha provocado que se generen mayores demandas de infraestructuras de desarrollo, pero el casco urbano de la ciudad no cuenta con un plan de ordenamiento municipal, por ende, no se ha tomado en cuenta ningún tipo de estudio que contemple el diseño o construcción de un sistema de recolección, evacuación y tratamiento de las aguas residuales.

Anteriormente la primera prioridad que demandaba Comalapa fue el suministro del agua, con calidad adecuada y cantidad suficiente. Ya logrado este objetivo, surge otro no menos importante que consiste en la adecuada eliminación de las aguas ya utilizadas que se convierten en potenciales vehículos de muchas enfermedades y trastorno del medioambiente.

El VIII Censo de Población y IV Censo de Vivienda 2005 refleja que a nivel nacional el 84.8% de la población (4,993,826 personas) cuenta con acceso a saneamiento. El 97.5% de la población que recibe este servicio (3,150,368 personas) se ubican en la zona urbana; mientas que el 69.5% (1,804,933 personas) se ubican en la zona rural. El 15.2% de los hogares (895,120 personas) no disponen de servicio sanitario (4.3% en la zona urbana y 30.5% en la zona rural). En la tabla 1, se presenta la distribución de la cobertura en saneamiento, donde se refleja la brecha existente entre la zona urbana y rural sin acceso a saneamiento.[1]

**Tabla 1. Cobertura de saneamiento en Nicaragua**

| Nicaragua | Cobertura total | | Cobertura urbana | | Cobertura rural | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Personas | % | Personas | % | Personas | % |
| Alcantarillado | 1,124,789.00 | 19.18 | 1,124,789.00 | 34.17 | 0.00 | 0.00 |
| Letrina/Tanque séptico | 3,843,497.00 | 65.55 | 2,025,579.00 | 61.53 | 1,817,918.00 | 70.00 |
| no tiene/no reportada | 895,120.00 | 15.27 | 141,553.00 | 4.30 | 779,108.00 | 30.00 |
| Total | 5,863,406.00 | | 3,291,921.00 | | 2,597,026.00 | |

*Fuente: Censo de población de 2005*

[1] Gestión de excretas y Aguas residuales. Situación Actual y perspectivas Nicaragua. 2013.

De los 153 municipios con que cuenta Nicaragua[2], solamente en 31 de ellos (20.26%), existe alcantarillado sanitario, concentrado en las zonas urbanas donde se cuenta con 41 sistemas de tratamiento de aguas residuales administrados por ENACAL (en algunos municipios hay más de un sistema de alcantarillado sanitario). También existen 21 pequeños sistemas de alcantarillado sanitario, con sus respectivos sistemas de tratamiento de aguas residuales, en urbanizaciones recientemente construidas que son administrados por empresas privadas. Entre los sistemas administrados por ENACAL y los pequeños sistemas administrados por empresas privadas, se atiende aproximadamente al 33.1% de la población urbana (1,124,789 personas).

La población que cuenta con sistemas individuales (letrinas y/o tanques sépticos) representa el 65.4% de la población total del país (3,851,371 personas). A nivel de la población urbana el 62.6% de la población (1,966,145 personas) cuenta son sistemas individuales, y en la zona rural es el 69.5% de la población (1,804,932 personas).

El tratamiento de aguas grises se realiza en su mayoría por medio de pequeños pozos; donde comúnmente, dichas aguas son utilizadas para riego en pequeña escala. Aunque no existen cifras oficiales, se estima que el 60% de las viviendas descarga las aguas grises al patio o a la calle

Es importante señalar que uno de los grandes problemas del sector es la falta de una fuente de información oficial específica para agua potable y saneamiento, sobre todo para el área rural. Sin embargo, ENACAL reporta que opera 41 plantas de tratamiento las cuales tienen la capacidad de dar tratamiento a 71.03 millones de $m^3$/año de los 72.03 $m^3$ /año de las aguas residuales que se producen en los sistemas de alcantarillado (esto implica una cobertura del 98.19%).

[2] Gestión de excretas y Aguas residuales. Situación Actual y perspectivas Nicaragua. 2013.

A nivel nacional ENACAL estima que se producen 123.3 millones de m3/año de aguas residuales y la infraestructura existente tiene capacidad de dar tratamiento al 57.63% de las mismas a nivel nacional. En la siguiente tabla 2, se presentan la información del volumen de aguas residuales que se producen en el país.

**Tabla 2. Volumen de aguas residuales**

| Descripción | $m^3$/año | % |
|---|---|---|
| Volumen de aguas residuales a nivel nacional | 123,267,566.00 | |
| Volumen de aguas residuales por los sistemas de alcantarillado | 72,348,145.00 | |
| Capacidad de las plantas de tratamiento de aguas residuales de los sistemas de alcantarillado | 71,036,125.00 | 98.19 |
| Volumen de aguas residuales descargados a un cuerpo receptor sin ningún tratamiento | 52,231,441.00 | 42.37 |

Ref. Gestión de excretas y Aguas residuales. Situación Actual y perspectivas Nicaragua. 2013.

De los sistemas Sanitario en Nicaragua que funcionan operados por La Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados a nivel nacional, el 55% de este tratamiento consiste en Lagunas de Estabilización, los demás sistemas de tratamiento consisten en Fosas Sépticas, Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente, UASB, Filtro biológico, Tanques Imhoff y Biofiltros, de las cuales se pueden mencionar en tabla 3. los siguiente

## Tabla 3. Sistemas de tratamiento de aguas residuales en Nicaragua

| Departamento | Localidad | Sistemas | No. Unidades | Población servida AS | Caudal m3/d | Cuerpo receptor |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Chinandega** | 1. Chinandega/Cementerio | Lagunas de estabilizacion | 2 Modulos (Prim. + Secund.) | 56,810 | 7,101.00 | Rio Acome |
| | 2. Chinandega/Hospital | Lagunas de estabilizacion | 2 Modulos (Prim. + Secund.) | | | Rio Acome |
| | 3. Chichigalpa | T. Imhoff + Biofiltro | 1 Modulo (Imhoff + Biofiltro) | 2,085 | - | Rio La Zopilotera |
| | 4. El viejo | T. Imhoff + FAFA | 2 Modulos | 17,696 | 1,143.00 | Rio Viejo |
| **Leon** | 5. Leon/Sutiava | Lagunas de estabilizacion | 2 Modulos (Prim. + Secund.) | 93,042 | 8,986.00 | Rio Chiquito |
| | 6. Leon/San Isidro | Lagunas de estabilizacion | 2 Modulos (Prim.+Secund.+ adurac) | **11,883** | 2,765.00 | Río Pochote |
| | 7. Leon/El Cocal | Lagunas de estabilizacion + macrófitas | 2 Prim + 1 Secund + 2 macrofitas | | 3,535.00 | Rio Chiquito |
| | 8. Leon/ San Carlos | Fosa Sept. + FAFA + zanja de infiltración | 1 Modulo | 2,000 | 260.00 | Rio Pochote |
| | 9. La Paz Centro | Fosa Sept. + FAFA | 4 Modulos | 6,804 | 384.00 | Cauce Natural /Infiltracion |
| | 10. Nagarote/Santa Elena | Lagunas de estabilización | 1 Modulo (Prim + Secund) | 11,879 | 273.00 | Rio Obraje |
| | 11. Nagarote/El Patriarca | Lagunas de estabilización | 1 Modulo (Prim + Secund) | | 1,106.00 | Rio Obraje |

## Tabla 4. Sistemas de tratamiento de aguas residuales en Nicaragua

| Departamento | Localidad | Sistemas | No. Unidades | Población servida AS | Caudal m3/d | Cuerpo receptor |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Chontales** | Acoyapa | Rafa + Biofiltros | 1 Modulo (Prim + Secund) | | | |
| | Santo Tomas | Rafa + Biofiltros | 1 Modulo (Prim + Secund) | | | |
| | Juigalpa (en construcción) | Sedimentadores y Biodiscos | | | | |
| **Madriz** | 12. Somoto | Lagunas de estabilización | 1 Modulo (Prim + Secund) | 7,033 | 1,165.00 | Cauce/Rio Coco |
| **Esteli** | 13. Esteli | Lagunas de estabilización | 3 Modulo (Prim + Secund) | 49,560 | 8,260.00 | Rio Esteli |
| **Nueva Segovia** | 14. Ocotal | Fosa Sept. + FAFA | 9 Modulos | 5,266 | 1,984.00 | Cauce/Rio Coco |
| | 15. Jalapa | UASB+Biofiltros +desinfección | | 31043 | 3745 | |
| **Managua** | 16. Managua | Sedimentadore y filtro percolador | A sedimentadores primaries+ 6 filtros de goteo +4 sed. Secundarios+4 digestores de lodos | | 182000 | Lago Xolotlán |
| **Managua** | 17. Tipitapa | Lagunas de estabilizacion | 2 Modulos (Prim. + Secund.) | 16,725 | | Rio Tipitapa |
| | 18.Ciudad Sandino | UASB | 4 módulos de UASB, Cloración y Lecho de lodos | 38870 | 7776 | Cauce que descarga al lago de Managua |
| | 19. San Rafael del Sur | Lagunas de estabilizacion | 1 Modulo (Prim + Secund) | 2,646 | 752 | Quebrada El Retiro |
| **Granada** | 20. Granada | Lagunas de estabilizacion | 1 Modulo (Prim + Secund) | 19,428 | 3,139.00 | Lago Cocibolca |
| | 21. Diriá y Diriomo | | | | | |

## Tabla 5 Sistemas de tratamiento de aguas residuales en Nicaragua

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Masaya** | 22. Masaya | Lagunas de estabilizacion | 3 Modulos | 51,968 | 5,953.00 | Laguna de Masaya |
| **Departamento** | **Localidad** | **Sistemas** | **No. Unidades** | **Población servida AS** | **Caudal m3/d** | **Cuerpo receptor** |
| | 23. Masatepe | T. Imhoff + Biofiltro | 1 Modulo | 1,087 | 41.00 | Infiltración / Laguna de Masaya |
| **Carazo** | 24. San Marcos | Lagunas de estabilizacion | 1 Modulo (Prim + Secund) | 9,943 | 742.00 | Cauce/Laguna de Masaya |
| | 25. Jinotepe | T. Imhoff + FAFA | 2 Modulos | 1,191 | 731.00 | Quebrada El Tigre |
| **Rivas** | 26. Rivas | Lagunas de estabilizacion | 2 Modulos (Prim. + Secund.) | 12,722 | 2,982.00 | Rio de Oro/Lago Cocibolca |
| | 27. San Juan del Sur | Lagunas de estabilizacion | 1 Primaria | 2,050 | 422.00 | Océano Pacífico |
| **Boaco** | 28. Boaco | | | | | |
| | 29. Camoapa | T. Imhoff + FAFA | 1 Modulo (Imhoff + FAFA) | 1,200 | 110.00 | Quebrada La Chingastosa |
| **Jinotega** | 30.Jinotega | Lagunas de estabilizacion | 2 Lag. Anaerobia + 2 facultativa + 1 de maduracion | 43,700 | 3,916.00 | **Río Viejo** |
| **Matagalpa** | 31. Matagalpa | Lagunas de estabilizacion | 2 Lag. Anaerobia + 2 facultativa + 1 de maduracion | 32,288 | 6,826.00 | Río Grande Matagalpa |
| | 32. Ciudad Dario | Fosa Septicas | 3 Modulos | 3,000 | 375.00 | Río Grande Matagalpa |
| | 33. Sébaco | Lagunas de estabilizacion | 2 lag Fac+2 lag sec aerobia +1 laguna de madyuración | 12068 | | Río Grande Matagalpa |

En el municipio de Juigalpa actualmente se está instalando el Alcantarillado sanitario y en Comalapa no existe y no cuentan con ningún tipo de obra que permita realizar un manejo adecuado de las aguas residuales pues la población se ha visto obligada a desecharlas en las calles de la ciudad lo que ha provocado creación de charcos y daños a la salud pública.

Históricamente la población emplea como medio de saneamiento la utilización de sumideros, letrinas y otros métodos artesanales sin ningún conocimiento ya que puede afectar directamente al manto freático y por consiguiente la contaminación de las aguas subterráneas, razón por la cual el municipio de Comalapa debe contar con un Sistema de Alcantarillado Sanitario, que permita desechar sus aguas servidas y saber que serán tratadas y evacuadas a un receptor natural sin recurrir a alterar negativamente su medio ambiente.

## 1.3. Justificación

Dentro de la problemática de saneamiento básico del municipio, tiene una enorme importancia el suministro de agua potable, la recolección del agua residual y el tratamiento de estas. Cualquier población, por pequeña que sea, deberá contar como mínimo con los servicios de acueducto y alcantarillado sanitario, si se espera de ella un desarrollo social y económico, y, ante todo, una reducción de las altas tasas de morbilidad y mortalidad en especial dentro de la población infantil.

Una de las necesidades que se presenta en la zona urbana del municipio de Comalapa es una adecuada evacuación de las aguas residuales producidas por cada una de las actividades diarias de la población, siendo estas un foco de contaminación directa debido a un sin número de enfermedades; donde quiera que hay alimento adecuado, suficiente humedad y una temperatura idónea, los microorganismos tienden a desarrollarse.

Contar con un sistema de recolección, evacuación y tratamiento de aguas residuales, que pueda prevenir en un futuro no lejano los peligros que conlleva el agua contaminada, evidencia la importancia del diseño y construcción de dicho sistema.

El acceso a agua, saneamiento e higiene es un derecho humano, y sin embargo, miles de millones de personas siguen enfrentándose a diario a enormes dificultades para acceder a los servicios más elementales. Aproximadamente 1.800 millones de personas en todo el mundo utilizan una fuente de agua potable que está contaminada por restos fecales. Unos2.400 millones de personas carecen de acceso a servicios básicos de saneamiento, como retretes y letrinas. La escasez de agua afecta a más del 40% de la población mundial y este porcentaje podría aumentar. Más del 80% de las aguas residuales resultantes de la actividad humana se vierte en los ríos o en el mar sin ningún tratamiento, lo que provoca su contaminación.

Las enfermedades relacionadas con el agua y el saneamiento siguen estando entre las principales causas de fallecimiento de niños menores de 5 años; más de 800 niños mueren cada día por enfermedades diarreicas asociadas a la falta de higiene (Tabla 5).

La prestación de servicios adecuados de agua y saneamiento es esencial para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible, incluidos los relativos a la salud y a la igualdad de género.

**Tabla 6. Distribución de casos por patología del 2019**

| Enfermedades | % Pacientes 2019 |
|---|---|
| **EDA (Síndrome diarreico Agudo)** | 21 |
| **Malaria y dengue** | 13 |
| **IRA (Síndrome respiratorio agudo)** | 23 |
| **Parasitosis** | 14 |

***Fuente**: Centro de Salud Comalapa*

La conveniencia de un sistema de alcantarillado sanitario y su tratamiento para el casco urbano de la ciudad de Comalapa, radica en la prevención de transmisión de enfermedades relacionadas con el agua y una mejor calidad de vida.

El manejo adecuado de las aguas residuales a través de un sistema de alcantarillado beneficiara la salud y bienestar de los ciudadanos del casco urbano de Comalapa.

El diseño y construcción de un sistema de alcantarillado sanitario traería soluciones a la problemática del saneamiento y contaminación ambiental, contribuyendo directamente a la salud humana, reducción de daños en la infraestructura vial, generaría beneficios económicos, fortaleciendo la dignidad humana y el desarrollo social de la población.

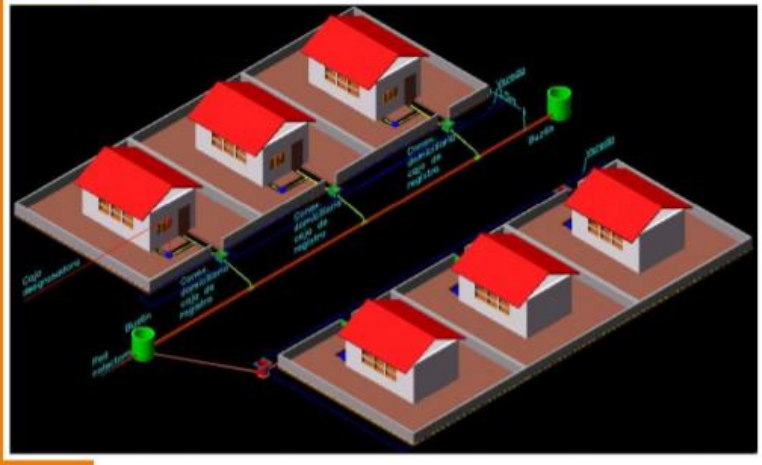
## 1.4. Objetivos

### 1.4.1. Objetivo general

Diseñar la red de alcantarillado sanitario y dimensionamiento del sistema de tratamiento de agua residual para el municipio de Comalapa, departamento de Chontales.

### 1.4.2. Objetivos específicos

1. Realizar un censo poblacional en el casco urbano de la ciudad para la determinación de la población de diseño.
2. Determinar las dotaciones de agua potable para el cálculo de caudal de aguas residuales.
3. Efectuar el levantamiento topográfico del área de estudio especificando así el curso de las aguas residuales.
4. Realizar trazado y cálculo hidráulico de la red de alcantarillado sanitario que cumpla con los parámetros de diseño del INAA, a la vez que se adapte a las condiciones topográficas del sitio.
5. Dimensionar el sistema de tratamiento del agua residual, técnica y económicamente más adecuado.
6. Estimar costos para la elaboración del proyecto.



# Descripción del área en estudio

*"Quien planta árboles está al lado de la eternidad. Nuestra codicia legítima de más bosques es la búsqueda de una humanidad más humana"*

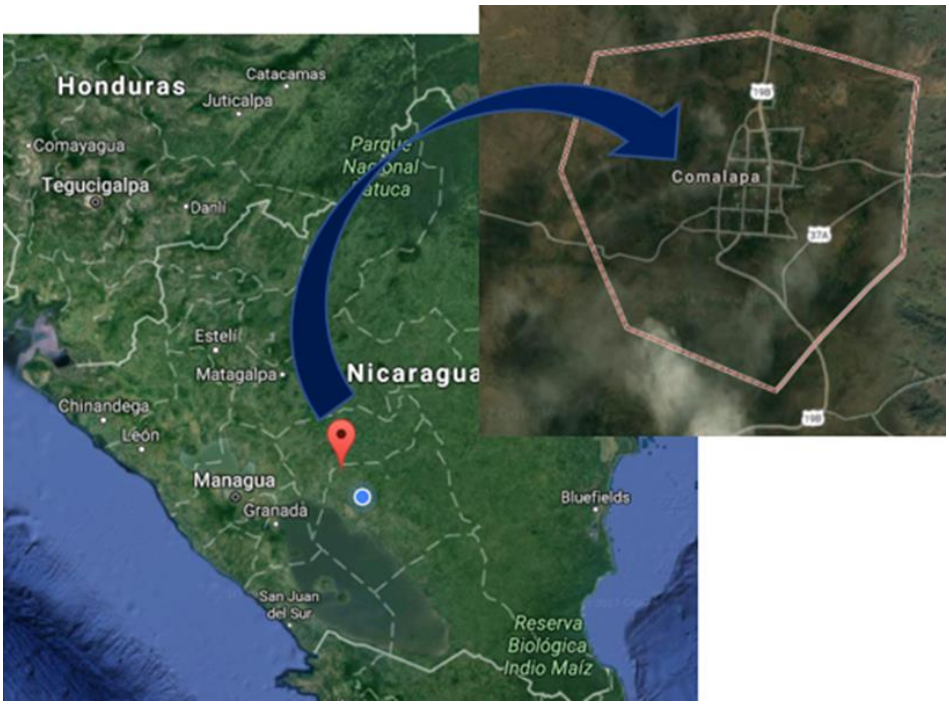
*Joaquín Araújo*

## II. Descripción del área en estudio

### 2.1. Ubicación del área en estudio

El municipio de Comalapa, del departamento de Chontales, está ubicado en la zona central del territorio nicaragüense, entre la parte nororiental del lago Cocibolca. La ciudad fue fundada el 27 de enero de 1879 y está localizada a 137 km de la capital Managua; cuenta con un área urbana de 6.3 km2 o 630 ha (INIFOM, 2015).

**Figura 1. Macro y micro localización del proyecto**




***Fuente:*** *Adaptado de Google earth, 2019*

**Los límites del municipio son los siguientes**

Al norte con el Municipio de Camoapa departamento de Boaco, al sur el lago de Nicaragua o Cocibolca, al este Municipio de Cuapa y Juigalpa del departamento de Chontales y al oeste con el municipio de San Lorenzo, departamento de Boaco**.**

Se encuentra a 37 kilómetros de la Ciudad de Juigalpa, cabecera departamental de Chontales y a 130 Km. al sureste de Managua, capital de la República de

Nicaragua. Su posición geográfica esta entre las coordenadas 12º 16´ latitud Norte y 85º 30’ longitud Oeste.

## 2.2. Reseña histórica

De acuerdo a INIFOM (2014) Comalapa es uno de los pueblos más antiguo de la república, su fundación se remonta a la época aborigen; no se ha logrado encontrar ninguna ley relacionada con la creación del Municipio que lleva su nombre, ni con su jurisdicción rural, menos aun con la del otorgamiento de título de pueblo.

El nombre original fue COMALAGALPAN, cambiado por los españoles a Comalapan y posterior a Comalapa. Esta población ha tenido dos asientos, el primero en el sitio el Limón y el segundo en el lugar que hoy ocupa. Según el lingüista nicaragüense Alfonso Valle, el nombre es de origen mexicano y significa en la lengua antigua náhuatl “En el agua de los cómales”, de las voces: “Comali”, Comal; “Atl.”, Agua; y “pan”, adverbio de lugar y fue fundada en el año 1975.

## 2.3. Población

El municipio de Comalapa consta de 14,388 del cual 55% son mujeres y el 45% son hombres aproximadamente y están distribuidos en 26 comunidades rurales siendo el 90% de la población rural y 4 comunidades urbanas siendo esta el 10% de la población del casco urbano aproximadamente. La densidad de población es de 22.35 por kilómetros cuadrados.

## 2.4. Aspectos socio-económicos

Según la alcaldía del municipio, En Comalapa encontramos 3028 hombres, esto equivale al 17.22 % y 533 mujeres equivalente al 3.03 % sumando esto nos da que el 20.25 % de la población cuentan con algún tipo de trabajo.

Distribuidos de la siguiente manera:

Comalapa casco urbano, zona 1,2,3 y 4 se encontraron a 195 hombres y 114 mujeres con diferentes tipos de empleos.

En la zona rural (Tabla 6):

Microrregión I: 593 hombres y 131 mujeres con diferentes tipos de empleos.

Microrregión II: 704 hombres y 50 mujeres con diferentes tipos de empleos.

Microrregión III: 965 hombres y 198 mujeres con diferentes tipos de empleos.

Microrregión IV: 571 hombres y 40 mujeres con diferentes tipos de empleos.

La ganadería, como principal actividad involucra un 42% de la población económicamente activa del municipio, en segundo lugar, se ubica la agricultura, con aproximadamente el 30% y un 15% de la población se dedican a la actividad comercial.

**Tabla 7. Microrregiones del municipio de Comalapa**

| **Micro región 1**<br>**Comarcas** | **Micro región 2**<br>**Comarcas** | **Micro región 3**<br>**Comarcas** | **Micro región 4**<br>**Comarcas** |
|---|---|---|---|
| El Cebollín. | Comalapa (Centro Urbano) | San Patricio. | Santa Clara. |
| Espíritu Santo. | San Francisco | Santa Rosa. | Jicotepe. |
| Los Brasiles. | Miragua | La Concha. | Piedra Pintada. |
| El Pochote. | El Cangrejal. | El Coyol. | La Pitahaya. |
| Talpetate. | El Jocote. | Cuisalá. | |
| Montañita Abajo. | El Naranjo. | Moralito. | |
| Los Potrerillos. | Concepción. | La Ermita | |
| | El Avispero | | |
| | Montañita Arriba | | |

***Fuente:*** *Alcaldía municipal, 2017*

## 2.5. Características físicas y naturales del área

### 2.5.1. Clima y precipitación

La mayor parte del territorio de Comalapa pertenece a la zona seca del departamento de Chontales. En el municipio de Comalapa la temperatura media anual fluctúa entre los 25 a 27°C. La humedad relativa varía entre el 71 y el 80%. El viento predominante proviene del noreste, a una velocidad de 2.2 a 3.6 m/seg. La precipitación media anual se encuentra entre los 1000 a 1200 milímetros. El municipio presenta 2 zonas climáticas definidas.

- **Zona 1**

Con precipitaciones anuales entre 1100 y 1400 mm, con elevaciones menores de 200 metros sobre el nivel del mar y con canícula bien definida.

Corresponde a la zona más plana del municipio, ubicada a ambos lados de la carretera de Managua-El Rama y en el borde costero del Gran Lago. Constituyen esta zona las siguientes comarcas: Santa Clara, Jicotepe, Cuisalá, El Llanito, Santa Rosa, San Patricio, Moralito, La Pitahaya, La Concha y El Naranjo.

El periodo de lluvias varía entre cinco y seis meses.

- **Zona 2**

Con precipitaciones anuales entre 1100 y 1400mm, con elevaciones superiores a los 200msnm y con canícula bien definida. Constituye esta zona las siguientes comarcas: Piedra Pintada, La Ermita, El Embudo, Espinas Blancas, Los Brasiles, Montañita Arriba, Montañita Abajo, concepción, El Cangrejal, El Jocote, Talpetate, Espíritu Santo, El Cebollin, El Pochote, Jiñocuabo, Potrerillos y el casco urbano. El periodo de lluvias varía entre cinco y seis meses.

- **Zona 3**

Con precipitaciones anules entre 1400 y 1700 mm, con elevaciones menores de 200 metros sobre el nivel del mar, salvo en algunas microzonas, con canículas benignas. A esta zona solo le pertenece la comarca de Miraguas (1 y 2). El de lluvias varía entre 7 y 8 meses.

### 2.5.2. Flora y fauna del municipio

- **Flora**

*Bosques medianos o bajos subcaducifolios de zonas cálidas y semihumedas* **Especies:** Cedro***(Cedrela odorata)*****,** Cedro macho ***(Carapa Sguianensis Aubl),*** pochote***(Bonbacop quinata)*****,** caoba (S witenia macrophylla King) Ceiba ***(pentandra (L) Gaerh)*** Come negro, Tamarindo ***(Dialum guianense ( Aubl),*** Aceituno *(* ***Simarouba glauco D.C.),*** Almendro ***( Dicteryx panamensis (pitt) Rec.& Mell ),*** Brazón ***(Hirtella sp.)*** Canelo ***(Ocotea veraguensis (Meis) Mez)*** Cortés ***(Tabubeia ochracea ssp. Neochrisantha A.gently),*** Coyote ***(Platymiscium pinnatum (Jacq) Dugan)*** Gavilán ***(Pentanclethra (Willd) Kuntze.),*** Genizaro ***(Pithecellobium saman (Jacq)*** Granadillo ***(Dalbergia tucurensis J. D. Smiht),*** Guaba ***(Inga sp),*** Guácimo colorado ***(Machaerium sp.)***, Guanascaste de oreja ***(Enterolobium cyclocarpum (jacqu) Grised)*** Guanascaste blanco ***(Albizea caribea(Urban) Britt,&Rose)*** Guapinol ***(Hymenea coubaril L.),*** Guayaba**,** Espavel ***(Anacardium exelsum (bert.&balb)Skeeestos)*** Jiñocuabo ***(Bursera simarouba (L.) Sar),*** Joco mico (Rheedia edulis (seem). Pluttr.) **Lagarto Zanthoxylum sp.** Manga larga/*Zopilote****Vochysia ferruginia Mart.,*** Laurel ***(Cordia elliodora (Ruiz & Pav) Oke,),*** Mora *(****Chlophora tinectoria (L) Guad),*** Muñeco ***( Cordia bicolor A DC)*** Nancite ***Bysonima*** crassifolia (L).DC, Nancitón ***Hyeronima alchorneodes Allemao,*** Níspero***Manilkara zapota(L)*** mango ***(Manguifera indica L),*** nacascolo ***(Caesalpinea corarea (Jacq.)Willd),*** carao ***(Cassia GrandisL.f.),*** casa amarillo ***(Senna siamea (Lam.) Iwi,& Barneby)*** capulin ***(Mutingia calabura. L) ,***almendro de rio ***( Andira inermis (W. Wright) D.C.)*** **,** madero negro ***(Glliricidia Sepium (Jacq) Steud),*** talalate ***(Gyrocarpus americanus Jacq),*** paraiso ***(Melia azedaraach L)*** leucaena (Leucaena leucocefala 8Lam.) Dewit), ojoche ***(Brosimium Sw),*** guiliguieste***(Karwinskia calderonii Standl)*** madroño ***(Calycuthyllum candidissimun (Vahl) D.C),*** panamá***( Sterculia apetala(Jacq.) Karst.)*** escobillo,guayacan, marañón, jicaro sabanero tigüilote, malinche brasil hoja tostada, hojachigüe, chocolloElequeme, palo de plomo, aromo o cachito de aromo. Quebracho, espino de playa, guayaba común, chicharron blanco,

Tempisque ***(Mastichodendrun capiri)*** y otras especies de pastizales naturales como zacate jaragua, zacatón, zacate de llano, aceitillo, y como malezas.

- **Fauna**

En el municipio existen las siguientes: venado, iguana negra e iguana verde, Coyotes, Zorro cola pelada, zorro de espinas o cuerpoespin, Zorrillo, gato ostoche, conejo, Venado, guatuzas, caucelo, ardilla, lagartijas, culebra de varias especies: coral voladora, boa constrictora, montabuey, cascabel, bejuquilla, sabanera, peses, etc.

### 2.5.3. Recursos geológicos existentes

También se cuenta con cinco bancos de material selecto los cuales se utilizan para carpeta de rodamiento de caminos y carreteras, ellos se encuentran localizados sobre el tramo de camino Santa Rosa – Comalapa – Camoapa; en los siguientes lugares:

- Banco No. 1 El Pilón ubicado en la Comarca de Moralito.
- Banco No. 2 Paso de laja ubicado en la Comarca de Concepción.
- Banco No. 3 El Pique a 400 metros del casco urbano.
- Banco No. 4 Gildo Sequeira, a 300 metros del casco urbano.
- Banco No. 5 Helidoro Sándigo, en el lugar conocido como san Vicente Carretera al municipio de Camoapa.

Banco de Piedra bolón ubicado en la Comarca de los Braciles.

Barro: Es una mezcla semilíquida de agua y tierra compuesta por sedimentos, partículas de polvo y arcilla. Este material se encuentra ubicado en la comarca de El Naranjo y se utilizan para elaborar todo tipo de artesanía de forma artesanal dicho producto es comercializado en el casco urbano y el municipio de Camoapa.

Arcilla (tierra lanilla) este tipo de material es encontrado en las comunidades de Cuisala, Los Llanitos y el Naranjo; siendo más explotado en las dos primeras comunidades mencionadas anteriormente ya que se utiliza para la construcción

de ladrillos en sus diferentes tamaños y formas los cuales son comercializados en el municipio de Juigalpa y todo el departamento de Chontales, también es utilizado para la construcción de casa de adobes en las comunidades del municipio.

### 2.5.4. Topografía

Comalapa se encuentra sentado sobre un terreno bastante ondulado. Comprende las montañas de Oluma, San Francisco, las Cruces y El Chombón y con altura importante el Cerro de Miraguas. Los niveles de elevación sobre el nivel del mar están concentrados en una escala que van de 0 a 200 y de 200 a 400 metros, clasificados como moderadamente bajos y llegando hasta terrenos bajos en lo que corresponde a la zona costera con el Lago de Nicaragua. En términos generales la altitud sobre el nivel del mar es de 270 metros.

En relación con las unidades topográficas y pendientes, en el municipio se distinguen seis tipos de pendientes clasificadas cada 5%. Las pendientes menores se encuentran localizadas a orillas del Gran Lago y a ambos lados de la carretera Managua-El Rama

## 2.6. Servicios básicos

La población de Comalapa cuenta con servicios de agua potable, cuya administración está a cargo de la Empresa Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL).

ENACAL reporta que existe un total de 390 viviendas con servicios de agua potable, las cuales se abastecen a través de conexiones domiciliares y se encuentran ubicadas en el sector urbano.

En el poblado de Comalapa existen 3 pozos perforados con máquinas, de los cuales uno está funcionando y cuenta con una bomba sumergible que funciona a través de energía eléctrica con capacidad de 75 galones por minuto, abasteciendo al poblado durante 12 horas diarias de agua.

El sistema de distribución es por medio de bombeo del pozo a las conexiones domiciliares y después llena las pilas de abastecimiento. Para el mejor

funcionamiento del sistema lo correcto es primero llenar la pila de abastecimiento y después abastecer los servicios domiciliares.

### 2.6.1. Alcantarillado sanitario

El municipio de Comalapa actualmente no cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario por lo que las aguas servidas corren por medio del sistema de drenaje superficial (cunetas).

### 2.6.2. Alcantarillado pluvial

Comalapa cuenta con una red de cunetas en las principales calles del municipio donde estas dirigen sus aguas a diferentes arroyos que pasan por el municipio.

### 2.6.3. Salud

En el Municipio de Comalapa existen 3 puestos de salud en función, en las Comarcas El Pochote, La Pitahaya, San Patricio. En la cabecera Municipal existe un centro de salud tipo C.

En general el MINSA de Comalapa da cobertura a todas las comarcas del municipio

Las enfermedades más frecuentes en el Municipio son las siguientes:

- Infecciones renales
- Catarro común
- Artritis
- Asma
- Bronquitis
- Amigdalitis
- Diarreas
- Laringitis
- Parasitosis

En los programas de vacunación se atienden anualmente aproximadamente a más de 2,500 niños menores de 5 años. Además de las vacunaciones, el Centro de Salud de la cabecera municipal Comalapa no ofrece servicios de laboratorios para realizar distintas pruebas de exámenes tales como orina, sangre, excremento y otros. Este Centro de Salud, actualmente consta con sala de partos y servicios de odontología.

Los centros de Salud mencionados anteriormente se ubican dentro de las micro regiones siguientes:

Micro región I: 1 Puesto de Salud. (Comarca El Pochote)

Micro región II: 1 Centro de Salud (Casco Urbano centro Tipo C)

Micro región III: 1 Puesto de Salud. (Comarca San Patricio)

Micro región IV: 1 Puesto de Salud. (Comarca La Pitahaya)

### 2.6.4. Educación

El municipio cuenta con 1 centro educativo el cual funciona en un edificio propio del ministerio de educación. Es clasificado como un municipio deficiente, ocupa el puesto diez dentro del departamento y el puesto 158 dentro de la clasificación general del país. El municipio tiene baja repetición de primaria, aceptable retención de preescolar y primaria. Sus retos, baja cobertura, baja retención de secundaria, baja aprobación de primaria y secundaria.

### 2.6.5. Energía eléctrica

El municipio de Comalapa cuenta con servicios públicos de Energía eléctrica domiciliar, la cual está a cargo de la empresa Unión FENOSA DISSUR. La infraestructura de la energía eléctrica en general comprende circuitos independientes para el servicio domiciliar y para el alumbrado público, además circuitos especiales para riego e industria en el sector urbano existen 185 conexiones domiciliares.

### 2.6.6. Vialidad y transporte

El municipio de COMALAPA cuenta con 7 comunidades que poseen transporte colectivo de forma irregular, lo que trae problemas a la población que inciden en la producción.

Se cuenta con tres unidades de buses para transporte colectivo, los que poseen solo dos itinerarios, sale por la mañana y retornan al pueblo por la tarde, llevando a los pobladores con destino a Managua, Juigalpa y Camoapa. Existe también transporte Inter local que efectúa la ruta Comalapa-Santa Rosa y viceversa, con una frecuencia de 8 veces en el día.

El Municipio a lo interno cuenta con carreteras y caminos rurales que están en regular estado todo el tiempo y se comunica con sus comunidades a través de caminos reales, callejones y veredas.

Las principales vías de comunicación son:

- Carretera pavimentada al Rama que cruza 20 km. En la parte Sur, de Oriente a Occidente EL Cedral.
- San Nicolás, 5 km. de carretera pavimentada. En la parte Norte del Municipio ubicados en el centro de la carretera Camoapa empalme San Francisco que sirve de comunicación para la comarca el Pochote y el Cebollín.
- Carretera que sirve de conexión entre la cabecera Municipal y la carretera al Rama, es de tipo macadán y tiene 15 Km de longitud.
- Carretera COMALAPA-CAMOAPA con 12 Km de longitud.
- Carretera del tipo terciario que conduce COMALAPA-CUAPA 16 KM.
- Carretera la Mata - Piedra Pintada 13 Km. también del tipo terciario.
- Camino rural la Concepción - El Pochote 16 Km. y algunos caminos de penetración en época seca como Concepción – Montañita arriba 4 Km., Cofradía Quilile 10 Km. En cuanto a la infraestructura vial del Municipio, en el área urbana existe 8,000 mts² de adoquinado de calles, 1,200 mts lineales de cunetas y 2,300 mts² de calles de tierra.

### 2.6.7. Telecomunicaciones

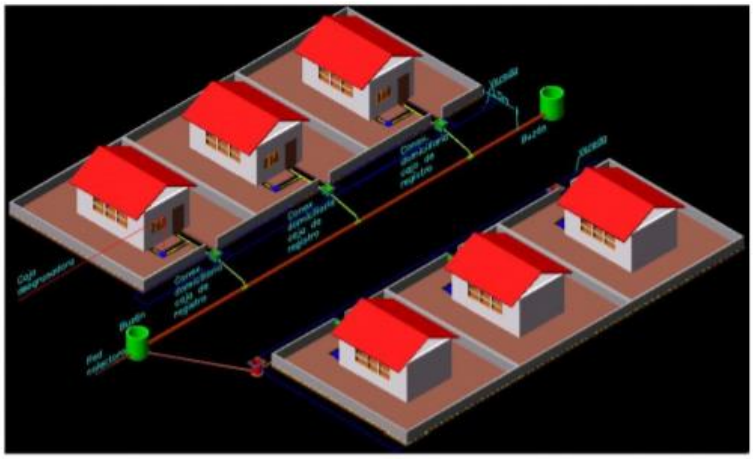
El municipio cuenta con servicios de teléfono, administradas por las empresas de Claro y Movistar. Existen 66 líneas de teléfonos directos y un tele centro llamado “Tele centro Comalapa” que brinda el servicio de conectividad a internet ubicado en el parque central frente a las instalaciones de la alcaldía municipal financiado por el gobierno concurrente, Alcaldía y Banco Mundial En las comarcas de Cuisalá tiene una línea de teléfono directo. La población es atendida con el servicio de telefonía celular.

### 2.6.8. Servicios municipales

En cuanto a la infraestructura de los servicios municipales, se cuenta con recolección de los desechos sólidos, cementerio, parques, mercado, un rastro municipal, viveros y registro de bienes inmuebles, sin embargo, carece totalmente de un sistema de Alcantarillado para aguas negras y cuenta con un sistema de agua potable deficiente.

### 2.6.9. Cultura y deporte

Para la recreación el municipio cuenta con un parque central donde se puede apreciar los hermosos cerros que le rodean, cuenta con un restaurante y un pequeño centro nocturno. Existe una liga deportiva de baseball donde se reúnen muchos equipos conformados por personas de cada comunidad rural del municipio. Existe una plaza donde se celebran las fiestas patronales que se celebran en el mes de febrero.



# Marco teórico

*"Destruir un bosque tropical para obtener beneficios económicos es como quemar una pintura del Renacimiento para cocinar"*

*Edward O. Wilson (1929)*

# III. Marco teórico

A continuación, se presentan los conceptos en los que se fundamenta el de diseño de la propuesta de saneamiento para Comalapa. Estos obedecen a las guías técnicas para el diseño de alcantarillado Sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales en proceso de elaboración por parte del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA, 2012).

## 3.1. Estudios básicos

Antes de iniciar el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario, se deberá tener un buen conocimiento del área donde se pretenderá implantar el sistema, para esto es necesario realizar investigaciones de todas las condiciones que pueden significar aporte de datos para un diseño equilibrado, de costo razonable y capaz de llenar las necesidades bases de la obra que se desea construir. Dentro de los estudios básicos se mencionan los siguientes.

## 3.2. Estudios geotécnicos

Estos estudios deberán incluir la determinación de las siguientes características de los suelos: Tipo de suelos, Granulometría, módulo de elasticidad, valor soporte, límites de Atterberg, cohesión y peso específico.

## 3.3. Estudios topográficos

Una vez reconocida el área perimetral de la población y preseleccionado los sitios convenientes para estaciones de bombeo, planta de tratamiento, y lugar para descarga de las aguas residuales, se procederá a efectuar los levantamientos topográficos de conjunto y tener detalles suficientes para una ejecución posterior bien ubicada.

Se utilizará como punto de partida la red geodésica, tanto en el levantamiento planimétrico como el altimétrico y deberá cumplir con las recomendaciones que al respecto indique el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). El levantamiento topográfico deberá ser amarrado a la Red Geodésica Nacional de por lo menos dos puntos o mojones aprobados por el INETER, convenientemente referenciados y protegidos de tal manera que pueda reconstruir a través de ellos

el levantamiento de campo realizado, presentándose los resultados en coordenadas UTM (Control Geodésico de la Red Nacional).

### 3.4. Estudios de obras existentes

Se deberá determinar mediante sondeos la localización de horizontal, profundidad y diámetro de tuberías existentes de agua potable y drenaje de aguas pluviales, si las hubiere; así como las instalaciones telefónicas o cualquier otro servicio existente, con el propósito de evitar interferencias o daños, causadas por las instalaciones de alcantarillado sanitario.

### 3.5. Aguas residuales

De acuerdo a Metcalf & Eddy (1998) las aguas residuales son materiales derivados de residuos domésticos o de procesos industriales, los cuales por razones de salud pública y por consideraciones de recreación económica y estética, no pueden desecharse vertiéndolos sin tratamiento en cuerpos de agua convencionales. El conocimiento de la naturaleza del agua residual es fundamental para el proyecto y explotación de las infraestructuras, tanto de recolección como de tratamiento y evacuación de las aguas residuales, así como para la gestión de la calidad del medio ambiente.

Las características de las aguas residuales de una localidad en particular deben averiguarse, por medio de pruebas de laboratorio, para determinar cuál será el tratamiento necesario y aplicar los métodos más efectivos.

#### 3.5.1. Características organolépticas de las aguas residuales

**1. Olor**

Causado normalmente por los gases liberados durante la descomposición de la materia orgánica. Las aguas residuales pueden contener compuestos que pueden producir olores por sí mismos o compuestos con tendencia a producir olores durante los procesos de tratamiento.

**2. Turbidez**

Se define como la propiedad óptica de una suspensión la cual hace que la luz se disperse. En el agua residual, se debe a la presencia de partículas de material suspendido (arcilla, materia orgánica e inorgánica, etc.) finamente dividida y desechos humanos entre otros.

**3. Color**

Los colores oscuros de las aguas residuales, se deben a la formación de sulfuros metálicos, por reacción del sulfuro liberado en condiciones anaerobias con los metales presentes en el agua residual.

### 3.5.2. Características físicas de las aguas residuales

Las características físicas más importantes del agua residual es su contenido total de sólidos, los cuales están compuestos de materia flotante y materia en suspensión, en dispersión coloidal y en disolución. Otras características son la temperatura, color y olor.

- ✓ **Sólidos**

Los sólidos son la materia suspendida o disuelta que a su vez puede brindar información de la cantidad de materia orgánica e inorgánica que contiene el agua (Estándar Methods, 2000).

- ✓ ***Sólidos totales:*** Incluyen los sólidos suspendidos y los sólidos disueltos (tabla 5) y son la materia que se obtiene como residuo después de someter el agua a un proceso de evaporación entre 103ºC y los 105ºC (Estándar Methods, 2000).
- ✓ ***Sólidos suspendidos:*** Son aquellos que están en suspensión y que son perceptibles a simple vista en el agua.
- ✓ ***Sólidos disueltos****:* Es la materia que queda después de haber filtrado y evaporado un volumen de muestra a 103ºC y 105ºC.
- ✓ ***Sólidos sedimentables:*** Son aquellos que sedimentan en el fondo de un recipiente de forma cónica en el transcurso de 60 minutos.

**Tabla 8.Clasificación de los sólidos totales**

| Clasificación de los Sólidos Totales | | | |
|---|---|---|---|
| **Sólidos Totales** | **Suspendidos (30%)** | Sedimentables (50%) | Orgánicos Volátiles (75%) |
| | | | Orgánicos fijos (25%) |
| | | No Sedimentables (50%) | Orgánico (75%) |
| | | | Inorgánico (25%) |
| | **Sólidos disueltos (70%)** | Coloidal (10-20%) | Orgánico (80%) |
| | | | Inorgánico (20%) |
| | | Disuelto (80-90%) | Orgánico (40%) |
| | | | Inorgánico (60%) |

***Fuente:*** *Metcalf & Eddy (1998)*

✓ **Temperatura**

Es una propiedad muy importante debido a su influencia en el desarrollo de muchos procesos físicos, químicos y biológicos. Las variaciones de temperatura tienen efectos positivos y negativos en la dinámica de los ecosistemas acuáticos. Al aumentar la temperatura tienden a acelerarse las reacciones químicas y bioquímicas, el oxígeno disuelto disminuye y otras veces da lugar a la proliferación de las plantas acuáticas y hongos (Metcalf & Eddy, 1998). La temperatura óptima para el desarrollo de la actividad bacteriana se sitúa entre 25ºC y los 35ºC.

✓ **Densidad**

De ésta depende la formación de corrientes de densidad en fangos de sedimentación y otras instalaciones de tratamiento (Metcalf & Eddy, 2003). Es muy importante para un correcto diseño de las unidades de bombeo.

### 3.5.3. Características químicas de las aguas residuales

El agua residual contiene tanto químicos inorgánicos como orgánicos. Los constituyentes inorgánicos están presentes en el agua transportada y se incrementan a causa del uso del agua. De hecho, el tratamiento del agua residual no tiene el objetivo de alterar la concentración de contaminantes inorgánicos,

aunque las concentraciones de fósforo y nitrógeno son algunas veces importantes en procesos de tratamiento biológico.

- ✓ **Demanda bioquímica de oxígeno ($DBO_5$)**

Se define como la cantidad de oxígeno requerido por las bacterias para oxidar la materia orgánica existente en las aguas residuales. Los ensayos de DBO5 se deben realizar bajo las siguientes condiciones:

- Ausencia de tóxico
- Presencia de Nutrientes (Fósforo, Nitrógeno), cultivos de bacterias fuertes y bien aclimatadas
- pH y temperatura adecuada, etc.

  Con el valor de la DBO5, se puede calcular el efecto de los residuos sobre el contenido de oxígeno disuelto, evaluar la efectividad de las plantas de tratamiento en la remoción de materia orgánica, desarrollo y diseño de plantas de tratamiento de aguas (Metcalf & Eddy, 2003).

- ✓ **Demanda química de oxígeno (DQO)**

Es un parámetro que determina el contenido de materia orgánica susceptible de oxidarla a dióxido de carbono y agua. Los ensayos de DQO se realizan en corto tiempo (3 horas), si los ensayos de DQO son más altos que los de la DBO5, ello indica la presencia de materia orgánica biológicamente residente. La relación de estos dos parámetros puede utilizarse como criterio de selección para el tratamiento de aguas residuales.

Las aguas residuales de baja carga se caracterizan por tener una DQO menor de 1000 mg/l (Metcalf & Eddy 1998). La DQO de un agua residual suele ser mayor que su respectiva DBO5, debido al mayor número de compuestos cuya oxidación se da químicamente frente a los que se oxidan biológicamente (Winkler, 1986).

- ✓ **Relación $DBO_5$ / DQO**

La relación DBO5/DQO es otra forma de evaluar la biodegradabilidad aerobia de los procesos biológicos. El mayor valor obtenido de esta relación suele ser típico en cada proceso, por lo que una variación imprevista de este valor es indicativa de la presencia de contaminantes no habituales. Para sustancias biodegradables la relación oscila en torno a los 0.70, valor que se reduce a un rango de 0.3-0.7 para sustancias parcialmente biodegradables (Romero, 1999). A mayor DQO, mayor capacidad de contaminación de un residuo líquido, ya que se requiere mayor cantidad de oxígeno para su oxidación.

- ✓ **Nitrógeno en las aguas residuales**

Puede estar presente en el agua residual tanto en forma inorgánica como orgánica y tanto en estado reducido como oxidado. En aguas residuales puede estar presente principalmente como amonio o como un constituyente de proteínas (Nitrógeno orgánico).

- ✓ **Fosforo**

Está presente principalmente en forma de fosfatos es uno de los principales elementos para el crecimiento de la flora acuática, puede estar como compuesto de materia orgánica.

- ✓ **Alcalinidad del agua residual**

La alcalinidad del agua residual es importante, ya que suministra un amortiguador contra ácidos producidos por acción bacteriana en sistemas anaeróbicos o de nitrificación. De cualquier manera, que las aguas residuales se deterioren, su PH tiende a disminuir a causa de la producción de ácidos orgánicos por metabolismo bacteriano. Los ácidos orgánicos generados por actividad biológica son ácidos fuertes, similares en características al ácido carbónico, y pueden producir un evidente incremento en la alcalinidad.

### 3.5.4. Características microbiológicas

Muchas formas de vida microbianas pueden existir en las aguas en tanto se satisfagan las necesidades físicas y nutricionales apropiadas para su crecimiento,

las bacterias aerobias y los protozoarios necesitan oxígeno disuelto para crecer. El nitrógeno y el fósforo, así como la luz, son indispensables para las algas. El número y tipo de microorganismos presentes constituyen un indicio de la calidad del agua.

Estos microorganismos constituyen la parte viva natural de la materia orgánica que se encuentra en estas aguas y su presencia es de suma importancia porque son uno de los motivos para su tratamiento.

### 3.5.5. Organismos indicadores de contaminación

La detección de agentes patógenos en el agua es difícil, económicamente costosa y poco práctica en los análisis rutinarios del agua. En su lugar, ésta se valora empleando un sustituto, que actúa como un indicador de contaminación fecal. Puesto que los organismos no patógenos también habitan en gran número en el intestino y están siempre presentes en las heces, junto con los agentes patógenos que pudiera haber, pueden servir como indicadores de contaminación fecal. Las principales características de un buen organismo indicador son:

- Su ausencia implica la inexistencia de patógenos entéricos.
- La densidad de los organismos indicadores está relacionada con probabilidad de la presencia de patógenos.
- En el medio los organismos indicadores sobreviven un poco más que los patógenos.

Sin embargo, la presencia de coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales se considera como indicio de contaminación por heces, y por muchos años se ha empleado para valorar la calidad del agua.

## 3.6. Estudio de población

### 3.6.1. Período de diseño

El período de diseño se estima en base a factores que inciden en la capacidad y buen funcionamiento del sistema, estos factores son:

- Vida útil de los elementos que componen el sistema.
- Planes de desarrollo futuro.

- Tasa de crecimiento de la población
- Funcionamiento del sistema en sus primeros años de vida
- Capacidad de población del área de estudio.
- Población de saturación.

En la práctica varía de 20, 30 hasta 50 años y depende de factores tales como: economía, fondos disponibles, criterio del diseñador, etc. En nuestro país se considera razonable diseñar el proyecto para un período de 20 años.

### 3.6.2. Proyección de población

Una proyección de población es un cálculo que refiere el crecimiento aproximado previsto en el número de habitantes de un lugar para un año futuro dado. Con el fin de determinar la cantidad de aguas residuales a eliminar de una comunidad y definir el tipo de tratamiento de la población existente y futuras extensiones del servicio es necesario predecir la población para un número de años, que será fijado por los períodos económicos del diseño, es decir, para un periodo económico de diseño. Existen diferentes métodos para el cálculo de la proyección futura de la población a partir de modelos de crecimiento y lo recomendable es emplearlos según el modelo al que se ajusta el comportamiento de la población respecto del tiempo.

### 3.6.3. Método geométrico

Este método es más aplicable a ciudades que no han alcanzado su desarrollo y que se mantienen creciendo a una tasa fija y es el de mayor uso en Nicaragua. Se recomienda usar las siguientes tasas en base al crecimiento histórico.

1) Ninguna de las localidades tendrá una tasa de crecimiento urbano mayor de 4%.

2) Ninguna de las localidades tendrá una tasa de crecimiento urbano menor del 2.5%.

3) Si el promedio de la proyección de población por los dos métodos adoptados presenta una tasa de crecimiento:

a) Mayor del 4%, la población se proyectará en base al 4%, de crecimiento anual.

b) Menor del 2.5%, la proyección final se hará basada en una tasa de crecimiento del 2.5%.

c) No menor del 2.5%, ni mayor del 4%, la proyección final se hará basada en el promedio obtenido.

## 3.7. Sistema de alcantarillado sanitario

El Sistema de Alcantarillado está constituido por el conjunto de estructuras e instalaciones destinadas a recoger, evacuar, acondicionar y descargar las aguas residuales provenientes de un sistema de suministro de agua.

## 3.8. Conceptos de aguas residuales

Aguas residuales se define como un tipo de agua que está contaminada con desechos originados por actividades domésticas, industriales y por agua que se filtran por la tubería (aguas subterráneas y pluviales).

## 3.9. Clasificación de aguas residuales

### 3.9.1. Aguas residuales domesticas

Se conoce como aguas residuales domesticas a todas las aguas provenientes de las viviendas, edificios públicos y otras instalaciones de las actividades netamente domésticas como inodoros, fregaderos, baños, trituradores de basura, etc. Las dotaciones de agua doméstica se presentan en tabla 8.

**Tabla 9.Dotaciones de agua**

| Rango de población | Dotación (L/hab/día) |
|---|---|
| 0 - 5,000 | 100 |
| 5,000 - 10,000 | 105 |
| 10,000 - 15,000 | 110 |
| 15,000 - 20,000 | 120 |
| 20,000 - 30,000 | 130 |
| 30,000 - 50,000 | 155 |
| 50,000 – 100,000 y mas | 160 |

***Fuente:*** NTON 09003-99

### 3.9.2. Aguas comerciales

Son las aguas que provienen de locales comerciales como mataderos, pequeñas industrias y otras instalaciones públicas y que suelen estar conectadas a un sistema de alcantarillado común (tabla 7).

### 3.9.3. Aguas industriales

Son las aguas de todo tipo producidas por grandes plantas industriales (tabla7).

### 3.9.4. Aguas de origen público

Es la cantidad de agua utilizada por instituciones gubernamentales, hospitales, escuelas, etc. (tabla 8).

**Tabla 10.Tipos de consumo y dotación**

| Consumo | Porcentaje |
|---|---|
| Comercial | 7 |
| Publico o industrial | 7 |
| Industrial | 2 |

***Fuente**:* (NTON 09003-99)

### 3.9.5. Aguas e infiltración y conexiones incontroladas

Aguas que penetran de forma no controlada en la red de alcantarillado procedente del subsuelo, y agua pluvial que es descargada a la red a partir de fuentes tales como como bajantes de edificios, drenes de cimentaciones y alcantarillas pluviales.

### 3.9.6. Aguas pluviales

Es el flujo derivado de eventos de precipitación, el cual es introducido deliberadamente dentro de las alcantarillas con el propósito de ser transportado. (McGhee, 1999).

### 3.10. Caudal de aguas residuales (Qd)

El caudal de diseño para alcantarillas es el caudal máximo, para el caso de alcantarillado con un adecuado control en las conexiones domiciliarias será caudal máximo más caudales adicionales como Caudal de infiltración y caudales especiales que pueden ser, comerciales, industriales, institucionales u otros.

### 3.11. Red de alcantarillado sanitario

- **Geometría de la red de alcantarillado**

La disposición de los tramos y de las cámaras que conforman la red constituye uno de los parámetros básicos del diseño. Dicha disposición define la geometría de la red y con esta sus características topológicas, las cuales permanecen invariables durante el diseño. Estas características incluyen el número de tramos y cámaras, la unión de los mismos, la longitud de los tramos y la sectorización de los caudales que se presentan para cada punto de descarga. También, se debe determinar las áreas tributarias a cada tramo, las cuales se utilizan en el cálculo del caudal de aguas residuales y/o lluvias.

Partiendo del punto de descarga, el cual puede ser un cuerpo de agua (previa aprobación), un colector existente o una planta de tratamiento (existente) se trata de definir el posible trazado del colector principal siguiendo hacia arriba por las calles de menor pendiente, pero procurando que este cubra toda el área a ser servida.

El colector principal debe estar a una elevación tal que sea capaz de recibir las descargas de todos los colectores secundarios, evitando las excesivas excavaciones.

### 3.12. Hidráulica de las alcantarillas

- **Fórmula y coeficiente de rugosidad**

El cálculo hidráulico de las alcantarillas se deberá hacer en base al criterio de la tensión de arrastre y a la fórmula de Manning.

- **Diámetro mínimo**

El diámetro mínimo de las tuberías deberá ser de 150 mm. (6 in).

- **Pendiente longitudinal mínima**

La pendiente longitudinal mínima deberá ser aquella que produzca una velocidad de auto lavado, la cual se podrá determinar aplicando el criterio de la tensión de arrastre.

- **Pérdida de carga adicional**

Para todo cambio de alineación sea horizontal o vertical se incluirá una pérdida de carga igual a 0.25 $(Vm)^2/2g$ entre la entrada y la salida del pozo de visita sanitario (PVS) correspondiente, no pudiendo ser en ninguno de los casos, menor de 3cm.

- **Cambio de diámetro**

El diámetro de cualquier tramo de tubería deberá ser igual o mayor, que el diámetro del tramo aguas arriba, por ningún motivo podrá ser menor. En el caso de que en un pozo de visita descarguen dos o más tuberías, el diámetro de la tubería de salida deberá ser igual o mayor que el de la tubería de entrada de mayor diámetro.

- **Angulo entre tuberías**

En todos los pozos de visita o cajas de registro, el ángulo formado por la tubería de entrada y la tubería de salida deberá tener un valor mínimo de 90º y máximo de 270º medido en sentido del movimiento de las agujas del reloj y partiendo de la tubería de entrada.

- **Cobertura sobre tuberías**

En el diseño se deberá mantener una cobertura mínima sobre la corona de la tubería en toda su longitud de acuerdo con su resistencia estructural y que facilite el drenaje de las viviendas hacia las recolectoras. Si por salvar obstáculos o por circunstancias muy especiales se hace necesario colocar la tubería a pequeñas profundidades, la tubería será encajonada en concreto simple con un espesor mínimo de 0.15 m alrededor de la pared exterior del tubo.

- **Ubicación de las alcantarillas**

En las vías de circulación dirigidas de Este a Oeste, las tuberías se deberán ubicar al Norte de la línea central de la vía. En las vías de circulación dirigidas de Norte a Sur, las tuberías se deberán ubicar al Oeste de la línea central de la vía. En caso de pistas de gran anchura se deberán colocar dos líneas, una en cada banda de la pista.

En general, las alcantarillas deberán colocarse debajo de las tuberías de agua potable y con una separación mínima horizontal de 1.50 m. con el fin de evitar cualquier contaminación en el agua potable en las actividades de operación y mantenimiento.

- **Conexiones domiciliares**

Las tuberías que conectan las descargas de agua residual de las edificaciones, desde la caja de registro, hasta las tuberías recolectoras del alcantarillado sanitario, son denominadas conexiones domiciliares. Ellas deberán instalarse por debajo de las tuberías del acueducto, inclusive de las tuberías interdomiciliares. Su diámetro mínimo deberá ser de 100 mm (4 pulgadas), para viviendas unifamiliares. Para el caso de hoteles, hospitales, colegios, etc., su diámetro se podrá determinar considerando la cantidad de artefactos sanitarios y aplicando el método de Hunter para obtener el caudal de descarga. La pendiente mínima podrá estar entre 1 y 2% dependiendo de la profundidad de la recolectora. Cuando la recolectora se encuentre a gran profundidad se puede utilizar una tubería vertical envuelta en concreto, llamada chimenea, que termina a una profundidad adecuada por debajo de la superficie y la domiciliar de la edificación se conectará al ramal por la parte superior de la chimenea.

- **Pozos de visitas sanitarios (P.V.S)**

Se deberán ubicar pozos de visita (PVS) o cámaras de inspección, en todo cambio de alineación horizontal o vertical, en todo cambio de diámetro; en las intersecciones de dos o más alcantarillas, en el extremo de cada línea cuando se prevean futuras ampliaciones aguas arriba, en caso contrario se deberán instalar "Registros terminales" *(cleanout).*

La distancia máxima entre pozos de visitas sanitarios será de 100 metros para alcantarillas que varían entre 150 mm (6”) y 375 mm (15”). La forma de los pozos de visita sanitarios (PVS), serán cilíndricos en su parte inferior y cónica truncada en la parte superior o entrada. El diámetro interno mínimo del cilindro será de 1.20 metros, y la entrada del cono tendrá un diámetro de 0.60 metros como mínimo.

La profundidad de los pozos de visita sanitarios (PVS) será variable según las condiciones topográficas del proyecto, siendo en ningún caso menor de 1.20 metros sobre la corona del tubo.

No se podrán ubicar pozos de visitas sanitarios (PVS), en cauces naturales de agua, zanjas, cunetas y demás lugares donde el agua escurra o se estanque, para evitar la filtración de agua a través del cuerpo y tapa. Si por circunstancias sumamente especiales, se tiene que ubicar uno o más pozos en zonas inundables, estos deberán ser totalmente herméticos.

Los pozos de visita de caída, se utilizarán cuando la altura entre el fondo del pozo de visita y el fondo de la tubería de entrada sea mayor de 0.60 m.

## 3.13. Tipos de sistemas de alcantarillado

Comprende el conjunto de estructuras de registro y tuberías o alcantarillas que transportan las aguas residuales al sistema de tratamiento. Según las estructuras de registro, tipo de conexión domiciliar, diámetros, coberturas y ubicación de tuberías, en los sistemas de redes se conocen cuatro tipos:

- Sistema Convencional.
- Redes de Alcantarillado Simplificado.
- Sistema de Alcantarillado en régimen de condominio.
- Redes de Alcantarillado sin arrastre de sólidos.

Por ser las más utilizada y que más experiencia se tiene en Nicaragua, se describirá únicamente la primera.

### 3.13.1. Redes de alcantarillado convencional

Este sistema es el más usado debido a su fácil diseño y a sus características especiales como disponibilidad de materiales en el mercado local, fácil colocación,

flexibilidad de acuerdo al área geográfica, disponibilidad en cualquier diámetro, etc. Sin embargo, debido a los altos costos constructivos del mismo, se han venido empleando distintos métodos de transporte de aguas negras que resultan en menores costos. Las componentes de un sistema de alcantarillado sanitario son:

- **Conexión domiciliar (albañales):** se denominan así a los componentes que recolectan las aportaciones de aguas residuales de una casa o edificio y las entregan a la red municipal.
- **Conductos** (atarjeas, subcolectoras, colectoras principales, interceptoras y evacuadoras), atarjeas o cabeceros: son las tuberías de diámetro mínimo dentro de la red que se instalan a lo largo de los ejes de las calles de una localidad y sirven para recibir las aportaciones de los albañales.
- **Subcolectores:** Son los conductos que reciben las aportaciones de aguas residuales provenientes de las atarjeas y, por lo tanto, un diámetro mayor. Sirven también como líneas auxiliares de los colectores.
- **Colectores:** Son líneas o conductos que se localizan en las partes bajas de la localidad, su función es capturar todas las aportaciones provenientes de subcolectores, atarjeas y descargas domiciliares.
- **Emisor**: Es un conducto comprendido entre el final de la zona de una localidad y el sitio de vertido o en este caso, planta de tratamiento. Su función es transportar la totalidad de las aguas captadas por el resto de la red de alcantarillas.
- **Pozos de visita:** Estructura compuesta de un cono excéntrico y base cilíndrica que permiten acceso a los colectores para labores de mantenimiento.
- **Estaciones de bombeo:** Estas se requieren cuando se necesita elevar el agua residual que se encuentra en una cota inferior a otra superior, siempre y cuando sea estrictamente necesario, ya que por lo general generan altos costos económicos.

## 3.14. Tratamiento de aguas residuales

La disposición de las aguas residuales crudas en cuerpos receptores produce contaminación que puede ser peligrosa para la salud humana y cuerpos receptores porque imposibilita su posterior uso, ya que estos son fuentes potenciales de agua potable, riego de cultivos agrícolas o recreación. Por tanto es de suma importancia la preservación de los cuerpos de agua y la aplicación de tecnologías adecuadas para el sistema de tratamiento de las aguas residuales, de manera que sean eficientes en remoción de contaminantes y a un costo favorable.

Dependiendo de las características de las aguas residuales y el nivel en que se apliquen los tratamientos pueden clasificarse como: Tratamientos preliminares, primarios, secundarios y terciarios.

### 3.14.1. Tratamientos preliminares

Estos tratamientos son destinados a preparar las aguas residuales para que reciban los tratamientos subsiguientes, sin perjudicar los equipos mecánicos y sin obstruir tuberías y causar depósitos permanentes en tanques. Las unidades de tratamiento preliminares más importantes son:

- Separación de solidos gruesos: rejas, rejillas, tamices, filtros gruesos.
- Separación de solidos suspendidos y sedimentables: desarenadores, sedimentadores, centrifugadores, filtros finos. Separación de grasas: retenedores de grasas.
- Separación de gases: aireación tanque de compensación y/u homogenización.

**- Rejas**

Son universalmente usadas en la remoción de sólidos y cuerpos flotantes y constituyen la primera unidad de tratamiento. Son un conjunto de barras colocadas una al lado de la otra, éstas pueden ser rectangulares o circulares y con un determinado grado de inclinación. Tienen como función el atrapar solidos mayores tales como papeles, envases, trozos de madera, etc.

- **Desarenadores**

Un desarenador convencional es un tanque construido con el propósito de sedimentar partículas en suspensión por la acción de la gravedad. Este elemento constituye un tratamiento preliminar y en algunos casos es necesario realizar un tratamiento convencional de purificación de aguas.

Existen dos tipos generales de desarenadores: de flujo horizontal y aireado.

Los desarenadores de flujo horizontal, para aguas residuales, se diseñan para una velocidad horizontal de flujo aproximadamente igual a 30 cm/s. dicha velocidad permite el transporte de la mayor parte de las partículas orgánicas del agua residual a través de la cámara y tiende a suspender el material orgánico sedimentado, pero permite el asentamiento del material inorgánico pesado. En la práctica, para facilidad de construcción se usan desarenadores de sección trapecial, aproximada a la sección de diseño parabólica. Generalmente los desarenadores para aguas residuales se diseñan para remover todas las partículas de diámetro mayor de 0.20 mm.

### 3.14.2. Tratamientos primarios

Proceso físico o físico-químico que incluya la sedimentación de sólidos en suspensión u otros procesos en los que la DBO5 de las aguas residuales que entren se reduzca por lo menos en un 20% antes del vertido, y el total de sólidos en suspensión en las aguas residuales de entrada se reduzca por lo menos en un 50%.

- **Tanques sépticos**

sistemas convencionales de tratamiento de agua residuales ampliamente utilizados en las áreas rurales por su costo relativamente bajo y el limitado mantenimiento que requieren, largos periodos de detención de 12 a 24 horas ocasionando su estado séptico

- **Decantadores comunes y separadores**

Tanques donde se verifica apenas la sedimentación, los lodos son removidos periódicamente.

- **Tanques Imhoff**

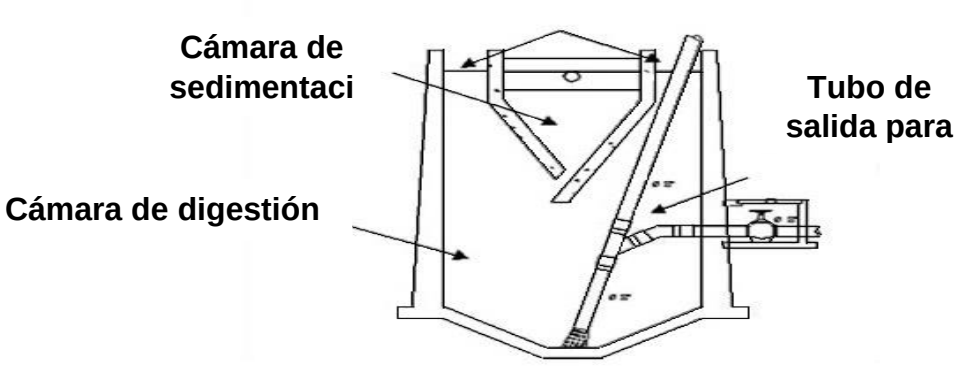
El tanque Imhoff, análogo a las fosas sépticas, es un sistema de tratamiento anaerobio de dos pisos, en el que la sedimentación se produce en el compartimiento superior y la digestión de los sólidos sedimentados en el inferior.

Los tanques Imhoff tienen una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas; sin embargo, para su uso concreto es necesario que las aguas residuales pasen por los procesos de tratamiento preliminar de cribado y remoción de arena. El tanque Imhoff típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimentos:

- Cámara de sedimentación.
- Cámara de digestión de lodos.
- Área de ventilación y acumulación de natas.

El Tanque Imhoff se emplea como tratamiento previo a sistemas de aplicación al terreno, y como Tratamiento Primario, previo a Humedales Artificiales, Contactores Biológicos Rotativos o Lechos Bacterianos. El límite de aplicación suele fijarse en los 300-500 habitantes, si bien, pueden implantarse varios módulos con los que se incrementa el rango de aplicación. Por otro lado, y dado que no constituyen un sistema de tratamiento de aguas residuales urbanas en sí mismo, conviene complementarlos con otras tecnologías de tratamiento.

**Figura 2. Estructura del tanque Imhoff**




***Fuente:*** *Guías para el diseño de tanques Sépticos, Tanques Imhoff y lagunas de estabilización. CEPIS.*

### 3.14.3. Tratamientos secundarios

Los tratamientos secundarios eliminan la materia orgánica biodegradable de las aguas, que no ha sido retirada por el tratamiento primario. Este puede ser de tipo aeróbico o anaeróbico, eliminados de un 40 a un 60 % de los sólidos en suspensión y reducida de un 20 a un 40 % la DBO5 en el tratamiento primario, el tratamiento secundario reduce la cantidad de materia orgánica en el agua. En el tratamiento secundario se aceleran los procesos naturales de eliminación de residuos. En presencia de oxígeno, las bacterias aeróbicas convierten la materia orgánica en formas estables, como dióxido de carbono, agua, nitratos y fosfatos, así como otros materiales orgánicos.

Mientas que el tratamiento biológico de aguas residuales consiste en a climatizar una flora bacteriana (biomasa) que utilice la materia orgánica como alimento (sustrato), convirtiéndola en gases (Co2) que escapan a la atmosfera y en tejido celular de las bacterias, que puede ser removido por sedimentación.

Los sistemas de tratamientos pueden clasificarse en convencionales y no convencionales.

Los procesos convencionales abarcan aquellos que involucran mecanización de los sistemas, en tanto que los no convencionales no involucran mecanización, pero requieren grandes áreas de terreno y están enfocados mayormente al tratamiento de aguas servidas domésticas.

Entre estos sistemas se encuentran las lagunas de estabilización, lagunas anaeróbicas y ``Wetlands´´ (lagunas de baja profundidad con presencia de plantas acuáticas). El diseño de estas unidades está en general basado en el tiempo de retención y en la carga orgánica aplicada por unidad de superficie, lo que conlleva grandes requerimientos de superficie para la generalidad de los casos.

- **Lagunas de estabilización**

El tratamiento de aguas residuales por el método de lagunas de estabilización, es el más simple que existe. Las lagunas están constituidas por excavaciones poco profundas, cercadas por taludes de tierra. Generalmente tienen forma rectangular

o cuadrada. Las lagunas de estabilización son fundamentales reservorios artificiales que comprenden una o varias series de lagunas facultativas, anaerobias, aireadas y de maduración.

- **Lagunas facultativas**

Las características principales de este tipo de lagunas son: el comensalismo entre algas y bacterias en el estrato superior, y la descomposición anaeróbica de los sólidos sedimentados en el fondo.

- **Lagunas anaerobias**

La laguna anaeróbica o laguna anaerobia es un biorreactor que combina la sedimentación de sólidos y su acumulación en el fondo, con la flotación de materiales del agua residual en la superficie y con biomasa activa suspendida en el agua residual o adherida a los lodos sedimentados y a la nata flotante.

Una laguna anaerobia puede considerarse un proceso anaerobio a tasa baja en el cual la materia orgánica es estabilizada mediante su transformación en dióxido de carbono ($CO_2$) y metano ($CH_4$) principalmente.

- **Lagunas de maduración**

Las lagunas de maduración tienen como objetivo principal la de reducir la concentración de bacterias patógenas. Estas lagunas generalmente son el último paso del tratamiento antes de volcar las aguas tratadas en los receptores finales o de ser reutilizadas en la agricultura.

A veces se construyen lagunas de maduración como etapa final del tratamiento de otros sistemas de depuración, como fangos activados, con lo que sustituyen a la cloración, que suele ser el método más común de desinfección en estos sistemas.

- **Humedales artificiales (Biofiltros)**

Los humedales, naturales o artificiales, son sistemas de tratamiento acuático en los cuales se usan plantas y animales para el tratamiento de aguas residuales.

Los humedales artificiales son de superficie libre de agua, es decir, con espejo de agua o de flujo sub-superficial sin espejo de agua.

Los humedales artificiales, también llamados Biofiltro, se han utilizado en el tratamiento de aguas residuales municipales, para tratamiento secundario y avanzado, tratamiento de aguas de irrigación, para tratar lixiviados de rellenos sanitarios, tratamiento de efluentes de tanques sépticos, etc. Los humedales construidos tienen ventajas respecto de los sistemas de tratamiento alternativos, debido a que requieren poca o ninguna energía para operar. Estos humedales proporcionan un hábitat para vida silvestre, y son estéticamente, agradables a la vista.

En la región centroamericana, los biofiltros comenzaron a ser utilizados en el año 1996, con la construcción de una planta piloto en la ciudad de Masaya, Nicaragua. La tecnología del biofiltro fue introducida en Nicaragua por la Cooperación Austriaca para el Desarrollo (CAD), la que tuvo como contraparte a la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Como parte del proyecto, se construyó una planta piloto para tratar las aguas residuales generadas por aproximadamente 1,000 personas en un barrio de la ciudad de Masaya. Las investigaciones efectuadas en esta planta piloto permitieron obtener los criterios técnicos para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de este tipo de sistema.

Durante su paso a través de las diferentes zonas del lecho filtrante, el agua residual es depurada por la acción de microorganismos que se adhieren a la superficie del lecho y otros procesos físicos tales como filtración y la sedimentación.

### 3.15. Criterios de ubicación del sistema de tratamiento

Según la NTON 05 027-05 es exigido cumplir con todos estos criterios para un buen funcionamiento de la STAR.

- La ubicación de las STAR debe tomar en cuenta los planes de desarrollo urbano de la Municipalidad o Localidad.

- El terreno donde se construya la STAR no debe ser un área inundable. No se permite la construcción en lugares en pantanales, humedales (swampoo), marisma y similares.
- El área del terreno donde se ubique o se instale un STAR debe tener una pendiente menor de 5 %.
- la instalación o construcción de los STAR deben estar ubicados a sotavento de cualquier actividad donde haya permanencia de personas por más de 8 horas, de tal manera que el aire circule de las actividades hacia el sitio de la ubicación del STAR y no lo contrario.
- La distancia mínima entre los STAR y campos de pozos de abastecimiento de agua potable debe ser en un radio de 1000 metros medidos desde el pozo más cercano.
- Todo STAR que se ubique en áreas protegidas debe solicitar la autorización o permiso ambiental al MARENA según corresponda. En el caso de áreas protegidas con planes de manejo, el sitio de ubicación de los STAR deberá regirse según la zonificación y su normativa correspondiente.
- Cuando la descarga o disposición final del efluente de un STAR se requiera en Aguas superficiales, debe ser autorizad por el MARENA según el tipo de corriente, uso del recurso y actividades que se realicen en el punto de descarga. En el caso de los ríos y quebradas se debe tomar en cuenta el uso y las actividades que se realicen aguas abajo.
- La distancia entre un STAR y un aeropuerto, aeródromo o una terminal aérea, debe ser establecida por el Ministerio de Transporte e Infraestructura.
- La instalación de un STAR con respecto a la profundidad del manto freático debe ser como mínimo de 2m a partir del fondo del STAR y cumplir con las especificaciones siguientes.
- Para suelos limosos y limo – arenoso se debe proceder a impermeabilizar y compactar el área al 95% próctor standard.
- En aquellos casos en que la profundidad del nivel freático sea menor de 2 metros MARENA e INAA, según su competencia autorizará la viabilidad del sistema.

- En aquellos casos en que la profundidad del nivel freático sea menor de 2 metros MARENA e INAA, según su competencia autorizará la viabilidad del sistema.

Arto.22: los límites máximos permisibles de Coliformes fecales medidos como número más probable no deberán exceder de 1000 por cada 100 en el 80 % de una serie de muestras consecutivas y en ningún caso superior a 5000 por cada 100 ml.

Arto 23: los parámetros de calidad de vertido provienen de los sistemas de tratamiento de los alcantarillados que sean descargados directa e indirectamente a los cuerpos receptores, deberán cumplir en los rangos deberán cumplir en los rangos y límites máximos permisibles.

# *Diseño metodológico*

*"Una ecología saludable es la base para una economía saludable"*

***Claudine Schneider (1947)***

# IV. Diseño metodológico

El desarrollo del diseño de la red de Alcantarillado Sanitario, se basó principalmente en las guías técnicas para el diseño de alcantarillado Sanitario y Sistemas de Tratamiento de aguas residuales del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA – ENTE REGULADOR), en los criterios de Hidráulica y en los conocimientos básicos de Ingeniería Sanitaria permitiendo el cumplimiento de cada uno de los objetivos planteados. Con la metodología empleada se desarrollaron las siguientes actividades:

## 4.1. Trabajo de campo

### 4.1.1. Levantamiento topográfico

Se verificó el área perimetral y se realizó el levantamiento topográfico del casco urbano, que permitió determinar la ubicación de tuberías, dirección del flujo, ubicación de pozos de visita y planta de tratamiento adaptándose a la topografía del sitio lo que permitió reducir los costos del proyecto.

Se realizó un levantamiento topográfico del emisario de descarga de las aguas y el dibujo del relieve topográfico y perfiles longitudinales de las calles de los barrios en AutoCAD Civil 3D.

### 4.1.2. Censo de la población

Se recopilaron los censos Nacionales realizados por INIDE y los censos realizados por MINSA y alcaldía y se establecieron los estudios de población.
Se efectuó un censo poblacional en cada una de las viviendas del casco urbano de la ciudad con el propósito de obtener una exacta proyección y determinación del caudal de diseño de la red de alcantarillado y planta de tratamiento.

### 4.1.3. Estudio de suelos

Se realizaron muestreos de suelo (sondeos manuales) en el sitio donde se seleccionó para ubicar la planta de tratamiento con el fin de definir aproximadamente el valor y la variación de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales del suelo que intervienen en la determinación de la capacidad

de carga admisible, hundimientos probables y métodos generales de excavación para la estructura del proyecto.

## 4.2. Trabajo de gabinete

### 4.2.1. Población de diseño

El municipio de Comalapa, Chontales fue elevado a la categoría de municipio el 20 de octubre de 1752, históricamente se han realizado dos censos en la localidad en el año 2005 por el instituto Nacional de Estadísticas y Censos, INEC (actual INIDE) y también en el año 2012 por el Ministerio de Salud (MINSA).

Para el diseño se realizó un censo poblacional en el casco urbano de Comalapa, Chontales; el cual presentó grandes dificultades ya que hubo mucho rechazo de la población por lo que no se pudo realizar un censo confiable y no se tomó en cuenta y se calculó de acuerdo a los censos poblacionales realizados históricamente.

Se calculó la tasa de crecimiento en base a censos oficiales y se proyectó la población utilizando el método geométrico, se hizo una comparación de la tasa de crecimiento poblacional departamental, municipal y local, a fin de determinar la tasa de crecimiento para la cual se proyectó la población de diseño.

### 4.2.2. Dotación y caudales de aguas residuales

### 4.2.3. Dotación

Con los datos de las guías técnicas para el diseño de alcantarillados sanitarios y sistemas de tratamiento de aguas residuales del INAA se estableció la dotación de agua utilizada y los caudales de diseño de aguas residuales para la población de diseño. Según el rango poblacional entre 5000-10000 habitantes la dotación correspondiente es de 105 lppd, misma que se utilizó en el diseño.

Se utilizaron únicamente los datos anteriores, ya que no se pudo obtener información de los registros históricos del ENACAL.

### 4.2.4. Caudales de aguas residuales

El Caudal (Gasto) medio, máximo, de Infiltración y caudal mínimo de aguas residuales de se calcularon con las ecuaciones definidas en el marco teórico según criterios de INAA.

### 4.2.5. Trazado de la red

Conforme al levantamiento topográfico, se realizaron las propuestas de trazado de la red de alcantarillado sanitario para que drene completamente por gravedad. El diseñó de la red de alcantarillado sanitario y emisor se realizó a través de hojas de cálculo en el programa Microsoft Excel. Los cálculos de caudales por tramo de tubería de la red, hidráulicos y topográficos se muestran en Anexo A, B y C.

### 4.2.6. Tratamiento de aguas residuales

- ✓ Se dimensionaron y diseñaron los diferentes componentes del sistema de tratamiento de aguas residuales.
- ✓ Se evaluó la línea de tratamiento para determinar factibilidad técnica-económica de éste mediante un estudio socio económico.

### 4.2.7. Costos y presupuesto del proyecto

Se estimaron los costos y presupuesto del proyecto.

### 4.2.8. Documentos finales y Planos

Se escribió el informe y memoria de cálculo y se elaboraron los planos de la red de alcantarillado sanitario y de la planta de tratamiento con la ayuda del software AutoCAD.

## 4.3. Parámetros de diseño

### 4.3.1. Proyección de la población

La información base se obtuvo del Censo que se realizó en el municipio de Comalapa por el MINSA en el año 2012, haciendo la proyección de la población con el método de cálculo geométrico.

$Pf$= (1+$i$)

Dónde:

$Pf$ = población al final del periodo de diseño

$Po$ = población Inicial

$i$ = tasa de crecimiento geométrico

$n$ = periodo en años.

### 4.3.2. Caudal de diseño

Para la determinación de los caudales se usaron las ecuaciones y parámetros de diseño contempladas en la Guía técnica para diseño de alcantarillado sanitario de INAA.

$Qd= Qcom+ Qint+ Qind+ Qinf+ Qmax$

Dónde:

$Qcom$ = Caudal comercial

$Qint$ = Caudal público o institucional

$Qind$ = Caudal industrial

$Qinf$ = Caudal de infiltración

$Qmax$ = Caudal máximo

- **Caudal comercial**

Para la determinación del caudal comercial se usó el 7 % de la dotación doméstica.

- **Caudal público o institucional**

Para la determinación del caudal público o institucional se usó el 7 % de la dotación doméstica.

- **Caudal industrial**

Para la determinación del caudal industrial se usó el 2 % de la dotación doméstica.

- **Caudal de infiltración**

Para tuberías plásticas 2L/hora/ 100 m de tubería y por cada 25 mm de diámetro.

- **Caudal máximo**

El caudal máximo de aguas residuales domésticas se determinó utilizando el factor de relación de Harmon

$$FH = 1 * + \frac{14}{4 + \sqrt{P}}$$

$Qmax = Qprom + FH$

$Donde$:

$P = Es\ la\ poblacion\ y\ esta\ dada\ en\ miles$

- **Caudal medio (Qm)**

Se aplicó la siguiente fórmula

$$Qm = 0.8 \times dot$$

- **Caudal mínimo de aguas residuales (Qmin)**

Se aplicó la siguiente formula:

$$Qmin = 1/5 Qm$$

### 4.3.3. Periodos de diseño

Para este proyecto se tomó un periodo de diseño económico de 20 años.

### 4.3.4. Red de alcantarillado sanitario

#### 4.3.4.1. Trazado de la red de alcantarillado sanitario

Se realizó el trazado de la red de acuerdo a las elevaciones del terreno que se obtuvieron en el levantamiento topográfico. Partiendo del punto más bajo donde se ubicó la planta de tratamiento y se definió el trazado del colector principal.

Las tuberías se proyectaron de modo que sus pendientes estuvieran, en lo posible, en el mismo sentido que la pendiente natural del terreno, para así lograr una mínima de excavación y un drenaje por gravedad.

Los pozos de visita se ubicaron de acuerdo a las normas especificadas por el INAA. El diseño se realizó mediante la elaboración de tablas de cálculos en Microsoft Excel.

En base a las condiciones Económicas y técnicas del sitio se realizó la selección del tipo de sistema más conveniente.

#### 4.3.4.2. Hidráulica de las alcantarillas

El cálculo hidráulico de las alcantarillas se hizo en base al criterio de la tensión de arrastre y a la fórmula de Manning por su sencillez y resultados satisfactorios en su aplicación en alcantarillas, colectores, canales de dimensiones grandes y pequeñas.

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Ecuación de continuidad

$$Q = V.A$$

Dónde:

Q: caudal a tubo lleno en m3/s

V: velocidad de escurrimiento a tubo lleno en m/s

n: coeficiente de rugosidad del material (cuadro 10.1)

R: radio hidráulico

S: pendiente hidráulica.

$$ES = \frac{V^2}{2g} + d$$

Pendiente= H / L

H: Diferencia de elevación

L: Longitud

- **Pendiente longitudinal mínima**

Se determinó aplicando el criterio de la Tensión de Arrastre, según la siguiente ecuación obteniendo dicha información en las guías técnicas de INAA:

$f = W * R * S$

Dónde:

*f* = Tensión de arrastre en Pascales

*W* = Peso específico del líquido en $N/m^3$

*R* = Radio hidráulico a gasto mínimo en m

*S* = Pendiente mínima en m/m

Se recomienda un valor mínimo de *f* = 1 Pa.

### 4.3.5. Sistema de tratamiento de aguas residuales

### 4.3.6. Ubicación del Sistema de tratamiento

El sitio donde se propuso la ubicación del sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR) cumple con todos los criterios establecidos en el Acápite 6 de la Norma técnica Obligatoria Nicaragüense para regular los sistemas de tratamientos de aguas residuales y su reúso. (NTON 05 027-05). Ver figura 3.

**Figura 3.Ubicación de planta de tratamiento**

#### 4.3.6.1. Selección del proceso de tratamiento

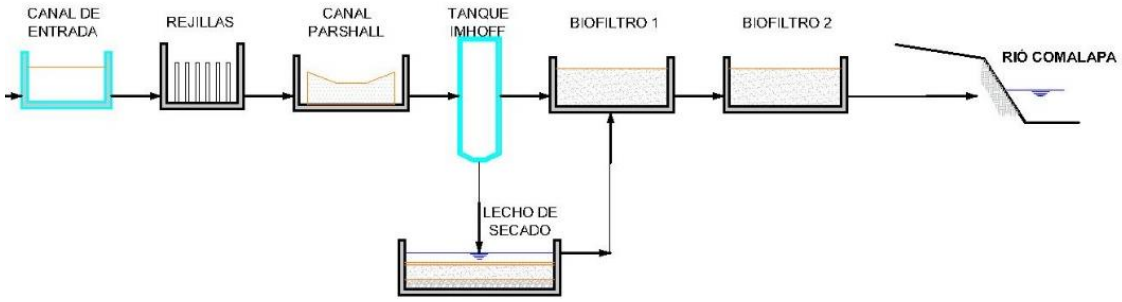
La selección del proceso de tratamiento de aguas residuales se hizo según las características del agua cruda, la calidad requerida del efluente, disponibilidad del terreno y costos de construcción.

Las alternativas tomadas en consideración fueron dos, para la planta de tratamiento constarán de Rejas finas de limpieza manual como pre-tratamiento, medidor de flujo tipo Parshall.

Se evaluaron dos líneas de tratamiento:

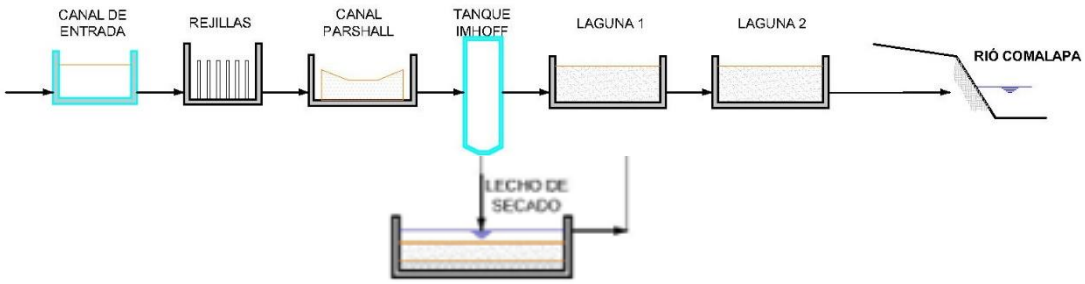
1). Rejas + Desarenador + Tanque Imhoff + Biofiltro. (Figura 4)

**Figura 4. Alternativa 1 de tratamiento**




2) Rejas + Desarenador + Tanque Imhoff + Laguna facultativa secundaria + Laguna aerobia terciaria. (Figura 5)

**Figura 5. Alternativa 2 de tratamiento**




Por ser un poblado de escasos recursos se optó por sistemas de tratamiento que no implicaran ningún consumo de energía eléctrica, para su operación, sino más bien que fueran de procesos biológicos que no incurran en gastos cuantiosos que encarezcan el proyecto.

### 4.3.6.2. Canal de entrada y rejas

La altura máxima (Hmáx) y media (Hm) de agua en el canal y la Reja se despejan de la igualdad de las siguientes ecuaciones respectivamente:

✓ Altura máxima

$$\frac{Q_d * n}{\sqrt{S}} = H_{máx}.* b \left[\frac{H_{máx} * b}{b + 2H_{máx}}\right]^{2/3}$$

✓ Altura media

$$\frac{Q_d * n}{\sqrt{S}} = H_m .* b \left[\frac{H_m * b}{b + 2H_m}\right]^{2/3}$$

Dónde:

$Qd$=$Caudal\ de\ dise$ño

$Qm$= $Caudal\ Medio$

$n$= 0.013 ($Coeficiente\ Concreto$)

$S$= Pendiente del Canal, $B$=Ancho del Canal

✓ Área Útil

El área libre o de escurrimiento entre barras se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$A_u = \frac{Q_d}{V_{max}}$$

Dónde:

$Au$ = $Area\ util\ efectiva$ ($m$2)

$Qd$ = $Caudal\ de\ dise$ño ($m$3/$seg$)

$Vmax$ = $Velocidad\ maxima$ ($m$/$seg$)

✓ Área total de la reja

Esta área incluye tanto las barras como los espacios libres entre ellas, y se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$A_t = \frac{A_u}{E}$$

Dónde:

$At$ = $Area\ total\ de\ la\ rejilla$ ($m$2)

$Au$ = $Area\ util\ efectiva$ ($m$2)

$E$ = $Eficiencia\ de\ la\ rejilla\ adimensional$

- ✓ Verificación del ancho de la reja

Para la verificación del ancho de la reja, se utilizó la siguiente ecuación:

$$b = \frac{A_t}{H_{máx}}$$

Dónde:

$b$=$ancho\ de\ la\ rejilla\ (m)$

$At$ =$Area\ total\ de\ la\ rejilla$ ($m^2$)

$Hmax$= $Altura\ máxima\ de\ agua\ antes\ de\ la\ reja$ (m)

- ✓ Verificación de la velocidad media
- ✓ Área total por velocidad media

$$A´_t = b * H_{med}$$

Dónde:

$A't$ =$Area\ total\ por\ velocidad\ media$ ($m^2$)

$b$=$verificancion\ ancho\ de\ la\ reja$ $(m)$

$Hmax$= $Altura\ media\ de\ agua\ antes\ de\ la\ reja$ (m).

- ✓ Área útil por velocidad media

$$A´_u = A´_t * E$$

Dónde:

$A'u$ =$Area\ util\ por\ velocidad\ media$ ($m^2$)

$A't$ =$Area\ total\ por\ velocidad\ media$ ($m^2$)

$E$=$Eficiencia\ de\ la\ rejilla\ adimensional.$

- ✓ Velocidad media

$$V´_m = Q_m / A´_u$$

Dónde:

$V'm$ =$Velocidad\ media$ $(m/seg)$

$Qm$=$Caudal\ medio$ $(m^3/seg)$

$A'u$ =$Area\ util\ por\ velocidad\ media$ $(m^2)$

$g$=$aceleracion\ de\ la\ gravedad$ (9.81$m/\ seg^2$).

✓ Pérdida de Carga en Rejas (Parcialmente Obstruida):

$$h_{fo} = \left(\frac{E}{E_o}\right)^2 * H_f$$

Dónde:

$hfo = Perdida\ de\ carga\ en\ rejas\ parcialmente\ obstruida$

$E = Eficiencia\ de\ la\ rejilla\ adimensional\ con\ barras\ limpias$

$Eo = Eficiencia\ de\ la\ rejilla\ con$ 75 % $de\ obstruccion$ ($Eo$ = 0.75$E$)

$hf = Perdidas\ de\ carga\ en\ rejas\ limpias\ (m)$

✓ Altura del canal

Para calcular la altura total del canal en la rejilla se utilizó la siguiente fórmula:

$$H_{canal} = H_{màx} + h_{fo} + BL$$

Dónde:

$H_{màx}$= $Altura\ máxima\ del\ agua\ antes\ de\ la\ reja\ (m)$

$h_{fo}$= $Pèrdida\ de\ Carga\ en\ Rejas$ ($Parcialmente\ Obstruída\ al$ 75%)($m$)

BL = Borde Libre (m).

### 4.3.6.3. **Desarenador**

✓ Diámetro de partículas

Mayores de 0.20 mm con una velocidad de sedimentación de 0.021 m/s, valor utilizado según el cuadro de Velocidades de Sedimentación de Partículas de La OPS/CEPIS.

✓ Altura de la lámina de agua canal de llegada (**Hagua**)

$$H_{agua} = \left(\frac{Q_d}{V * B}\right)$$

✓ Largo del desarenador (**L**)

$$L = \frac{V * H_{agua} * 86400}{C_s}$$

Donde Cs es la carga superficial de agua residual aplicada al desarenador con un valor de 1500 $m^3/m^2$*día, el cual se encuentra entre los rangos sugeridos por INAA, 700 – 1600 $m^3/m^2$*día.

✓ Volumen sedimentado

$$V_{sed} = Q_d * C_{ret} * t$$

Donde:

$C_{ret}$ es la cantidad de material retenido y t el tiempo de retención del sedimento en tolva.

✓ Volumen propuesto de tolva (**Vtolva**)

$$V_{tolva} = H_{tolva} * B * L$$

Donde $H_{tolva}$ es la altura de la tolva propuesta con el fin de que el volumen propuesto de tolva fuera mayor que el sedimentado.

#### 4.3.6.4. Tanque Imhoff

Se diseño en base a la guía para el diseño de tanques sépticos, Tanques Imhoff y lagunas de estabilización, según las normativas CEPIS.

El tanque Imhoff típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimientos:

✓ Cámara de sedimentación

El diseño del sedimentador se hará en base a las Especificaciones Técnicas para el diseño de tanque séptico. UNATSABAR-CEPIS/OPS.

Caudal de diseño (**$m^3$/ hr**)

$$Q_d = \frac{Poblaciòn * Dotaciòn}{1000} * \%\ Contribuciòn$$

✓ Área del sedimentador (m2)

$$\mathrm{A_s} = \frac{Q_d}{C_s}$$

Donde:

$C_s$: Es la carga superficial, igual a 1 $m^3$/ ($m^2$ * hora).

✓ Volumen del sedimentador (m3)

$$Vs = Qp * Pr$$

Donde:

Pr: Período de retención hidráulica, entre 1.5 a 2.5 horas (recomendable 2 horas).

✓ Cámara de digestión de lodos

$$\mathrm{V_d} = \frac{70 * \mathrm{Poblacion} * \mathrm{fcr}}{1000}$$

Donde:

$V_d$: Volumen de almacenamiento y digestión ($m^3$)

Para el compartimiento de almacenamiento y digestión de lodos (cámara inferior) se tomó en cuenta la siguiente tabla 10:

**Tabla 11. Factor de capacidad relativa**

| **Temperatura** ***ºC*** | **Factor de capacidad relativa** ***Fcr*** |
|---|---|
| 5 | 2.0 |
| 10 | 1.4 |
| 15 | 1.0 |
| 20 | 0.7 |
| >25 | 0.5 |

***Fuente:*** *CEPIS*

- **Tiempo requerido para digestión de lodos**

El tiempo requerido para la digestión de lodos varia con la temperatura, para esto se empleó la tabla 11.

**Tabla 12.Tiempo requerido para la digestión**

| Temperatura ºC | Tiempo de digestión Días |
|---|---|
| 5 | 110 |
| 10 | 76 |
| 15 | 55 |
| 20 | 40 |
| >25 | 30 |

***Fuente:*** *CEPIS*

- **Área de ventilación y cámara de natas**

Para el diseño de la superficie libre entre las paredes del digestor y el sedimentador (zona de espuma o natas) se tomó en cuenta los siguientes criterios

- El espaciamiento libre será de 1.0 m como mínimo.
- La superficie libre total será por lo menos 30% de la superficie total del tanque.
- El borde libre será como mínimo de 0.30 cm.

### 4.3.6.5. Lechos de secado

Los lechos de secado de lodos son generalmente el método más simple y económico de deshidratar los lodos estabilizados (lodos digeridos), lo cual resulto lo ideal para pequeñas comunidades.

✓ Carga de sólidos que ingresa al sedimentador (Kg de SS/día)

$$C = Qm * SS * 0.0864$$

Donde:

SS: Sólidos en suspensión en el agua cruda $(^{mg}/_{l})$

Qm: Caudal promedio de aguas residuales

Cuando la localidad no cuenta con alcantarillado se utiliza una contribución per cápita promedio de 90 gr.SS/ (hab*día)

- ✓ Masa de solidos que conforman los lodos (Kg de SS/dia)

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C)$$

- ✓ Volumen diario de lodos digeridos (lt/dia)

$$Vld = \frac{Msd}{\rho lodo * (\%\ de\ solidos)}$$

Donde:

Densidad de los lodos: 1.04 Kg/lt

Porcentaje de solidos: Es el porcentaje de solido contenido en los lodos, varía entre 8 a 12 %

- ✓ Volumen de lodos a extraerse del tanque (m3)

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000}$$

Dónde

Td: Tiempo de digestión en días

Área del lecho de secado ($m^2$)

$$Als = \frac{Vel}{Ha}$$

Dónde:

$Ha$: Profundidad de aplicación, entre 0,20 a 0,40m.

El ancho de los lechos de secado es generalmente de 3 a 6 m., pero para instalaciones grandes puede sobrepasar los 10 m.

#### 4.3.6.6. Diseño de lagunas de estabilización

Los parámetros más utilizados para evaluar el comportamiento de las lagunas de estabilización de aguas residuales y la calidad de sus efluentes son la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), que caracteriza la carga orgánica; y el número

más probable de Coliformes fecales (NMP CF/100ml), que define la contaminación microbiológica. Además tienen importancia los sólidos totales sedimentables, en suspensión y disueltos.

La calidad del Efluente Norma DBO5 Coliformes Fecales Decreto 21-2017 30 mg/l $1x10^4$ NMP/100ml OMS 30 mg/l $1x10^3$ NMP/100ml (tabla 12)

**Tabla 13.Calidad del efluente**

| Norma | $DBO_5$ | Coliformes Fecales |
|---|---|---|
| **Decreto 21-2017** | 30 mg/l | $1x10^4$ NMP/100ml |
| **OMS** | 30 mg/l | $1x10^3$ NMP/100ml |

***Fuente:*** *Normas Nacionales y OMS*

- **Localización de lagunas**

La ubicación de un sistema de lagunas debe estar aguas abajo de la cuenca hidrográfica, en un área extensa y fuera de la influencia de cauces sujetos a inundaciones y avenidas. En el caso de no ser posible, deben proyectarse obras de protección. El área debe estar lo más alejada posible de urbanizaciones existentes; se deberán localizar a las siguientes distancias mínimas:

- Para lagunas anaeróbicas: 1000 m
- Para lagunas facultativas: 500 m
- Para sistemas con lagunas aireadas: 100 m. 5.3.13.5.2 Profundidad Se establece una profundidad entre 1.5 y 2.5 m para lagunas facultativas. Para lagunas aerobias de 1 a 1.5 m.

- **Lagunas facultativas**

Consideraciones generales de diseño de las Lagunas de Estabilización tenemos:

- ✓ Caudal de Diseño: Qm
- ✓ No. de Unidades: Mínimo dos unidades en paralelo
- ✓ serie.
- ✓ Geometría de la laguna: Relación largo ancho 2-4.
- ✓ Diques: suelo estable Talud 1:2; suelo poco estable Talud 1:3.

- ✓ Datos climatológicos: Temperatura del mes más frío, radiación solar, dirección del viento, precipitación y evaporación.
- ✓ Carga orgánica per cápita (q).
- ✓ Características del agua residual: DBO5 y Coliformes fecales.
- ✓ Eficiencia deseada.

Parámetros generales de diseño

- ✓ Caudal de diseño (Qm)

$$Qm = P * Dot * 0.8$$

- ✓ Temperatura del agua

$$Ta = 10.443 + 0.668T_{ai}$$

Donde:

Ta: Temperatura del Agua.

Tai: Temperatura del Aire en el mes más frio.

- ✓ Concentración de la DBO5

$$So = \frac{(P * q)}{Qm}$$

- ✓ Carga total aplicada (CTA)

$$CTA = P * q = Qm * S$$

- ✓ Carga superficial máxima

$$Csmax = 357.4\ x\ 1.085\ (Ta - 20o)$$

- ✓ Carga superficial aplicada

$$CSA < Csmax$$

$$CSA = 80\%\ Csmax$$

- ✓ Área total de la laguna

$$AT = CTA/CSA(Ha)$$

- ✓ Número de unidades (N)

2 mínimos.

✓ Área de cada laguna

$$A = \frac{AT}{N}$$

✓ Volumen de laguna

$$V = A\ x\ H$$

$$H\ (1.5 - 2.5)$$

✓ Periodo de retención

$$P\ r = V/Qm\ (De\ cada\ laguna)$$

Período de retención de 7 a 15 días

Relación largo ancho 2- 4

- **Remoción de coliformes fecales**

✓ Marais Show

$$\frac{N}{No} = \frac{1}{1 + Kb * Pr}$$

Dónde:

Kb: Constante de mortalidad de Coliformes fecales (NMP/100ml).

N: concentración de Coliformes fecales en el efluente (NMP/100ml).

No: concentración de Coliformes fecales en el afluente (NMP/100ml).

$$Kb = 0.84\ x\ 1.07\ (Ta - 20°)$$

✓ Thirimurthy

$$N/No = 4(1-a)\ 2d/(1 + a)2$$

- **Lagunas secundarias aerobias**

✓ Carga superficial aplicada

CSA<150 kg/Hab-día.

✓ Relación, largo/ancho

1-1.5 m.

Área de la laguna secundaria será igual al de la laguna primaria.

✓ Volumen

Área x H.

✓ Periodo de retención

$$Pr = Vl, \geq 7\ dias.$$

✓ Carga total aplicada

$$CTA = Qm\ x\ S$$

✓ Comprobar el CSA

$$CSA = CTA/A.$$

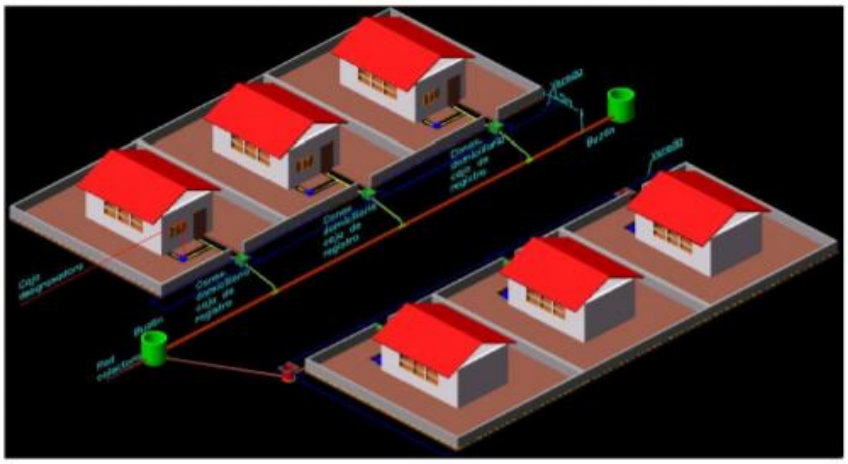
### 4.3.7. Calidad de vertido

En Nicaragua la Calidad de los Efluentes vertidos a un cuerpo receptor provenientes de un sistema de tratamiento están regidos en **DECRETO EJECUTIVO N°. 21-2017,** aprobado el 28 de noviembre de 2017 ‘‘Disposiciones para el control contaminación provenientes descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias’’.

### 4.3.8. Realización del presupuesto

- Cálculo los costos directos.
- Cálculo los costos indirectos.
- Cálculo costo total

Se elaboró una tabla de Excel que contiene la descripción de las actividades realizadas en la obra, las unidades de medida, cantidades, costos unitarios y costos totales tanto de materiales como de mano de obra, utilizando el listado del Maestro de Precios del FISE (Fondo de Inversión social de emergencia)



# *Análisis de alternativas y presentación de resultados*

*"Nunca sabremos el valor del agua hasta que el pozo esté seco"*

*Thomas Fuller (1608-1661)*

## V. Análisis de alternativas y presentación de resultados

### 5.1. Proyección de población

#### 5.1.1. Tasa de crecimiento poblacional

Se realizó una comparación entre los datos de crecimiento municipal y departamental para determinar la tasa con la cual se proyectó la población de diseño correspondiente al promedio de la tasa municipal urbana (Tabla 13)

**Tabla 14.Cálculo de la tasa de crecimiento**

| Año y período | Comalapa | | Chontales | |
|---|---|---|---|---|
| | Población (habitantes) | | | |
| | Total | Urbana | Total | Urbana |
| **1971** | 5058 | 512 | 68802 | 20047 |
| **1995** | 10940 | 772 | 144635 | 71650 |
| **2005** | 11253 | 1272 | 182020 | 107288 |
| **2010** | 11830 | 1402 | 201320 | 125279 |
| **2012** | | 1726 | | |
| **Tasa de Crecimiento geométrica %** | | | | |
| **1971-1995** | 3,27 | 1,73 | 3,14 | 5,45 |
| **1995-2005** | 0,28 | 5,12 | 2,33 | 4,12 |
| **2005-2010** | 1,01 | 1,97 | 2,04 | 3,15 |
| **2010,-2012** | | 10,95 | | |
| **Promedio total al 2010** | | 2,94 | 2,50 | 4,24 |
| **Promedio total al 2012** | | 4.94 | | |

Tomando en consideración el comportamiento histórico del crecimiento urbano de la poblacional de la ciudad y del departamento se optó por utilizar una tasa del **4%** para todo el período de diseño. (Rango INAA, del 2.5-al 4%).

#### 5.1.2. Población de diseño

Con la tasa de crecimiento anual del 4%, la población proyectada por quinquenio al año 2040 resultó de 5176 habitantes (tabla 14).

**Tabla 15.Resultados de población de diseño**

| Año | Población (habitantes) |
|---|---|
| 2005 | 1272 |
| 2012 | 1726 |
| 2020 | 2362 |
| 2025 | 2874 |
| 2030 | 3497 |
| 2035 | 4254 |
| 2040 | 5176 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

## 5.2. Aportes y caudal de diseño

### 5.2.2. Aporte doméstico de aguas residuales

Se tomó el 80% de la dotación correspondiente a 105 lppd según lo establecido por las normas de INAA, que corresponde a 84 lppd

### 5.2.3. Caudales de aguas residuales

El caudal total de diseño resultó de 15.9750 lt/seg para una población de diseño proyectada a 20 años de 5176 habitantes. Tabla 15 y Anexo A

**Tabla 16. Resultados de red de recolección**

| Descripción | Resultados | Unidades |
|---|---|---|
| Población | 5,176 | Hab |
| CPD | 6.29 | Lps |
| Factor de retorno | 0.8 | Lps |
| Q medio | 5.0322 | Lps |
| Q medio unitario | 0.00002586 | l/s/m² |
| Factor de Harmon | 3.23 | |
| | 3 | |
| Q máx. | 15.0966 | Lps |
| Q comercial (7% Qm) | 0.35 | Lps |
| № comercios | 11 | |
| Q com. Unitario | 0.032 | lps |
| Q institucional (7%Qm) | 0.35 | lps |
| № Instituciones | 7 | |
| Q inst. unitario | 0.05 | lps |
| Q diseño | 15.9750 | Lps |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

## 5.3. Red de Recolección

El diseño de la red de alcantarillado del municipio de Comalapa, Chontales es de tipo convencional utilizando tubería PVC corrugado-Novafort, con diámetros de 150 mm y 200 mm, con una cobertura del 96.10%.

Todas las aguas residuales escurren por gravedad hacia un punto en común a la planta de tratamiento. Los cálculos, hidráulicos y topográficos correspondientes se presentan en Anexo A, B y C y a continuación en tabla 14, 15, 16 y 17 se presenta un resumen de la colectora principal

**Tabla 17. Caudales de aguas residuales en la red y colectora principal**

| Pozo de Visita | | Elevación Terreno (m) | | Lon. Tramo | Area acumulada | Q medio Dom. Tramo | Q medio dom. Acum. | Q máx | Q comerc acum | Q instit acum | | Q infil | Qdiseño |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Desde | Hasta | Inicial | Final | (m) | (m2) | (lps) | (lps) | (lps) | (lps) | (lps) | (lps) | (lps) | (lps) |
| PVS-7 | PVS-6 | 185,79 | 185,16 | 93,59 | 21768,79 | 0,0514 | 0,563 | 1,689 | 0,0640 | 0 | 0,020 | 1,773 | 1,773 |
| PVS-6 | PVS-5 | 185,16 | 184,49 | 52,74 | 73624,63 | 0,0495 | 1,9042 | 5,7126 | 0,2561 | 0,10064 | 0,064 | 6,133 | 6,133 |
| PVS-5 | PVS-4 | 184,49 | 184,54 | 53,61 | 75602,76 | 0,0512 | 1,9553 | 5,8659 | 0,2561 | 0,10064 | 0,065 | 6,289 | 6,289 |
| PVS-4 | PVS-3 | 184,54 | 184,70 | 54,74 | 89336,64 | 0,0529 | 2,3105 | 6,9315 | 0,2882 | 0,1510 | 0,079 | 7,450 | 7,450 |
| PVS-3 | PVS-2 | 184,70 | 181,77 | 62,63 | 91896,25 | 0,0662 | 2,3767 | 7,1301 | 0,2882 | 0,1510 | 0,081 | 7,651 | 7,651 |
| PVS-2 | PVS-1 | 181,770 | 180,000 | 29,88 | 194570,08 | 0,0594 | 5,0322 | 15,096 | 0,3522 | 0,3523 | 0,164 | 15,965 | 15,965 |
| PVS-1 | PVS-1.1 | 180,000 | 179,390 | 39,15 | 194570,08 | 0 | 5,0322 | 15,096 | 0,3522 | 0,3523 | 0,165 | 15,966 | 15,966 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

## Tabla 18. Caudales de aguas residuales en colectora principal

| Pozo de visita | | Elevación de terreno | | Lon. Tramo | Area acumulada | Q medio Dom. Tramo | Q medio dom. Acum. | Q máx | Q comerc acum | Q instit acum | | Q infil | Qdiseño |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Desde** | **Hasta** | **Inicial** | **Final** | **(m)** | **(m2)** | **(lps)** | **(lps)** | **(lps)** | **(lps)** | **(lps)** | **(lps)** | **(lps)** | **(lps)** |
| **PVS-1.1** | **PVS-1.2** | 179,390 | 178,620 | 43,11 | 194570,08 | 0 | 5,0322 | 15,096 | 0,3522 | 0,3523 | 0,166 | 15,968 | 15,968 |
| **PVS-1.2** | **PVS-1.3** | 178,620 | 177,80 | 51,02 | 194570,08 | 0 | 5,0322 | 15,096 | 0,3522 | 0,3523 | 0,168 | 15,970 | 15,970 |
| **PVS-1.3** | **PVS-1.4** | 177,860 | 177,370 | 53,10 | 194570,08 | 0 | 5,0322 | 15,096 | 0,3522 | 0,3523 | 0,170 | 15,971 | 15,971 |
| **PVS-1.4** | **PVS-1.5** | 177,370 | 177,120 | 52,41 | 194570,08 | 0 | 5,0322 | 15,096 | 0,3522 | 0,3523 | 0,171 | 15,973 | 15,973 |
| **PVS-1.5** | **CRS-1.6** | 177,120 | 176,70 | 51,39 | 194570,08 | 0 | 5,0322 | 15,096 | 0,3522 | 0,3523 | 0,173 | 15,9748 | 15,975 |
| **PVS-1.6** | **CR-E** | 176,790 | 176,60 | 5,00 | 194570,08 | 0 | 5,0322 | 15,096 | 0,3522 | 0,35226 | 0,173 | 15,9749 | 15,975 |
| **Total** | | | | 5214,88 | 0,00 | 5,0322 | | | | | | | |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

## Tabla 19. Cálculos hidráulicos en colectora principal

| TRAMO | | Long. | Pendiente | | Parámetros de Diseño | | | | Velocidad | | Tensión arrastre | Tirante |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DE PV | A PV | | terreno | tuberia | Diámetro | | Caudal Diseño | Caudal Lleno | Llena | Diseño | | d |
| | | m | % | % | Pulg | mm | l/s | l/s | m/s | m/s | | mm |
| PVS-7 | PVS-6 | 93,59 | 0,67 | 0,50 | 6 | 150 | 1,77 | 15,55 | 0,88 | 0,59 | 1,84 | 34,50 |
| PVS-6 | PVS-5 | 52,74 | 1,27 | 1,00 | 6 | 150 | 6,13 | 22,00 | 1,24 | 1,07 | 3,41 | 54,00 |
| PVS-5 | PVS-4 | 53,61 | -0,09 | 0,50 | 6 | 150 | 6,29 | 15,55 | 0,88 | 0,84 | 2,30 | 66,75 |
| PVS-4 | PVS-3 | 54,74 | -0,29 | 0,40 | 6 | 150 | 7,45 | 13,91 | 0,79 | 0,81 | 1,15 | 78,00 |
| PVS-3 | PVS-2 | 62,63 | 4,68 | 0,40 | 6 | 150 | 7,65 | 13,91 | 0,79 | 0,81 | 1,91 | 79,50 |
| PVS-2 | PVS-1 | 29,88 | 5,92 | 1,50 | 8 | 200 | 15,97 | 58,02 | 1,85 | 1,89 | 5,73 | 104,00 |
| PVS-1 | PVS-1.1 | 39,15 | 1,56 | 1,50 | 8 | 200 | 15,97 | 58,02 | 1,85 | 1,89 | 5,73 | 104,00 |
| PVS-1.1 | PVS-1.2 | 43,11 | 1,79 | 1,50 | 8 | 200 | 15,97 | 58,02 | 1,85 | 1,89 | 5,73 | 104,00 |
| PVS-1.2 | PVS-1.3 | 51,02 | 1,49 | 1,00 | 8 | 200 | 15,97 | 47,38 | 1,51 | 1,54 | 3,82 | 104,00 |
| PVS-1.3 | PVS-1.4 | 53,10 | 0,92 | 0,50 | 8 | 200 | 15,97 | 33,50 | 1,07 | 1,09 | 1,91 | 104,00 |
| PVS-1.4 | PVS-1.5 | 52,41 | 0,48 | 0,40 | 8 | 200 | 15,97 | 29,96 | 0,95 | 0,97 | 1,53 | 104,00 |
| PVS-1.5 | CRS-1.6 | 51,39 | 0,64 | 0,40 | 8 | 200 | 15,97 | 29,96 | 0,95 | 0,97 | 1,53 | 104,00 |
| PVS-1.6 | CR-E | 5,00 | 3,60 | 0,40 | 8 | 200 | 15,97 | 29,96 | 0,95 | 0,97 | 1,53 | 104,00 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

## Tabla 20. Cálculos topográficos de colectora principal

| Pozo de Visita | | L. Tramo (m) | Diámetro (m) | Elev. Tapa | | Pendiente del tramo (%) | Elev de Invert | | Profundidad de PVS | | Pérdida (m) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Desde | Hasta | | | Inicial | Final | | Arriba | Abajo | | | | |
| PVS-7 | PVS-6 | 93,59 | 0,15 | 185,79 | 185,16 | 0,50 | 182,154 | 181,686 | 3,64 | 3,47 | 0,004 | 0,030 |
| PVS-6 | PVS-5 | 52,74 | 0,15 | 185,16 | 184,49 | 1,00 | 181,656 | 181,129 | 3,50 | 3,36 | 0,015 | |
| PVS-5 | PVS-4 | 53,61 | 0,15 | 184,49 | 184,54 | 0,50 | 181,099 | 180,831 | 3,39 | 3,71 | 0,009 | |
| PVS-4 | PVS-3 | 54,74 | 0,15 | 184,54 | 184,70 | 0,40 | 180,801 | 180,582 | 3,74 | 4,12 | 0,008 | |
| PVS-3 | PVS-2 | 62,63 | 0,15 | 184,70 | 181,77 | 0,40 | 180,552 | 180,301 | 4,15 | 1,47 | 0,008 | 0,030 |
| PVS-2 | PVS-1 | 29,88 | 0,20 | 181,77 | 180,00 | 1,50 | 178,832 | 178,384 | 2,94 | 2,94 | 0,046 | |
| PVS-1 | PVS-1.1 | 39,15 | 0,20 | 180,00 | 179,39 | 1,50 | 178,338 | 177,751 | 1,66 | 1,66 | 0,046 | 0,046 |
| PVS-1.1 | PVS-1.2 | 43,11 | 0,20 | 179,39 | 178,62 | 1,50 | 177,705 | 177,058 | 1,69 | 1,69 | 0,046 | 0,046 |
| PVS-1.2 | PVS-1.3 | 51,02 | 0,20 | 178,62 | 177,86 | 1,00 | 177,028 | 176,518 | 1,59 | 1,59 | 0,03 | |
| PVS-1.3 | PVS-1.4 | 53,10 | 0,20 | 177,86 | 177,37 | 0,50 | 176,488 | 176,222 | 1,37 | 1,37 | 0,015 | |
| PVS-1.4 | PVS-1.5 | 52,41 | 0,20 | 177,37 | 177,12 | 0,40 | 176,192 | 175,983 | 1,18 | 1,18 | 0,012 | |
| PVS-1.5 | CRS-1.6 | 51,39 | 0,20 | 177,12 | 176,79 | 0,40 | 175,953 | 175,747 | 1,17 | 1,17 | 0,012 | |
| PVS-1.6 | CR-E | 5,00 | 0,20 | 176,79 | 176,61 | 0,40 | 175,717 | 175,697 | 1,07 | 1,07 | 0,012 | 0,030 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

En los cuadros anteriores, la velocidad a tubo lleno mínima es de 0.79 m/s y la máxima de 1.85 m/s, la velocidad mínima de diseño es de 0.59 m/s y máxima de 1.89 m/s, cumpliendo con los rangos recomendados en las Normas del INAA.

Los diámetros de la red y colectora principal son de 6” y 8” y este último es con el que llega a la planta de tratamiento y el que lleva el total de las aguas residuales.

## 5.4. Sistema de tratamiento

### 5.4.1. Sistema de tratamiento preliminar

Para lograr los parámetros de vertidos establecidos en la normativa, se propuso el uso de dos alternativas de tratamiento, la primera mediante tanque Imhoff+ Biofiltro y la segunda Tanques Imhoff + Lagunas facultativa secundaria + Laguna facultativa terciaria

#### 5.4.1.1. Rejas

Las rejas serán instaladas en un canal de concreto de 30 cm de ancho y estará formada por varillas lisas de acero con un diámetro de 0.75 centímetros inclinadas a 45° con respecto a la horizontal. (Ver cálculos en tabla 20 y en Anexo D cálculo de sistema de tratamiento de aguas residuales)

La velocidad de diseño de acuerdo a las Guías del INAA está comprendida desde 0.3 m/s hasta un máximo de 0.6 m/s, siendo el parámetro normal de 0.45 m/s. Las dimensiones calculadas en este diseño garantizan el cumplimiento de este rango, produciéndose una velocidad en el sistema de 0.55 m/s.

**Tabla 21. Resultados de canal de entradas y rejas**

| Canal de entrada | | |
|---|---|---|
| **Parámetros** | **Datos** | **Unidades** |
| Ancho | 0.3 | m |
| Altura | 0.50 | m |
| Pendientes | 0.005 | m/m |
| **Rejas** | | |
| Parámetros | | |
| Eficiencia | 0.8 | |
| Velocidad de paso | 0.6830 | m/s |
| Velocidad media | 0.6875 | m/s |
| Perdida de cargas en rejas limpia | 0.0093 | m |
| Perdidas de cargas en rejas (Parcialmente obstruida) | 0.0166 | m |
| Altura del canal | 0.5 | m |
| Cantidad de barras | 8 | Unidades |
| Longitud de barras | 0.42 | m |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

### 5.4.1.2. Desarenador

Los resultados obtenidos satisfacen los criterios de diseño permitidos por el INAA. El sistema garantiza una velocidad de flujo de 0.30 m/s de tal forma que las partículas de arena puedan sedimentarse por gravedad. (Ver cálculos en tabla 21 y Anexo D cálculo de sistema de tratamiento de aguas residuales)

**Tabla 22. Resultados de desarenador**

| Desarenador | | |
|---|---|---|
| **Parámetros** | **Datos** | **Unidades** |
| Borde Libre | 0.20 | m |
| Tiempo de retención de sedimento en tolva | 15 | dias |
| Ancho | 0.20 | m |
| Altura calculada del desarenador | 1.10 | m |
| Largo | 3.83 | m |
| ZONA DE SEDIMENTACION | | |
| Parámetros | Datos | Unidades |
| Velocidad de sedimentación | 0.021 | m/s |
| Altura del agua en zona de sedimentación | 0.268 | m |
| ZONA DE LODOS | | |
| Parámetros | Datos | Unidades |
| Cantidad de material retenido | 0.029 | lts/m3 |
| Altura de tolva propuesta | 0.6 | m |
| Volumen sedimentado | 600.404 | lts |
| Altura total de desarenador | 0.98 | m |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

### 5.4.1.3. Medidor Parshall

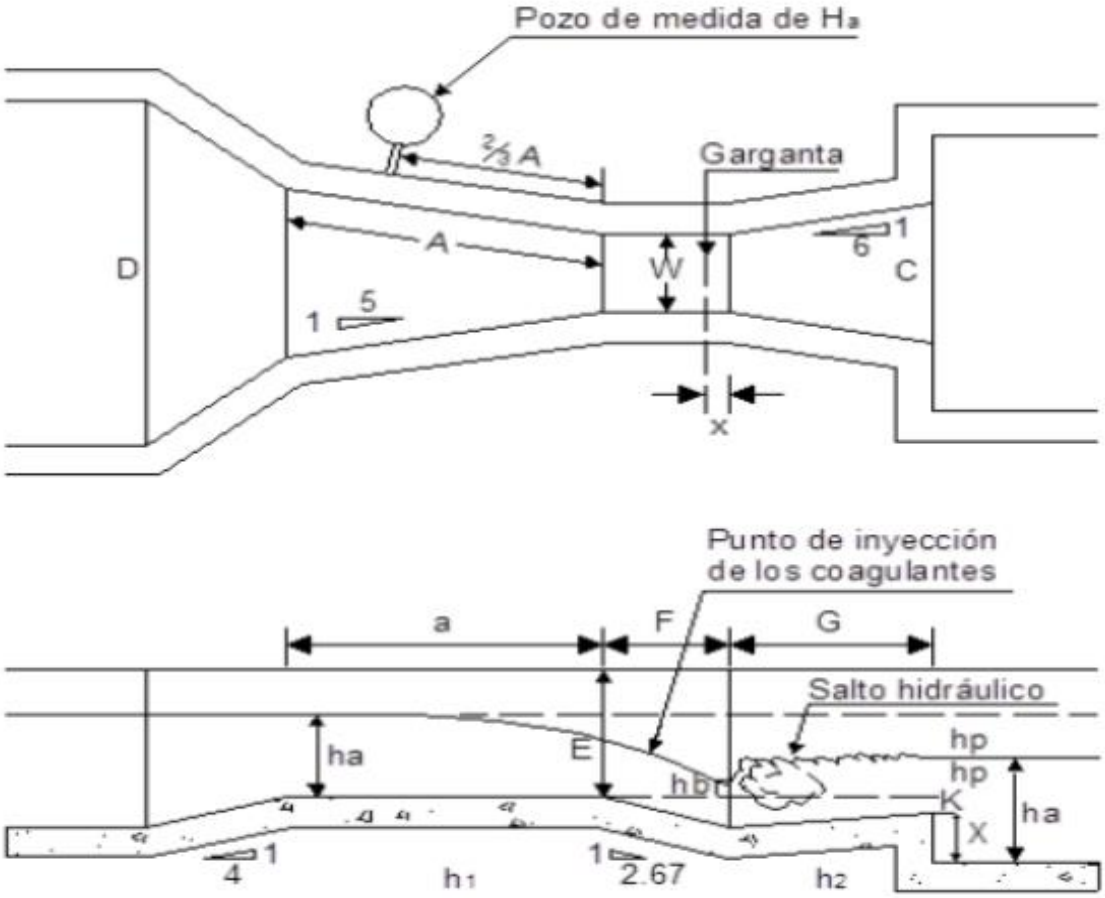
Se diseñó un medidor de caudal tipo Parshall, con un ancho de garganta 3” de 7.6 cm. Se muestra en la Tabla Nº17 las dimensiones de la canaleta y en la Figura Nº 6 la ubicación de cada componente. (Ver cálculos en tabla 22, y en Anexo D cálculo de sistema de tratamiento de aguas residuales)

**Tabla 23. Resultados de medidor Parshall**

| Canaleta Parshall | |
|---|---|
| **Descripción** | **Valor (cm)** |
| W (CM)= | 7.6 |
| A (CM)= | 46.7 |
| 2/3 A (CM)= | 31.1 |
| B (CM)= | 45.7 |
| C (CM)= | 17.8 |
| D (CM)= | 25.9 |
| E (CM)= | 45.7 |
| F (CM)= | 15.2 |
| G (CM)= | 30.5 |
| H (CM)= | 30.9 |
| K (CM)= | 2.5 |
| M (CM)= | 30.5 |
| N (CM)= | 5.7 |
| P (CM)= | 76.8 |
| X (CM)= | 2.5 |
| Y (CM)= | 3.8 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Figura 6. Nomenclatura de canaleta Parshall**




***Fuente:*** *Elaboración propia*

### 5.4.2. Calidad de agua

Los valores de referencia para los parámetros de calidad del agua cruda se tomaron a partir de la caracterización de las aguas residuales de Santo Tomas Chontales (Ver Tabla 23 y en Anexo H), un municipio con muchas similitudes a Comalapa, Chontales.

**Tabla 24. Caracterización de aguas residuales**

| Calidad de afluente para planta de tratamiento | | | |
|---|---|---|---|
| **Parámetros** | **Simbología** | **Datos** | **Unidades** |
| Sólidos en suspensión | SS | 435 | mg/lt |
| $DBO_5$ | S0 | 411 | mg/lt |
| Coliformes fecales | CFA | 7,670,000.00 | NMP/100 ml |

***Fuente:*** *Enacal*

### 5.4.3. Alternativas de tratamiento

### 5.4.4. Alternativa nº1. Tanque Imhoff + Biofiltros

Se diseñó un tanque Imhoff de 9.15 metros de longitud y un ancho total de 4.33 m. (Ver tabla 24 y 25); así mismo se diseñaron dos Biofiltro de flujo horizontal. resultando de las mismas dimensiones, con esta cantidad de biofiltro se garantizó la calidad adecuada de los efluentes para posteriormente ser depositados en los cuerpos receptores. (Ver tabla 26 y 27 y en Anexo D cálculo de sistema de tratamiento de aguas residuales).

**Tabla 25.Resultados tanque Imhoff**

| Tanque Imhoff | | |
|---|---|---|
| Cantidad | 1 | Unid |
| Altura total | 9.15 | m |
| Ancho total | 4.33 | m |
| Longitud total | 7.33 | m |
| Tiempo de retención | 2 | horas |
| Numero de cámaras de sedimentación | 1 | Unid |
| Numero de cámaras de digestión | 1 | Unid |
| **Calidad del efluente** | | |
| Eficiencia de remoción $DBO_5$ | 50 | % |
| Calidad | 205.5 | mg /lt |
| Eficiencia de remoción de coliformes fecales | 50 | % |
| Calidad | 3,835,000.00 | NMP / 100 ml |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

## Tabla 26. Resultados de lecho de secado

| Lecho de secado | | |
|---|---|---|
| **Parámetros** | **Datos** | **Unidades** |
| Área requerida (Ar) | 44.33 | $m^2$ |
| Ancho (B) | 6 | m |
| Longitud (L) | 7.39 | m |
| Número de unidades (N) | 1 | c/u |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

## Tabla 27. Resultados de biofiltro nº1

| Biofiltro 1 | | |
|---|---|---|
| **Parametros** | **Datos** | **Unidades** |
| Caudal medio | 434.78 | $m^3$/día |
| Largo | 90 | m |
| Ancho | 100 | m |
| Profundidad | 0.72 | m |
| Área | 0.9 | ha |
| Tiempo de retención | 5.05 | días |
| Capas de filtros | | |
| Espesor de capa vegetal | 0.1 | m |
| Piedra volcánica | 0.57 | m |
| Calidad del efluente | | |
| Eficiencia de remoción de $DBO_5$ | 99.51 | % |
| Calidad (mg/l) | 1 | mg/l |
| Eficiencia de remoción de coliformes fecales | 99.51 | % |
| Calidad (nmp/100ml) | 1.87E+04 | NMP/100 ml |
| Superficie requerida | | |
| Superficie unitaria | 8972 | $m^2$ |
| Tiempo de retención | 5.05 | días |
| Carga orgánica | 99.58 | KgDBO/ha*día |
| Carga hidráulica | 484.59 | $m^3$/ha*d |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla 28. Resultados de biofiltro nº2**

| Biofiltro 2 | | |
|---|---|---|
| **Parametros** | **Datos** | **Unidades** |
| Caudal medio | 434.78 | $m^3$/día |
| Largo | 90 | m |
| Ancho | 100 | m |
| Profundidad | 0.72 | m |
| Área | 0.9 | ha |
| Tiempo de retención | 5.05 | días |
| Capas de filtros | | |
| Espesor de capa vegetal | 0.1 | m |
| Piedra volcánica | 0.57 | m |
| Calidad del efluente | | |
| Eficiencia de remoción de $DBO_5$ | 99.51 | % |
| Calidad (mg/l) | 1 | mg/l |
| Eficiencia de remoción de coliformes fecales | 99.51 | % |
| Calidad (nmp/100ml) | 9.08E+01 | NMP/100 ml |
| Superficie requerida | | |
| Superficie unitaria | 89.72 | $m^2$ |
| Tiempo de retención | 5.05 | días |
| Carga orgánica | 99.58 | KgDBO/ha*día |
| Carga hidráulica | 484.59 | $m^3$/ha*d |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

### 5.4.5. Alternativa nº2 Tanque Imhoff + Lagunas facultativas secundarias + Laguna Aerobia terciaria

Se ubicaron a la salida del sistema de pretratamiento y está conformada por un tanque Imhoff más dos lagunas facultativas secundarias en paralelo (tablas 28 y 29.)

**Tabla 29. Resultados de laguna facultativa secundaria**

| Lagunas facultativas secundarias | | |
|---|---|---|
| **Parámetros** | **Datos** | **Unidades** |
| Caudal medio | 434.784 | m3/día |
| Ancho interior | 23.359 | m |
| Longitud interior | 57.518 | m |
| Longitud total | 70.318 | m |
| Ancho total | 36.159 | m |
| Talud interno | 1/3 | |
| Altura total | 2.133 | m |
| Numero de lagunas | 2 | |
| Relación larga/ancho | 2 | |
| Área requerida por laguna | 2333.661 | m2 |
| Área total | 4667.322 | m2 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla 30. Resultados de laguna aerobia terciaria**

| Lagunas aerobias terciarias | | |
|---|---|---|
| **Parámetros** | **Datos** | **Unidades** |
| Caudal medio | 434.784 | m3/día |
| Ancho interior | 39.308 | m |
| Longitud interior | 87.616 | m |
| Longitud total | 98.616 | m |

**Tabla 31**. **Resultados de laguna aerobia terciaria**

| Lagunas aerobias terciarias | | |
|---|---|---|
| **Parámetros** | **Datos** | **Unidades** |
| Ancho total | 50.308 | M |
| Talud interno | 1/3 | |
| Altura total | 1.833 | m |
| Numero de lagunas | 1 | Unidad |
| Relación larga/ancho | 2 | Unidad |
| Área requerida por laguna | 4667.322 | m2 |
| Área total | 4667.322 | m2 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

### 5.4.6. Selección de Alternativas de tratamiento

Para la selección de la alternativa más factible se tomaron los parámetros mostrados en la Tabla N.º 30.

**Tabla 32. Parámetros de selección de alternativas de tratamiento**

| Parámetros | Alternativa 1 | Alternativa 2 |
|---|---|---|
| Área a ocupar (Ha) | 1.99 | 1.13 |
| DBO en efluente mg/l | 1 | 3.318 |
| Coliformes fecales (NMP/100 ml) en efluente | 1.02E+02 | 5.309E-01 |
| Eficiencia de remoción DBO (%) | 99.57 | 99.118 |
| Eficiencia de remoción de coliformes fecales (%) | 99.57 | 100 |
| Costo de construcción del sistema | C$41,543,101.3 | C$48,286,817.6 |
| Complejidad y requisitos de capacitación y monitoreo | Baja | Baja |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

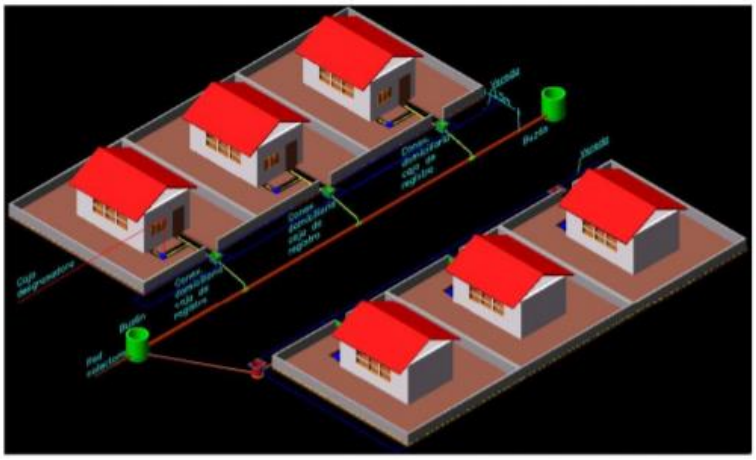
En la tabla anterior, se logra apreciar que para ambos sistemas la calidad del efluente obtenida logra cumplir con los parámetros establecidos para el vertido en cuerpos receptores y para re uso.

Se aprecia también que las diferencias del área destinada para la ubicación de la planta de tratamiento corresponden a 0.9 Ha, empleándose mayor área para la alternativa N° 1.

Dada la similitud en los resultados de los parámetros antes descritos, el grado de complejidad en el proceso de mantenimiento y operación y el requerimiento de capacitación al personal en ambos sistemas son bajos, el parámetro que representa mayor peso en la selección de la alternativa corresponde al costo de construcción del sistema.

Por lo tanto, debido a los parámetros antes expuestos y al observarse que la diferencia en el proceso constructivo entre ambos sistemas corresponde a C$ 6,743,716.32 (“Seis millones setecientos cuarenta y tres mil setecientos dieciséis con treinta y dos centavos córdobas”), siendo el de mayor costo constructivo la Alternativa Nº 2: Sistema Lagunas facultativas secundarias+ Laguna aerobia

terciaria, por lo tanto se propone la selección del sistema de tratamiento a la Alternativa Nº1 compuesta por Tanque Imhoff + Biofiltros.



# Conclusiones y recomendaciones

*"Nunca sabremos el valor del agua hasta que el pozo esté seco"*

*Thomas Fuller (1608-1661)*

# VI. Conclusiones y recomendaciones

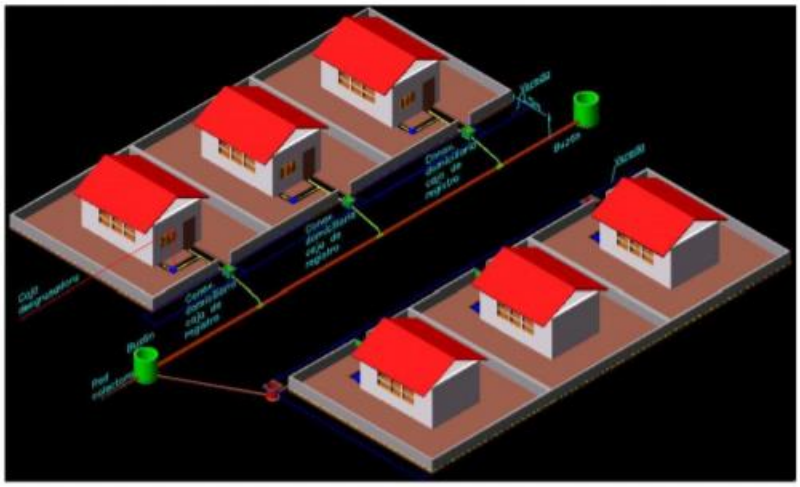
## 6.1. Conclusiones

Las principales conclusiones obtenidas por el estudio en cuestión se enuncian a continuación:

1. El Sistema de alcantarillado sanitario tendrá una cobertura del 96.10% del casco urbano del municipio de Comalapa, Chontales y drenará completamente por gravedad.
2. El estudio socio-económico permitió conocer la densidad demográfica de la ciudad, así como también sus características económicas las cuales permiten la realización del proyecto en un futuro.
3. La red de alcantarillado sanitario se diseñó de acuerdo a las elevaciones del terreno de tipo convencional, con tubería PVC Corrugado - Novafort de 6” y 8” funcionando totalmente por gravedad; para el trazo de las mismas, se trató de preservar en lo posible la pendiente natural del terreno, reduciendo así los volúmenes de excavación.
4. Los pozos de visitas sanitarios son de tipo convencional con un total de 109 unidades. La pendiente mínima en las tuberías es de 0.4 % y el valor máximo es de 20 % respectivamente permitiendo velocidades de diseños y tensión de arrastre recomendados en las Normas del INNA.
5. Se diseñaron 2 opciones con un tren de tratamiento (la 1era consistiendo en pre tratamiento + tanque Imhoff + biofiltro y la segunda formada por pre tratamiento + tanque Imhoff + laguna facultativa secundaria + laguna aerobia Terciaria) ambas alternativas cumplen con los parámetros de vertido en los cuerpos receptores naturales, pero se optó por seleccionar la primera alternativa.

## 6.2. Recomendaciones

- Se recomienda a la institución competente, en este caso la Alcaldía de Comalapa, Chontales buscar financiamiento para la pronta construcción del proyecto, así como para asegurarse que toda la población de Comalapa pueda conectarse eficazmente a la red de alcantarillado sanitario, con el objetivo de mejorar las condiciones de vida y ambientales de la zona.
- Brindar toda la información y capacitación necesaria a la población, acerca de la importancia de conectarse al sistema como también el buen uso y funcionamiento de la red de alcantarillado sanitario.
- Elaborar un estudio de impacto ambiental (EIA) Para determinar el grado de afectación del proyecto y las medidas de mitigación del mismo, de tal forma que no afecte la calidad de vida de los habitantes.
- Una vez construido el proyecto se deben monitorear periódicamente las actividades de operación y mantenimiento para la red de alcantarillado y de los sistemas de tratamiento de forma que se garantice el correcto funcionamiento del sistema a lo largo de su vida útil.
- Construir barreras vivas rompe vientos en los sectores aledaños a las plantas de tratamiento para evitar la erosión del suelo y la perturbación a la población con malos olores provenientes de los sistemas de tratamiento.



# Bibliografía

*"Nunca sabremos el valor del agua hasta que el pozo esté seco"*

*Thomas Fuller (1608-1661)*

## VII. Bibliografía


1. Alcantarillado, I. N. (s.f.). *Guías Técnicas para el Diseño de Alcantarillado Sanitario y Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. Managua, Nicaragua.*

2. Baldizon, I. M. (s.f.). *Apuntes de Ingeniería Sanitaria I, Alcantarillado Sanitario; Departamento de Hidráulica y Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Ingeniería. Managua, Nicaragua.*

3. Baldizon, I. M. (s.f.). *Apuntes de Ingeniería Sanitaria II, Tratamiento de aguas residuales; Departamento de Hidráulica y Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Ingeniería. Managua, Nicaragua.*

4. Centro Panamericano de Ingeniera Sanitaria y Ciencias del Ambiente, C. (2005). *1. Guia para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización. Peru, Lima.*

5. Francisco Noel Santamaria, G. G. (2012). *Protocolo Monográfico "Diseño del sistema de Alcantarillado sanitario y planta de tratamiento en la localidad de Tonala, Cabecera Municipal de Puerto Morazán, Chinandega. Managua, Nicaragua"*

6. INIFOM. (2012). *Ficha Técnica Municipal*. Comalapa, Chontales.

7. UNI, U. N. (2001). *Normativa de Culminación de Estudios* (FTC). Managua, Nicaragua.

# ANEXOS

## Índice de tablas de anexo a

**Tabla a1: Cálculos de línea de recolección ..... II**
**Tabla a2: Cálculos de línea de recolección ..... II**
**Tabla a3: Cálculos de caudales ..... III**
**Tabla a4: Cálculos de caudales ..... IV**
**Tabla a5: Cálculos de caudales ..... V**
**Tabla a6: Cálculos de caudales ..... VI**
**Tabla a7: Cálculos de caudales ..... VII**
**Tabla a8: Cálculos de caudales ..... VIII**
**Tabla a9:Distribución de caudales ..... IX**
**Tabla a10: Distribución de caudales ..... X**
**Tabla a11: Distribución de caudales ..... XI**
**Tabla a12: Distribución de caudales ..... XII**
**Tabla a13: Distribución de caudales ..... XIII**
**Tabla a14: Distribución de caudales ..... XIV**

## Índice de tablas de anexo b

**Tabla b1: Cálculo de diseño hidráulico ..... XVI**
**Tabla b2: Cálculo de diseño hidráulico ..... XVII**
**Tabla b3: Cálculo de diseño hidráulico ..... XVIII**
**Tabla b4: Cálculo de diseño hidráulico ..... XIX**
**Tabla b5: Cálculo de diseño hidráulico ..... XX**
**Tabla b6: Cálculo de diseño hidráulico ..... XXI**
**Tabla b7: Cálculo de diseño hidráulico ..... XXII**
**Tabla b8: Cálculo de diseño hidráulico ..... XXIII**
**Tabla b9: Cálculo de diseño hidráulico ..... XXIV**
**Tabla b10: Cálculo de diseño hidráulico ..... XXV**

## Índice de tablas de anexo c

**Tabla c1: Cálculos de diseño topográfico ..... XXVII**
**Tabla c2: Cálculos de diseño topográfico ..... XXVIII**
**Tabla c3: Cálculos de diseño topográfico ..... XXIX**
**Tabla c4: Cálculos de diseño topográfico ..... XXX**
**Tabla c5: Cálculos de diseño topográfico ..... XXXI**
**Tabla c6: Cálculos de diseño topográfico ..... XXXII**

# Índice de tablas de anexo d


**Tabla d1: Cálculos de canal de entrada .....XXXIV**
**Tabla d2: Cálculos de canal de entrada .....XXXIV**
**Tabla d3: Cálculos de rejas .....XXXVI**
**Tabla d4: Cálculos de rejas .....XXXVII**
**Tabla d5: Cálculos de rejas .....XXXVIII**
**Tabla d 6: Cálculos de desarenador .....XXXIX**
**Tabla d 7: Cálculos de desarenador .....XL**
**Tabla d8: Cálculos de desarenador .....XLI**
**Tabla d 9: Selección de canaleta Parshall.....XLII**
**Tabla d10: Selección de canaleta Parshall.....XLIII**
**Tabla d11: Selección de canaleta Parshall..... XLIV**
**Tabla d12: Selección de canaleta Parshall..... XLV**
**Tabla d13: Selección de canaleta Parshall..... XLVI**
**Tabla d14: Cálculo de tanque Imhoff..... XLVII**
**Tabla d15: Cálculos de tanque Imhoff..... XLVIII**
**Tabla d16: Cálculos de tanque Imhoff..... XLIX**
**Tabla d17: Cálculos de tanque Imhoff.....L**
**Tabla d18: Cálculos de tanque Imhoff.....LI**
**Tabla d19: Cálculos de lecho de Secado .....LII**
**Tabla d20: Cálculos de lecho de Secado .....LIII**
**Tabla d21: Cálculos de biofiltro #1 .....LIII**
**Tabla d22: Cálculos de biofiltro #1 .....LIV**
**Tabla d23: Cálculos de biofiltro #1 .....LV**
**Tabla d24: Cálculos de biofiltro #1 .....LVI**
**Tabla d25: Cálculos de biofiltro #2 .....LVII**
**Tabla d26: Cálculos de biofiltro #2 .....LVIII**
**Tabla d27: Cálculos de laguna facultativa secundaria.....LIX**
**Tabla d28: Cálculos de laguna facultativa secundaria.....LX**
**Tabla d29: Cálculos de laguna facultativa secundaria.....LXI**
**Tabla d30: Cálculos de laguna facultativa secundaria.....LXII**
**Tabla d31: Cálculos de laguna facultativa secundaria.....LXIII**
**Tabla d32: Cálculos de laguna facultativa secundaria..... LXIV**
**Tabla d33: Cálculos de laguna facultativa terciaria..... LXV**
**Tabla d34: Cálculos de laguna facultativa terciaria..... LXVI**
**Tabla d35: Cálculos de laguna facultativa terciaria..... LXVII**
**Tabla d 36: Cálculos de laguna facultativa terciaria..... LXVIII**
**Tabla d37: Cálculos de laguna facultativa terciaria..... LXIX**
**Tabla d38: Cálculos de laguna facultativa terciaria..... LXX**

## Índice de tablas de anexo e


**Tabla e1: Costo de alcantarillado sanitario ..... LXXII**
**Tabla e2: Costo de alcantarillado sanitario ..... LXXIII**
**Tabla e3: Costo de alcantarillado sanitario ..... LXXIV**
**Tabla e4: Costo de alcantarillado sanitario ..... LXXV**
**Tabla e5: Preliminares ..... LXXV**
**Tabla e6: Preliminares ..... LXXVI**
**Tabla e7: Preliminares ..... LXXVII**
**Tabla e8: Preliminares ..... LXXVIII**
**Tabla e9: Preliminares ..... LXXIX**
**Tabla e10: Tanque Imhoff ..... LXXIX**
**Tabla e11: Tanque Imhoff ..... LXXX**
**Tabla e12: Tanque Imhoff ..... LXXX**
**Tabla e13: Tanque Imhoff ..... LXXXI**
**Tabla e14: Lecho de secado ..... LXXXI**
**Tabla e 15: Lecho de secado ..... LXXXII**
**Tabla e16: Lecho de secado ..... LXXXII**
**Tabla e17: Biofiltro ..... LXXXIII**
**Tabla e 18: Biofiltro ..... LXXXIV**
**Tabla e19: Laguna facultativa ..... LXXXV**
**Tabla e20: Laguna facultativa ..... LXXXVI**
**Tabla e21: Laguna facultativa ..... LXXXVI**
**Tabla e22: Laguna aerobia terciaria ..... LXXXVI**
**Tabla e23: Laguna aerobia terciaria ..... LXXXVII**
**Tabla e24: Laguna aerobia terciaria ..... LXXXVII**


## Índice de tablas de anexo g


**Tabla g1: Contenido de humedad ..... XCVII**
**Tabla g2: Contenido de humedad ..... XCVIII**
**Tabla g3: Contenido de humedad ..... XCVIII**
**Tabla g4: Contenido de humedad ..... XCIX**
**Tabla g5: Análisis granulométrico ..... C**
**Tabla g6: Análisis granulométrico ..... CI**
**Tabla g7: Análisis granulométrico ..... CI**
**Tabla g8: Análisis granulométrico ..... CI**
**Tabla g9: Análisis granulométrico ..... CII**
**Tabla g10: Análisis granulométrico ..... CII**
**Tabla g11: Análisis granulométrico ..... CIII**
**Tabla g12: Análisis granulométrico ..... CIII**

**Tabla g13: Análisis granulométrico ..... CIII**
**Tabla g14: Análisis granulométrico ..... CIV**
**Tabla g15: Límite líquido de las muestras ..... CVI**
**Tabla g16: Límite líquido ..... CVII**
**Tabla g17: Límite líquido ..... CVII**
**Tabla g18: Límite líquido ..... CVIII**
**Tabla g19: Límite plástico de las muestras ..... CIX**
**Tabla g20: Límite plástico ..... CX**
**Tabla g21: Límite plástico ..... CX**
**Tabla g22: Límite plástico ..... CX**
**Tabla g23: Índice de plasticidad muestra M-1 ..... CXI**
**Tabla g24: Índice de plasticidad M-189 ..... CXI**
**Tabla g25: Índice de plasticidad M-X ..... CXI**
**Tabla g 26: Clasificación de suelos (SUCS) ..... CXII**
**Tabla g27: Clasificación general del suelo (SUCS) ..... CXII**

## Índice de gráficos de anexo g

**Gráfico g1: Curva Granulométrica Muestra-1 ..... CIV**
**Gráfico g2: Curva Granulométrica –Muestra 2 ..... CV**
**Gráfico g3: Curva Granulométrica –Muestra 3 ..... CV**
**Gráfico g4: Curva Granulométrica –Muestra 4 ..... CV**

# ANEXO A: **Cálculo de Caudales**

**Tabla a1:** Cálculos de línea de recolección

| | | |
|---|---|---|
| **Población** | 5176 | Hab. |
| **CPD** | 6.290 | lps |
| **Factor de retorno** | 0.8 | lps |
| **Qmedio** | 5.0322 | lps |
| **Qmedio unitario** | 0.00002586 | l/s/m2 |
| **Factor Harmon** | 3.2310 | 3 |
| **Qmax** | 15.09667 | lps |
| **Qcomercial** | 0.35225556 | lps |
| **N° comercios** | 11 | |
| **Qcom. unitario** | 0.03202323 | lps |
| **Qinstitucional** | 0.35225556 | lps |
| **N° instituciones** | 7 | |
| **Q inst. unitario** | 0.0503222 | lps |
| **Q diseño** | 15.9750 | lps |

***Fuente:*** *Elaboración Propia*

**Tabla a2:** Cálculos de línea de recolección

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Q infiltración PVC** | lt /hr /100 mts x 25 mm de diametro | | 2 | |
| **Diámetro mínimo** | | | 150 | mm |
| **Q infiltración** | | | 0.17383 | l/sg |
| **q infiltración** | | | 3.3333E-05 | l/sg /mt |
| **Dotacion (ENACAL)** | 105 | lppd | | |

***Fuente:*** *Elaboración Propia*

**Tabla a3:** Cálculos de caudales

| Pozo de visita | | Elevación de terreno (m) | | Long. tramo (m) | Long. tránsito(m) | Área local (m2) | Área acumulada (m2) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Desde** | **Hasta** | **Inicial** | **Final** | | | | |
| **PVS-7.9** | **PVS-7.8** | 203,76 | 203,64 | 8,77 | 8,77 | 1232,34 | 1232,34 |
| **PVS-7.8** | **PVS-7.7** | 203,64 | 203,10 | 9,97 | 18,74 | 169,45 | 1401,79 |
| **PVS-7.7** | **PVS-7.6** | 203,10 | 202,20 | 15,86 | 34,60 | 273,68 | 1675,47 |
| **PVS-7.6** | **PVS-7.5** | 202,20 | 201,96 | 25,85 | 60,45 | 402,78 | 2078,25 |
| **PVS-7.5** | **PVS-7.4** | 201,96 | 201,68 | 20,61 | 81,06 | 382,25 | 2460,50 |
| **PVS-7.4** | **PVS-7.3** | 201,68 | 199,06 | 31,49 | 112,55 | 604,98 | 3065,48 |
| **PVS-7.3** | **PVS-7.2** | 199,06 | 195,50 | 34,89 | 147,44 | 604,86 | 3670,34 |
| **PVS-7.2.1** | **PVS-7.2** | 195,74 | 195,50 | 15,87 | 15,87 | 1503,07 | 1503,07 |
| **PVS-7.2** | **PVS-7.1** | 195,50 | 189,29 | 99,8 | 263,11 | 3434,44 | 8607,85 |
| **PVS-7.1.2** | **PVS-7.1.1** | 189,25 | 189,24 | 27,51 | 27,51 | 2677,21 | 2677,21 |
| **PVS-7.1.1** | **PVS-7.1** | 189,24 | 189,29 | 35,70 | 63,21 | 1181,70 | 3858,91 |
| **PVS-6.14** | **PVS-7.1** | 190,70 | 189,29 | 95,23 | 95,23 | 3957,65 | 3957,65 |
| **PVS-7.1** | **PVS-7** | 189,29 | 180,79 | 95,08 | 516,63 | 3358,32 | 19782,73 |
| **PVS-7** | **PVS-6** | 185,79 | 185,16 | 93,59 | 610,22 | 1986,06 | 21768,79 |
| **PVS-7.9** | **PVS-6.25** | 203,76 | 203,62 | 18,61 | 18,61 | 464,20 | 464,20 |
| **PVS-6.25** | **PVS-6.24** | 203,62 | 203,50 | 15,59 | 34,20 | 220,92 | 685,12 |
| **PVS-6.24** | **PVS-6.23** | 203,50 | 203,26 | 29,89 | 64,09 | 388,73 | 1073,85 |
| **PVS-6.23** | **PVS-6.22** | 203,26 | 202,78 | 16,58 | 80,67 | 313,74 | 1387,59 |
| **PVS-6.22** | **PVS-6.21** | 202,78 | 201,77 | 11,69 | 92,36 | 301,83 | 1689,42 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla a4:** Cálculos de caudales

| Pozo de visita | | Elevación de terreno (m) | | Long. tramo (m) | Long. tránsito(m) | Área local (m2) | Área acumulada (m2) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Desde** | **Hasta** | **Inicial** | **Final** | | | | |
| **PVS-6.21** | **PVS-6.20** | 201,77 | 200,78 | 20,43 | 112,79 | 515,37 | 2204,79 |
| **PVS-6.20** | **PVS-6.19** | 200,78 | 199,21 | 32,27 | 145,06 | 1124,84 | 3329,63 |
| **PVS-6.19** | **PVS-6.18** | 199,21 | 195,79 | 50,90 | 195,96 | 1509,87 | 4839,50 |
| **PVS-6.18** | **PVS-6.17** | 195,79 | 194,38 | 55,62 | 251,58 | 1652,03 | 6491,53 |
| **PVS-7.6** | **PVS-6.17** | 202,20 | 194,38 | 76,13 | 76,13 | 3316,77 | 3316,77 |
| **PVS-6.17** | **PVS-6.16** | 194,38 | 194,50 | 57,36 | 385,07 | 2145,00 | 11953,30 |
| **PVS-6.16** | **PVS-6.15** | 194,50 | 193,65 | 52,61 | 437,68 | 1914,77 | 13868,07 |
| **PVS-7.2** | **PVS-6.15** | 195,50 | 193,65 | 90,49 | 90,49 | 3956,57 | 3956,57 |
| **PVS-2.6.2** | **PVS-6.15** | 199,93 | 193,65 | 96,34 | 96,34 | 4037,90 | 4037,90 |
| **PVS-6.15** | **PVS-6.14** | 193,65 | 190,05 | 97,76 | 722,27 | 4000,41 | 25862,95 |
| **PVS-4.2** | **PVS-6.14** | 191,78 | 190,05 | 94,50 | 94,50 | 4176,21 | 4176,21 |
| **PVS-6.14** | **PVS-6.13** | 190,70 | 187,18 | 48,36 | 865,13 | 2044,66 | 32083,82 |
| **PVS-6.13** | **PVS-6** | 187,18 | 185,16 | 50,37 | 915,50 | 2135,13 | 34218,95 |
| **PVS-6.12** | **PVS-6.11** | 194,75 | 192,87 | 55,96 | 55,96 | 2277,75 | 2277,75 |
| **PVS-6.11** | **PVS-6.10** | 192,87 | 190,64 | 52,96 | 108,92 | 2312,31 | 4590,06 |
| **PVS-6.10** | **PVS-6.9** | 190,64 | 188,75 | 38,13 | 147,05 | 1750,53 | 6340,59 |
| **PVS-6.9** | **PVS-6.8** | 188,75 | 185,05 | 26,65 | 173,70 | 1280,85 | 7621,44 |
| **PVS-6.8** | **PVS-6.7** | 185,05 | 185,78 | 10,74 | 184,44 | 834,74 | 8456,18 |
| **PVS-6.7** | **PVS-6.6** | 185,78 | 185,45 | 15,93 | 200,37 | 1151,19 | 9607,37 |
| **PVS-6.6** | **PVS-6.5** | 185,45 | 185,51 | 9,79 | 210,16 | 829,92 | 10437,29 |
| **PVS-6.5** | **PVS-6.4** | 185,51 | 185,46 | 10,64 | 220,80 | 756,93 | 11194,22 |
| **PVS-6.4** | **PVS-6.3** | 185,46 | 185,38 | 38,84 | 259,64 | 2022,70 | 13216,92 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla a5:** Cálculos de caudales

| Pozo de visita | | Elevación de terreno (m) | | Long. tramo (m) | Long. tránsito(m) | Área local (m2) | Área acumulada (m2) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Desde** | **Hasta** | **Inicial** | **Final** | | | | |
| **PVS-6.3** | **PVS-6.2** | 185,38 | 185,17 | 29,19 | 288,83 | 878,51 | 14095,43 |
| **PVS-6.2** | **PVS-6.1** | 185,17 | 185,92 | 21,96 | 310,79 | 653,68 | 14749,11 |
| **PVS-6.1** | **PVS-6** | 185,92 | 185,16 | 30,44 | 341,23 | 971,99 | 15721,1 |
| **PVS-6** | **PVS-5** | 185,16 | 184,49 | 52,74 | 1919,69 | 1915,79 | 73624,63 |
| **PVS-5** | **PVS-4** | 184,49 | 184,54 | 53,61 | 1973,30 | 1978,13 | 75602,76 |
| **PVS-2.6.1** | **PVS-4.4** | 197,74 | 194,77 | 55,75 | 55,75 | 966,13 | 966,13 |
| **PVS-4.4** | **PVS-4.3** | 194,77 | 192,85 | 48,71 | 104,46 | 916,79 | 1882,92 |
| **PVS-4.3** | **PVS-4.2** | 192,85 | 191,78 | 49,69 | 154,15 | 2066,16 | 3949,08 |
| **PVS-2.6.2** | **PVS-4.2.1** | 199,93 | 196,12 | 48,21 | 48,21 | 1475,13 | 1475,13 |
| **PVS-4.2.1** | **PVS-4.2** | 196,12 | 191,78 | 55,00 | 103,21 | 1666,57 | 3141,70 |
| **PVS-4.2** | **PVS-4.1** | 191,78 | 186,42 | 67,84 | 325,20 | 3105,25 | 10196,03 |
| **PVS-4.1** | **PVS-4** | 186,42 | 184,54 | 30,92 | 356,12 | 1491,29 | 11687,32 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla a6:** Cálculos de caudales

| Pozo de visita | | Elevación de terreno (m) | | Lon. tramo (m) | Long. tránsito(m) | Área local (m2) | Área acumulada (m2) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Desde** | **Hasta** | **Inicial** | **Final** | | | | |
| **PVS-4** | **PVS-3** | 184,54 | 184,70 | 54,74 | 2384,16 | 2046,56 | 89336,64 |
| **PVS-3** | **PVS-2** | 184,70 | 181,77 | 62,63 | 2446,79 | 2559,61 | 91896,25 |
| **PVS-2.13.2** | **PVS-2.13.1** | 192,97 | 189,47 | 63,87 | 63,87 | 1066,33 | 1066,33 |
| **PVS-2.13.1** | **PVS-2.13** | 189,47 | 190,99 | 86,01 | 149,88 | 2628,87 | 3695,20 |
| **PVS-2.14** | **PVS-2.13** | 192,14 | 190,99 | 38,52 | 38,52 | 1669,69 | 1669,69 |
| **PVS-2.13** | **PVS-2.12** | 190,99 | 189,95 | 52,20 | 240,60 | 2130,46 | 7495,35 |
| **PVS-2.12** | **PVS-2.11** | 189,95 | 189,17 | 49,17 | 289,77 | 2006,77 | 9502,12 |
| **PVS-2.13.2** | **PVS-2.11.1** | 192,97 | 192,77 | 46,03 | 46,03 | 915,74 | 915,74 |
| **PVS-2.11.1** | **PVS-2.11** | 192,77 | 189,17 | 94,91 | 140,94 | 6805,89 | 7721,63 |
| **PVS-2.11** | **PVS-2.10** | 189,17 | 188,90 | 38,40 | 469,11 | 1477,69 | 18701,44 |
| **PVS-2.10.5** | **PVS-2.10.4** | 193,94 | 193,57 | 58,55 | 58,55 | 2393,86 | 2393,86 |
| **PVS-2.10.4** | **PVS-2.10.3** | 193,57 | 193,48 | 49,28 | 107,83 | 1797,84 | 4191,70 |
| **PVS-2.10.3** | **PVS-2.10.2** | 193,48 | 188,07 | 67,02 | 174,85 | 2366,57 | 6558,27 |
| **PVS-2.7.4** | **PVS-2.10.2** | 191,66 | 188,07 | 52,25 | 52,25 | 1919,04 | 1919,04 |
| **PVS-2.10.2** | **PVS-2.10.1** | 188,07 | 189,17 | 48,96 | 276,06 | 3279,00 | 11756,31 |
| **PVS-2.10.1** | **PVS-2.10** | 189,17 | 188,90 | 54,15 | 330,21 | 3389,89 | 15146,20 |
| **PVS-2.10** | **PVS-2.9** | 188,90 | 188,64 | 55,62 | 854,94 | 3196,05 | 37043,69 |
| **PVS-2.9** | **PVS-2.8** | 188,640 | 188,330 | 95,42 | 950,36 | 4912,48 | 41956,17 |
| **PVS-2.8.3** | **PVS-2.8.2** | 188,440 | 188,490 | 27,85 | 27,85 | 2914,21 | 2914,21 |
| **PVS-2.8.2** | **PVS-2.8.1** | 188,490 | 188,350 | 38,26 | 66,11 | 4036,92 | 6951,13 |
| **PVS-2.8.1** | **PVS-2.8** | 188,350 | 188,330 | 19,87 | 85,98 | 1352,38 | 8303,51 |
| **PVS-2.8** | **PVS-2.7** | 188,330 | 188,360 | 8,45 | 1044,79 | 245,49 | 50505,17 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla a7:** Cálculos de caudales

| Pozo de visita | | Elevación de terreno (m) | | Lon. tramo (m) | Long. tránsito(m) | Área local (m2) | Área acumulada (m2) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Desde** | **Hasta** | **Inicial** | **Final** | | | | |
| **PVS-6.20** | **PVS-2.7.7** | 200,780 | 196,600 | 42,07 | 42,07 | 517,26 | 517,26 |
| **PVS-2.7.7** | **PVS-2.7.6** | 196,600 | 192,740 | 67,17 | 109,24 | 970,43 | 1487,69 |
| **PVS-2.10.5** | **PVS-2.7.6.1** | 193,940 | 193,560 | 37,55 | 37,55 | 1075,51 | 1075,51 |
| **PVS-2.7.6.1** | **PVS-2.7.6** | 193,560 | 192,740 | 87,03 | 124,58 | 1149,73 | 2225,24 |
| **PVS-2.7.6** | **PVS-2.7.5** | 192,740 | 192,410 | 57,09 | 290,91 | 893,84 | 4606,77 |
| **PVS-2.10.3** | **PVS-2.7.5** | 193,480 | 192,410 | 60,29 | 60,29 | 1871,51 | 1871,51 |
| **PVS-2.7.5** | **PVS-2.7.4** | 192,410 | 191,660 | 58,39 | 409,59 | 1510,13 | 7988,41 |
| **PVS-6.19** | **PVS-2.7.4** | 199,210 | 191,660 | 68,67 | 68,67 | 2405,36 | 2405,36 |
| **PVS-2.7.4** | **PVS-2.7.3** | 191,660 | 190,610 | 51,84 | 530,10 | 2086,31 | 12480,08 |
| **PVS-2.7.3** | **PVS-2.7.2** | 190,610 | 191,180 | 68,59 | 598,69 | 2890,31 | 15370,39 |
| **PVS-6.17** | **PVS-2.7.2** | 194,380 | 191,180 | 92,05 | 92,05 | 4433,79 | 4433,79 |
| **PVS-2.6.2** | **PVS-2.7.2.1** | 199,930 | 195,070 | 49,77 | 49,77 | 1989,95 | 1989,95 |
| **PVS-2.7.2.1** | **PVS-2.7.2** | 195,070 | 191,180 | 51,60 | 101,37 | 2096,57 | 4086,52 |
| **PVS-2.7.2** | **PVS-2.7.1** | 191,180 | 189,04 | 71,48 | 863,59 | 3423,43 | 27314,13 |
| **PVS-2.7.1** | **PVS-2.7** | 189,040 | 188,360 | 34,77 | 898,36 | 1699,23 | 29013,36 |
| **PVS-2.7** | **PVS-2.6** | 188,360 | 187,450 | 85,81 | 2028,96 | 2641,17 | 82159,70 |
| **PVS-2.6.3** | **PVS-2.6** | 193,120 | 187,450 | 48,31 | 48,31 | 3171,65 | 3171,65 |
| **PVS-2.6.2** | **PVS-2.6.1** | 199,930 | 197,740 | 47,48 | 47,48 | 1824,13 | 1824,13 |
| **PVS-2.6.1** | **PVS-2.6** | 197,740 | 187,450 | 51,39 | 98,87 | 2066,46 | 3890,59 |
| **PVS-2.6** | **PVS-2.5** | 187,450 | 186,590 | 44,87 | 2221,01 | 1064,22 | 90286,16 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla a8:** Cálculos de caudales

| Pozo de visita | | Elevación de terreno (m) | | Lon. tramo (m) | Long. tránsito(m) | Área local (m2) | Área acumulada (m2) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Desde** | **Hasta** | **Inicial** | **Final** | | | | |
| **PVS-2.5** | **PVS-2.4** | 186,590 | 184,360 | 62,36 | 2283,37 | 1676,42 | 91962,58 |
| **PVS 4.3** | **PVS-2.4** | 192,850 | 184,360 | 44,14 | 44,14 | 1772,69 | 1772,69 |
| **PVS-2.4** | **PVS-2.3** | 184,360 | 183,170 | 41,33 | 2368,84 | 1885,02 | 95620,29 |
| **PVS-2.3** | **PVS-2.2** | 183,170 | 182,960 | 15,37 | 2384,21 | 816,92 | 96437,21 |
| **PVS-2.2** | **PVS-2.1** | 182,960 | 181,840 | 29,05 | 2413,26 | 1292,73 | 97729,94 |
| **PVS-2.1** | **PVS-2** | 181,840 | 181,770 | 29,77 | 2443,03 | 2646,36 | 100376,30 |
| **PVS-2** | **PVS-1** | 181,770 | 180,000 | 29,88 | 4919,70 | 2297,53 | 194570,08 |
| **PVS-1** | **PVS-1.1** | 180,000 | 179,390 | 39,15 | 4958,85 | 0,00 | 194570,08 |
| **PVS-1.1** | **PVS-1.2** | 179,390 | 178,620 | 43,11 | 5001,96 | 0,00 | 194570,08 |
| **PVS-1.2** | **PVS-1.3** | 178,620 | 177,860 | 51,02 | 5052,98 | 0,00 | 194570,08 |
| **PVS-1.3** | **PVS-1.4** | 177,860 | 177,370 | 53,10 | 5106,08 | 0,00 | 194570,08 |
| **PVS-1.4** | **PVS-1.5** | 177,370 | 177,120 | 52,41 | 5158,49 | 0,00 | 194570,08 |
| **PVS-1.5** | **CRS-1.6** | 177,120 | 176,790 | 51,39 | 5209,88 | 0,00 | 194570,08 |
| **PVS-1.6** | **CR-E** | 176,790 | 176,610 | 5,00 | 5214,88 | 0,00 | 194570,08 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla a9:***Distribución de caudales*

| Pozo de visita | | Q medio Dom. Tramo (lps) | Q medio dom. acum. (lps) | Q máx (lps) | Q comercial (lps) | Q comercial acumulado | Q institucional (lps) | Q institucional acumulado | Q infiltración (lps) | Qdiseño (lps) | Qdiseño (lps) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Desde** | **Hasta** | | | | | | | | | | |
| **PVS-7.9** | **PVS-7.8** | 0,03 | 0,03 | 0,10 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,13 | 1,50 |
| **PVS-7.8** | **PVS-7.7** | 0,00 | 0,04 | 0,11 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 | 1,50 |
| **PVS-7.7** | **PVS-7.6** | 0,01 | 0,04 | 0,13 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,16 | 1,50 |
| **PVS-7.6** | **PVS-7.5** | 0,01 | 0,05 | 0,16 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,20 | 1,50 |
| **PVS-7.5** | **PVS-7.4** | 0,01 | 0,06 | 0,19 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,23 | 1,50 |
| **PVS-7.4** | **PVS-7.3** | 0,02 | 0,08 | 0,24 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 1,50 |
| **PVS-7.3** | **PVS-7.2** | 0,02 | 0,09 | 0,28 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,32 | 1,50 |
| **PVS-7.2.1** | **PVS-7.2** | 0,04 | 0,04 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,12 | 1,50 |
| **PVS-7.2** | **PVS-7.1** | 0,09 | 0,22 | 0,67 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,71 | 1,50 |
| **PVS-7.1.2** | **PVS-7.1.1** | 0,07 | 0,07 | 0,21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,21 | 1,50 |
| **PVS-7.1.1** | **PVS-7.1** | 0,03 | 0,10 | 0,30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,30 | 1,50 |
| **PVS-6.14** | **PVS-7.1** | 0,10 | 0,10 | 0,31 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,31 | 1,50 |
| **PVS-7.1** | **PVS-7** | 0,09 | 0,51 | 1,53 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 1,58 | 1,58 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla a10:** Distribución de caudales

| Pozo de Visita | | Q medio Dom. Tramo (lps) | Q medio dom. Acum. (lps) | Q máx (lps) | Q comercial (lps) | Q comercial acumulado | Q institucional (lps) | Q institucional acumulado | Q infiltración (lps) | Qdiseño (lps) | Qdiseño (lps) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Desde** | **Hasta** | | | | | | | | | | |
| **PVS-7** | **PVS-6** | 0,05 | 0,56 | 1,69 | 0,03 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 1,77 | 1,77 |
| **PVS-7.9** | **PVS-6.25** | 0,01 | 0,01 | 0,04 | 0,06 | 0,06 | 0,05 | 0,05 | 0,00 | 0,15 | 1,50 |
| **PVS-6.25** | **PVS-6.24** | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,17 | 1,50 |
| **PVS-6.24** | **PVS-6.23** | 0,01 | 0,03 | 0,08 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,20 | 1,50 |
| **PVS-6.23** | **PVS-6.22** | 0,01 | 0,04 | 0,11 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,22 | 1,50 |
| **PVS-6.22** | **PVS-6.21** | 0,01 | 0,04 | 0,13 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,25 | 1,50 |
| **PVS-6.21** | **PVS-6.20** | 0,01 | 0,06 | 0,17 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,29 | 1,50 |
| **PVS-6.20** | **PVS-6.19** | 0,03 | 0,09 | 0,26 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,38 | 1,50 |
| **PVS-6.19** | **PVS-6.18** | 0,04 | 0,13 | 0,38 | 0,03 | 0,10 | 0,00 | 0,05 | 0,01 | 0,53 | 1,50 |
| **PVS-6.18** | **PVS-6.17** | 0,04 | 0,17 | 0,50 | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 0,05 | 0,01 | 0,66 | 1,50 |
| **PVS-7.6** | **PVS-6.17** | 0,09 | 0,09 | 0,26 | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,36 | 1,50 |
| **PVS-6.17** | **PVS-6.16** | 0,06 | 0,31 | 0,93 | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 0,05 | 0,01 | 1,09 | 1,50 |
| **PVS-6.16** | **PVS-6.15** | 0,05 | 0,36 | 1,08 | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 0,05 | 0,01 | 1,24 | 1,50 |
| **PVS-7.2** | **PVS-6.15** | 0,10 | 0,10 | 0,31 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,05 | 0,00 | 0,36 | 1,50 |
| **PVS-2.6.2** | **PVS-6.15** | 0,10 | 0,10 | 0,31 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,32 | 1,50 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla a11:** Distribución de caudales

| Pozo de visita | | Q medio Dom. Tramo (lps) | Q medio dom. Acum. (lps) | Q máx (lps) | Q comercial (lps) | Q comercial acumulado | Q institucional (lps) | Q institucional acumulado | Q infiltración (lps) | Qdiseño (lps) | Qdiseño (lps) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Desde** | **Hasta** | | | | | | | | | | |
| **PVS-6.15** | **PVS-6.14** | 0,10 | 0,67 | 2,01 | 0,03 | 0,13 | 0,00 | 0,10 | 0,02 | 2,26 | 2,26 |
| **PVS-4.2** | **PVS-6.14** | 0,11 | 0,11 | 0,32 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,36 | 1,50 |
| **PVS-6.14** | **PVS-6.13** | 0,05 | 0,83 | 2,49 | 0,00 | 0,16 | 0,00 | 0,10 | 0,03 | 2,78 | 2,78 |
| **PVS-6.13** | **PVS-6** | 0,06 | 0,89 | 2,66 | 0,00 | 0,16 | 0,00 | 0,10 | 0,03 | 2,95 | 2,95 |
| **PVS-6.12** | **PVS-6.11** | 0,06 | 0,06 | 0,18 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,21 | 1,50 |
| **PVS-6.11** | **PVS-6.10** | 0,06 | 0,12 | 0,36 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,39 | 1,50 |
| **PVS-6.10** | **PVS-6.9** | 0,05 | 0,16 | 0,49 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 0,63 | 1,50 |
| **PVS-6.9** | **PVS-6.8** | 0,03 | 0,20 | 0,59 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,10 | 0,01 | 0,73 | 1,50 |
| **PVS-6.8** | **PVS-6.7** | 0,02 | 0,22 | 0,66 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,10 | 0,01 | 0,79 | 1,50 |
| **PVS-6.7** | **PVS-6.6** | 0,03 | 0,25 | 0,75 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,78 | 1,50 |
| **PVS-6.6** | **PVS-6.5** | 0,02 | 0,27 | 0,81 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,85 | 1,50 |
| **PVS-6.5** | **PVS-6.4** | 0,02 | 0,29 | 0,87 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,91 | 1,50 |
| **PVS-6.4** | **PVS-6.3** | 0,05 | 0,34 | 1,03 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 1,07 | 1,50 |
| **PVS-6.3** | **PVS-6.2** | 0,02 | 0,36 | 1,09 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 1,14 | 1,50 |
| **PVS-6.2** | **PVS-6.1** | 0,02 | 0,38 | 1,14 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 1,19 | 1,50 |
| **PVS-6.1** | **PVS-6** | 0,03 | 0,41 | 1,22 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 1,26 | 1,50 |
| **PVS-6** | **PVS-5** | 0,05 | 1,90 | 5,71 | 0,00 | 0,26 | 0,00 | 0,10 | 0,06 | 6,13 | 6,13 |
| **PVS-5** | **PVS-4** | 0,05 | 1,96 | 5,87 | 0,00 | 0,26 | 0,00 | 0,10 | 0,07 | 6,29 | 6,29 |
| **PVS-2.6.1** | **PVS-4.4** | 0,03 | 0,03 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 1,50 |
| **PVS-4.4** | **PVS-4.3** | 0,02 | 0,05 | 0,15 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,18 | 1,50 |
| **PVS-4.3** | **PVS-4.2** | 0,05 | 0,10 | 0,31 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,34 | 1,50 |
| **PVS-2.6.2** | **PVS-4.2.1** | 0,04 | 0,04 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,12 | 1,50 |
| **PVS-4.2.1** | **PVS-4.2** | 0,04 | 0,08 | 0,24 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,05 | 0,00 | 0,30 | 1,50 |

**Tabla a12:** Distribución de caudales

| Pozo de visita | | Q medio Dom. Tramo (lps) | Q medio dom. acum. (lps) | Q máx (lps) | Q comercial (lps) | Q comercial acumulado | Q institucional (lps) | Q institucional acumulado | Q infiltración (lps) | Qdiseño (lps) | Qdiseño (lps) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Desde** | **Hasta** | | | | | | | | | | |
| **PVS-4.2** | **PVS-4.1** | 0,08 | 0,26 | 0,79 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,05 | 0,01 | 0,88 | 1,50 |
| **PVS-4.1** | **PVS-4** | 0,04 | 0,30 | 0,91 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,05 | 0,01 | 1,00 | 1,50 |
| **PVS-4** | **PVS-3** | 0,05 | 2,31 | 6,93 | 0,00 | 0,29 | 0,00 | 0,15 | 0,08 | 7,45 | 7,45 |
| **PVS-3** | **PVS-2** | 0,07 | 2,38 | 7,13 | 0,00 | 0,29 | 0,00 | 0,15 | 0,08 | 7,65 | 7,65 |
| **PVS-2.13.2** | **PVS-2.13.1** | 0,03 | 0,03 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 1,50 |
| **PVS-2.13.1** | **PVS-2.13** | 0,07 | 0,10 | 0,29 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,32 | 1,50 |
| **PVS-2.14** | **PVS-2.13** | 0,04 | 0,04 | 0,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,13 | 1,50 |
| **PVS-2.13** | **PVS-2.12** | 0,06 | 0,19 | 0,58 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,62 | 1,50 |
| **PVS-2.12** | **PVS-2.11** | 0,05 | 0,25 | 0,74 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,78 | 1,50 |
| **PVS-2.13.2** | **PVS-2.11.1** | 0,02 | 0,02 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 1,50 |
| **PVS-2.11.1** | **PVS-2.11** | 0,18 | 0,20 | 0,60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,60 | 1,50 |
| **PVS-2.11** | **PVS-2.10** | 0,04 | 0,48 | 1,45 | 0,03 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 1,53 | 1,53 |
| **PVS-2.10.5** | **PVS-2.10.4** | 0,06 | 0,06 | 0,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,19 | 1,50 |
| **PVS-2.10.4** | **PVS-2.10.3** | 0,05 | 0,11 | 0,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,33 | 1,50 |
| **PVS-2.10.3** | **PVS-2.10.2** | 0,06 | 0,17 | 0,51 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,51 | 1,50 |
| **PVS-2.7.4** | **PVS-2.10.2** | 0,05 | 0,05 | 0,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 1,50 |
| **PVS-2.10.2** | **PVS-2.10.1** | 0,08 | 0,30 | 0,91 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,92 | 1,50 |
| **PVS-2.10.1** | **PVS-2.10** | 0,09 | 0,39 | 1,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 1,19 | 1,50 |
| **PVS-2.10** | **PVS-2.9** | 0,08 | 0,96 | 2,87 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 2,97 | 2,97 |
| **PVS-2.9** | **PVS-2.8** | 0,13 | 1,09 | 3,26 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 3,35 | 3,35 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla a13:** Distribución de caudales

| Pozo de visita | | Q medio Dom. Tramo (lps) | Q medio dom. Acum. (lps) | Q máx (lps) | Q comercial (lps) | Q comercial acumulado | Q institucional (lps) | Q institucional acumulado | Q infiltración (lps) | Qdiseño (lps) | Qdiseño (lps) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Desde** | **Hasta** | | | | | | | | | | |
| **PVS-2.8.3** | **PVS-2.8.2** | 0,08 | 0,08 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,23 | 1,50 |
| **PVS-2.8.2** | **PVS-2.8.1** | 0,10 | 0,18 | 0,54 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,54 | 1,50 |
| **PVS-2.8.1** | **PVS-2.8** | 0,04 | 0,21 | 0,64 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,65 | 1,50 |
| **PVS-2.8** | **PVS-2.7** | 0,01 | 1,31 | 3,92 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 4,02 | 4,02 |
| **PVS-6.20** | **PVS-2.7.7** | 0,01 | 0,01 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 1,50 |
| **PVS-2.7.7** | **PVS-2.7.6** | 0,03 | 0,04 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,12 | 1,50 |
| **PVS-2.10.5** | **PVS-2.7.6.1** | 0,03 | 0,03 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 1,50 |
| **PVS-2.7.6.1** | **PVS-2.7.6** | 0,03 | 0,06 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,05 | 0,00 | 0,23 | 1,50 |
| **PVS-2.7.6** | **PVS-2.7.5** | 0,02 | 0,12 | 0,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,01 | 0,42 | 1,50 |
| **PVS-2.10.3** | **PVS-2.7.5** | 0,05 | 0,05 | 0,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 1,50 |
| **PVS-2.7.5** | **PVS-2.7.4** | 0,04 | 0,21 | 0,62 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,01 | 0,68 | 1,50 |
| **PVS-6.19** | **PVS-2.7.4** | 0,06 | 0,06 | 0,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,19 | 1,50 |
| **PVS-2.7.4** | **PVS-2.7.3** | 0,05 | 0,32 | 0,97 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,02 | 1,04 | 1,50 |
| **PVS-2.7.3** | **PVS-2.7.2** | 0,07 | 0,40 | 1,19 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,10 | 0,02 | 1,31 | 1,50 |
| **PVS-6.17** | **PVS-2.7.2** | 0,11 | 0,11 | 0,34 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,35 | 1,50 |
| **PVS-2.6.2** | **PVS-2.7.2.1** | 0,05 | 0,05 | 0,15 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,05 | 0,00 | 0,21 | 1,50 |
| **PVS-2.7.2.1** | **PVS-2.7.2** | 0,05 | 0,11 | 0,32 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,37 | 1,50 |
| **PVS-2.7.2** | **PVS-2.7.1** | 0,09 | 0,71 | 2,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 0,03 | 2,30 | 2,30 |
| **PVS-2.7.1** | **PVS-2.7** | 0,04 | 0,75 | 2,25 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 0,03 | 2,43 | 2,43 |
| **PVS-2.7** | **PVS-2.6** | 0,07 | 2,12 | 6,37 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,15 | 0,07 | 6,66 | 6,66 |
| **PVS-2.6.3** | **PVS-2.6** | 0,08 | 0,08 | 0,25 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,05 | 0,00 | 0,30 | 1,50 |
| **PVS-2.6.2** | **PVS-2.6.1** | 0,05 | 0,05 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 | 1,50 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla a14:** Distribución de caudales

| Pozo de visita | | Q medio Dom. Tramo (lps) | Q medio dom. Acum. (lps) | Q máx (lps) | Q comercial (lps) | Q comercial acumulado | Q institucional (lps) | Q institucional acumulado | Q infiltración (lps) | Qdiseño (lps) | Qdiseño (lps) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Desde** | **Hasta** | | | | | | | | | | |
| **PVS-2.6.1** | **PVS-2.6** | 0,05 | 0,10 | 0,30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,31 | 1,50 |
| **PVS-2.6** | **PVS-2.5** | 0,03 | 2,34 | 7,01 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,20 | 0,07 | 7,34 | 7,34 |
| **PVS-2.5** | **PVS-2.4** | 0,04 | 2,38 | 7,14 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,20 | 0,08 | 7,48 | 7,48 |
| **PVS 4.3** | **PVS-2.4** | 0,05 | 0,05 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 | 1,50 |
| **PVS-2.4** | **PVS-2.3** | 0,05 | 2,47 | 7,42 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,20 | 0,08 | 7,76 | 7,76 |
| **PVS-2.3** | **PVS-2.2** | 0,02 | 2,49 | 7,48 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,20 | 0,08 | 7,83 | 7,83 |
| **PVS-2.2** | **PVS-2.1** | 0,03 | 2,53 | 7,58 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,20 | 0,08 | 7,93 | 7,93 |
| **PVS-2.1** | **PVS-2** | 0,07 | 2,60 | 7,79 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,20 | 0,08 | 8,14 | 8,14 |
| **PVS-2** | **PVS-1** | 0,06 | 5,03 | 15,10 | 0,00 | 0,35 | 0,00 | 0,35 | 0,16 | 15,97 | 15,97 |
| **PVS-1** | **PVS-1.1** | 0,00 | 5,03 | 15,10 | 0,00 | 0,35 | 0,00 | 0,35 | 0,17 | 15,97 | 15,97 |
| **PVS-1.1** | **PVS-1.2** | 0,00 | 5,03 | 15,10 | 0,00 | 0,35 | 0,00 | 0,35 | 0,17 | 15,97 | 15,97 |
| **PVS-1.2** | **PVS-1.3** | 0,00 | 5,03 | 15,10 | 0,00 | 0,35 | 0,00 | 0,35 | 0,17 | 15,97 | 15,97 |
| **PVS-1.3** | **PVS-1.4** | 0,00 | 5,03 | 15,10 | 0,00 | 0,35 | 0,00 | 0,35 | 0,17 | 15,97 | 15,97 |
| **PVS-1.4** | **PVS-1.5** | 0,00 | 5,03 | 15,10 | 0,00 | 0,35 | 0,00 | 0,35 | 0,17 | 15,97 | 15,97 |
| **PVS-1.5** | **CRS-1.6** | 0,00 | 5,03 | 15,10 | 0,00 | 0,35 | 0,00 | 0,35 | 0,17 | 15,97 | 15,97 |
| **PVS-1.6** | **CR-E** | 0,00 | 5,03 | 15,10 | 0,00 | 0,35 | 0,00 | 0,35 | 0,17 | 15,97 | 15,97 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

ANEXO B: **Cálculos de diseño hidráulico**

**Tabla b1:** Cálculo de diseño hidráulico

| Tramo | | | Pendiente | | Parámetros de diseño | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Desde | Hasta | Long. | Terreno | Tubería | Diámetro | | Rh2/3 /n | A hidr. | Caudal de diseño | Caudal lleno |
| | | m | % | % | Pulg. | mm | m | m | l/s | l/s |
| **PVS-7.9** | **PVS-7.8** | 8,77 | 1,37 | 1,37 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 25,73 |
| **PVS-7.8** | **PVS-7.7** | 9,97 | 5,42 | 5,25 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 50,40 |
| **PVS-7.7** | **PVS-7.6** | 15,86 | 5,67 | 5,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 51,59 |
| **PVS-7.6** | **PVS-7.5** | 25,85 | 0,93 | 1,00 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 22,00 |
| **PVS-7.5** | **PVS-7.4** | 20,61 | 1,36 | 1,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 26,94 |
| **PVS-7.4** | **PVS-7.3** | 31,49 | 8,32 | 8,00 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 62,22 |
| **PVS-7.3** | **PVS-7.2** | 34,89 | 10,20 | 10,00 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 69,56 |
| **PVS-7.2.1** | **PVS-7.2** | 15,87 | 1,51 | 2,00 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 31,11 |
| **PVS-7.2** | **PVS-7.1** | 99,8 | 6,22 | 6,20 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 54,77 |
| **PVS-7.1.2** | **PVS-7.1.1** | 27,51 | 0,04 | 5,00 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 49,19 |
| **PVS-7.1.1** | **PVS-7.1** | 35,70 | -0,14 | 4,00 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 44,00 |
| **PVS-6.14** | **PVS-7.1** | 95,23 | 1,48 | 1,75 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 29,10 |
| **PVS-7.1** | **PVS-7** | 95,08 | 3,68 | 3,00 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,58 | 38,10 |
| **PVS-7** | **PVS-6** | 93,59 | 0,67 | 0,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,77 | 15,55 |
| **PVS-7.9** | **PVS-6.25** | 18,61 | 0,75 | 0,75 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 19,08 |
| **PVS-6.25** | **PVS-6.24** | 15,59 | 0,77 | 0,77 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 19,30 |
| **PVS-6.24** | **PVS-6.23** | 29,89 | 0,80 | 0,80 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 19,71 |
| **PVS-6.23** | **PVS-6.22** | 16,58 | 2,90 | 2,90 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 37,43 |
| **PVS-6.22** | **PVS-6.21** | 11,69 | 8,64 | 7,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 60,24 |
| **PVS-6.21** | **PVS-6.20** | 20,43 | 4,85 | 4,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 46,66 |
| **PVS-6.20** | **PVS-6.19** | 32,27 | 4,87 | 4,75 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 47,94 |
| **PVS-6.19** | **PVS-6.18** | 50,90 | 6,72 | 6,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 56,08 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla b2:** Cálculo de diseño hidráulico

| Tramo | | | Pendiente | | Parámetros de diseño | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Desde | Hasta | Long. | Terreno | Tubería | Diámetro | | Rh2/3 /n | A hidr. | Caudal de diseño | Caudal lleno |
| | | m | % | % | Pulg. | mm | m | m | l/s | l/s |
| **PVS-6.18** | **PVS-6.17** | 55,62 | 2,54 | 2,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 34,78 |
| **PVS-7.6** | **PVS-6.17** | 76,13 | 10,27 | 10,00 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 69,56 |
| **PVS-6.17** | **PVS-6.16** | 57,36 | -0,21 | 0,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 15,55 |
| **PVS-6.16** | **PVS-6.15** | 52,61 | 1,62 | 1,00 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 22,00 |
| **PVS-7.2** | **PVS-6.15** | 90,49 | 2,04 | 2,00 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 31,11 |
| **PVS-2.6.2** | **PVS-6.15** | 96,34 | 6,52 | 6,52 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 56,17 |
| **PVS-6.15** | **PVS-6.14** | 97,76 | 3,68 | 3,25 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 2,26 | 39,66 |
| **PVS-4.2** | **PVS-6.14** | 94,50 | 1,83 | 2,00 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 31,11 |
| **PVS-6.14** | **PVS-6.13** | 48,36 | 7,28 | 6,00 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 2,78 | 53,88 |
| **PVS-6.13** | **PVS-6** | 50,37 | 4,01 | 3,75 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 2,95 | 42,60 |
| **PVS-6.12** | **PVS-6.11** | 55,96 | 3,36 | 3,36 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 40,32 |
| **PVS-6.11** | **PVS-6.10** | 52,96 | 4,21 | 4,20 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 45,08 |
| **PVS-6.10** | **PVS-6.9** | 38,13 | 4,96 | 5,00 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 49,19 |
| **PVS-6.9** | **PVS-6.8** | 26,65 | 13,88 | 12,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 77,77 |
| **PVS-6.8** | **PVS-6.7** | 10,74 | -6,80 | 0,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 15,55 |
| **PVS-6.7** | **PVS-6.6** | 15,93 | 2,07 | 0,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 15,55 |
| **PVS-6.6** | **PVS-6.5** | 9,79 | -0,61 | 0,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 15,55 |
| **PVS-6.5** | **PVS-6.4** | 10,64 | 0,47 | 0,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 15,55 |
| **PVS-6.4** | **PVS-6.3** | 38,84 | 0,21 | 0,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 15,55 |
| **PVS-6.3** | **PVS-6.2** | 29,19 | 0,72 | 0,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 15,55 |
| **PVS-6.2** | **PVS-6.1** | 21,96 | -3,42 | 0,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 15,55 |
| **PVS-6.1** | **PVS-6** | 30,44 | 2,50 | 0,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 15,55 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla b3:** Cálculo de diseño hidráulico

| Tramo | | | Pendiente | | Parámetros de diseño | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Desde | Hasta | Long. | Terreno | Tubería | Diámetro | | Rh2/3 /n | A hidr. | Caudal de diseño | Caudal lleno |
| | | m | % | % | Pulg. | mm | m | m | l/s | l/s |
| **PVS-6** | **PVS-5** | 52,74 | 1,27 | 1,00 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 6,13 | 22,00 |
| **PVS-5** | **PVS-4** | 53,61 | -0,09 | 0,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 6,29 | 15,55 |
| **PVS-2.6.1** | **PVS-4.4** | 55,75 | 5,33 | 5,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 51,59 |
| **PVS-4.4** | **PVS-4.3** | 48,71 | 3,94 | 3,75 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 42,60 |
| **PVS-4.3** | **PVS-4.2** | 49,69 | 2,15 | 2,15 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 32,26 |
| **PVS-2.6.2** | **PVS-4.2.1** | 48,21 | 7,90 | 8,00 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 62,22 |
| **PVS-4.2.1** | **PVS-4.2** | 55,00 | 7,89 | 8,00 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 62,22 |
| **PVS-4.2** | **PVS-4.1** | 67,84 | 7,90 | 7,75 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 61,24 |
| **PVS-4.1** | **PVS-4** | 30,92 | 6,08 | 6,00 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 53,88 |
| **PVS-4** | **PVS-3** | 54,74 | -0,29 | 0,40 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 7,45 | 13,91 |
| **PVS-3** | **PVS-2** | 62,63 | 4,68 | 0,40 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 7,65 | 13,91 |
| **PVS-2.13.2** | **PVS-2.13.1** | 63,87 | 5,48 | 5,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 51,59 |
| **PVS-2.13.1** | **PVS-2.13** | 86,01 | -1,77 | 0,60 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 17,04 |
| **PVS-2.14** | **PVS-2.13** | 38,52 | 2,99 | 3,00 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 38,10 |
| **PVS-2.13** | **PVS-2.12** | 52,20 | 1,99 | 0,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 15,55 |
| **PVS-2.12** | **PVS-2.11** | 49,17 | 1,59 | 0,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 15,55 |
| **PVS-2.13.2** | **PVS-2.11.1** | 46,03 | 0,43 | 0,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 15,55 |
| **PVS-2.11.1** | **PVS-2.11** | 94,91 | 3,79 | 4,00 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 44,00 |
| **PVS-2.11** | **PVS-2.10** | 38,40 | 0,70 | 0,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,53 | 15,55 |
| **PVS-2.10.5** | **PVS-2.10.4** | 58,55 | 0,63 | 0,65 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 17,74 |
| **PVS-2.10.4** | **PVS-2.10.3** | 49,28 | 0,18 | 0,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 15,55 |
| **PVS-2.10.3** | **PVS-2.10.2** | 67,02 | 8,07 | 8,00 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 62,22 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla b4:** Cálculo de diseño hidráulico

| Tramo | | | Pendiente | | Parámetros de diseño | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Desde | Hasta | Long. | Terreno | Tubería | Diámetro | | Rh2/3 /n | A hidr. | Caudal de diseño | Caudal lleno |
| | | m | % | % | Pulg. | mm | m | m | l/s | l/s |
| PVS-2.7.4 | PVS-2.10.2 | 52,25 | 6,87 | 7,00 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 58,20 |
| PVS-2.10.2 | PVS-2.10.1 | 48,96 | -2,25 | 0,40 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 13,91 |
| PVS-2.10.1 | PVS-2.10 | 54,15 | 0,50 | 0,40 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 13,91 |
| PVS-2.10 | PVS-2.9 | 55,62 | 0,47 | 0,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 2,97 | 15,55 |
| PVS-2.9 | PVS-2.8 | 95,42 | 0,32 | 0,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 3,35 | 15,55 |
| PVS-2.8.3 | PVS-2.8.2 | 27,85 | -0,18 | 0,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 15,55 |
| PVS-2.8.2 | PVS-2.8.1 | 38,26 | 0,37 | 0,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 15,55 |
| PVS-2.8.1 | PVS-2.8 | 19,87 | 0,10 | 0,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 15,55 |
| PVS-2.8 | PVS-2.7 | 8,45 | -0,36 | 0,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 4,02 | 15,55 |
| PVS-6.20 | PVS-2.7.7 | 42,07 | 9,94 | 9,95 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 69,39 |
| PVS-2.7.7 | PVS-2.7.6 | 67,17 | 5,75 | 5,75 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 52,75 |
| PVS-2.10.5 | PVS-2.7.6.1 | 37,55 | 1,01 | 1,00 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 22,00 |
| PVS-2.7.6.1 | PVS-2.7.6 | 87,03 | 0,94 | 0,95 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 21,44 |
| PVS-2.7.6 | PVS-2.7.5 | 57,09 | 0,58 | 0,60 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 17,04 |
| PVS-2.10.3 | PVS-2.7.5 | 60,29 | 1,77 | 1,80 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 29,51 |
| PVS-2.7.5 | PVS-2.7.4 | 58,39 | 1,28 | 1,30 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 25,08 |
| PVS-6.19 | PVS-2.7.4 | 68,67 | 10,99 | 11,00 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 72,96 |
| PVS-2.7.4 | PVS-2.7.3 | 51,84 | 2,03 | 2,00 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 31,11 |
| PVS-2.7.3 | PVS-2.7.2 | 68,59 | -0,83 | 0,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 15,55 |
| PVS-6.17 | PVS-2.7.2 | 92,05 | 3,48 | 3,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 41,15 |
| PVS-2.6.2 | PVS-2.7.2.1 | 49,77 | 9,76 | 10,00 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 69,56 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla b5:** Cálculo de diseño hidráulico

| Tramo | | | Pendiente | | Parámetros de diseño | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Desde | Hasta | Long. | Terreno | Tubería | Diámetro | | Rh2/3 /n | A hidr. | Caudal de diseño | Caudal lleno |
| | | m | % | % | Pulg. | mm | m | m | l/s | l/s |
| **PVS-2.7.2.1** | **PVS-2.7.2** | 51,60 | 7,54 | 7,00 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 58,20 |
| **PVS-2.7.2** | **PVS-2.7.1** | 71,48 | 2,99 | 2,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 2,30 | 34,78 |
| **PVS-2.7.1** | **PVS-2.7** | 34,77 | 1,96 | 1,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 2,43 | 26,94 |
| **PVS-2.7** | **PVS-2.6** | 85,81 | 1,06 | 1,00 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 6,66 | 22,00 |
| **PVS-2.6.3** | **PVS-2.6** | 48,31 | 11,74 | 12,00 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 76,20 |
| **PVS-2.6.2** | **PVS-2.6.1** | 47,48 | 4,61 | 4,60 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 47,18 |
| **PVS-2.6.1** | **PVS-2.6** | 51,39 | 20,02 | 20,00 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 98,38 |
| **PVS-2.6** | **PVS-2.5** | 44,87 | 1,92 | 1,00 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 7,34 | 22,00 |
| **PVS-2.5** | **PVS-2.4** | 62,36 | 3,58 | 3,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 7,48 | 41,15 |
| **PVS 4.3** | **PVS-2.4** | 44,14 | 19,23 | 20,00 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 1,50 | 98,38 |
| **PVS-2.4** | **PVS-2.3** | 41,33 | 2,88 | 2,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 7,76 | 34,78 |
| **PVS-2.3** | **PVS-2.2** | 15,37 | 1,37 | 1,25 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 7,83 | 24,59 |
| **PVS-2.2** | **PVS-2.1** | 29,05 | 3,86 | 3,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 7,93 | 41,15 |
| **PVS-2.1** | **PVS-2** | 29,77 | 0,24 | 0,50 | 6 | 150 | 12,45 | 0,02 | 8,14 | 15,55 |
| **PVS-2** | **PVS-1** | 29,88 | 5,92 | 1,50 | 8 | 200 | 15,08 | 0,03 | 15,97 | 58,02 |
| **PVS-1** | **PVS-1.1** | 39,15 | 1,56 | 1,60 | 8 | 200 | 15,08 | 0,03 | 15,97 | 59,93 |
| **PVS-1.1** | **PVS-1.2** | 43,11 | 1,79 | 1,80 | 8 | 200 | 15,08 | 0,03 | 15,97 | 63,56 |
| **PVS-1.2** | **PVS-1.3** | 51,02 | 1,49 | 1,50 | 8 | 200 | 15,08 | 0,03 | 15,97 | 58,02 |
| **PVS-1.3** | **PVS-1.4** | 53,10 | 0,92 | 1,40 | 8 | 200 | 15,08 | 0,03 | 15,97 | 56,06 |
| **PVS-1.4** | **PVS-1.5** | 52,41 | 0,48 | 1,40 | 8 | 200 | 15,08 | 0,03 | 15,97 | 56,06 |
| **PVS-1.5** | **CRS-1.6** | 51,39 | 0,64 | 1,40 | 8 | 200 | 15,08 | 0,03 | 15,97 | 56,06 |
| **PVS-1.6** | **CR-E** | 5,00 | 3,60 | 1,40 | 8 | 200 | 15,08 | 0,03 | 15,97 | 56,06 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla b6**: Cálculo de diseño hidráulico

| Desde | Hasta | Velocidad llena | Velocidad de diseño | Rh | Tensión arrastre | angulo teta | Vd/Vll | Qd/Qll | d/D | Qd/Qll | Tirante (d) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | m/s | m/s | | | | - | - | - | - | mm |
| **PVS-7.9** | **PVS-7.8** | 1,46 | 0,8 | 0,04 | 5,03 | 95,87 | 0,55 | 0,06 | 0,17 | 0,06 | 24,75 |
| **PVS-7.8** | **PVS-7.7** | 2,85 | 1,34 | 0,04 | 19,31 | 84,54 | 0,47 | 0,03 | 0,13 | 0,04 | 19,50 |
| **PVS-7.7** | **PVS-7.6** | 2,92 | 1,28 | 0,04 | 20,23 | 80,19 | 0,44 | 0,03 | 0,12 | 0,03 | 17,63 |
| **PVS-7.6** | **PVS-7.5** | 1,24 | 0,71 | 0,04 | 3,68 | 98,92 | 0,57 | 0,07 | 0,18 | 0,07 | 26,25 |
| **PVS-7.5** | **PVS-7.4** | 1,52 | 0,82 | 0,04 | 5,52 | 95,09 | 0,54 | 0,06 | 0,16 | 0,06 | 24,38 |
| **PVS-7.4** | **PVS-7.3** | 3,52 | 1,44 | 0,04 | 29,43 | 75,63 | 0,41 | 0,02 | 0,11 | 0,02 | 15,75 |
| **PVS-7.3** | **PVS-7.2** | 3,94 | 1,62 | 0,04 | 36,79 | 74,69 | 0,41 | 0,02 | 0,10 | 0,02 | 15,38 |
| **PVS-7.2.1** | **PVS-7.2** | 1,76 | 0,92 | 0,04 | 7,36 | 91,15 | 0,52 | 0,05 | 0,15 | 0,05 | 22,50 |
| **PVS-7.2** | **PVS-7.1** | 3,1 | 1,33 | 0,04 | 22,81 | 78,39 | 0,43 | 0,03 | 0,11 | 0,03 | 16,88 |
| **PVS-7.1.2** | **PVS-7.1.1** | 2,78 | 1,31 | 0,04 | 18,39 | 84,54 | 0,47 | 0,03 | 0,13 | 0,04 | 19,50 |
| **PVS-7.1.1** | **PVS-7.1** | 2,49 | 1,17 | 0,04 | 14,72 | 84,54 | 0,47 | 0,03 | 0,13 | 0,04 | 19,50 |
| **PVS-6.14** | **PVS-7.1** | 1,65 | 0,87 | 0,04 | 6,44 | 92,74 | 0,53 | 0,05 | 0,16 | 0,05 | 23,25 |
| **PVS-7.1** | **PVS-7** | 2,16 | 0,91 | 0,04 | 11,04 | 76,56 | 0,42 | 0,04 | 0,11 | 0,02 | 16,13 |
| **PVS-7** | **PVS-6** | 0,88 | 0,59 | 0,04 | 1,84 | 114,63 | 0,67 | 0,11 | 0,23 | 0,12 | 34,50 |
| **PVS-7.9** | **PVS-6.25** | 1,08 | 0,65 | 0,04 | 2,77 | 103,37 | 0,6 | 0,08 | 0,19 | 0,08 | 28,50 |
| **PVS-6.25** | **PVS-6.24** | 1,09 | 0,64 | 0,04 | 2,83 | 102,64 | 0,59 | 0,08 | 0,19 | 0,08 | 28,13 |
| **PVS-6.24** | **PVS-6.23** | 1,12 | 0,66 | 0,04 | 2,95 | 102,64 | 0,59 | 0,08 | 0,19 | 0,08 | 28,13 |
| **PVS-6.23** | **PVS-6.22** | 2,12 | 1,06 | 0,04 | 10,65 | 87,89 | 0,5 | 0,04 | 0,14 | 0,04 | 21,00 |
| **PVS-6.22** | **PVS-6.21** | 3,41 | 1,47 | 0,04 | 27,59 | 77,48 | 0,43 | 0,03 | 0,11 | 0,03 | 16,50 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla b7:** *Cálculo de diseño hidráulico*

| Desde | Hasta | Velocidad llena | Velocidad de diseño | Rh | Tensión arrastre | angulo teta | Vd/Vll | Qd/Qll | d/D | Qd/Qll | Tirante (d) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | m/s | m/s | | | | - | - | - | - | mm |
| **PVS-6.21** | **PVS-6.20** | 2,64 | 1,21 | 0,04 | 6,12 | 82,82 | 0,46 | 0,03 | 0,13 | 0,03 | 18,75 |
| **PVS-6.20** | **PVS-6.19** | 2,71 | 1,25 | 0,04 | 14,14 | 81,95 | 0,46 | 0,03 | 0,12 | 0,03 | 18,38 |
| **PVS-6.19** | **PVS-6.18** | 3,17 | 1,36 | 0,04 | 8,42 | 77,48 | 0,43 | 0,03 | 0,11 | 0,03 | 16,50 |
| **PVS-6.18** | **PVS-6.17** | 1,97 | 0,99 | 0,04 | 9,57 | 87,89 | 0,5 | 0,04 | 0,14 | 0,04 | 21,00 |
| **PVS-7.6** | **PVS-6.17** | 3,94 | 1,58 | 0,04 | 64,82 | 73,74 | 0,4 | 0,02 | 0,10 | 0,02 | 15,00 |
| **PVS-6.17** | **PVS-6.16** | 0,88 | 0,55 | 0,04 | 1,10 | 109,10 | 0,63 | 0,10 | 0,21 | 0,10 | 31,50 |
| **PVS-6.16** | **PVS-6.15** | 1,24 | 0,71 | 0,04 | 5,77 | 98,92 | 0,57 | 0,07 | 0,18 | 0,07 | 26,25 |
| **PVS-7.2** | **PVS-6.15** | 1,76 | 0,92 | 0,04 | 7,49 | 91,15 | 0,52 | 0,05 | 0,15 | 0,05 | 22,50 |
| **PVS-2.6.2** | **PVS-6.15** | 3,18 | 1,37 | 0,04 | 8,45 | 77,48 | 0,43 | 0,03 | 0,11 | 0,03 | 16,50 |
| **PVS-6.15** | **PVS-6.14** | 2,24 | 1,21 | 0,04 | 11,41 | 94,31 | 0,54 | 0,06 | 0,16 | 0,06 | 24,00 |
| **PVS-4.2** | **PVS-6.14** | 1,76 | 0,92 | 0,04 | 7,49 | 91,15 | 0,52 | 0,05 | 0,15 | 0,05 | 22,50 |
| **PVS-6.14** | **PVS-6.13** | 3,05 | 1,65 | 0,04 | 21,06 | 94,31 | 0,54 | 0,05 | 0,16 | 0,06 | 24,00 |
| **PVS-6.13** | **PVS-6** | 2,41 | 1,37 | 0,04 | 21,63 | 98,92 | 0,57 | 0,07 | 0,18 | 0,07 | 26,25 |
| **PVS-6.12** | **PVS-6.11** | 2,28 | 1,07 | 0,04 | 9,93 | 84,54 | 0,47 | 0,04 | 0,13 | 0,04 | 19,50 |
| **PVS-6.11** | **PVS-6.10** | 2,55 | 1,17 | 0,04 | 5,71 | 82,82 | 0,46 | 0,03 | 0,13 | 0,03 | 18,75 |
| **PVS-6.10** | **PVS-6.9** | 2,78 | 1,25 | 0,04 | 25,66 | 81,07 | 0,45 | 0,03 | 0,12 | 0,03 | 18,00 |
| **PVS-6.9** | **PVS-6.8** | 4,4 | 1,76 | 0,04 | 81,02 | 73,74 | 0,4 | 0,02 | 0,10 | 0,02 | 15,00 |
| **PVS-6.8** | **PVS-6.7** | 0,88 | 0,55 | 0,04 | 1,10 | 109,10 | 0,63 | 0,10 | 0,21 | 0,10 | 31,50 |
| **PVS-6.7** | **PVS-6.6** | 0,88 | 0,53 | 0,04 | 1,52 | 103,37 | 0,6 | 0,10 | 0,19 | 0,08 | 28,50 |
| **PVS-6.6** | **PVS-6.5** | 0,88 | 0,55 | 0,04 | 1,10 | 109,10 | 0,63 | 0,10 | 0,21 | 0,10 | 31,50 |
| **PVS-6.5** | **PVS-6.4** | 0,88 | 0,55 | 0,04 | 1,10 | 109,10 | 0,63 | 0,10 | 0,21 | 0,10 | 31,50 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla b8:** Cálculo de diseño hidráulico

| Desde | Hasta | Velocidad llena | Velocidad de diseño | Rh | Tensión arrastre | angulo teta | Vd/Vll | Qd/Qll | d/D | Qd/Qll | Tirante (d) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | m/s | m/s | | | | - | - | - | - | mm |
| PVS-6.4 | PVS-6.3 | 0,88 | 0,55 | 0,04 | 1,10 | 109,10 | 0,63 | 0,10 | 0,21 | 0,10 | 31,50 |
| PVS-6.3 | PVS-6.2 | 0,88 | 0,55 | 0,04 | 2,35 | 106,26 | 0,62 | 0,10 | 0,20 | 0,09 | 30,00 |
| PVS-6.2 | PVS-6.1 | 0,88 | 0,55 | 0,04 | 1,10 | 109,10 | 0,63 | 0,10 | 0,21 | 0,10 | 31,50 |
| PVS-6.1 | PVS-6 | 0,88 | 0,55 | 0,04 | 1,10 | 109,10 | 0,63 | 0,10 | 0,21 | 0,10 | 31,50 |
| PVS-6 | PVS-5 | 1,24 | 1,07 | 0,04 | 3,41 | 147,48 | 0,86 | 0,28 | 0,36 | 0,28 | 54,00 |
| PVS-5 | PVS-4 | 0,88 | 0,84 | 0,04 | 2,30 | 167,37 | 0,95 | 0,40 | 0,45 | 0,41 | 66,75 |
| PVS-2.6.1 | PVS-4.4 | 2,92 | 1,28 | 0,04 | 30,02 | 79,29 | 0,44 | 0,03 | 0,12 | 0,03 | 17,25 |
| PVS-4.4 | PVS-4.3 | 2,41 | 1,13 | 0,04 | 11,08 | 84,54 | 0,47 | 0,04 | 0,13 | 0,04 | 19,50 |
| PVS-4.3 | PVS-4.2 | 1,83 | 0,93 | 0,04 | 2,83 | 89,53 | 0,51 | 0,05 | 0,15 | 0,05 | 21,75 |
| PVS-2.6.2 | PVS-4.2.1 | 3,52 | 1,48 | 0,04 | 9,17 | 76,56 | 0,42 | 0,02 | 0,11 | 0,02 | 16,13 |
| PVS-4.2.1 | PVS-4.2 | 3,52 | 1,48 | 0,04 | 9,17 | 76,56 | 0,42 | 0,02 | 0,11 | 0,02 | 16,13 |
| PVS-4.2 | PVS-4.1 | 3,47 | 1,46 | 0,04 | 8,88 | 76,56 | 0,42 | 0,02 | 0,11 | 0,02 | 16,13 |
| PVS-4.1 | PVS-4 | 3,05 | 1,34 | 0,04 | 37,54 | 80,19 | 0,44 | 0,03 | 0,12 | 0,03 | 17,63 |
| PVS-4 | PVS-3 | 0,79 | 0,81 | 0,04 | 1,15 | 184,58 | 1,02 | 0,54 | 0,52 | 0,54 | 78,00 |
| PVS-3 | PVS-2 | 0,79 | 0,81 | 0,04 | 1,91 | 186,88 | 1,02 | 0,55 | 0,53 | 0,55 | 79,50 |
| PVS-2.13.2 | PVS-2.13.1 | 2,92 | 1,28 | 0,04 | 30,02 | 79,29 | 0,44 | 0,03 | 0,12 | 0,03 | 17,25 |
| PVS-2.13.1 | PVS-2.13 | 0,96 | 0,6 | 0,04 | 2,81 | 106,26 | 0,62 | 0,09 | 0,20 | 0,09 | 30,00 |
| PVS-2.14 | PVS-2.13 | 2,16 | 1,04 | 0,04 | 14,88 | 85,39 | 0,48 | 0,04 | 0,13 | 0,04 | 19,88 |
| PVS-2.13 | PVS-2.12 | 0,88 | 0,55 | 0,04 | 1,10 | 109,10 | 0,63 | 0,10 | 0,21 | 0,10 | 31,50 |
| PVS-2.12 | PVS-2.11 | 0,88 | 0,55 | 0,04 | 1,10 | 109,10 | 0,63 | 0,10 | 0,21 | 0,10 | 31,50 |
| PVS-2.13.2 | PVS-2.11.1 | 0,88 | 0,55 | 0,04 | 1,10 | 109,10 | 0,63 | 0,10 | 0,21 | 0,10 | 31,50 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla b9:** Cálculo de diseño hidráulico

| Desde | Hasta | Velocidad llena | Velocidad de diseño | Rh | Tensión arrastre | angulo teta | Vd/Vll | Qd/Qll | d/D | Qd/Qll | Tirante (d) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | m/s | m/s | | | | - | - | - | - | mm |
| **PVS-2.11.1** | **PVS-2.11** | 2,49 | 1,15 | 0,04 | 5,44 | 82,82 | 0,46 | 0,03 | 0,13 | 0,03 | 18,75 |
| **PVS-2.11** | **PVS-2.10** | 0,88 | 0,56 | 0,04 | 1,68 | 109,80 | 0,64 | 0,10 | 0,21 | 0,10 | 31,88 |
| **PVS-2.10.5** | **PVS-2.10.4** | 1 | 0,61 | 0,04 | 3,56 | 104,82 | 0,61 | 0,09 | 0,20 | 0,08 | 29,25 |
| **PVS-2.10.4** | **PVS-2.10.3** | 0,88 | 0,55 | 0,04 | 1,10 | 109,10 | 0,63 | 0,10 | 0,21 | 0,10 | 31,50 |
| **PVS-2.10.3** | **PVS-2.10.2** | 3,52 | 1,48 | 0,04 | 9,17 | 76,56 | 0,42 | 0,02 | 0,11 | 0,02 | 16,13 |
| **PVS-2.7.4** | **PVS-2.10.2** | 3,29 | 1,41 | 0,04 | 9,07 | 77,48 | 0,43 | 0,03 | 0,11 | 0,03 | 16,50 |
| **PVS-2.10.2** | **PVS-2.10.1** | 0,79 | 0,51 | 0,04 | 2,16 | 111,89 | 0,65 | 0,11 | 0,22 | 0,11 | 33,00 |
| **PVS-2.10.1** | **PVS-2.10** | 0,79 | 0,51 | 0,04 | 2,16 | 111,89 | 0,65 | 0,11 | 0,22 | 0,11 | 33,00 |
| **PVS-2.10** | **PVS-2.9** | 0,88 | 0,69 | 0,04 | 1,21 | 132,84 | 0,78 | 0,19 | 0,30 | 0,20 | 45,00 |
| **PVS-2.9** | **PVS-2.8** | 0,88 | 0,7 | 0,04 | 2,59 | 136,57 | 0,8 | 0,22 | 0,32 | 0,22 | 47,25 |
| **PVS-2.8.3** | **PVS-2.8.2** | 0,88 | 0,55 | 0,04 | 1,10 | 109,10 | 0,63 | 0,10 | 0,21 | 0,10 | 31,50 |
| **PVS-2.8.2** | **PVS-2.8.1** | 0,88 | 0,55 | 0,04 | 1,10 | 109,10 | 0,63 | 0,10 | 0,21 | 0,10 | 31,50 |
| **PVS-2.8.1** | **PVS-2.8** | 0,88 | 0,55 | 0,04 | 1,10 | 109,10 | 0,63 | 0,10 | 0,21 | 0,10 | 31,50 |
| **PVS-2.8** | **PVS-2.7** | 0,88 | 0,74 | 0,04 | 2,26 | 143,88 | 0,84 | 0,26 | 0,35 | 0,26 | 51,75 |
| **PVS-6.20** | **PVS-2.7.7** | 3,93 | 1,61 | 0,04 | 30,06 | 75,63 | 0,41 | 0,02 | 0,11 | 0,02 | 15,75 |
| **PVS-2.7.7** | **PVS-2.7.6** | 2,99 | 1,32 | 0,04 | 31,38 | 79,29 | 0,44 | 0,03 | 0,12 | 0,03 | 17,25 |
| **PVS-2.10.5** | **PVS-2.7.6.1** | 1,24 | 0,71 | 0,04 | 5,77 | 98,92 | 0,57 | 0,07 | 0,18 | 0,07 | 26,25 |
| **PVS-2.7.6.1** | **PVS-2.7.6** | 1,21 | 0,7 | 0,04 | 3,70 | 100,42 | 0,58 | 0,07 | 0,18 | 0,07 | 27,00 |
| **PVS-2.7.6** | **PVS-2.7.5** | 0,96 | 0,6 | 0,04 | 2,81 | 106,26 | 0,62 | 0,09 | 0,20 | 0,09 | 30,00 |
| **PVS-2.10.3** | **PVS-2.7.5** | 1,67 | 0,89 | 0,04 | 10,63 | 92,74 | 0,53 | 0,05 | 0,16 | 0,05 | 23,25 |
| **PVS-2.7.5** | **PVS-2.7.4** | 1,42 | 0,8 | 0,04 | 4,78 | 97,40 | 0,56 | 0,06 | 0,17 | 0,06 | 25,50 |
| **PVS-6.19** | **PVS-2.7.4** | 4,13 | 1,65 | 0,04 | 71,30 | 73,74 | 0,4 | 0,02 | 0,10 | 0,02 | 15,00 |
| **PVS-2.7.4** | **PVS-2.7.3** | 1,76 | 0,92 | 0,04 | 7,49 | 91,15 | 0,52 | 0,05 | 0,15 | 0,05 | 22,50 |
| **PVS-2.7.3** | **PVS-2.7.2** | 0,88 | 0,55 | 0,04 | 1,10 | 109,10 | 0,63 | 0,10 | 0,21 | 0,10 | 31,50 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla b10:** Cálculo de diseño hidráulico

| Desde | Hasta | Velocidad llena | Velocidad de diseño | Rh | Tensión arrastre | angulo teta | Vd/Vll | Qd/Qll | d/D | Qd/Qll | Tirante (d) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | m/s | m/s | | | | - | - | - | - | mm |
| PVS-6.17 | PVS-2.7.2 | 2,33 | 1,1 | 0,04 | 10,34 | 84,54 | 0,47 | 0,04 | 0,13 | 0,04 | 19,50 |
| PVS-2.6.2 | PVS-2.7.2.1 | 3,94 | 1,62 | 0,04 | 30,21 | 75,63 | 0,41 | 0,02 | 0,11 | 0,02 | 15,75 |
| PVS-2.7.2.1 | PVS-2.7.2 | 3,29 | 1,41 | 0,04 | 9,07 | 77,48 | 0,43 | 0,03 | 0,11 | 0,03 | 16,50 |
| PVS-2.7.2 | PVS-2.7.1 | 1,97 | 1,12 | 0,04 | 14,42 | 98,92 | 0,57 | 0,07 | 0,18 | 0,07 | 26,25 |
| PVS-2.7.1 | PVS-2.7 | 1,52 | 0,96 | 0,04 | 3,31 | 109,10 | 0,63 | 0,09 | 0,21 | 0,10 | 31,50 |
| PVS-2.7 | PVS-2.6 | 1,24 | 1,09 | 0,04 | 2,29 | 152,23 | 0,88 | 0,30 | 0,38 | 0,31 | 57,00 |
| PVS-2.6.3 | PVS-2.6 | 4,31 | 1,72 | 0,04 | 77,78 | 73,74 | 0,4 | 0,02 | 0,10 | 0,02 | 15,00 |
| PVS-2.6.2 | PVS-2.6.1 | 2,67 | 1,23 | 0,04 | 6,25 | 82,82 | 0,46 | 0,03 | 0,13 | 0,03 | 18,75 |
| PVS-2.6.1 | PVS-2.6 | 5,57 | 2,01 | 0,04 | 132,78 | 67,80 | 0,36 | 0,02 | 0,09 | 0,02 | 12,75 |
| PVS-2.6 | PVS-2.5 | 1,24 | 1,12 | 0,04 | 3,86 | 156,93 | 0,9 | 0,33 | 0,40 | 0,34 | 60,00 |
| PVS-2.5 | PVS-2.4 | 2,33 | 1,77 | 0,04 | 18,40 | 130,33 | 0,76 | 0,18 | 0,29 | 0,18 | 43,50 |
| PVS 4.3 | PVS-2.4 | 5,57 | 2,01 | 0,04 | 132,78 | 67,80 | 0,36 | 0,02 | 0,09 | 0,02 | 12,75 |
| PVS-2.4 | PVS-2.3 | 1,97 | 1,58 | 0,04 | 10,72 | 137,80 | 0,8 | 0,22 | 0,32 | 0,22 | 48,00 |
| PVS-2.3 | PVS-2.2 | 1,39 | 1,24 | 0,04 | 5,58 | 154,58 | 0,89 | 0,32 | 0,39 | 0,32 | 58,50 |
| PVS-2.2 | PVS-2.1 | 2,33 | 1,82 | 0,04 | 8,48 | 132,84 | 0,78 | 0,19 | 0,30 | 0,20 | 45,00 |
| PVS-2.1 | PVS-2 | 0,88 | 0,89 | 0,04 | 1,29 | 183,44 | 1,01 | 0,52 | 0,52 | 0,52 | 77,25 |
| PVS-2 | PVS-1 | 1,85 | 1,89 | 0,05 | 5,73 | 184,58 | 1,02 | 0,28 | 0,52 | 0,54 | 104,00 |
| PVS-1 | PVS-1.1 | 1,91 | 1,95 | 0,05 | 6,11 | 184,58 | 1,02 | 0,27 | 0,52 | 0,54 | 104,00 |
| PVS-1.1 | PVS-1.2 | 2,02 | 2,06 | 0,05 | 6,88 | 184,58 | 1,02 | 0,25 | 0,52 | 0,54 | 104,00 |
| PVS-1.2 | PVS-1.3 | 1,85 | 1,89 | 0,05 | 5,73 | 184,58 | 1,02 | 0,28 | 0,52 | 0,54 | 104,00 |
| PVS-1.3 | PVS-1.4 | 1,78 | 1,82 | 0,05 | 5,35 | 184,58 | 1,02 | 0,29 | 0,52 | 0,54 | 104,00 |
| PVS-1.4 | PVS-1.5 | 1,78 | 1,82 | 0,05 | 5,35 | 184,58 | 1,02 | 0,29 | 0,52 | 0,54 | 104,00 |
| PVS-1.5 | CRS-1.6 | 1,78 | 1,82 | 0,05 | 5,35 | 184,58 | 1,02 | 0,29 | 0,52 | 0,54 | 104,00 |
| PVS-1.6 | CR-E | 1,78 | 1,82 | 0,05 | 5,35 | 184,58 | 1,02 | 0,29 | 0,52 | 0,54 | 104,00 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

ANEXO C: **Cálculos de diseño topográfico**

**Tabla c1:** Cálculos de diseño topográfico

| Pozo de visita | | Pendiente del tramo | Elevación de corona | | Elevación de invert | | Profundidad de PVS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Desde | Hasta | % | Arriba | Abajo | Arriba | Abajo | m |
| PVS-7.9 | PVS-7.8 | 1.37 | 202.26 | 202.14 | 202.110 | 201.990 | 1.65 |
| PVS-7.8 | PVS-7.7 | 5.25 | 202.11 | 203.10 | 201.960 | 201.437 | 1.68 |
| PVS-7.7 | PVS-7.6 | 5.50 | 201.56 | 202.20 | 201.407 | 200.534 | 1.69 |
| PVS-7.6 | PVS-7.5 | 1.00 | 200.65 | 201.96 | 200.504 | 200.246 | 1.70 |
| PVS-7.5 | PVS-7.4 | 1.50 | 200.37 | 201.68 | 200.216 | 199.907 | 1.74 |
| PVS-7.4 | PVS-7.3 | 8.00 | 200.03 | 199.06 | 199.877 | 197.357 | 1.80 |
| PVS-7.3 | PVS-7.2 | 10.00 | 197.47 | 195.50 | 197.324 | 193.835 | 1.74 |
| PVS-7.2.1 | PVS-7.2 | 2.00 | 194.24 | 195.50 | 194.090 | 193.773 | 1.65 |
| PVS-7.2 | PVS-7.1 | 6.20 | 195.47 | 189.29 | 193.805 | 187.618 | 1.76 |
| PVS-7.1.2 | PVS-7.1.1 | 5.00 | 187.75 | 189.24 | 187.900 | 186.525 | 1.35 |
| PVS-7.1.1 | PVS-7.1 | 4.00 | 189.21 | 189.29 | 186.495 | 185.067 | 2.75 |
| PVS-6.14 | PVS-7.1 | 1.75 | 189.26 | 189.29 | 189.110 | 187.443 | 1.65 |
| PVS-7.1 | PVS-7 | 3.00 | 189.26 | 185.79 | 185.037 | 182.184 | 4.25 |
| PVS-7 | PVS-6 | 0.50 | 185.76 | 185.16 | 182.154 | 181.686 | 3.64 |
| PVS-7.9 | PVS-6.25 | 0.75 | 202.26 | 202.12 | 202.110 | 201.970 | 1.65 |
| PVS-6.25 | PVS-6.24 | 0.77 | 202.09 | 202.09 | 201.940 | 201.820 | 1.68 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla c2:** Cálculos de diseño topográfico

| Pozo de visita | | Pendiente del tramo | Elevación de corona | | Elevación de invert | | Profundidad de PVS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Desde | Hasta | % | Arriba | Abajo | Arriba | Abajo | m |
| **PVS-6.24** | **PVS-6.23** | 0.80 | 202.09 | 202.08 | 201.790 | 201.550 | 1.71 |
| **PVS-6.23** | **PVS-6.22** | 2.90 | 202.08 | 202.07 | 201.520 | 201.040 | 1.74 |
| **PVS-6.22** | **PVS-6.21** | 7.50 | 202.07 | 202.04 | 201.010 | 200.133 | 1.77 |
| **PVS-6.21** | **PVS-6.20** | 4.50 | 200.25 | 199.33 | 200.103 | 199.184 | 1.67 |
| **PVS-6.20** | **PVS-6.19** | 4.75 | 199.30 | 197.77 | 199.154 | 197.621 | 1.63 |
| **PVS-6.19** | **PVS-6.18** | 6.50 | 197.74 | 194.43 | 197.591 | 194.283 | 1.62 |
| **PVS-6.18** | **PVS-6.17** | 2.50 | 194.40 | 193.01 | 194.253 | 192.862 | 1.54 |
| **PVS-7.6** | **PVS-6.17** | 10.00 | 200.62 | 193.01 | 200.472 | 192.859 | 1.73 |
| **PVS-6.17** | **PVS-6.16** | 0.50 | 193.01 | 192.70 | 192.832 | 192.545 | 1.55 |
| **PVS-6.16** | **PVS-6.15** | 1.00 | 192.70 | 192.14 | 192.515 | 191.989 | 1.98 |
| **PVS-7.2** | **PVS-6.15** | 2.00 | 194.30 | 192.15 | 193.805 | 191.996 | 1.69 |
| **PVS-2.6.2** | **PVS-6.15** | 6.52 | 198.43 | 192.15 | 198.280 | 191.999 | 1.65 |
| **PVS-6.15** | **PVS-6.14** | 3.25 | 192.11 | 188.93 | 191.959 | 188.782 | 1.69 |
| **PVS-4.2** | **PVS-6.14** | 2.00 | 190.28 | 188.39 | 190.130 | 188.240 | 1.65 |
| **PVS-6.14** | **PVS-6.13** | 6.00 | 188.36 | 188.33 | 188.210 | 185.308 | 2.49 |
| **PVS-6.13** | **PVS-6** | 3.75 | 188.33 | 188.30 | 185.278 | 183.390 | 1.90 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla c3:** Cálculos de diseño topográfico

| Pozo de visita | | Pendiente del tramo | Elevación de corona | | Elevación de invert | | Profundidad de PVS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Desde | Hasta | % | Arriba | Abajo | Arriba | Abajo | m |
| PVS-6.12 | PVS-6.11 | 3.36 | 193.25 | 191.37 | 193.100 | 191.220 | 1.65 |
| PVS-6.11 | PVS-6.10 | 4.20 | 191.34 | 190.64 | 191.190 | 188.965 | 1.68 |
| PVS-6.10 | PVS-6.9 | 5.00 | 190.64 | 190.62 | 188.935 | 187.029 | 1.70 |
| PVS-6.9 | PVS-6.8 | 12.50 | 190.62 | 190.58 | 186.990 | 183.659 | 1.76 |
| PVS-6.8 | PVS-6.7 | 0.50 | 190.58 | 190.58 | 183.629 | 183.575 | 1.42 |
| PVS-6.7 | PVS-6.6 | 0.50 | 190.58 | 190.57 | 183.545 | 183.465 | 2.24 |
| PVS-6.6 | PVS-6.5 | 0.50 | 183.59 | 183.54 | 183.435 | 183.386 | 2.01 |
| PVS-6.5 | PVS-6.4 | 0.50 | 183.51 | 185.46 | 183.356 | 183.303 | 2.15 |
| PVS-6.4 | PVS-6.3 | 0.50 | 183.42 | 185.38 | 183.273 | 183.079 | 2.19 |
| PVS-6.3 | PVS-6.2 | 0.50 | 183.20 | 185.17 | 183.049 | 182.903 | 2.33 |
| PVS-6.2 | PVS-6.1 | 0.50 | 183.02 | 185.92 | 182.873 | 182.763 | 2.30 |
| PVS-6.1 | PVS-6 | 0.50 | 182.88 | 185.16 | 182.733 | 182.581 | 3.19 |
| PVS-6 | PVS-5 | 1.00 | 185.16 | 185.15 | 181.656 | 181.129 | 3.50 |
| PVS-5 | PVS-4 | 0.50 | 185.15 | 185.14 | 181.099 | 180.831 | 3.39 |
| PVS-2.6.1 | PVS-4.4 | 5.50 | 196.24 | 193.17 | 196.090 | 193.024 | 1.65 |
| PVS-4.4 | PVS-4.3 | 3.75 | 193.14 | 192.85 | 192.994 | 191.167 | 1.78 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla c4:** Cálculos de diseño topográfico

| Pozo de visita | | Pendiente del tramo | Elevación de corona | | Elevación de invert | | Profundidad de PVS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Desde** | **Hasta** | **%** | **Arriba** | **Abajo** | **Arriba** | **Abajo** | **m** |
| **PVS-4.3** | **PVS-4.2** | 2.15 | 191.29 | 191.78 | 191.137 | 190.069 | 1.71 |
| **PVS-2.6.2** | **PVS-4.2.1** | 8.00 | 198.43 | 194.57 | 198.280 | 194.423 | 1.65 |
| **PVS-4.2.1** | **PVS-4.2** | 8.00 | 194.54 | 191.78 | 194.393 | 189.993 | 1.73 |
| **PVS-4.2** | **PVS-4.1** | 7.75 | 190.11 | 186.42 | 189.963 | 184.706 | 1.82 |
| **PVS-4.1** | **PVS-4** | 6.00 | 184.83 | 184.54 | 184.676 | 182.820 | 1.74 |
| **PVS-4** | **PVS-3** | 0.40 | 180.95 | 180.73 | 180.801 | 180.582 | 3.74 |
| **PVS-3** | **PVS-2** | 0.40 | 180.70 | 180.45 | 180.552 | 180.301 | 4.15 |
| **PVS-2.13.2** | **PVS-2.13.1** | 5.50 | 191.47 | 187.96 | 191.320 | 187.807 | 1.65 |
| **PVS-2.13.1** | **PVS-2.13** | 0.60 | 187.96 | 187.95 | 187.777 | 187.261 | 1.69 |
| **PVS-2.14** | **PVS-2.13** | 3.00 | 190.64 | 189.48 | 190.490 | 189.334 | 1.65 |
| **PVS-2.13** | **PVS-2.12** | 0.50 | 187.95 | 187.95 | 187.231 | 186.970 | 3.76 |
| **PVS-2.12** | **PVS-2.11** | 0.50 | 187.95 | 187.94 | 186.940 | 186.694 | 3.01 |
| **PVS-2.13.2** | **PVS-2.11.1** | 0.50 | 191.47 | 191.47 | 191.320 | 191.090 | 1.65 |
| **PVS-2.11.1** | **PVS-2.11** | 4.00 | 191.47 | 191.45 | 191.060 | 187.263 | 1.71 |
| **PVS-2.11** | **PVS-2.10** | 0.50 | 187.94 | 187.94 | 186.664 | 186.472 | 2.51 |
| **PVS-2.10.5** | **PVS-2.10.4** | 0.65 | 192.44 | 192.06 | 192.290 | 191.909 | 1.65 |
| **PVS-2.10.4** | **PVS-2.10.3** | 0.50 | 192.06 | 192.06 | 191.879 | 191.633 | 1.69 |
| **PVS-2.10.3** | **PVS-2.10.2** | 8.00 | 192.06 | 192.03 | 191.603 | 186.241 | 1.88 |
| **PVS-2.7.4** | **PVS-2.10.2** | 7.00 | 190.16 | 186.50 | 190.010 | 186.353 | 1.65 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla c5:** Cálculos de diseño topográfico

| Pozo de visita | | Pendiente del tramo | Elevación de corona | | Elevación de invert | | Profundidad de PVS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Desde | Hasta | % | Arriba | Abajo | Arriba | Abajo | m |
| PVS-2.10.2 | PVS-2.10.1 | 0.40 | 186.50 | 186.50 | 186.323 | 186.127 | 1.75 |
| PVS-2.10.1 | PVS-2.10 | 0.40 | 186.50 | 186.50 | 186.097 | 185.880 | 3.07 |
| PVS-2.10 | PVS-2.9 | 0.50 | 187.94 | 187.93 | 185.850 | 185.572 | 3.05 |
| PVS-2.9 | PVS-2.8 | 0.50 | 187.93 | 187.93 | 185.542 | 185.065 | 3.10 |
| PVS-2.8.3 | PVS-2.8.2 | 0.50 | 186.94 | 186.80 | 186.790 | 186.651 | 1.65 |
| PVS-2.8.2 | PVS-2.8.1 | 0.50 | 186.77 | 186.58 | 186.621 | 186.429 | 1.87 |
| PVS-2.8.1 | PVS-2.8 | 0.50 | 186.55 | 186.55 | 186.399 | 186.300 | 1.95 |
| PVS-2.8 | PVS-2.7 | 0.50 | 187.93 | 187.92 | 185.035 | 184.993 | 3.30 |
| PVS-6.20 | PVS-2.7.7 | 9.95 | 199.28 | 195.09 | 199.130 | 194.944 | 1.65 |
| PVS-2.7.7 | PVS-2.7.6 | 5.75 | 195.09 | 195.07 | 194.944 | 191.082 | 1.66 |
| PVS-2.10.5 | PVS-2.7.6.1 | 1.00 | 192.44 | 192.06 | 192.290 | 191.915 | 1.65 |
| PVS-2.7.6.1 | PVS-2.7.6 | 0.95 | 192.06 | 192.06 | 191.915 | 191.088 | 1.65 |
| PVS-2.7.6 | PVS-2.7.5 | 0.60 | 192.06 | 192.05 | 191.058 | 190.715 | 1.68 |
| PVS-2.10.3 | PVS-2.7.5 | 1.80 | 191.98 | 190.89 | 191.830 | 190.745 | 1.65 |
| PVS-2.7.5 | PVS-2.7.4 | 1.30 | 192.05 | 192.05 | 190.685 | 189.926 | 1.72 |
| PVS-6.19 | PVS-2.7.4 | 11.00 | 197.71 | 190.16 | 197.560 | 190.006 | 1.65 |
| PVS-2.7.4 | PVS-2.7.3 | 2.00 | 192.05 | 192.03 | 189.896 | 188.859 | 1.76 |
| PVS-2.7.3 | PVS-2.7.2 | 0.50 | 192.03 | 192.03 | 188.829 | 188.486 | 1.78 |
| PVS-6.17 | PVS-2.7.2 | 3.50 | 192.88 | 189.66 | 192.730 | 189.508 | 1.65 |
| PVS-2.6.2 | PVS-2.7.2.1 | 10.00 | 198.43 | 193.45 | 198.280 | 193.303 | 1.65 |
| PVS-2.7.2.1 | PVS-2.7.2 | 7.00 | 193.45 | 193.43 | 193.273 | 189.661 | 1.80 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla c6:** Cálculos de diseño topográfico

| Pozo de visita | | Pendiente del tramo | Elevación de corona | | Elevación de invert | | Profundidad de PVS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Desde | Hasta | % | Arriba | Abajo | Arriba | Abajo | m |
| **PVS-2.7.2** | **PVS-2.7.1** | 2.50 | 192.03 | 192.01 | 188.456 | 186.669 | 2.72 |
| **PVS-2.7.1** | **PVS-2.7** | 1.50 | 192.01 | 192.00 | 186.639 | 186.118 | 2.40 |
| **PVS-2.7** | **PVS-2.6** | 1.00 | 187.92 | 187.90 | 184.963 | 184.105 | 3.40 |
| **PVS-2.6.3** | **PVS-2.6** | 12.00 | 191.62 | 185.82 | 191.470 | 185.673 | 1.65 |
| **PVS-2.6.2** | **PVS-2.6.1** | 4.60 | 198.43 | 196.25 | 198.280 | 196.096 | 1.65 |
| **PVS-2.6.1** | **PVS-2.6** | 20.00 | 196.25 | 196.19 | 196.045 | 185.767 | 1.70 |
| **PVS-2.6** | **PVS-2.5** | 1.00 | 187.90 | 187.89 | 184.075 | 183.626 | 3.38 |
| **PVS-2.5** | **PVS-2.4** | 3.50 | 187.89 | 187.85 | 183.586 | 181.403 | 3.00 |
| **PVS 4.3** | **PVS-2.4** | 20.00 | 191.35 | 182.52 | 191.200 | 182.372 | 1.65 |
| **PVS-2.4** | **PVS-2.3** | 2.50 | 187.85 | 187.82 | 181.371 | 180.338 | 2.99 |
| **PVS-2.3** | **PVS-2.2** | 1.25 | 187.82 | 187.78 | 180.308 | 180.116 | 2.86 |
| **PVS-2.2** | **PVS-2.1** | 3.50 | 187.78 | 187.73 | 180.074 | 179.057 | 2.89 |
| **PVS-2.1** | **PVS-2** | 0.50 | 187.73 | 187.72 | 179.027 | 178.878 | 2.81 |
| **PVS-2** | **PVS-1** | 1.50 | 180.45 | 180.41 | 178.832 | 178.384 | 2.94 |
| **PVS-1** | **PVS-1.1** | 1.60 | 180.41 | 180.36 | 178.336 | 177.710 | 1.66 |
| **PVS-1.1** | **PVS-1.2** | 1.80 | 180.36 | 180.30 | 177.656 | 176.880 | 1.73 |
| **PVS-1.2** | **PVS-1.3** | 1.50 | 180.30 | 180.26 | 176.834 | 176.068 | 1.79 |
| **PVS-1.3** | **PVS-1.4** | 1.40 | 180.26 | 180.22 | 176.026 | 175.283 | 1.83 |
| **PVS-1.4** | **PVS-1.5** | 1.40 | 180.22 | 180.17 | 175.241 | 174.507 | 2.13 |
| **PVS-1.5** | **CRS-1.6** | 1.40 | 180.17 | 180.13 | 174.465 | 173.746 | 2.65 |
| **PVS-1.6** | **CR-E** | 1.40 | 180.13 | 180.09 | 173.704 | 173.634 | 3.09 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

ANEXO D: **Cálculo de sistema de tratamiento de aguas residuales**

**Tabla d1:** Cálculos de canal de entrada

| Tabla de diseño de canal de entrada | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parámetros** | Simbología | Ecuaciones | Datos | Criterios |
| **Población** | P | 5176 | hab. | |
| **Dotación** | DOT | 105 | lppd | Consumo histórico |
| **Ancho de canal** | B | 0.3 | m | 0.30 m - 0.70 m |
| **Pendiente a lo largo del canal** | S | 0.005 | m/m | Asumido |
| **Coeficiente de Manning** | N | 0.013 | | Concreto |
| **Borde libre** | BL | 0.2 | m | 0.20 m - 0.3 m |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d2:** Cálculos de canal de entrada

| Criterios de diseño | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Parámetros** | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| **Caudal medio** | QM | $Q_m = \frac{P * Dot * 0.8}{86400\ seg/día}$ | 5.0322 | lt/seg | |
| | | | 0.0050 | $m3/s$ | |
| **Caudal de diseño** | QD | $Qd = Qmax + Qinf + Qcom + Qins$ | 15.9750 | $m3/s$ | |
| | | | 0.0160 | $m3/s$ | |
| **Altura máxima** | HMAX | $\frac{Q_d * n}{\sqrt{S}} = H_{máx} * B \left[\frac{H_{máx} * B}{B + 2H_{máx}}\right]^{\frac{2}{3}}$ | 0.0730 | $m$ | |
| **Altura media** | HMED | $\frac{Q_m * n}{\sqrt{S}} = H_m * B \left[\frac{H_m * B}{B + 2H_m}\right]^{\frac{2}{3}}$ | 0.0305 | $m$ | |
| **Velocidad máxima** | VMAX | $V_{máx} = \frac{Q_d}{B * H_{máx}}$ | 0.7295 | $m/s$ | 0.40-0.75m/seg,cumple |
| **Velocidad media** | VM | $V_m = \frac{Q_m}{B * H_m}$ | 0.5500 | $m/s$ | 0.40-0.75m/seg,cumple |
| **Área mojada** | AT | $A_t = B * H_{máx}$ | 0.0219 | $m^2$ | |
| **Altura del canal** | HCANAL | | 0,5 | $m$ | |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

## Comprobación con software Hcanales

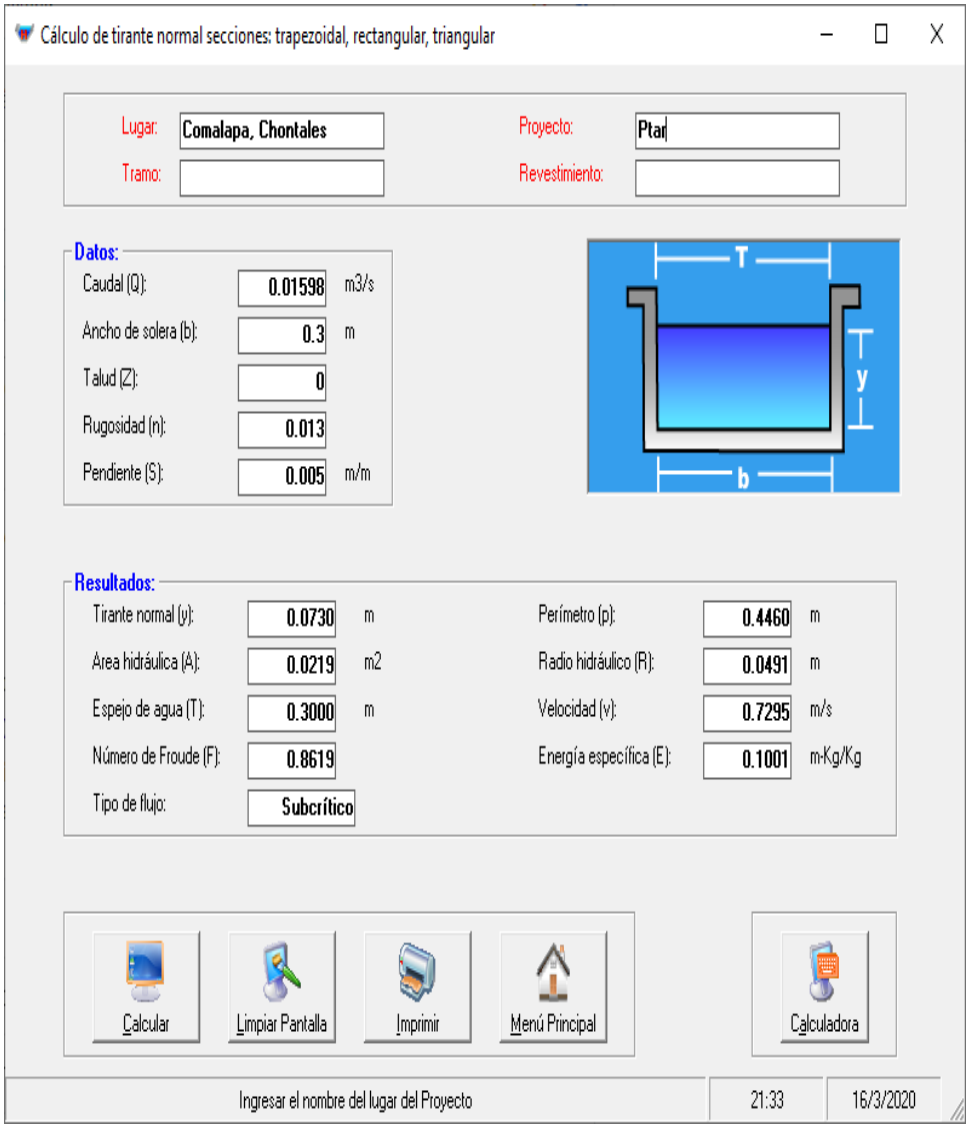


**Tabla d3:** Cálculos de rejas

| Criterios de diseño de rejas | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parámetros** | Simbología | Datos | Unidades | Criterios |
| **Población** | P | 5176 | $hab$ | |
| **Dotación** | Dot. | 105 | $lppd$ | 0- 5000 Hab. → 100 lppd (INAA) |
| **Factor de forma de las barras** | β | 1.79 | | Circular = 1.79, Rectangular = 2.42 |
| **Inclinación de reja** | θ | 45 | ° | 45º - 60º con la Horizontal |
| **Separación entre barra** | a | 3.0 | $cm$ | 2.50 cm - 5.00 cm |
| **Espesor barra** | t | 0.75 | $cm$ | 0.50 cm - 1.50 cm |
| **Ancho de canal** | B | 0.3 | $m$ | 0.30 m - 0.70 m |
| **Ancho de reja** | b | 0.3 | $m$ | Asumido |
| **Pendiente a lo largo del canal** | S | 0.005 | $m/m$ | Asumido |
| **Coeficiente de Manning** | n | 0.013 | | Concreto |
| **Borde libre** | BL | 0.2 | $m$ | 0.20 m - 0.3 m |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d4:** Cálculos de rejas

| Diseño de rejas | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Parámetros** | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| **Cantidad de barras** | | | 8 | $unid$ | |
| **Longitud de las barras** | LB | | 0.42 | $m$ | |
| **Caudal medio** | Qm | $Q_m = \frac{P * Dot * 0.8}{86400\ seg/día}$ | 5.032 | $l/s$ | |
| | | | 0.0050 | $m^3/s$ | |
| **Caudal de diseño** | Qd | $Qd = Qmax + Qinf + Qcom + Qins$ | 15.975 | $l/s$ | |
| | | | 0.0160 | $m^3/s$ | |
| **Altura máxima** | Hmax | $\frac{Q_d * n}{\sqrt{S}} = H_{máx} * b \left[\frac{H_{máx} * b}{b + 2H}\right]^{\frac{2}{3}}$ | 0.07300 | $m$ | |
| **Altura media de agua antes de rejas** | Hmed | $\frac{Q_m * n}{\sqrt{S}} = H_m * b \left[\frac{H_m * b}{b + 2H}\right]^{\frac{2}{3}}$ | 0.03050 | $m$ | |
| **Velocidad máxima antes de reja** | Vmáx | $V_{máx} = \frac{Q_d}{B * H_{máx}}$ | 0.7295 | $m/s$ | 0.40-0.75m/segundo, cumple |
| **Velocidad media antes de reja** | Vm | $V_m = \frac{Q_m}{B * H_m}$ | 0.5500 | $m/s$ | 0.40-0.75m/segundos, cumple |
| **Área total mojada** | At | $A_t = b * H_{máx}$ | 0.0219 | $m^2$ | |
| **Eficiencia** | E | $E = \frac{a}{a + t}$ | 0.8000 | | 0.6 - 0.85 (CEPIS) |
| **Área Útil** | Au | $A_u = A_t * E$ | 0.0175 | $m^2$ | |
| **Velocidad de Paso** | Vp | $V_p = \frac{Q_d}{A_u}$ | 0.6830 | m/seg | 0.40-0.75m/segundos, cumple |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d5:** Cálculos de rejas

| Verificación de la Velocidad Media | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Área Total por Velocidad Media | At´ | $A'_t = b * H_{med}$ | 0.0092 | m2 | |
| Área Útil por Velocidad Media | Au´ | $A'_u = A'_t * E$ | 0.0073 | m2 | |
| Velocidad Media | V'm | $V'_m = \frac{Q_m}{A'_u}$ | 0.6875 | m/seg | 0.40-0.75m/segundo,cumple |
| Pérdida de Carga en Rejas Limpias | Hf | $H_f = \beta * \left(\frac{t}{a}\right)^{\frac{4}{3}} * \sin\theta * \frac{V_m^2}{2g}$ | 0.0093 | m | <0.15,cumple |
| Pérdida de Carga en Rejas (Parcialmente Obstruída) | Hfo | $h_{fo} = \left(\frac{E}{E_o}\right)^2 * H_f = \left(\frac{E}{0.75 * E}\right)^2 * H_f$ | 0.0166 | m | <0.15,cumple |
| | Eo | 0.75 E | 0.6000 | | (0.5 - 0.75), (0.75 = Parcialmente Obstruido) |
| Altura del Canal | Hcanal | $H_{canal} = H_{máx} + h_{fo} + BL$ | 0.5 | m | |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d 6:** Cálculos de desarenador

| Criterio de diseño del desarenador | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parámetros** | Simbología | Datos | Unidades | Criterios |
| **Carga superficial** | Cs | 1200 | m3/m2/día | 700 - 1600 |
| **Caudal de diseño** | Qd | 0.01598 | m3/seg | |
| **Velocidad de flujo** | V | 0.3 | m/seg | Valor sugerido por INAA |
| **Diámetro de partícula** | Ø | 0.2 | mm | > 0.2 mm, CEPIS |
| **Velocidad de sedimentación** | Vs | 0.021 | m/seg | cepis |
| **Número de desarenadores** | No | 1 | unid | |
| **Tiempo de retención de sedimento en tolva** | T | 15 | días | Por Mantenimiento |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d 7:** Cálculos de desarenador

| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
|---|---|---|---|---|---|
| **Altura del agua en zona de sedimentación** | | | 0.268 | m | |
| **Área superficial** | AS | | 1.150 | $m^2$ | |
| **Longuitud teorica del desarenador** | L | | 3.83 | m | Según cepis |
| **Ancho** | b | | 0.30 | m | Usar B de Canal de Entrada |
| **Altura de Agua en el Canal de Llegada** | Hagua | $\frac{Q_d}{b * V}$ | 0.18 | m | |
| **Borde libre** | BL | | 0.20 | m | Asumido |
| **Largo** | L | $\frac{V * H_{agua} * 86400}{C_s}$ | 3.83 | m | |
| **Altura calculada del desarenador (Hc)** | | | 1.10 | m | |
| **Radio Hidráulico** | Rh | A/P | 0.0813 | m | |
| | | Rh2/3 | 0.1877 | | |
| **Pendiente Longitudinal del Desarenador** | S | $S = \left(\frac{n * V}{Rh^{2/3}}\right)^2$ | 0.7752 | % | |
| **Pérdidas en el desarenador** | Hf | S * L | 0.0297 | m | |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d8:** Cálculos de desarenador

| Zona de Lodos | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Parámetros** | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| **Cantidad de material retenido** | Cant.retenida | | 0.029 | lts/m3 | Zona Residancial, OPS/OMS/CEPIS |
| **Volumen Sedimentado** | Vsed | Q * Cant.retenida * t | 600.404 | lts | |
| **Volumen requerido de tolva** | Vol.Req.Tolva | Vsed | 0.600 | m3 | |
| **Altura de Tolva propuesta** | Htolva | | 0.60 | m | |
| **Ancho** | b | | 0.30 | m | |
| **Largo** | L | | 3.83 | m | |
| **Volumen propuesto de tolva** | Vtolva | $H_{Tolva} * b * L$ | 0.690 | m3 | ≥Vol.Req.tolva, Cumple |
| **Altura Total del Desarenador** | Htotal | Σ Hagua + Htolva + BL | 0.98 | m | |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d 9:** Selección de canaleta Parshall

| Parámetros | Simbología | Datos | Unidades | Criterios |
|---|---|---|---|---|
| **Caudales de Diseño** | Qmin | 0.00101 | m3/seg | > 0.0008 |
| | Qd | 0.01598 | m3/seg | < 0.0538 |
| **Ancho de Canal** | B | 0.30 | m | |
| **Ancho de Garganta** | W' | 0.15 | m | 1/3 - 1/2 de B |
| **Ancho de Garganta Seleccionado** | W | 0.076 | m | |
| **Dimensiones de Canal Parshall Seleccionado** | A | 0.467 | m | |
| | 2/3 A | 0.311 | m | |
| | Wc | 0.198 | m | |
| | B | 0.457 | m | |
| | C | 0.178 | m | |
| | D | 0.259 | m | |
| | E | 0.61 | m | |
| | F | 0.152 | m | |
| | G | 0.305 | m | |
| | K | 0.025 | m | |
| | N | 0.057 | m | |
| | R | 0.406 | m | |
| | M | 0.305 | m | |
| | P | 0.768 | m | |
| | X | 0.025 | m | |
| | Y | 0.038 | m | |
| | k | 0.1765 | | |
| | n | 1.547 | | |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d10:** Selección de canaleta Parshall

| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
|---|---|---|---|---|---|
| **Carga piezométrica en Wc (Tramo convergente)** | Ha | $\sqrt[n]{Qmax/k}$ | 0.21 | m | Despejando $Q = KHn$ |
| **carga piezométrica en tramo contraído** | Hb | $\sqrt[n]{Qmn/k}$ | 0.04 | m | |
| **Ahogamiento** | | $\frac{Hb}{Ha}$ | 16.74 | % | $< 60\ \%$, Cumple |
| **Velocidad en la sección Wc** | Vo | $\frac{Q}{Wc * Ha}$ | 0.38 | m/seg | |
| **Carga total en la sección Wc** | Hc | $\frac{Vo^2}{2g} + Ha + \frac{M}{4}$ | 0.30 | m | |
| **Caudal específico en W** | Q | $\frac{Q}{W}$ | 0.21 | $m^3/m/seg$ | |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d11:** Selección de canaleta Parshall

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Angulo ɵ** | Θ | | 1.57 | rad | |
| **Velocidad antes del resalto** | $V_1$ | $2\left[\left(\frac{2g * Eo}{3}\right)^{0.5} * \cos\left(\frac{Ø}{3}\right)\right]$ | 2.41 | m/seg | $2.5\ m/seg\ -\ 3\ m/seg$ |
| **Altura de Agua antes del resalto** | $h_1$ | $\frac{q}{V1}$ | 0.09 | m | |
| **Fronde** | F | $\frac{V1}{\sqrt{g * h1}}$ | 2.6 | | Régimen Supercrítico |
| **Altura de Agua en el resalto** | $h_2$ | $\frac{h1}{2}\left[\sqrt{(1+8f^2)}\ -1\right]$ | 0.28 | m | $h1 <\ h2, OK!!$ |
| **Velocidad en el resalto** | $V_2$ | $\frac{Q}{W * h2}$ | 0.75 | m/seg | |
| **Altura de agua en la salida del canal** | $h_3$ | $h2 - (N - k)$ | 0.25 | m | |
| **Velocidad en la sección de salida** | $V_3$ | $\frac{Q}{C * h3}$ | 0.36 | m/seg | |
| **Pérdidas** | Hf | $\frac{(h2 - h1)^3}{4 * h2 * h1}$ | 0.07 | m | |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d12:** Selección de canaleta Parshall

| Ahogamiento | | Hb/Ha < 60 % | | | Hb/Ha < 70 % | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ln** | | 7 | 15 | 22 | 30 | 45 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 |
| **W (cm)** | | 7.6 | 15.2 | 22.9 | 30.5 | 45.7 | 61 | 91.5 | 121.9 | 152.4 | 182.9 | 213.4 | 243.8 |
| **A (cm)** | | 46.7 | 62.1 | 88 | 137.2 | 144.8 | 152.4 | 167.6 | 182.9 | 198.1 | 213.4 | 228.6 | 243.8 |
| **2/3 A (cm)** | | 31.1 | 41.4 | 58.7 | 91.4 | 96.5 | 101.6 | 11.8 | 121.9 | 132.1 | 142.3 | 152.4 | 162.6 |
| **Wc cm** | | 19.8 | 31.5 | 46 | 66.5 | 83.6 | 120.3 | 135.3 | 169.8 | 204.3 | 238.8 | 273.3 | 307.7 |
| **B cm** | | 45.7 | 61 | 86.4 | 134.3 | 134.3 | 149.5 | 164.5 | 179.4 | 194.3 | 209.2 | 224.2 | 239.1 |
| **C cm** | | 17.8 | 39.4 | 38.1 | 61 | 76.2 | 91.4 | 121.9 | 152.4 | 182.9 | 213.4 | 243.8 | 274.3 |
| **D cm** | | 25.9 | 39.7 | 57.5 | 84.5 | 102.6 | 149.9 | 157.2 | 193.7 | 230.2 | 266.7 | 333.2 | 339.7 |
| **E cm** | | 61 | 61 | 76.2 | 91.4 | 91.4 | 91.4 | 91.4 | 91.4 | 91.4 | 91.4 | 91.4 | 91.4 |
| **F cm** | | 15.2 | 30.5 | 30.5 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 |
| **G cm** | | 30.5 | 61 | 45.7 | 91.4 | 91.4 | 91.4 | 91.4 | 91.4 | 91.4 | 91.4 | 91.4 | 91 |
| **K cm** | | 2.5 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 |
| **N cm** | | 5.7 | 11.4 | 11.4 | 22.9 | 22.9 | 22.9 | 22.9 | 22.9 | 22.9 | 22.9 | 22.9 | 22.9 |
| **R cm** | | 40.6 | 40.6 | 40.6 | 50.8 | 50.8 | 50.8 | 50.8 | 61 | 61 | 61 | 61 | 61 |
| **M cm** | | 30.5 | 30.5 | 30.5 | 38.1 | 38.1 | 38.1 | 38.1 | 45.7 | 45.7 | 45.7 | 45.7 | 45.7 |
| **P cm** | | 76.8 | 90.2 | 108 | 149.2 | 167.6 | 185.4 | 222.3 | 171.1 | 308 | 344.2 | 381 | 417.2 |
| **X cm** | | 2.5 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 |
| **Y cm** | | 3.8 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 |
| **Caudal de Flujo Libre** | **Minimo** | 0.0008 | 0.0014 | 0.0025 | 0.0031 | 0.0042 | 0.0119 | 0.0173 | 0.0368 | 0.0453 | 0.0736 | 0.085 | 0.0991 |
| | **Maximo** | 0.0538 | 0.1104 | 0.252 | 0.4559 | 0.6966 | 0.9373 | 1.4272 | 1.9227 | 2.4239 | 2.9308 | 3.4377 | 3.9502 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d13:** Selección de canaleta Parshall

| Valores de calibración | | |
|---|---|---|
| W cm | k | n |
| 7.6 | 0.1765 | 1.547 |
| 15.2 | 0.381 | 1.58 |
| 22.9 | 0.535 | 1.53 |
| 30.5 | 0.69 | 1.522 |
| 45.7 | 1.054 | 1.538 |
| 61 | 1.426 | 1.55 |
| 92.5 | 2.182 | 1.556 |
| 122 | 2.935 | 1.578 |
| 152.5 | 3.728 | 1.587 |
| 183.2 | 4.515 | 1.595 |
| 213.5 | 5.306 | 1.601 |
| 244 | 6.101 | 1.606 |
| 30 - 240 | $Q = 0.372 * W * (3.281\ Ha)^{1.568\ W^{0.026}}$ | |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d14:** Cálculo de tanque Imhoff

| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
|---|---|---|---|---|---|
| **Población** | P | | 5,176.00 | hab | |
| **Dotación** | Dot | | 105.00 | lppd | Consumo Historico |
| **Sólidos en suspensión** | SS | | 435.00 | mg/lt | Caract. Santo Ch. |
| **DBO5 afluente** | So | | 411.00 | mg/lt | Caract. Santo Ch. |
| **Caudal medio** | Qm | $Q_m = \frac{P * Dot * 0.8}{86400\ seg/día}$ | 0.0050 | m3/seg | |
| **Carga per cápita de DBO5** | q | So x (Dot x 0.8) | 34.52 | grDBO/hab/día | |
| | | | 0.035 | KgDBO/hab/día | |
| **Carga diaria de DBO** | CTA | q*P | 178.70 | KgDBO/día | |
| **Coliformes fecales en el afluente** | CFA | | 7,670,000.00 | NMP/100 ml | Asumido |
| **Porcentaje de remoción de DBO** | R | $\frac{DBO\ por\ día}{Qm}$ | 50.00 | % | 40% - 60 %, CEPIS |
| **Concentración de DBO5 en afluente** | So | | 411.00 | mg /lt | Comprobación de "So" dado por Laboratoio UNI 1999 |
| **Concentración DBO en efluente** | S | So- (R *So) | 205.50 | mg /lt | |
| **Remoción de coliformes** | | | 50.00 | % | |
| **Coliformes fecales en efluente** | CFE | CFA-50% CFA | 3,835,000.00 | NMP / 100 ml | |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d15:** Cálculos de tanque Imhoff

| Cámara de sedimentación | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parámetros** | Simbología | Datos | Unidades | Criterios |
| **Carga superficial** | Cs | 1.35 | m3/m2/hr | 1.0 - 1.7, INAA |
| **Carga sobre el vertedero efluente** | | 15.00 | m3/m/hr | 7 - 25, INAA |
| **Tiempo de retención** | Trs | 2.00 | hr | 2-4, INAA |
| **Velocidad horizontal del flujo** | Vflujo | 30.00 | cm/min | INAA |
| **Relación longitud/Ancho (ΔL/Δb)** | ΔL | 4.00 | | INAA |
| | Δb | 1.00 | | |
| **Pendiente del fondo del sedimentador** | Δh | 1.00 | | INAA |
| | Δv | 1.00 | | |
| **Abertura de comunicación entre cámaras** | | 25.00 | cm | 15 - 30, INAA |
| **Proyección horizontal del saliente** | | 25.00 | cm | 15 - 30, INAA |
| **Número tanques** | Ns | 1.00 | | |
| **Número de sedimentadores** | Ns | 1.00 | | |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d16:** Cálculos de tanque Imhoff

| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
|---|---|---|---|---|---|
| **Volumen total de sedimentación** | Vs | $Qm * Trs$ | 36.23 | m3 | |
| **Volumen por sedimentador** | Vsu | $Vs/Ns$ | 36.23 | m3 | |
| **Área superficial mínima del sedimentador** | As | $Qm/Cs$ | 13.42 | m2 | |
| **Área superficial mínima por sedimentador** | Asu | $As/Ns$ | 13.42 | m2 | |
| **Ancho de sedimentador** | Bs | $\sqrt{Asu/\Delta L}$ | 1.83 | m | |
| **Longitud de sedimentador** | Ls | $Bs * \Delta L$ | 7.33 | m | |
| **Área transversal triangular de sedimentador** | Ats | $\frac{Bs}{2} * Hts$ | 0.84 | m2 | |
| **Altura triangular de sedimentador** | Hts | $\frac{Bs}{2} * h$ | 0.92 | m | |
| **Área transversal rectangular de sedimentador** | Ars | $\frac{Vsu - (Ats * Ls)}{Ls}$ | 2.24 | m2 | |
| **Altura rectangular de sedimentador** | Hrs | $Ars/Bs$ | 1.22 | m | |
| **Área transversal total de cada sedimentador** | ATS | $Ars + Ats$ | 3.08 | m2 | |
| **Altura total de cada sedimentador** | HTS | $Hrs + Hts$ | 2.14 | m | |
| **Longitud minima del vertedero salida** | Lv | lv: Qmax/ chv | 0.06 | m3 / m*dia | |
| **Revisión de velocidad horizontal del flujo** | Vflujo | $\frac{Qm}{ATS * Ns}$ | 9.80 | cm/min | < 30 cm/min, Cumple |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d17:** Cálculos de tanque Imhoff

| **Deflector de espuma** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Parámetros** | Simbología | Datos | Unidades | Criterios |
| **Por debajo de la superficie** | | 30.00 | cm | 25-40 cm INAA |
| **Por encima de la superficie** | | 30.00 | aw | INAA |
| **Borde libre** | BL | 50.00 | cm | 45 - 60, INAA |
| **Zona de Ventilación de Gases** | | | | |
| **Parámetros** | Simbología | Datos | Unidades | Criterios |
| **Anchura de abertura** | | 0.60 | m | 45-75 m |
| **Separación entre sedimentadores** | | 1.00 | m | > 1.00 m Cepis |
| **Porcentaje** | | 25.4% | % | 15-30% |
| **Cámara de Digestión** | | | | |
| **Parámetros** | Simbología | Datos | Unidades | Criterios |
| **Temperatura de agua** | Ta | 26.40 | ºC | |
| **Factor de capacidad relativa** | fcr | 0.50 | | Ver Cuadro D-2-1b |
| **Tiempo de retención de lodos** | Trc | 30.00 | días | Ver Cuadro D-2-1a |
| **Pendiente del fondo** | Δa | 2.00 | | INAA |
| | Δb | 1.00 | | |
| **Tubería de extracción de lodos** | Φ | 25.00 | cm | 20 - 30, INAA |
| | | 0.25 | m | Al fondo de tanque |
| **Número de cámaras** | Nc | 1.00 | und | |
| **Altura trapezoidal** | Htc | 0.83 | m | Htc=[(BM-Bm)/2]*Pfc |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

L

**Tabla d18**: Cálculos de tanque Imhoff

| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
|---|---|---|---|---|---|
| **Carga Hidraulica Sobre El Vertedero** | Chv | | 250.00 | m3/ m*dia | 125-500 |
| **Longitud de cada Cámara** | Lc | lc= ls/2 | 7.33 | m | |
| **Volumen por Cámara** | Vcu | $\frac{70 * P * fcr}{1000}$ | 181.16 | m3 | OPS, CEPIS, 05 163, UNATSABAR |
| **Base Mayor de Cámara de Lodos** | BMc | $= 2Bs + 2(Anchura\ de\ Abertura) + Separación\ entre\ Sedimentadores$ | 4.33 | m | |
| **Base Menor de Cámara de Lodos** | Bmc | | 1.00 | m | |
| **Altura en Zona Trapezoidal** | Htc | $\frac{BMc - Bmc}{2 * a}$ | 0.83 | m | |
| **Volumen en Zona Trapezoidal** | Vtc | $\left(\frac{Htc}{3} * \left[(BMc * Lc) + Bmc^2 + \sqrt{(BMc * Lc) + Bmc^2}\right]\right)/Nc$ | 10.65 | m3 | |
| **Volumen en Zona Recta de cada Cámara** | Vrc | $Vcu - Vtc$ | 170.51 | m3 | |
| **Altura de Lodos en Zona Recta de cada Cámara** | Hrc | $\frac{Vrc}{Lc * BMc}$ | 5.37 | m | |
| **Distancia Libre hasta el nivel de Lodos** | | | 0.30 | m | 0.30-0.90 INAA |
| **Altura total de la camara de digestion** | | | 6.51 | m | |
| **Altura Total del Tanque** | HT | | 9.15 | m | 7.25 - 9.5, INAA |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d19:** Cálculos de lecho de Secado

| LECHO DE SECADO | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Parámetros** | **Simbología** | **Datos** | **Unidades** | **Criterios** | |
| **Densidad de los lodos** | ρlodo | 1.04 | Kg/lt | CEPIS | |
| **Solidos contenidos en los lodos** | % Solidos | 10.00 | % | CEPIS | |
| **Altura del lecho** | Hl | 0.40 | m | 0.2 - 0.4 m, CEPIS | |
| | | | | | |
| **Parámetros** | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| **Carga de sólidos que ingresa al sedimentador** | C | $Q_m * SS$ | 189.13 | Kg de SS/día | |
| **Masa de sólidos que conforman los sólidos** | Msd | $0.325 * C$ | 61.47 | Kg de SS/día | |
| **Volumen diario de lodos digeridos** | Vld | $\frac{M_{sd}}{\rho_{lodos} * \left(\frac{\%\ Sólidos}{100}\right)}$ | 591.03 | lts/día | |
| **Volumen de lodos a extraerse del tanque** | V extracción | $V_{ld} * Trc$ | 17.73 | m3 | |
| **Área del lecho de secado** | Als | $\frac{V_{extracción}}{Hl}$ | 44.33 | m2 | |
| **Ancho del lecho de secado** | Bls | | 6.00 | m | (3-6) m Cepis |
| **Largo del lecho de secado** | Lls | $\frac{Als}{Bls}$ | 7.39 | | |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d20:** Cálculos de lecho de Secado

| Temperatura de agua ºC | Tiempo de digestión en días | Factor de capacidad relativa |
|---|---|---|
| **5.00** | 110.00 | 2.00 |
| **10.00** | 76.00 | 1.40 |
| **15.00** | 55.00 | 1.00 |
| **20.00** | 40.00 | 0.70 |
| **> 25** | 30.00 | 0.50 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d21:** Cálculos de biofiltro #1

| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
|---|---|---|---|---|---|
| **Coliformes Fecales en el Afluente** | CFA | | 3.84E+06 | NMP/100 ml | |
| **Coliformes Fecales en el Efluente** | CFE | | 1.87E+04 | NMP/100 mlpar | > 1.00E+03, No Cumple |
| **Coliformes Fecales Removidos** | CFremov. | | 99.51 | % | |
| **DBO5 Afluente** | So | | 205.50 | mg/lt | |
| **DBO5 Efluente Esperado** | S | | 1.000 | mg /lt | < 110, Cumple |
| **DBO5 Removido** | DBO5remov. | | 99.51 | % | |
| **Caudal Medio** | Qm | | 0.00503 | m3/seg | |
| | | | 434.7840 | m3/día | |
| **Medio Filtrante** | | Grava | | | |
| **Porosidad** | η | | 0.34 | | |
| **Conductividad Hidráulica** | Ks | | 8000 | m/día | |
| **Profundidad Media del Humedal** | Hm | | 0.72 | m | 0.60 - 0.85 m |
| **Temperatura del Agua en el Mes más Frío** | Ta | $10.443 + (0.688 * T_{aire})$ | 25.6 | °C | |
| **Constante de Biodegradación de la Materia Orgánica a 20°C** | K20ºC | $1.839 * 37.31 * \eta^{4.172}$ | 0.762 | d-1 | |
| **Constante de Reacción de Primer Orden a Temperatura Ambiente** | Kd(Ta) | $K_{20^oC} * 1.06^{(T_a - 20^oC)}$ | 1.054 | d-1 | |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d22:** Cálculos de biofiltro #1

| **Superficie Requerida** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Parámetros** | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| **Área Superficial Requerida** | As | $\frac{Q_m * [\ln(S_o) - \ln(S)]}{K_{d(Ta)} * H_m * \eta}$ | 8972 | m2 | |
| **Tiempo de Retención Hidráulica** | Tr | $\frac{A_s * H_m * \eta}{Q_m}$ | 5.05 | días | |
| **Carga Orgánica** | Lorg | $\frac{S_o * H_m * \eta}{T_r}$ | 99.58 | KgDBO/ha*día | < 112, Cumple |
| **Carga Hidráulica** | CH | $Q_m / A_s$ | 484.59 | m3/ha*d | 470-1870, Cumple |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d23:** Cálculos de biofiltro #1

| Diseño geométrico | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Parámetros** | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| **Número de Biofiltros** | N | $A_s/N$ | 1 | unid | |
| **Superficie Unitaria** | Asu | $Q_m/N$ | 8972 | m2 | |
| **Caudal Unitario** | Qmu | | 434.784 | m3/día | |
| **Pendiente del Fondo del Lecho** | i | | 0.010 | m/m | 0.05-0.01 |
| **Relacion Largo/Ancho** | L/B | | 0.900 | | |
| **Ancho Unitario** | B | $\sqrt{\left(\frac{A_{su}}{N}\right)}$ | 100 | m | |
| **Largo Unitario** | L | $A_{su}/B$ | 90 | m | |
| **Espesor de Tierra Superficial** | **Ht** | | 0.10 | m | 0.05 - 0.15 m |
| **Altura de Borde Libre** | **BL** | | 0.20 | m | 0.2 - 0.9 m |
| **Espesor del Lecho Filtrante en la Entrada del Biofiltro** | **H1** | $H_m - \left(L/2 * i\right)$ | 0.27 | m | |

**Tabla d24:** Cálculos de biofiltro #1

| Diseño geométrico | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Parámetros** | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| **Profundidad del Humedal en la Entrada del Biofiltro** | **He** | $H_t + BL + H_l$ | 0.57 | m | |
| **Espesor del Lecho Filtrante en la Salida del Biofiltro** | **H2** | $H_m + ({}^{L}/_{2} * i)$ | 1.17 | m | |
| **Profundidad de Salida del Humedal** | **Hs** | $H_t + BL + H_s$ | 1.47 | m | |
| **Talud a lo largo** | **zL** | | 2/3 | | |
| **Margen Extra de Longitud a la Entrada del Humedal** | Le | ${}^{H_e}/_{zL}$ | 0.86 | m | |
| **Margen Extra de Longitud a la Salida del Humedal** | Ls | ${}^{H_s}/_{zL}$ | 2.20 | m | |
| **Longitud Total de Biofiltro** | Lt | $L + L_e + L_s$ | 93 | m | |
| **Talud de Entrada del Humedal** | zB | | 2/3 | | |
| **Margen Extra de la Base del Humedal** | Bm | ${}^{H_e}/_{zB}$ | 0.86 | m | |
| **Talud a lo ancho de la Salida del Humedal** | zB' | ${}^{H_s}/_{B_m}$ | 4/7 | | |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d25:** Cálculos de biofiltro #2

| Diseño geométrico | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Parámetros** | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| **Número de Biofiltros** | N | | 1 | unid | |
| **Superficie Unitaria** | Asu | $A_s / N$ | 8972 | m2 | |
| **Caudal Unitario** | Qmu | $Q_m / N$ | 434.784 | m3/día | |
| **Pendiente del Fondo del Lecho** | i | | 0.010 | m/m | 0.05-0.01 |
| **Relacion Largo/Ancho** | L/B | | 1 | | |
| **Ancho Unitario** | B | $\sqrt{\left(\frac{A_{su}}{N}\right)}$ | 100 | m | |
| **Largo Unitario** | L | $A_{su} / B$ | 90 | m | |

**Tabla d26:** Cálculos de biofiltro #2

| Diseño geométrico | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Parámetros** | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| **Espesor de Tierra Superficial** | **Ht** | | 0.10 | m | 0.05 - 0.15 m |
| **Altura de Borde Libre** | **BL** | | 0.20 | m | 0.2 - 0.9 m |
| **Espesor del Lecho Filtrante en la Entrada del Biofiltro** | **H1** | $H_m - ({}^{L}/_{2} * i)$ | 0.27 | m | |
| **Profundidad del Humedal en la Entrada del Biofiltro** | **He** | $H_t + BL + H_l$ | 0.57 | m | |
| **Espesor del Lecho Filtrante en la Salida del Biofiltro** | **H2** | $H_m + ({}^{L}/_{2} * i)$ | 1.17 | m | |
| **Profundidad de Salida del Humedal** | **Hs** | $H_t + BL + H_s$ | 1.47 | m | |
| **Talud a lo largo** | **zL** | | 2/3 | | |
| **Margen Extra de Longitud a la Entrada del Humedal** | **Le** | ${}^{H_e}/_{zL}$ | 0.86 | m | |
| **Margen Extra de Longitud a la Salida del Humedal** | **Ls** | ${}^{H_s}/_{zL}$ | 2.20 | m | |
| **Longitud Total de Biofiltro** | **Lt** | $L + L_e + L_s$ | 93 | m | |
| **Talud de Entrada del Humedal** | **zB** | | 2/3 | | |
| **Margen Extra de la Base del Humedal** | **Bm** | ${}^{H_e}/_{zB}$ | 0.86 | m | |
| **Talud a lo ancho de la Salida del Humedal** | **zB'** | ${}^{H_s}/_{B_m}$ | 4/7 | | |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d27:** Cálculos de laguna facultativa secundaria

| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
|---|---|---|---|---|---|
| **Población** | P | | 5.176 | hab | |
| **Dotación.** | Dot | | 105,00 | lppd | |
| **Aporte de Agua Residual** | | | 0,80 | | |
| **Caudal Medio** | Qm | | 5,032 | lts/seg | |
| | | | 434784 | lts/día | |
| | | | 434,784 | $m^3$/día | |
| **$DBO_5$ Afluente** | So | $S_o * Dot * 0.8$ | 205,50 | mg/lt | |
| **Carga Percápita de $DBO_5$ Afluente** | q | | 17,262 | gr/hab*día | |
| **Coliformes Fecales en el Afluente.** | CFA | | 3,84E+06 | NMP/100ml | |
| **Parámetros** | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| **Carga Total Aplicada de DBO5** | CTA | $S_o * Q_m$ | 89,348 | KgDBO/día | |
| **Temperatura del Aire en el Mes más Frio.** | $T_{aire}$ | | 22,0 | °C | |
| **Temperatura del Agua en el Mes más Frío** | Ta | $10.443 + (0.688 * T_{aire})$ | 25,6 | °C | |
| **Carga Superficial Máxima** | $CS_{máx}$ | $357.4 * (1.085^{(T_a - 20^0 C)})$ | 478,583 | KgDBO/Ha*dia | CEPIS |
| **Carga Superficial Aplicada** | CSA | *0.4*$CS_{máx}$* | 191,433 | KgDBO/Ha*dia | (70-90%)$CS_{máx}$ |
| **Área Total de Lagunas Facultativas** | $A_t$ | *CTA/CSA* | 0,467 | Ha | |
| | | | 4667,322 | $m^2$ | |
| **Número de Laguna** | N | | 2 | unid. | |
| **Área Requerida por Laguna** | $A_u$ | $\frac{A_t}{N}$ | 2333,661 | $m^2$ | |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d28:** Cálculos de laguna facultativa secundaria

| Dimensionamiento por Laguna | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Parámetros** | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| **Altura de Agua** | H | | 1,800 | m | 1.5 - 2.5 m |
| **Relación Largo/Ancho** | n | L/B | 2 | m | 2:1 - 4:1 |
| **Ancho en Superficie de Agua** | B | $\sqrt{\left(\frac{A_s}{n}\right)}$ | 34,159 | m | |
| **Longitud en Superficie de Agua** | L | $n * B$ | 68,318 | m | |
| **Talud Interno de Laguna** | z | *1/3* | 1/3 | | |
| **Ancho Interior** | b | $B - \left(2 * {}^{H}/_{z}\right)$ | 23,359 | m | |
| **Longitud Interior** | l | $L - \left(2 * {}^{H}/_{z}\right)$ | 57,518 | m | |
| **Volumen de Laguna** | V | $\frac{H}{6} * [B(2L + l) + b(2l + L)]$ | 3274,501 | $m^3$ | |
| **Período Retención** | Pr | $\frac{V}{Q_m / N}$ | 15,063 | dias | 7 - 15 días, Cumple |
| **Borde Libre** | | | | | |
| **Parámetros** | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| **Aumento de largo y Ancho del perimetraje superior (L y B)** | BL | | 2,000 | m | |
| **Ancho Total** | Bt | $B + BL$ | 36,159 | m | 2542,614648 |
| **Longitud Total** | Lt | $L + BL$ | 70,318 | m | 0,254261465 |
| **Altura Total** | Ht | $H + (BL * z)$ | 2,133 | m | |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d29:** Cálculos de laguna facultativa secundaria

| **1. Remocion de Materia Oraganica DBO5** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Parámetros** | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| **Constante de Biodegradación de la Materia Orgánica a 20°C** | $K_{20°C}$ | $\frac{P_r}{-14.77 + 4.46 * P_r}$ | 0,287 | $d^{-1}$ | |
| **Constante de Reacción de Primer Orden a Temperatura Ambiente** | $K_{d(Ta)}$ | $K_{20^0C} * 1.085^{(T_a+20^0C)}$ | 0,453 | $d^{-1}$ | |
| **a. Marais Chow** | | | | | |
| **Parámetros** | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| **DBO Remanente en el Efluente** | S | $\frac{S_o}{1 + (K_d * P_r)}$ | 26,264 | mg/lt | < 30 mg/lt, Cumple |
| **Porcentaje Remanente de DBO5 en el Efluente** | %S | $100 * (S/S_o)$ | 12,781 | % | |
| **Porcentaje Removido DBO5 del Afluente** | | *100 - %S* | 87,219 | % | |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d30:** Cálculos de laguna facultativa secundaria

| b. Cepis (Dr. Yänez) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Parámetros** | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| **Carga superficial removida** | CSremov | $7.67 + (0.8063 * CSA)$ | 162,023 | kgDBO/Ha*día | |
| **Carga superficial remanente** | CSreman | $CSA - CS_{reman.}$ | 29,411 | kgDBO/Ha*día | |
| **Porcentaje remanente DBO5 en el efluente** | %CSreman | $100 * \left( {}^{CS_{reman.}}/_{CSA} \right)$ | 15,363 | % | |
| **Porcentaje removido DBO5 del afluente** | | $100 - \%CS_{reman.}$ | 84,637 | % | |
| **Carga total aplicada en el efluente** | $CTA_{efluente}$ | $CS_{reman.} * A_t$ | 13,727 | KgDBO/día | |
| **Concentración DBO5 en el efluente** | S | $\frac{CTA_{efluente}}{Q_m}$ | 31,572 | mg/lt | No Cumple |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d31:** Cálculos de laguna facultativa secundaria

| c. Thirmurty | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Parámetros** | **Simbología** | **Ecuaciones** | **Datos** | **Unidades** | **Criterios** |
| **Factor geométrico** | **x** | ***n*** | **2** | | |
| **Factor de dispersión** | **d** | $\frac{x}{-0.26118 + 0.25392\,x + 1.01368\,x^2}$ | **0,465** | | |
| **Factor "a" de DBO5** | **a** | $\sqrt{1 + (4 * K_{d(T_a)} * d * P_r)}$ | **3,700** | | |
| **DBO remanente en el efluente** | **S** | $\frac{S_o * 4 * a * e^{\left(\frac{1-a}{2d}\right)}}{(1+a)^2}$ | **7,547** | **mg/lt** | **< 30 mg/lt, Cumple** |
| **Porcentaje remanente DBO en el efluente** | **%S** | ***100*(S/S$_o$)*** | **3,672** | **%** | |
| **Porcentaje Removido DBO del Afluente** | | ***100 - %S*** | **96,328** | **%** | |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d32:** Cálculos de laguna facultativa secundaria

| 2. Remocion de Coliformes Fecales | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **a. Marais Chow** | | | | | |
| **Parámetros** | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| **Coeficiente de Mortandad de Coliformes Fecales** | Kb | $0.84 * 1.07^{(T_a - 20)}$ | 1,225 | | |
| **Coliformes Fecales Remanente en el Efluente** | CFE | $\frac{CFA}{1 + K_b + P_r}$ | 1,97E+05 | NMP /100 ml | No Cumple |
| **Porcentaje de Coliformes Fecales Remanente en el Efluente** | %CFE | $100 * (CFE/_{CFA})$ | 5,140 | % | |
| **Porcentaje de Coliformes Fecales Removido del Afluente** | | *100-%CFE* | 94,860 | % | |
| **c. Thirmurty** | | | | | |
| **Parámetros** | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| **Factor "a"** | a | $\sqrt{1 + (4 * K_b * d * P_r)}$ | 5,943 | Adim | |
| **Coliformes Fecales Remanente en el Efluente** | CFE | $\frac{CFA * 4 * a * e^{(\frac{1-a}{2d})}}{(1+a)^2}$ | 9,291E+03 | NMP*/100ml | No Cumple |
| **Porcentaje de Coliformes Fecales Remanente en el Efluente** | %CFE | $100 * (CFE/_{CFA})$ | 0,242 | % | |
| **Porcentaje de Coliformes Fecales Removido del Afluente** | | *100-%CFE* | 99,758 | % | |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d33:** Cálculos de laguna facultativa terciaria

| Parámetros | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
|---|---|---|---|---|---|
| **Caudal Medio** | Qm | | 5,032 | lps | |
| | | | 434784,000 | lpd | |
| | | | 434,784 | m3/d | |
| **$DBO_5$ Afluente (Efluente de Lag. Fac. Sec.)** | So | Marais Chow | 26,264 | mg/l | < 30 mg/lt, Cumple |
| | | CEPIS | 31,572 | mg/l | No Cumple |
| | | Thirimurty | 7,547 | mg/l | < 30 mg/lt, Cumple |
| **Coliformes Fecales Afluentes (Efluente de Lag. Fac. Sec.)** | CFA | Marais Chow | 1,971E+05 | NMP/100ml | No Cumple |
| | | Thirimurty | 9,291E+03 | NMP/100ml | No Cumple |
| **Carga Total Aplicada (según Marais Chow, CEPIS y Thirimurty, respectivamente)** | CTA | $S_o * Dot * 0.8$ | 11,419 | Kg/día | |
| | | | 13,727 | Kg/día | |
| | | | 3,281 | Kg/día | |
| **Área Total de Lagunas Aeróbias** | $A_t$ | Área Total de Lag. Fac. Sec. | 0,467 | Ha | |
| | | | 4667,322 | $m^2$ | |
| **Número de Lagunas** | N | | 1,000 | unid. | |
| **Área Requerida por Laguna** | $A_u$ | | 0,467 | Ha | |
| | | | 4667,322 | $m^2$ | |
| **Carga Superficial Aplicada (según Marais Chow y Thirimurty, respectivamente)** | CSA | CTA / $A_t$ | 24,467 | Kg DBO/Ha*d | < 150, Cumple |
| | | | 7,030 | Kg DBO/Ha*d | < 150, Cumple |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d34:** Cálculos de laguna facultativa terciaria

| Dimensionamiento por Laguna | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Parámetros** | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| **Altura de Agua** | H | | 1,500 | m | 1.00 - 1.50 m |
| **Relación Largo/Ancho** | n | L/B | 2 | m | 2:1 - 4:1 |
| **Ancho en Superficie de Agua** | B | $\sqrt{\left(\frac{A_u}{n}\right)}$ | 48,308 | m | |
| **Longitud en Superficie de Agua** | L | $n * B$ | 96,616 | m | |
| **Talud Interno de Laguna** | z | 1/3 | 1/3 | | |
| **Ancho Interior** | b | $B - \left(2 * {}^{H}/_{z}\right)$ | 39,308 | m | 0,344400692 |
| **Longitud Interior** | l | $L - \left(2 * {}^{H}/_{z}\right)$ | 87,616 | m | 3444,006923 |
| **Volumen de Laguna** | V | $\frac{H}{6} * [B(2L + l) + b(2l + L)]$ | 6063,247 | $m^3$ | |
| **Período Retención** | Pr | $\frac{V}{Q_m/N}$ | 13,945 | dias | 7 - 20, Cumple |
| **Borde Libre** | | | | | |
| **Parámetros** | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| **Aumento de largo y Ancho del perimetraje superior (L y B)** | BL | | 2,000 | m | |
| **Ancho Total** | Bt | $B + BL$ | 50,308 | m | |
| **Longitud Total** | Lt | $L + BL$ | 98,616 | m | |
| **Altura Total** | Ht | $H + (BL * z)$ | 1,833 | m | |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d35:** Cálculos de laguna facultativa terciaria

| Canal de Pantallas Deflectoras | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Parámetros** | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| **Ancho de Canal** | $B_{disp}$ | B/n | 24,154 | m | |
| **Longitud de Canal** | $L_{disp}$ | nL | 193,232 | m | |
| **1. Remocion de Materia Oraganica DBO5** | | | | | |
| **Parámetros** | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| **Constante de Biodegradación de la Materia Orgánica a 20°C** | $K_{20°C}$ | $\frac{P_r}{-14.77 + 4.46 * P_r}$ | 0,294 | $d^{-1}$ | |
| **Temperatura del Aire en el Mes más Frio.** | $T_{aire}$ | | 22,0 | °C | |
| **Temperatura Superficial del Agua.** | Ta | $10.443 + (0.688 * T_{aire})$ | 25,6 | °C | |
| **Constante de Reacción de Primer Orden a Temperatura Ambiente** | $K_{d(Ta)}$ | $K_{20^0C} * 1.085^{(T_a + 20^0C)}$ | 0,464 | $d^{-1}$ | |
| **a. Marais Chow** | | | | | |
| **Parámetros** | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| **DBO Remanente en el Efluente** | S | $\frac{S_o}{1 + (K_d * P_r)}$ | 3,519 | mg/lt | < 30 mg/lt, Cumple |
| **Porcentaje Remanente de DBO5 en el Efluente** | %S | $100 * \left(S/S_o\right)$ | 13,398 | % | |
| **Porcentaje Removido DBO5 del Afluente** | | 100 - %S | 86,602 | % | |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d 36:** Cálculos de laguna facultativa terciaria

| b. Cepis ( Dr. Yänez) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Parámetros** | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| **Carga Superficial Aplicada de Lag. Facultativa Primaria** | $CSA_{Lag.\ Fac.\ Prim}$ | | 191,433 | Kg $DBO_5$/Ha*d | |
| **Relación $DBO_{total}/DBO_{Soluble}$** | | $DBO_{total}/DBO_{Soluble}$ | 2,10 | | Ver Cuadro D-3-2a al final |
| **Carga Superficial Remanente en Lag. Facultativa Primaria** | $CS_{reman.\ Lag.\ Fac.\ Prim.}$ | | 29,411 | Kg $DBO_5$/Ha*d | |
| **Carga Superficial Aplicada (según CEPIS)** | $CSA_{(CEPIS)}$ | $(DBO_{total}/DBO_{Soluble}) * CS_{reman.\ Lag.\ Fac.\ Prim.}$ | 62 | Kg $DBO_5$/Ha*d | < 150, Cumple |
| **Carga Superficial Removida** | $CS_{remov}$ | $0.765*CSA_{(CEPIS)} - 0.8$ | 46,448 | Kg $DBO_5$/Ha*d | |
| **Carga Superficial Remanente** | $CS_{reman}$ | $CSA_{(CEPIS)} - CS_{remov}$ | 15,314 | Kg $DBO_5$/Ha*d | |
| **Carga Total en el Efluente** | $CTA_{efluente}$ | $CS_{reman} * A_t$ | 7,148 | Kg/día | |
| **Concentración de DBO5 en el Efluente** | S | $CTA_{efluente}/Qm$ | 16,439 | mg/l | < 30 mg/lt, Cumple |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d37:** Cálculos de laguna facultativa terciaria

| c. Thirmurty | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Parámetros** | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| **Factor Geométrico** | x | $L_{disp}/B_{disp}$ | 8 | | |
| **Factor de dispersión** | d | $\frac{x}{-0.26118 + 0.25392\,x + 1.01368\,x^2}$ | 0,120 | | |
| **Factor "a" de DBO5** | a | $\sqrt{1 + (4 * K_{d(T_a)} * d * P_r)}$ | 2,026 | | |
| **DBO Remanente en el Efluente** | S | $\frac{S_o * 4 * a * e^{\left(\frac{1-a}{2d}\right)}}{(1+a)^2}$ | 0,093 | mg/lt | < 30 mg/lt, Cumple |
| **Porcentaje Remanente DBO en el Efluente** | %S | $100*(S/S_o)$ | 1,234 | % | |
| **Porcentaje Removido DBO del Afluente** | | 100 - %S | 98,766 | % | |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla d38:** Cálculos de laguna facultativa terciaria

| 2. Remocion de coliformes fecales | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **a. Marais Chow** | | | | | |
| **Parámetros** | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| **Coeficiente de mortandad de coliformes fecales** | Kb | $0.84 * 1.07^{(T_a - 20)}$ | 1,225 | mg/lt | < 30 mg/lt, Cumple |
| **Coliformes fecales remanente en el efluente** | CFE | $\frac{CFA}{1 + K_b + P_r}$ | 1,09E+04 | NMP/100 ml | No Cumple |
| **Porcentaje de coliformes fecales remanente en el efluente** | %CFE | $100 * \left({}^{CFE}/_{CFA}\right)$ | 5,529 | % | |
| **Porcentaje de coliformes fecales removido del afluente** | | 100-%CFE | 94,471 | % | |
| **c. Thirmurty** | | | | | |
| **Parámetros** | Simbología | Ecuaciones | Datos | Unidades | Criterios |
| **Factor "a"** | a | $\sqrt{1 + (4 * K_b * d * P_r)}$ | 3,034 | Adim | |
| **Coliformes fecales remanente en el efluente** | CFE | $\frac{CFA * 4 * a * e^{\left(\frac{1-a}{2d}\right)}}{(1+a)^2}$ | 1,451E+00 | NMP/100ml | < 1.00E+3, Cumple |
| **Porcentaje de coliformes fecales remanente en el efluente** | %CFE | $100 * \left({}^{CFE}/_{CFA}\right)$ | 0,001 | % | |
| **Porcentaje de coliformes fecales removido del afluente** | | 100-%CFE | 99,999 | % | |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

ANEXO E: **Costos y presupuesto del proyecto**

**Tabla e1:** Costo de alcantarillado sanitario

| ETAPA | SUB ETAPA | DESCRIPCION | U/M | CANTIDAD | COSTO C$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | UNITARIO | TOTAL |
| **1** | **1** | **Preliminares** | Glb | | | **90,211.8** |
| | **1.1** | Limpieza Inicial | m² | 352.00 | 15.6 | 5,491.2 |
| | **1.2** | Trazo y Nivelación | m | 5,220.00 | 16.23 | 84,720.6 |
| **2** | **2** | **Sistema de Recolectoras** | Glb | | | |
| | **2.1** | **Tuberías de 6"** | | | | **4,583,259.77** |
| | **2.1.1** | **Excavación, Relleno y compactación** | m³ | | | |
| | **2.1.1.1** | Profundidad de 1.65 a 2.00 m | m³ | 7,390.465 | 198.97 | 1,470,480.82 |
| | **2.1.1.2** | Profundidad de 2.00 a 2.50 m | m³ | 2,500.07 | 208.92 | 522,314.62 |
| | **2.1.1.3** | Profundidad de 2.50 a 3.00 m | m³ | 1,917.73 | 219.36 | 420,673.25 |
| | **2.1.1.4** | Profundidad de 3.00 a 3.50 m | m³ | 1,526.165 | 230.33 | 351,521.58 |
| | **2.1.1.5** | Profundidad de 3.50 a 4.00 m | m³ | 767.44 | 241.85 | 185,605.36 |
| | **2.1.1.6** | Profundidad de 4.00 a 4.50 m | m³ | 103.21 | 253.94 | 26,209.14 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla e2:** Costo de alcantarillado sanitario

| ETAPA | SUB ETAPA | DESCRIPCION | U/M | CANTIDAD | COSTO C$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | UNITARIO | TOTAL |
| **2** | **2.1.1.7** | Profundidad de 4.50 a 5.00 m | m³ | 0 | 266.64 | 0 |
| | **2.1.1.8** | Profundidad de 5.00 a 5.50 m | m³ | 0 | 279.97 | 0 |
| | **2.1.1.9** | Profundidad de 5.50 a 6.00 m | m³ | 0 | 293.97 | 0 |
| | **2.1.1.10** | Profundidad de 6.00 a 6.50 m | m³ | 0 | 308.67 | 0 |
| | **2.1.2** | Suministro e instalación de tubería. | m | 5,220.00 | 294.00 | 1,534,680.00 |
| | **2.1.3** | Prueba de Tuberías | m | 5,220.00 | 13.75 | 71,775.00 |
| **3** | **3** | **Obras de Registro** | Glb | | | **1,222,669.86** |
| | **3.1** | **Pozos de Visita Sanitario** | | | | |
| | **3.1.1** | Profundidad de 1.65 a 2.00 m | C/U | 77 | 9,685.00 | 745,745.00 |
| | **3.1.2** | Profundidad de 2.00 a 2.50 m | C/U | 9 | 10,584.46 | 95,260.14 |
| | **3.1.3** | Profundidad de2.50 a 3.00 m | C/U | 9 | 12,933.96 | 116,405.64 |
| | **3.1.4** | Profundidad de 3.00 a 3.50 m | C/U | 9 | 18,116.96 | 163,052.64 |
| | **3.1.5** | Profundidad de 3.50 a 4.00 m | C/U | 3 | 19,326.42 | 57,979.26 |
| | **3.1.6** | Profundidad de 4.00 a 4.50 m | C/U | 2 | 22,113.59 | 44,227.18 |
| | **3.1.7** | Profundidad de 4.50 a 5.00 m | C/U | 0 | 0 | 0 |
| | **3.1.8** | Profundidad de 5.00 a 5.50 m | C/U | 0 | 0 | 0 |
| | **3.1.9** | Profundidad de 5.50 a 6.00 m | C/U | 0 | 0 | 0 |
| | **3.1.10** | Profundidad de 6.00 a 6.50 m | C/U | 0 | 0 | 0 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla e3:** Costo de alcantarillado sanitario

| ETAPA | SUB ETAPA | DESCRIPCION | U/M | CANTIDAD | COSTO C$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | UNITARIO | TOTAL |
| **4** | **4** | **Conexiones Domiciliares** | C/U | 390 | | **1,425,534.00** |
| | **4.1** | **A Colector de 6"** | | | | |
| | **4.1.1** | Conexiones Cortas (0.0 - 3.5 m) | C/U | 240 | 265 | 63,600.00 |
| | **4.1.2** | Conexiones Largas (3.5 - 5.5 m) | C/U | 150 | 433 | 64,950.00 |
| | **4.2** | **Cajas de Registro** | | | | |
| | **4.2.1** | Cajas de Concreto | C/U | 390 | 3,325.60 | 1,296,984.00 |
| **5** | **5** | **Rotura y Reposición de Carpeta** | | | | **717,458.85** |
| | **5.1** | Adoquinado | m² | 5,314.51 | 135 | 717,458.85 |
| **6** | **6** | **Mitigación de Impactos** | | | | **32,000.00** |
| | **6.1** | Medidas de Prevención de Accidentes | Glb | 1 | 32,000.00 | 32,000.00 |
| **7** | **7.1** | **Limpieza Final** | m² | 5,220.00 | 126 | **657,720.00** |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla e4:** Costo de alcantarillado sanitario

| | |
|---|---|
| **d) Total** | C$8,728,854.3 |
| **e) Costo unitario directo** | C$8,728,854.3 |
| **f) Costo unitario directo (15% d)** | C$1,309,328.1 |
| **g) Costo unitario de administración y utilidad (10% d)** | C$872,885.4 |
| **h) Precio de venta sin impuesto (d+f+g)** | C$10,911,067.9 |
| **i) Impuesto a la Alcaldía (1% de h)** | C$109,110.7 |
| **j) Impuesto general de venta (15% de h+i)** | C$1,636,660.2 |
| **k) Precio de venta con impuesto (h+i+j)** | C$12,656,838.7 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla e5:** Preliminares

| ETAPA | SUB-ETAPA | DESCRIPCION | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO (C$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | UNITARIO | TOTAL |
| **1.0** | **1** | **Limpieza Inicial** | | **Global** | | **6,625,173.52** |
| | **1.1** | Limpieza general de todo el campo de tratamiento | 9,778.20 | m² | 13 | 127,116.60 |
| | **1.2** | Trazado y nivelación de obras preliminares | 361.06 | m | 21 | 7,582.26 |
| | **1.3** | Excavación, relleno y compactación | 39,576.07 | m³ | 164 | 6,490,474.66 |
| **2.0** | **2** | **Construcción del canal** | | | | **6,963.91** |
| | **2.1** | Cemento | 9.00 | Bolsas | 295 | 2,655.00 |
| | **2.2** | Arena | 0.71 | m³ | 765 | 545.78 |
| | **2.3** | Grava | 0.95 | m³ | 980 | 930.57 |
| | **2.4** | Varilla de Acero de 3/8" | 43.00 | Lbs | 18 | 774.00 |
| | **2.5** | Varilla de Acero de 1/4" | 3.00 | Lbs | 18 | 54.00 |
| | **2.6** | Alambre de acero No 18 | 3.00 | Lbs | 27 | 81.00 |
| | **2.7** | Formaleta | 1.32 | m² | 228 | 300.96 |
| | **2.8** | Mano de Obra | 4.27 | m² | 380 | 1,622.60 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla e6:** Preliminares

| ETAPA | SUB-ETAPA | DESCRIPCION | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO (C$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | UNITARIO | TOTAL |
| **3.0** | **3** | **Construcción de reja** | | | | **13,143.76** |
| | **3.1** | Cemento | 7.00 | Bolsas | 295 | 2,065.00 |
| | **3.2** | Arena | 0.49 | $m^3$ | 765 | 374.85 |
| | **3.3** | Grava | 0.67 | $m^3$ | 980 | 653.66 |
| | **3.4** | Varilla de Acero de 3/8" | 13.00 | Lbs | 18 | 234.00 |
| | **3.5** | Varilla de Acero de 1/5" | 8.00 | Lbs | 18 | 144.00 |
| | **3.6** | Platina metálica de 3/4 * 3/16 | 1.42 | Unidad | 872 | 1,238.24 |
| | **3.7** | Lámina metálica de 1/4" | 558.00 | $pulg^2$ | 14 | 7,812.01 |
| | **3.8** | Electrodos soldadores | 1.00 | Caja | 545 | 545.00 |
| | **3.9** | Mano de obra | 1.00 | Unidad | 77 | 77.00 |
| **4.0** | **4** | **Construcción del desarenado** | | | | **44,402.72** |
| | **4.1** | Cemento | 37.00 | Bolsas | 295 | 10,915.00 |
| | **4.2** | Grava | 3.10 | $m^3$ | 765 | 2,371.50 |
| | **4.3** | Arena | 4.11 | $m^3$ | 980 | 4,027.80 |
| | **4.4** | Varilla de Acero de 3/8" | 192.19 | Lbs | 18 | 3,459.42 |
| | **4.5** | Varilla de Acero de 1/4" | 400.00 | Lbs | 18 | 7,200.00 |
| | **4.6** | Alambre de amarre No 18 | 23.00 | Lbs | 27 | 621.00 |
| | **4.7** | Formaleta | 36.00 | $m^2$ | 228 | 8,208.00 |
| | **4.8** | Mano de Obra | 20.00 | $m^2$ | 380 | 7,600.00 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla e7**: Preliminares

| ETAPA | SUB-ETAPA | DESCRIPCION | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO (C$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | UNITARIO | TOTAL |
| **5.0** | **5** | **Medidor Parshall** | | | | **31,855.91** |
| | **5.1** | Cemento | 12.00 | Bolsas | 295 | 3,540.00 |
| | **5.2** | Arena | 0.83 | m³ | 765 | 634.95 |
| | **5.3** | Grava | 1.10 | m³ | 980 | 1,078.00 |
| | **5.4** | Varilla de Acero de 3/8" | 162.62 | Lbs | 18 | 2,927.16 |
| | **5.5** | Varilla de Acero de 1/4" | 76.00 | Lbs | 18 | 1,368.00 |
| | **5.6** | Formaleta | 11.00 | m² | 228 | 2,508.00 |
| | **5.7** | Mano de Obra | 10.71 | m² | 380 | 4,069.80 |
| | **5.8** | Medidor Parshall prefabricado | 1.00 | Unidad | 15730 | 15,730.00 |
| **6.0** | **6** | **Caja de Recolección y distribución** | | | | **10,999.46** |
| | **6.1** | Bloque de (0.40*0.15*17) | 10.00 | Unidad | 17 | 170.00 |
| | **6.2** | Cemento | 12.00 | Bolsas | 295 | 3,540.00 |
| | **6.3** | Arena | 0.82 | m³ | 765 | 627.30 |
| | **6.4** | Grava | 1.55 | m³ | 980 | 1,519.00 |
| | **6.5** | Varilla de Acero de 3/8" | 139.50 | Lbs | 18 | 2,511.00 |
| | **6.6** | Varilla de Acero de 1/4" | 83.70 | Lbs | 18 | 1,506.60 |
| | **6.7** | Formaleta | 2.62 | m² | 228 | 597.36 |
| | **6.8** | Mano de Obra | 1.39 | m² | 380 | 528.20 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla e8:** Preliminares

| ETAPA | SUB-ETAPA | DESCRIPCION | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO (C$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | UNITARIO | TOTAL |
| **7.0** | **7** | **Canal de Evacuación de Agua** | | | | **1,022,207.66** |
| | **7.1** | Cemento | 403.08 | Bolsas | 295 | 118,909.19 |
| | **7.2** | Arena | 41.96 | m³ | 765 | 32,099.40 |
| | **7.3** | Grava | 33.57 | m³ | 980 | 32,900.56 |
| | **7.4** | Ladrillo Cuarterón | 8,258.00 | Unidad | 7 | 57,806.00 |
| | **7.5** | Varilla de Acero de 3/8" | 20,751.42 | Lbs | 18 | 373,525.56 |
| | **7.6** | Varilla de Acero de 1/4" | 19,584.03 | Lbs | 18 | 352,512.54 |
| | **7.7** | Alambre de acero No 18 | 2,016.83 | Lbs | 27 | 54,454.41 |
| **8.0** | **8** | **Operación y Acabado** | | | | **849,881.75** |
| | **8.1** | Malla Ciclón | 6.00 | Unidad | 2500 | 15,000.00 |
| | **8.2** | Tubo de Acero 4" Galvanizado | 265.00 | Unidad | 2020 | 535,300.00 |
| | **8.3** | Cemento | 57.00 | Bolsas | 295 | 16,815.00 |
| | **8.4** | Arena | 5.63 | m³ | 765 | 4,306.95 |
| | **8.5** | Grava | 6.26 | m³ | 980 | 6,134.80 |
| | **8.6** | Piedra Cantera | 940.00 | Unidad | 40 | 37,600.00 |
| | **8.7** | Varilla de Acero de 3/8" | 1,355.00 | Lbs | 18 | 24,390.00 |
| | **8.8** | Varilla de Acero de 1/4" | 1,873.00 | Lbs | 18 | 33,714.00 |
| | **8.9** | Alambre de acero No 18 | 68.00 | Lbs | 27 | 1,836.00 |
| | **8.10** | Electrodos soldadores | 10.00 | Caja | 550 | 5,500.00 |
| | **8.11** | Alambre de Púas | 5.00 | Unidad | 763 | 3,815.00 |
| | **8.12** | Arborización | 1.00 | Global | 2500 | 2,500.00 |
| | **8.13** | Limpieza Final | 32,594.00 | m² | 5 | 162,970.00 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla e9:** Preliminares

| | | |
|---|---|---|
| **d) Costo Total Directo** | C$ | 8,604,628.69 |
| **e) Costos Indirectos (15% * d)** | C$ | 1,335,185.11 |
| **f) Utilidades (10% * d)** | C$ | 890,123.41 |
| **g) Precio de venta sin impuesto (d+e+f)** | C$ | 11,126,542.61 |
| **h) Impuesto a la Alcaldía (1% de g)** | C$ | 111,265.43 |
| **i) Impuesto (15% de g+h)** | C$ | 1,685,671.20 |
| **j) Precio de venta con impuesto (g+h+i)** | C$ | 12,923,479.24 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla e10:** Tanque Imhoff

| ETAPA | SUB-ETAPA | DESCRIPCION | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO (C$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | UNITARIO | TOTAL |
| **1.0** | **1** | **Mano de Obra** | | | | **158,899.75** |
| | **1.1** | Trazado y Nivelación | 65.36 | m | 21 | 1,372.56 |
| | **1.2** | Operador de Excavadora | 14.00 | Hrs | 40 | 560.00 |
| | **1.3** | Operador de Vibro compactadora | 6.00 | Hrs | 40 | 240.00 |
| | **1.4** | Operador de Mezcladora | 194.01 | Hrs | 40 | 7,760.52 |
| | **1.5** | Operador de Compactadora Manual | 131.56 | Hrs | 35 | 4,604.60 |
| | **1.6** | Oficial Carpintero | 167.35 | Hrs | 42 | 7,028.70 |
| | **1.7** | Ayudante Carpintero | 167.35 | Hrs | 28 | 4,685.80 |
| | **1.8** | Ayudante Armador | 3,337.91 | Hrs | 35 | 116,826.85 |
| | **1.9** | Oficial Fontanero | 20.00 | Hrs | 42 | 840.00 |
| | **1.10** | Oficial Albañil | 187.26 | Hrs | 50 | 9,362.95 |
| | **1.11** | Ayudante Albañil | 187.26 | Hrs | 30 | 5,617.77 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla e11:** Tanque Imhoff

| ETAPA | SUB-ETAPA | DESCRIPCION | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO (C$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | UNITARIO | TOTAL |
| **2.0** | **2** | **Materiales** | | | | **680,417.53** |
| | **2.1** | Formaleta | 510.11 | m² | 228 | 116,305.99 |
| | **2.2** | Cemento | 332.00 | Bolsas | 295 | 97,940.00 |
| | **2.3** | Arena | 28.00 | m³ | 765 | 21,420.00 |
| | **2.4** | Grava | 37.00 | m³ | 980 | 36,260.00 |
| | **2.5** | Varilla de Acero de 3/8" | 174.64 | Lbs | 18 | 3,143.54 |
| | **2.6** | Varilla de Acero de 1/2" | 3,701.00 | Lbs | 21 | 77,721.00 |
| | **2.7** | Varilla de Acero de 5/8" | 5,862.52 | Lbs | 25 | 146,563.00 |
| | **2.8** | Alambre de Acero No 18 | 3,562.00 | Lbs | 27 | 96,174.00 |
| | **2.9** | Motobomba | 1.00 | Unidad | 62500 | 62,500.00 |
| | **2.1** | Tubo PVC SDR 41 8" | 4.00 | Unidad | 1984 | 7,936.00 |
| | **2.11** | Camisa de 8" | 3.00 | Unidad | 918 | 2,754.00 |
| | **2.12** | Yee 8" | 1.00 | Unidad | 1000 | 1,000.00 |
| | **2.13** | Codo 45 8" | 1.00 | Unidad | 200 | 200.00 |
| | **2.14** | Válvula de pase 8" | 1.00 | Unidad | 10500 | 10,500.00 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla e12:** Tanque Imhoff

| ETAPA | SUB-ETAPA | DESCRIPCION | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO (C$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | UNITARIO | TOTAL |
| **3.0** | **3** | **Equipos** | | | | **138,800.91** |
| | **3.1** | Vibro compactadora | 6.00 | Hrs | 850 | 5,100.00 |
| | **3.2** | Mezcladora | 194.01 | Hrs | 485 | 94,096.31 |
| | **3.3** | Compactadora Manual | 131.56 | Hrs | 35 | 4,604.60 |
| | **3.4** | Excavadora | 14.00 | Hrs | 2500 | 35,000.00 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla e13:** Tanque Imhoff

| | | |
|---|---|---|
| **d) Costo Total Directo** | C$ | 978,118.19 |
| **e) Costos Indirectos (15% * d)** | C$ | 146,717.73 |
| **f) Utilidades (10% * d)** | C$ | 97,811.81 |
| **g) Precio de venta sin impuesto (d+e+f)** | C$ | 1,222,647.73 |
| **h) Impuesto a la Alcaldía (1% de g)** | C$ | 12,226.48 |
| **i) Impuesto (15% de g+h)** | C$ | 185,231.13 |
| **j) Precio de venta con impuesto (g+h+i)** | C$ | 1,420,105.34 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla e14:** Lecho de secado

| ETAPA | SUB-ETAPA | DESCRIPCION | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO (C$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | UNITARIO | TOTAL |
| **1.0** | **1** | **Mano de Obra** | | | | **9,404.27** |
| | **1.1** | Trazado y Nivelación | 28.28 | m | 38 | 1,074.64 |
| | **1.2** | Operador de Tractor | 12.05 | Hrs | 42 | 506.10 |
| | **1.3** | Auxiliar de Operador de tractor | 12.05 | Hrs | 31 | 373.55 |
| | **1.4** | Operador de Carga Frontal | 7.28 | Hrs | 38 | 276.64 |
| | **1.5** | Operador de Camión Volquete | 36.01 | Hrs | 38 | 1,368.38 |
| | **1.6** | Operador de Mezcladora | 32.79 | Hrs | 38 | 1,246.02 |
| | **1.7** | Ayudante de Excavación | 12.71 | Hrs | 31 | 394.01 |
| | 1.8 | Oficial Albañil | 7.26 | Hrs | 46 | 333.96 |
| | 1.9 | Ayudante Albañil | 7.26 | Hrs | 31 | 225.06 |
| | 1.10 | Oficial Fontanero | 15.08 | Hrs | 46 | 693.68 |
| | 1.11 | Ayudante Fontanero | 15.08 | Hrs | 31 | 467.48 |
| | 1.12 | Oficial Armador | 24.49 | Hrs | 46 | 1,126.54 |
| | 1.13 | Ayudante Armador | 24.49 | Hrs | 31 | 759.19 |
| | 1.14 | Oficial Carpintero | 7.26 | Hrs | 46 | 333.96 |
| | 1.15 | Ayudante Carpintero | 7.26 | Hrs | 31 | 225.06 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla e 15:** Lecho de secado

| ETAPA | SUB-ETAPA | DESCRIPCION | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO (C$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | UNITARIO | TOTAL |
| **2.0** | **2** | **Materiales** | | | | **88,587.55** |
| | **2.1** | Cemento | 46.19 | Bolsas | 295 | 13,626.05 |
| | **2.2** | Arena | 3.84 | $m^3$ | 765 | 2,937.60 |
| | **2.3** | Grava | 5.57 | $m^3$ | 980 | 5,458.60 |
| | **2.4** | Hormigón Rojo Semi-Cribado | 3.94 | $m^3$ | 1418 | 5,586.92 |
| | **2.5** | Ladrillo Rojo Cuarteron (23 cm*5cm*11cm) | 1400.8 | Unidad | 8 | 11,206.40 |
| | **2.6** | Varilla de Acero de 3/8" | 1692.99 | Lbs | 18 | 30,473.82 |
| | **2.7** | Alambre de Amarre No 18 | 84.65 | Lbs | 18 | 1,523.70 |
| | **2.8** | Formaleta | 46.53 | $m^2$ | 382 | 17,774.46 |
| **3.0** | **3** | **Equipos** | | | | **83,680.75** |
| | **3.1** | Tractor de Oruga | 13.39 | Hrs | 1960 | 26,244.40 |
| | **3.2** | Cargador Frontal | 8.05 | Hrs | 1472 | 11,849.60 |
| | **3.3** | Camión Volquete | 38.5 | Hrs | 895 | 34,457.50 |
| | **3.4** | Mezcladora | 23.43 | Hrs | 475 | 11,129.25 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla e16:** Lecho de secado

| | | |
|---|---|---|
| **d) Costo Total Directo** | C$ | 181,672.57 |
| **e) Costos Indirectos (15% * d)** | C$ | 27,250.89 |
| **f) Utilidades (10% * d)** | C$ | 18,167.26 |
| **g) Precio de venta sin impuesto (d+e+f)** | C$ | 227,090.71 |
| **h) Impuesto a la Alcaldía (1% de g)** | C$ | 2,270.91 |
| **i) Impuesto (15% de g+h)** | C$ | 34,404.24 |
| **j) Precio de venta con impuesto (g+h+i)** | C$ | 263,765.86 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla e17:** Biofiltro

| ETAPA | SUB-ETAPA | DESCRIPCION | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO (C$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | UNITARIO | TOTAL |
| **1.0** | **1** | **Mano de Obra** | | | | **108,314.86** |
| | **1.1** | Trazado y Nivelación | 404.12 | M | 38.00 | 15,356.56 |
| | **1.2** | Operador de Tractor D6R XL | 109.45 | Hrs | 38.00 | 4,159.10 |
| | **1.3** | Auxiliar de Operador de tractor | 109.45 | Hrs | 31.00 | 3,392.95 |
| | **1.4** | Operador de Carga Frontal | 121.02 | Hrs | 38.00 | 4,598.76 |
| | **1.5** | Operador de Camión Volquete | 169.63 | Hrs | 38.00 | 6,445.94 |
| | **1.6** | Operador de Motoniveladora | 82.08 | Hrs | 38.00 | 3,119.04 |
| | **1.7** | Auxiliar de Motoniveladora | 82.08 | Hrs | 31.00 | 2,544.48 |
| | **1.8** | Operador de Compactadora | 117.66 | Hrs | 38.00 | 4,471.08 |
| | **1.9** | Operador de Cisterna | 65.72 | Hrs | 38.00 | 2,497.36 |
| | **1.10** | Operador de Mezcladora | 0.58 | Hrs | 38.00 | 22.04 |
| | **1.11** | Ayudante de Excavación | 85.76 | Hrs | 31.00 | 2,658.56 |
| | **1.12** | Oficial Albañil | 723.99 | Hrs | 46.00 | 33,303.54 |
| | **1.13** | Ayudante Albañil | 723.99 | Hrs | 31.00 | 22,443.69 |
| | **1.14** | Oficial Fontanero | 17.15 | Hrs | 46.00 | 788.90 |
| | **1.15** | Ayudante Fontanero | 17.15 | Hrs | 31.00 | 531.65 |
| | **1.16** | Oficial Armador | 25.73 | Hrs | 46.00 | 1,183.58 |
| | **1.17** | Ayudante Armador | 25.73 | Hrs | 31.00 | 797.63 |
| **2.0** | **2** | **Materiales** | | | | **3,811,367.33** |
| | **2.1** | Piedra Volcánica | 244.21 | $m^3$ | 525.00 | 128,207.63 |
| | **2.2** | Hormigón Rojo sin Cribar | 430.40 | $m^3$ | 470.00 | 202,288.00 |
| | **2.3** | Geo membrana | 10,350.47 | $m^2$ | 330.00 | 3,415,655.10 |
| | **2.4** | Tubo PVC SDR 41 6" | 17.00 | Unidad | 1,640.00 | 27,880.00 |
| | **2.5** | Tee PVC SDR 41 6" | 2.00 | Unidad | 330.00 | 660.00 |
| | **2.6** | Cemento | 14.00 | Unidad | 295.00 | 4,130.00 |
| | **2.7** | Arena | 1.28 | $m^3$ | 765.00 | 979.20 |
| | **2.8** | Grava | 1.73 | $m^3$ | 980.00 | 1,695.40 |
| | **2.9** | Ladrillo de 2*4*12 | 420.00 | Unidad | 8.00 | 3,360.00 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla e 18:** Biofiltro

| ETAPA | SUB-ETAPA | DESCRIPCION | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO (C$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | UNITARIO | TOTAL |
| **2.0** | **2.10** | Varilla de Acero de 1/4" | 12.00 | Lbs | 18.00 | 216.00 |
| | **2.11** | Varilla de Acero de 3/8" | 38.00 | Lbs | 18.00 | 684.00 |
| | **2.12** | Alambre de Acero No 18 | 4.00 | Lbs | 28.00 | 112.00 |
| | **2.13** | Brida 6" | 2.00 | Unidad | 197.00 | 394.00 |
| | **2.14** | Tapón 6" | 4.00 | Unidad | 435.00 | 1,740.00 |
| | **2.15** | Manguera Flexible 6" | 1.00 | m | 95.00 | 95.00 |
| | **2.16** | Césped de Carrizo | 7,757.00 | Unidad | 3.00 | 23,271.00 |
| **3.0** | **3** | **Equipos** | | | | **997,721.90** |
| | **3.1** | Tractor de Oruga | 139.06 | Hrs | 1,960.00 | 272,557.60 |
| | **3.2** | Cargador Frontal | 165.05 | Hrs | 1,470.00 | 242,623.50 |
| | **3.3** | Camión Volquete | 231.35 | Hrs | 895.00 | 207,058.25 |
| | **3.4** | Motoniveladora | 111.94 | Hrs | 895.00 | 100,186.30 |
| | **3.5** | Compactadora | 160.47 | Hrs | 610.00 | 97,886.70 |
| | **3.6** | Camión Cisterna | 89.63 | Hrs | 860.00 | 77,081.80 |
| | **3.7** | Mezcladora | 0.69 | Hrs | 475.00 | 327.75 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla 115:** Biofiltro

| | | |
|---|---|---|
| **d) Costo Total Directo** | C$ | 9,834,808.17 |
| **e) Costos Indirectos (15% * d)** | C$ | 1,475,221.23 |
| **f) Utilidades (10% * d)** | C$ | 983,480.82 |
| **g) Precio de venta sin impuesto (d+e+f)** | C$ | 12,293,510.21 |
| **h) Impuesto a la Alcaldía (1% de g)** | C$ | 122,935.10 |
| **i) Impuesto (15% de g+h)** | C$ | 1,862,466.80 |
| **j) Precio de venta con impuesto (g+h+i)** | C$ | 14,278,912.11 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla e19:** Laguna facultativa

| ETAPA | SUB-ETAPA | DESCRIPCION | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO (C$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | UNITARIO | TOTAL |
| **1.0** | **1** | **Laguna Facultativa** | | | | **3649183.95** |
| | **1.1** | Excavación | 12,149.07 | m³ | 70.00 | 850435.11 |
| | **1.2** | Cemento | 1,324.92 | Bolsas | 295.00 | 390851.4 |
| | **1.3** | Arena | 98.39 | m³ | 765.00 | 75268.35 |
| | **1.4** | Grava | 170.29 | m³ | 980.00 | 166884.2 |
| | **1.5** | Botado Tierra | 13,354.67 | m³ | 130.00 | 1736107.1 |
| | **1.6** | Acabado | 5,891.57 | m² | 7.00 | 41240.99 |
| | **1.7** | Geomembrana | 1,176.96 | m² | 330.00 | 388396.8 |
| **2.0** | | **Mano de Obra** | | | | **108296.95** |
| | **2.1** | Operador de Tractor | 197.48 | Hrs | 38.00 | 7504.24 |
| | **2.2** | Auxiliar de Operador de Tractor | 197.48 | Hrs | 31.00 | 6121.88 |
| | **2.3** | Operador de Mezcladora | 54.07 | Hrs | 38.00 | 2054.66 |
| | **2.4** | Operador de Carga Frontal | 215.51 | Hrs | 38.00 | 8189.38 |
| | **2.5** | Operador de Camión Volquete | 398.58 | Hrs | 38.00 | 15146.04 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla e20:** Laguna facultativa

| ETAPA | SUB-ETAPA | DESCRIPCION | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO (C$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | UNITARIO | TOTAL |
| **2.0** | **2.6** | Oficial Albañil | 899.75 | Hrs | 46.00 | 41388.5 |
| | **2.7** | Ayudante Albañil | 899.75 | Hrs | 31.00 | 27892.25 |
| **3.0** | **3** | **Equipos** | | | | **941578.65** |
| | **3.1** | Tractor de Oruga | 197.48 | Hrs | 1,960.00 | 387060.8 |
| | **3.2** | Cargador Frontal | 215.51 | Hrs | 1,470.00 | 316799.7 |
| | **3.3** | Mezcladora | 54.07 | Hrs | 895.00 | 48392.65 |
| | **3.4** | Camión Volquete | 398.58 | Hrs | 475.00 | 189325.5 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla e21:** Laguna facultativa

| | | |
|---|---|---|
| **d) Costo Total Directo** | **C$** | **9,398,119.10** |
| **e) Costos Indirectos (15% * d)** | **C$** | **1,409,717.87** |
| **f) Utilidades (10% * d)** | **C$** | **939,811.91** |
| **g) Precio de venta sin impuesto (d+e+f)** | **C$** | **11,747,648.88** |
| **h) Impuesto a la Alcaldía (1% de g)** | **C$** | **117,476.49** |
| **i) Impuesto (15% de g+h)** | **C$** | **1,779,768.80** |
| **j) Precio de venta con impuesto (g+h+i)** | **C$** | **13,644,894.17** |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla e22:** Laguna aerobia terciaria

| ETAPA | SUB-ETAPA | DESCRIPCION | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO (C$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | UNITARIO | TOTAL |
| **4.0** | **4** | **Laguna Anaerobia** | | | | **4,508,212.10** |
| | **4.1** | Excavación | 9,238.53 | $m^3$ | 70.00 | 646,697.10 |
| | **4.2** | Cemento | 740.00 | Bolsas | 295.00 | 218,300.00 |
| | **4.3** | Arena | 69.00 | $m^3$ | 765.00 | 52,785.00 |
| | **4.4** | Grava | 120.00 | $m^3$ | 980.00 | 117,600.00 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla e23:** Laguna aerobia terciaria

| ETAPA | SUB-ETAPA | DESCRIPCION | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO (C$) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | UNITARIO | TOTAL |
| **4.0** | **4.5** | Botado Tierra | 10,800.00 | $m^3$ | 130.00 | 1,404,000.00 |
| | **4.6** | Acabado | 6,090.00 | $m^2$ | 7.00 | 42,630.00 |
| | **4.7** | Geomembrana | 6,140.00 | $m^2$ | 330.00 | 2,026,200.00 |
| **5.0** | | **Mano de Obra** | | | | **75,995.71** |
| | **5.1** | Operador de Tractor | 99.09 | Hrs | 38.00 | 3,765.42 |
| | **5.2** | Auxiliar de Operador de Tractor | 99.09 | Hrs | 31.00 | 3,071.79 |
| | **5.3** | Operador de Mezcladora | 43.01 | Hrs | 38.00 | 1,634.38 |
| | **5.4** | Operador de Carga Frontal | 117.49 | Hrs | 38.00 | 4,464.62 |
| | **5.5** | Operador de Camión Volquete | 196.42 | Hrs | 38.00 | 7,463.96 |
| | **5.6** | Oficial Albañil | 722.02 | Hrs | 46.00 | 33,212.92 |
| | **5.7** | Ayudante Albañil | 722.02 | Hrs | 31.00 | 22,382.62 |
| **6.0** | | **Equipos** | | | | **497,313.85** |
| | **6.1** | Tractor de Oruga | 98.38 | Hrs | 1,960.00 | 192,824.80 |
| | **6.2** | Cargador Frontal | 117.48 | Hrs | 1,470.00 | 172,695.60 |
| | **6.3** | Camión Volquete | 196.42 | Hrs | 475.00 | 93,299.50 |
| | **6.4** | Mezcladora | 43.01 | Hrs | 895.00 | 38,493.95 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

**Tabla e24:** Laguna aerobia terciaria

| | | |
|---|---|---|
| **d) Costo Total Directo** | **C$** | **5,081,521.66** |
| **e) Costos Indirectos (15% * d)** | **C$** | **762,228.25** |
| **f) Utilidades (10% * d)** | **C$** | **508,152.17** |
| **g) Precio de venta sin impuesto (d+e+f)** | **C$** | **6,351,902.08** |
| **h) Impuesto a la Alcaldía (1% de g)** | **C$** | **63,519.02** |
| **i) Impuesto (15% de g+h)** | **C$** | **962,313.16** |
| **j) Precio de venta con impuesto (g+h+i)** | **C$** | **7,377,734.26** |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

ANEXO F: **Estudio socioeconómico**

**Encuesta a población**

**Universidad Nacional de Ingeniería.**

# I. Introducción

- Nosotros como estudiantes de la carrera de ingeniería civil, estamos aplicando este estudio para conocer la opinión de la población sobre la realización de un Diseño de la red de alcantarillado sanitario y del sistema de tratamiento de agua residual para el municipio de Comalapa, departamento de Chontales.

**Objetivo de encuesta**

- Aplicar una encuesta a la población de Comalapa que determine los datos que aporten a la Implementación de la Red de alcantarillado sanitario y del sistema de tratamiento de agua residual en la comunidad, asimismo, el comportamiento socio-demográfico, también, el índice habitacional en base a los valores poblacionales.

**Instrucción**

- Responda los datos generales con cifras exactas, ya que, sus datos influirán directamente en la viabilidad del proyecto para la ciudadanía.

**Datos generales**

**Desarrollo**

1. ¿Sexo de persona encuestada?

Hombre_____ Mujer_____

2. ¿Años de personas encuestadas?

15-25 años

26-35 años

36-45 años

46-55 años

56-65 años

66 o más

3. Parentesco con el jefe de hogar

Esposa

Padre madre

Hijo hija

Yerno / nuera

Ayudante doméstico

Ninguna

Jefe de hogar

4. ¿jefe de hogar?

Hombre

Mujer

5. ¿Edad jefe de hogar?

15-25 años

26-35 años

36-45 años

46-55 años

56-65 años

66 o más

6. ¿Educación predominante?

Primaria completa

Secundario completo

Técnico educación

Educación superior completa

Ninguna

No sabe / No contesta

7. ¿Ingresos mensuales?

2000 a 3000

3000 a 5000

5000 a 10,000

10000 a mas

No sabe / No aplica8.

8. ¿Está de acuerdo a conectarse al sistema de alcantarillado y pagar el mantenimiento de la misma?

Si

No

**Resultados de encuesta**

Este informe refleja los resultados de la Encuesta realizada en la ciudad de Comalapa, Chontales antes del diseño del sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales de la misma ciudad.

El documento refleja las respuestas obtenidas del análisis estadístico (SPSS) en tablas y en orden numérico de acuerdo al orden aplicado. Con las tablas, se realiza un breve análisis considerado de mayor interés para la ejecución.

La encuesta se realizó durante el período del 14 al 19 de enero de 2020 en los barrios de la ciudad de Comalapa con un equipo de 3 personas.

Para la muestra, se determinó un total de 150 encuestas aprobadas por La Alcaldía de Comalapa con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 7.75%. En la ejecución de campo, se realizaron un total de 131 encuestas, ya que en algunas viviendas no nos recibieron.

Los datos que se quieren mostrar en el presente estudio son las características de la población, el nivel de aceptación de la población antes de la construcción del sistema de alcantarillado y la planta de tratamiento de aguas residuales, así como su capacidad y disposición para pagar el mantenimiento de ambos elementos.

Los datos relevantes a destacar son: Voluntad o aceptabilidad de los usuarios para tener la conexión del sistema de alcantarillado, lo que resultó en el 96.9% de los encuestados.

El ingreso promedio de las viviendas encuestadas se encontró en un rango de 10,000 a ms córdobas, lo que representa el 32,1% de las viviendas.

**96,9%** de los encuestados aceptan la posesión de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la ciudad.

**TABLAS DE RESUMEN DE LOS RESULTADOS**

Las tablas en los siguientes capítulos reflejan las frecuencias o cantidades de las respuestas dadas por la población encuestada de acuerdo con las preguntas consultada.

## 1. CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN ENCUESTA

**Resultado 1**

| Sexo | Frecuencia | Porcentaje |
|---|---|---|
| Hombre | 62 | 47,3 |
| Mujer | 69 | 52.7 |
| Total | 131 | 100,0 |

En el resultado 1 puede ser observado que, del total de los encuestados, el 52,7% aproximadamente son mujeres, lo que, valida aún más la información contenida en este estudio, ya que en la mayoría de los hogares nicaragüenses las mujeres permanecen más en casa y dominan la información consultada.

**Resultado 2**

| Años | Frecuencia | Porcentaje |
|---|---|---|
| 15-25 años | 12 | 9,2 |
| 26-35 años | 31 | 23,7 |
| 36-45 años | 24 | 18,3 |
| 46-55 años | 31 | 23,7 |
| 56-65 años | 24 | 18,3 |
| 66 o más | 9 | 6,9 |
| Total | 131 | 100,0 |

La edad predominante en los encuestados resultó en el rango de 26 a 35 años y 46-55. Siendo un 23,6% de la muestra.

**Resultado 3**

| Parentesco | Frecuencia | Porcentaje |
|---|---|---|
| Esposa | 65 | 49,6 |
| Padre madre | 7 | 5,3 |
| Hijo hija | 11 | 8,4 |
| Yerno / nuera | 9 | 6,9 |
| Ayudante doméstico | 2 | 1.5 |
| Ninguna | 18 | 13.7 |
| Jefe de hogar | 19 | 14,5 |
| Total | 131 | 100,0 |

En el resultado 3 se puede observar el parentesco de la persona con el jefe de hogar.

**Resultado 4**

| Género / jefe de hogar | Frecuencia | Porcentaje |
|---|---|---|
| Hombre | 39 | 29,8 |
| Mujer | 92 | 70,2 |
| Total | 131 | 100,0 |

Se ratifica el predominio de la mujer como cabeza de familia con un 70,2%.

**Resultado 5**

| Edad / jefe de hogar | Frecuencia | Porcentaje |
|---|---|---|
| 15-25 años | 4 | 3,1 |
| 26-35 años | 35 | 26,7 |
| 36-45 años | 41 | 31,3 |
| 46-55 años | 37 | 28,2 |
| 56-65 años | 14 | 10,7 |
| 66 o más | - | 0 |
| Total | 131 | 100,0 |

Las edades predominantes de mujeres jefas de hogar oscilan entre 36 y 45 años, lo que representa el 31,3% de la población encuestada.

**Resultado 6**

| Enseñanza | Frecuencia | Porcentaje |
|---|---|---|
| Primaria completa | 22 | 16,8 |
| Secundario completo | 45 | 34,4 |
| Técnico educación | 49 | 37,4 |
| Educación superior completa | 10 | 7,6 |
| Ninguna | 5 | 3,8 |
| No sabe / No contesta | - | 0 |
| Total | 131 | 100,0 |

En el resultado 6, se puede ver que la educación técnica es la predominante con un 37,4%, seguida de Secundaria completo con un 34,4% y primaria completa un 16,8%. En general, el 96,8% de los encuestados tiene algún conocimiento en términos de cómo leer y escribir.

**Resultado 7**

| Ingresos mensuales | Frecuencia | Porcentaje |
|---|---|---|
| 2000 a 3000 | 17 | 13 |
| 3000 a 5000 | 24 | 18,3 |
| 5000 a 10000 | 31 | 23,7 |
| 10000 a mas | 42 | 32,1 |
| No sabe / No aplica | 17 | 13 |
| Total | 131 | 100,0 |

En el resultado 7 se puede observar el nivel de ingresos mensuales por familia encuestada lo cual predomina ingresos de 10,000 a mas debido ala ganadera y agricultura del municipio.

**Resultado 8**

| Respuesta | Frecuencia | Porcentaje |
|---|---|---|
| Si | 127 | 96,9 |
| No | 4 | 3,1 |
| Total | 131 | 100,0 |

ANEXO G**: Estudios de suelo**

## ESTUDIO DE SUELO

### Contenido natural del agua (Humedad)

El contenido de humedad del suelo, se define como la cantidad de agua presente en la muestra al momento de efectuar el ensaye, relacionado al peso de su fase sólida. Una vez obtenidas las 4 muestras del campo y debidamente identificadas, se procedió a obtener el peso de las taras a utilizar y una muestra representativa del suelo para evaluar sus porcentajes de humedad. El cual dio como resultado la siguiente tabla.

**Tabla g1:** Contenido de humedad

| Peso de Tara + Muestra Húmeda | | | |
|---|---|---|---|
| **Muestra** | **Tara** | **Peso Tara (gr)** | **Peso de Tara + Muestra (gr)** |
| **H-V-1** | A-42 | 21.5 | NP |
| | A-R | 28.5 | NP |
| **M-1** | A-33 | 21.5 | 38.1 |
| | H-17 | 21.8 | 37.5 |
| | R-128 | 21.3 | 32.3 |
| **M-189** | B-02 | 21.4 | 31.5 |
| | R-108 | 21.6 | 33.6 |
| **M-X** | B-04 | 21.4 | 29.3 |
| | D-132 | 21.8 | 31.6 |

***Fuente**: Laboratorios GEONIC ingenieros*

Una vez obtenido los pesos, las muestras fueron ingresadas al horno por 24 horas a una temperatura de 110°C. Una vez Transcurrido ese período de tiempo, se procedió a pesar nuevamente las taras. Dando los siguientes resultados

**Tabla g2**: Contenido de humedad

| Peso tara + Muestra seca | | | |
|---|---|---|---|
| **Muestra** | **Tara** | **Peso Tara (gr)** | **Peso de Tara +Muestra (gr)** |
| **H-V-1** | A-42 | 21.5 | NP |
| | A-R | 28.5 | NP |
| **M-1** | A-33 | 21.5 | 32.7 |
| | H-17 | 21.8 | 32.4 |
| | R-128 | 21.3 | 28.8 |
| **M-189** | B-02 | 21.4 | 30.4 |
| | R-108 | 21.6 | 33.6 |
| **M-X** | B-04 | 21.4 | 26.5 |
| | D-132 | 21.8 | 28.2 |

***Fuente**: Laboratorios GEONIC ingenieros*

Para el cálculo de los porcentajes de humedad, fue necesario obtener los pesos de las muestras sin tara. Como se muestran a continuación.

**Tabla g3:** Contenido de humedad

| **Muestra** | **Tara** | **Peso Tara (gr)** | **Profundidad (m)** | **Peso de tara - Muestra (gr)** | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Humedad** | **Seco** |
| **H-V-1** | A-42 | 21.5 | 1.2 | NP | NP |
| | A-R | 28.5 | 1.2 | NP | NP |
| **M-1** | A-33 | 21.5 | 1.8 | 16.6 | 11.2 |
| | H-17 | 21.8 | 1.8 | 15.7 | 10.6 |
| | R-128 | 21.3 | 1.8 | 11 | 7.5 |
| **M-189** | B-02 | 21.4 | 1.2 | 10.1 | 9 |
| | R-108 | 21.6 | 1.2 | 12 | 12 |
| **M-X** | B-04 | 21.4 | 1.75 | 7.9 | 5.1 |
| | D-132 | 21.8 | 1.75 | 9.8 | 9.8 |

***Fuente**: Laboratorios GEONIC ingenieros*

**Tabla g4:** Contenido de humedad

| Muestra | Tara | Peso Tara (gr) | Profundidad (m) | %W |
|---|---|---|---|---|
| **H-V-1** | A-42 | 21.5 | 1.2 | NP |
| | A-R | 28.5 | 1.2 | NP |
| **M-1** | A-33 | 21.5 | 1.8 | 48.21 |
| | H-17 | 21.8 | 1.8 | 48.11 |
| | R-128 | 21.3 | 1.8 | 46.66 |
| **M-189** | B-02 | 21.4 | 1.2 | 36.48 |
| | R-108 | 21.6 | 1.2 | 36.36 |
| **M-X** | B-04 | 21.4 | 1.75 | 54.94 |
| | D-132 | 21.8 | 1.75 | 53.12 |

***Fuente**: Laboratorios GEONIC ingenieros*

**Determinación del Análisis Granulométrico de los Suelos (Método Mecánico). *(ASTM D-422)***

Para determinar el tamaño de los granos del suelo, se realizó a través del método mecánico, consistió en cribar el suelo por medio de los tamices 3/4”, 1/2”, 3/8”, No.4 No.10, No.40, llegando hasta la malla Nº200 (0.074 mm), los pesos retenidos en cada malla se pesaron, obteniendo así el porcentaje en peso con respecto a la muestra total.

En este estudio se requirió el cálculo de los coeficientes de curvatura y uniformidad
para los suelos gruesos y determinar su clasificación, para ello se necesita construir la curva de distribución granulométrica, pero estos datos solo pueden ser calculados cuando los porcentajes pasan del 60, 30 y 10%. Esta gráfica se dibuja con los porcentajes como ordenadas y tamaños de las partículas como abscisas.

Se obtuvieron como primer paso los pesos del material mayor al tamiz N° 4.

***Análisis mecánico con material mayor que el tamiz No 4***

**Tabla g5:** Análisis granulométrico

| Tamiz No. | Muestra H-V-1 PRP (gr) | Muestra M-1 PRP (gr) | Muestra M-189 PRP (gr) | Muestra MX PRP (gr) |
|---|---|---|---|---|
| 3/4 " | 128 | 65 | 30 | 0 |
| 1/2" | 68 | 132 | 30 | 47 |
| 3/8" | 47 | 117 | 31 | 26 |
| No.4 | 124 | 177 | 169 | 59 |
| Pasa No.4 | 587 | 546 | 725 | 653 |
| SUMA | 954 | 1037 | 985 | 785 |

***Fuente**: Laboratorios GEONIC ingenieros*

**Tabla g6:** Análisis granulométrico

| Muestra H-V-1 Material Grueso | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Tamiz No.** | **Peso Retenido Parcial (gr)** | **% Retenido Parcial** | **%Retenido Acumulado** | **% Que pasa por el Tamiz** |
| **3/4 "** | 128 | 13 | 13 | 87 |
| **1/2"** | 68 | 7 | 20 | 80 |
| **3/8"** | 47 | 5 | 25 | 75 |
| **No.4** | 124 | 13 | 38 | 65 |
| **Pasa No.4** | 587 | 62 | 100 | 0 |
| **SUMA** | 954 | 100 | | |

***Fuente**: Laboratorios GEONIC ingenieros*

**Tabla g7:** Análisis granulométrico

| Muestra M-1 Material Grueso | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Tamiz No.** | **Peso Retenido Parcial (gr)** | **% Retenido Parcial** | **%Retenido Acumulado** | **% Que pasa por el Tamiz** |
| **3/4 "** | 65 | 6 | 6 | 94 |
| **1/2"** | 132 | 13 | 19 | 81 |
| **3/8"** | 117 | 11 | 30 | 70 |
| **No.4** | 177 | 17 | 47 | 53 |
| **Pasa No.4** | 546 | 53 | 100 | 0 |
| **SUMA** | 1037 | 100 | | |

***Fuente**: Laboratorios GEONIC ingenieros*

**Tabla g8:** Análisis granulométrico

| Muestra M-189 Material Grueso | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Tamiz No.** | **Peso Retenido Parcial (gr)** | **% Retenido Parcial** | **%Retenido Acumulado** | **% Que pasa por el Tamiz** |
| **3/4 "** | 30 | 3 | 3 | 97 |
| **1/2"** | 30 | 3 | 6 | 94 |
| **3/8"** | 31 | 3 | 9 | 91 |
| **No.4** | 169 | 17 | 26 | 74 |
| **Pasa No.4** | 725 | 74 | 100 | 0 |
| **SUMA** | 985 | 100 | | |

***Fuente**: Laboratorios GEONIC ingenieros*

**Tabla g9:** Análisis granulométrico

| Muestra MX Material Grueso | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Tamiz No.** | **Peso Retenido Parcial (gr)** | **% Retenido Parcial** | **%Retenido Acumulado** | **% Que pasa por el Tamiz** |
| **3/4 "** | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **1/2"** | 47 | 6 | 6 | 94 |
| **3/8"** | 26 | 3 | 9 | 91 |
| **No.4** | 59 | 8 | 17 | 83 |
| **Pasa No.4** | 653 | 83 | 100 | 0 |
| **SUMA** | 785 | 100 | | |

***Fuente**: Laboratorios GEONIC ingenieros*

Se obtuvieron los pesos del material menor al tamiz N° 4, con un valor en peso representativo de cada muestra. Después haber saturado las muestras por 24 horas y lavarlas en el tamiz N° 200 para luego ser sometidas a una temperatura de 100°C por 24 horas.

## Análisis granulométrico

| Peso sucio y lavado de las muestras | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Observación** | **Muestra H-V-1** | **Muestra M-1** | **Muestra M-189** | **Muestra MX** |
| **Ws sucio (gr)** | 954 | 1037 | 985 | 785 |
| **Ws lavado-seco (gr)** | 104.2 | 106.8 | 103.3 | 108 |

***Fuente**: Laboratorios GEONIC ingenieros*

Los resultados obtenidos por cada muestra se detallan a continuación.

**Tabla g10:** Análisis granulométrico

| Análisis mecánico con material menor que el tamiz N°4 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Tamiz No.** | **Muestra 1** | **Muestra 2** | **Muestra 3** | **Muestra 4** |
| | H-V-1 | M-1 | M-189 | MX |
| | PRP (gr) | PRP (gr) | PRP (gr) | PRP (gr) |
| **10** | 7.4 | 9.8 | 20.7 | 0.9 |
| **40** | 22.3 | 17.4 | 25.2 | 2.6 |
| **200** | 21.6 | 24.1 | 15.4 | 6.3 |
| **Pasa la #200** | 52.9 | 55.5 | 42 | 98.2 |
| **SUMA** | 104.2 | 105.5 | 103.3 | 105 |

***Fuente**: Laboratorios GEONIC ingenieros*

Los resultados obtenidos por cada muestra se detallan a continuación.

**Tabla g11:** Análisis granulométrico

| Muestra H-V-1 Material Fino | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Tamiz** | **Peso Retenido Parcial (gr)** | **%Retenido Parcial** | **% Retenido Acumulado** | **% Que pasa por el Tamiz** |
| | | | | |
| **10** | 7.4 | 4 | 4 | 58 |
| **40** | 22.3 | 13 | 17 | 45 |
| **200** | 21.6 | 13 | 30 | 32 |
| **Pasa No. 200** | 52.9 | 32 | 62 | 0 |
| **SUMA** | 104.2 | 62 | | |

***Fuente**: Laboratorios GEONIC ingenieros*

**Tabla g12:** Análisis granulométrico

| Muestra M-1 Material Fino | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Tamiz** | **Peso Retenido Parcial (gr)** | **%Retenido Parcial** | **% Retenido Acumulado** | **% Que pasa por el Tamiz** |
| | | | | |
| 10 | 9.8 | 5 | 5 | 48 |
| 40 | 17.4 | 9 | 14 | 39 |
| 200 | 24.1 | 12 | 26 | 27 |
| Pasa No. 200 | 55.5 | 27 | 53 | 0 |
| SUMA | 106.8 | 53 | | |

***Fuente**: Laboratorios GEONIC ingenieros*

**Tabla g13:** Análisis granulométrico

| Muestra M-189 Material Fino | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Tamiz** | **Peso Retenido Parcial (gr)** | **%Retenido Parcial** | **% Retenido Acumulado** | **% Que pasa por el Tamiz** |
| | | | | |
| 10 | 20.7 | 15 | 15 | 59 |
| 40 | 25.2 | 18 | 33 | 41 |
| 200 | 15.4 | 11 | 44 | 30 |
| Pasa No. 200 | 42 | 30 | 74 | 0 |
| SUMA | 103.3 | 74 | | |

***Fuente**: Laboratorios GEONIC ingenieros*

**Tabla g14:** Análisis granulométrico

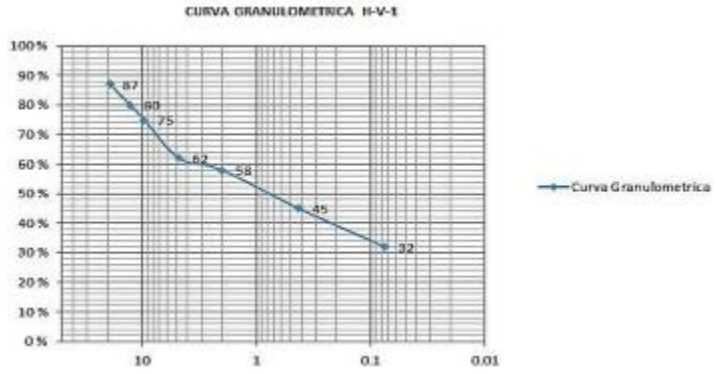
| Muestra MX Material Fino | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Tamiz** | **Peso Retenido Parcial (gr)** | **%Retenido Parcial** | **% Retenido Acumulado** | **% Que pasa por el Tamiz** |
| | | | | |
| **10** | 0.9 | 1 | 1 | 82 |
| **40** | 2.6 | 2 | 3 | 80 |
| **200** | 6.3 | 5 | 8 | 75 |
| **Pasa No. 200** | 98.2 | 75 | 83 | 0 |
| **SUMA** | 108 | 83 | | |

***Fuente**: Laboratorios GEONIC ingenieros*

Se efectuó la presentación gráfica de los resultados obtenidos por medio de la curva granulométrica, con el fin de encontrar la coeficiente uniformidad del suelo, así como el coeficiente de curvatura, sin embargo el predominio de material fino en las muestras alcanzo valores mucho mayores al 50% de material que pasa por la malla N°200, por lo que se procedió a la clasificación de los suelos de granos finos a través de la carta de plasticidad del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

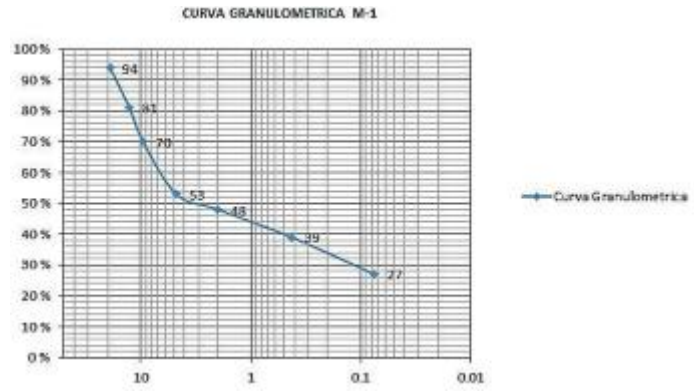
Para una mejor visualización de lo anteriormente expuesto, a continuación, se presentas las curvas correspondientes para cada estrato del sondeo, la curva representa la relación del porcentaje que pasa los tamices vs tamaño de la partícula en mm.

**Gráfico g1:** Curva Granulométrica Muestra-1



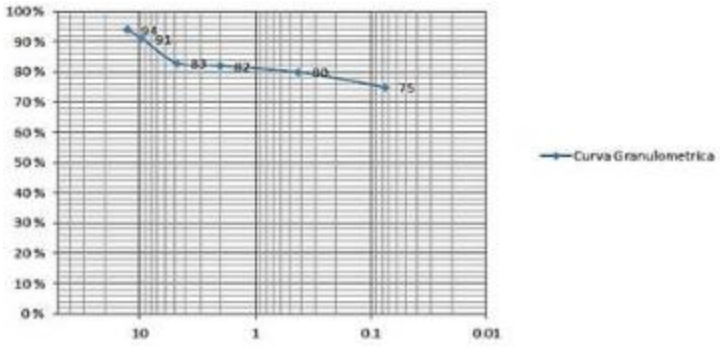

***Fuente**: Laboratorios GEONIC ingenieros*

**Gráfico g2:** Curva Granulométrica –Muestra 2



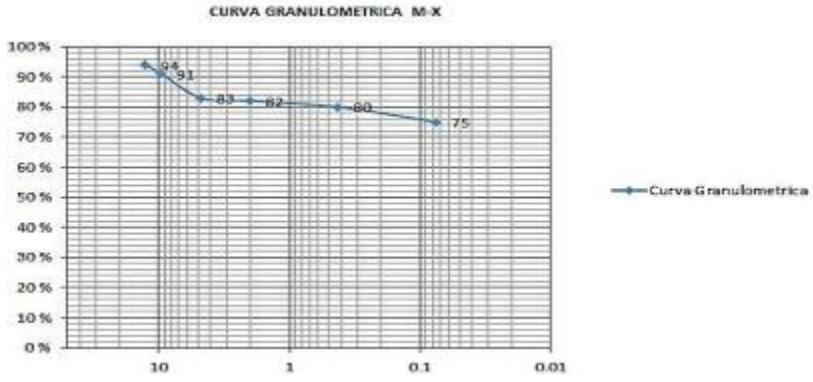

***Fuente**: Laboratorios GEONIC ingenieros*

**Gráfico g3:** Curva Granulométrica –Muestra 3




***Fuente**: Laboratorios GEONIC ingenieros*

**Gráfico g4:** Curva Granulométrica –Muestra 4




***Fuente**: Laboratorios GEONIC ingenieros*

## Determinación de Limites de consistencia o de Atterberg de los Suelos. (ASTM D4318)

### Limite Líquido

Para la determinación del límite líquido se realizó el ensaye de laboratorio utilizando la copa de Casagrande, obteniendo los siguientes resultados.

### Límites de Atterberg

**Tabla g15:** Límite líquido de las muestras

| Muestra | Tara | W Tara (gr) | Wh (T+M) (gr) | Ws (T+M) (gr) | No. Golpes | Wh Muestra | Ws Muestra | %W | LL | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **H-V-1** | A-42 | 21.5 | NP | NP | | NP | | NP | | |
| **H-V-1** | A-R | 21.8 | NP | NP | | NP | | NP | | |
| **M-1** | A-33 | 21.5 | 38.1 | 32.7 | 12 | 16.6 | 11.2 | 48.21 | 44.11 | 46.26 |
| **M-1** | H-17 | 21.8 | 37.5 | 32.4 | 22 | 15.7 | 10.6 | 48.11 | 47.38 | |
| **M-1** | R-128 | 21.3 | 32.3 | 28.8 | 28 | 11 | 7.5 | 46.66 | 47.31 | |
| **M-189** | B-02 | 21.4 | 31.5 | 28.8 | 22 | 10.1 | 9 | 36.48 | 35.93 | 36.3 |
| **M-189** | R-108 | 21.6 | 33.6 | 30.4 | 27 | 12 | 12 | 36.36 | 36.68 | |
| **M-X** | B-04 | 21.4 | 29.3 | 26.5 | 23 | 7.9 | 5.1 | 59.9 | 54.35 | 64.1 |
| **M-X** | D-132 | 21.8 | 31.6 | 28.2 | 28 | 9.8 | 9.8 | 53.12 | 53.68 | |

***Fuente**: Laboratorios GEONIC ingenieros*

**Tabla g16:** Límite líquido

| Limite Liquido M-1 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **No de Golpes (N)** | 12 | 22 | 28 | |
| **Tara No** | A-33 | H-17 | R-128 | |
| **PW +Tara (1)** | 38.1 | 37.5 | 32.3 | |
| **PS +Tara (2)** | 32.7 | 32.4 | 28.8 | |
| **Agua: (1)-(2) (3)** | 5.4 | 5.1 | 3.5 | |
| **Peso de Tara (4)** | 21.5 | 21.8 | 21.3 | |
| **PS: (2)-(4) (5)** | 11.2 | 10.6 | 7.5 | |
| **% de agua:(100) * (3) / (5) (6)** | 48.21 | 48.11 | 46.66 | |
| **Factor(K)** | 0.915 | 0.985 | 1.014 | |
| **Limite Liquido:(6) * (K)** | 44.11 | 47.38 | 47.31 | 46.26 |

***Fuente**: Laboratorios GEONIC ingenieros*

**Tabla g17:** Límite líquido

| Limite Liquido M-189 | | | |
|---|---|---|---|
| **No de Golpes (N)** | 22 | 27 | |
| **Tara No** | B-02 | R-108 | |
| **PW +Tara (1)** | 31.5 | 33.6 | |
| **PS +Tara (2)** | 28.8 | 30.4 | |
| **Agua: (1)-(2) (3)** | 2.7 | 3.2 | |
| **Peso de Tara (4)** | 21.4 | 21.6 | |
| **PS: (2)-(4) (5)** | 7.4 | 8.8 | |
| **% de agua:(100) * (3) / (5) (6)** | 36.48 | 36.36 | |
| **Factor(K)** | 0.985 | 1.009 | |
| **Limite Liquido:(6) * (K)** | 35.93 | 36.68 | 36.3 |

***Fuente**: Laboratorios GEONIC ingenieros*

**Tabla g18:** Límite líquido

| Limite Liquido M-X | | | |
|---|---|---|---|
| **No de Golpes (N)** | 23 | 28 | |
| **Tara No** | B-04 | D-132 | |
| **PW +Tara (1)** | 29.3 | 31.6 | |
| **PS +Tara (2)** | 26.5 | 28.2 | |
| **Agua: (1)-(2) (3)** | 2.8 | 3.4 | |
| **Peso de Tara (4)** | 21.4 | 21.8 | |
| **PS: (2)-(4) (5)** | 5.1 | 6.4 | |
| **% de agua:(100) * (3) / (5) (6)** | 54.9 | 53.12 | |
| **Factor(K)** | 0.99 | 1.014 | |
| **Limite Liquido:(6) * (K)** | 54.35 | 53.86 | 54.1 |

***Fuente**: Laboratorios GEONIC ingenieros*

## Límite Plástico

Para este ensaye los rollos de 3mm no fueron posibles formarlos, ya que el suelo se agrietaba muy fácilmente al rodarlo con la mano sobre la superficie absorbente por la poca plasticidad de las muestras. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

***Resultado límite plástico de las muestras***

**Tabla g19:** Límite plástico de las muestras

| Muestra | Tara | W Tara (gr) | Wh (T+M) (gr) | Ws (T+M) (gr) | Wh Muestra | Ws Muestra | %W | Δ%W | LP | LP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **H-V-1** | R-111 | NP | NP | NP | NP | NP | NP | NP | NP | NP |
| **H-V-1** | A-21 | | | | | | | | | |
| **M-1** | H-10 | 21.4 | 32.8 | 29.9 | 11.4 | 8.5 | 34.12 | 0.54 | 34.11 | 34.38 |
| **M-1** | A-111 | 21.6 | 35.2 | 31.7 | 13.6 | 10.1 | 34.65 | | 34.65 | |
| **M-189** | R-122 | 21.5 | 45.6 | 40.9 | 24.1 | 19.4 | 24.23 | 0.82 | 24.22 | 23.81 |
| **M-189** | A-13 | 21.8 | 39.2 | 35.9 | 17.4 | 14.1 | 23.4 | | 23.4 | |
| **M-X** | A-39 | 21.6 | 39.2 | 34.7 | 17.6 | 13.1 | 34.35 | 2.21 | 34.35 | 33.245 |
| **M-X** | R-101 | 21.4 | 36.2 | 32.6 | 14.8 | 11.3 | 32.14 | | 32.14 | |

***Fuente**: Laboratorios GEONIC ingenieros*

**Tabla g20:** Límite plástico

| Limite Plástico M-1 | | |
|---|---|---|
| **Tara No** | H-10 | H-111 |
| **PW +Tara (8)** | 32.8 | 35.2 |
| **PS +Tara (9)** | 29.9 | 31.7 |
| **Agua: (8)-(9) (10)** | 2.9 | 3.5 |
| **Peso de Tara (11)** | 21.4 | 21.6 |
| **PS: (9)-(11) (12)** | 8.5 | 10.1 |
| **Limite plástico: (100) *(10) / (12)** | **34.11** | **34.65** |

***Fuente**: Laboratorios GEONIC ingenieros*

**Tabla g21:** Límite plástico

| Limite Plástico M-189 | | |
|---|---|---|
| **Tara No** | R-122 | A-13 |
| **PW +Tara (8)** | 45.6 | 39.2 |
| **PS +Tara (9)** | 40.9 | 35.9 |
| **Agua: (8)-(9) (10)** | 4.7 | 3.3 |
| **Peso de Tara (11)** | 21.5 | 21.8 |
| **PS: (9)-(11) (12)** | 19.4 | 14.1 |
| **Limite plástico: (100) *(10) / (12)** | **24.22** | **23.4** |

***Fuente**: Laboratorios GEONIC ingenieros*

**Tabla g22:** Límite plástico

| Limite Plástico M-X | | |
|---|---|---|
| **Tara No** | A-39 | R-101 |
| **PW +Tara (8)** | 39.2 | 36.2 |
| **PS +Tara (9)** | 34.7 | 32.6 |
| **Agua: (8)-(9) (10)** | 4.5 | 3.6 |
| **Peso de Tara (11)** | 21.6 | 21.4 |
| **PS: (9)-(11) (12)** | 13.1 | 11.2 |
| **Limite plástico: (100) *(10) / (12)** | **34.35** | **32.14** |

***Fuente**: Laboratorios GEONIC ingenieros*

## Índice de Plasticidad

Una vez obtenidos los Límites Líquidos y Plásticos, al calcular su diferencia esta corresponde al Índice de Plasticidad. A continuación, se describe el correspondiente a cada muestra encontrada en el campo.

**Tabla g23:** Índice de plasticidad muestra M-1

| **Resultados** | | |
|---|---|---|
| Limite Liquido (%) | Limite Plástico (%) | **Índice Plástico (%)** |
| 46.26 | 34.36 | **11.9** |

***Fuente**: Laboratorios GEONIC ingenieros*

**Tabla g24:** Índice de plasticidad M-189

| **Resultados** | | |
|---|---|---|
| Limite Liquido (%) | Limite Plástico (%) | **Índice Plástico (%)** |
| 36.3 | 23.81 | **12.49** |

***Fuente**: Laboratorios GEONIC ingenieros*

**Tabla g25:** Índice de plasticidad M-X

| **Resultados** | | |
|---|---|---|
| Limite Liquido (%) | Limite Plástico (%) | **Índice Plástico (%)** |
| 54.105 | 33.24 | **20.865** |

***Fuente**: Laboratorios GEONIC ingenieros*

**Tabla g 26:** Clasificación de suelos (SUCS)

| Clasificación por método unificado de suelos (SUCS) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **N° muestra** | **%PASA POR LA MALLA** | | | **L. ATTERBERG** | | | **Símbolo** | **Tipo de suelo** |
| | ***NUM.4*** | ***NUM.40*** | ***NUM.200*** | ***L.L.*** | ***L.P.*** | ***I.P.*** | | |
| **H-V-1** | 65 | 45 | 32 | NP | NP | NP | ML | Limo de baja plasticidad |
| **M-1** | 53 | 39 | 27 | 46.26 | 34.38 | 11.9 | ML | Limo de baja plasticidad |
| **M-189** | 74 | 41 | 30 | 36.3 | 23.81 | 12.49 | CL | Arcilla de baja plasticidad |
| **M-X** | 83 | 30 | 75 | 54.1 | 33.24 | 20.86 | CH | Orgánica de alta plasticidad |

***Fuente**: Laboratorios GEONIC ingenieros*

La siguiente tabla muestra la descripción de las muestras de suelo con su correspondiente ubicación.

**Tabla g27:** Clasificación general del suelo (SUCS)

| Muestra | Sitio | Tipo de suelo |
|---|---|---|
| **HV-1** | Red de alcantarillado | Limo de baja plasticidad |
| **M-1** | Red de alcantarillado | Limo de baja plasticidad |
| **M-189** | Red de alcantarillado | Arcilla de baja plasticidad |
| **M-X** | Planta de Tratamiento | Orgánica de alta plasticidad |

***Fuente**: Laboratorios GEONIC ingenieros*

ANEXO H**: Calidad de agua**

**Parámetros de diseño**

Se tomaron los parámetros de diseño de la planta de tratamiento de Santo Tomas, Chontales ya que tiene bastante similitud a la población de diseño tomada en cuenta en el municipio de Comalapa, Chontales.

| | CALIDAD DEL AFLUENTE PARA PLANTA DE TRATAMIENTO "Santo Tomas" | | | | Poblacion conectada para el primer año'Santo Tomas'' | Poblacion ''Comalapa'' |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Parámetros | Simbología | Datos | Unidades | | |
| | Sólidos en suspensión | SS | 435 | mg/lt | 2400 | 2362 |
| | DBO5 | S0 | 411 | mg/lt | | |
| | Coliformes fecales | CFA | 7,670,000.00 | NMP/100 ml | 38 | |
| | | | | | Diferencia | |

# RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO

DUEÑO:

PROYECTO :
DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES

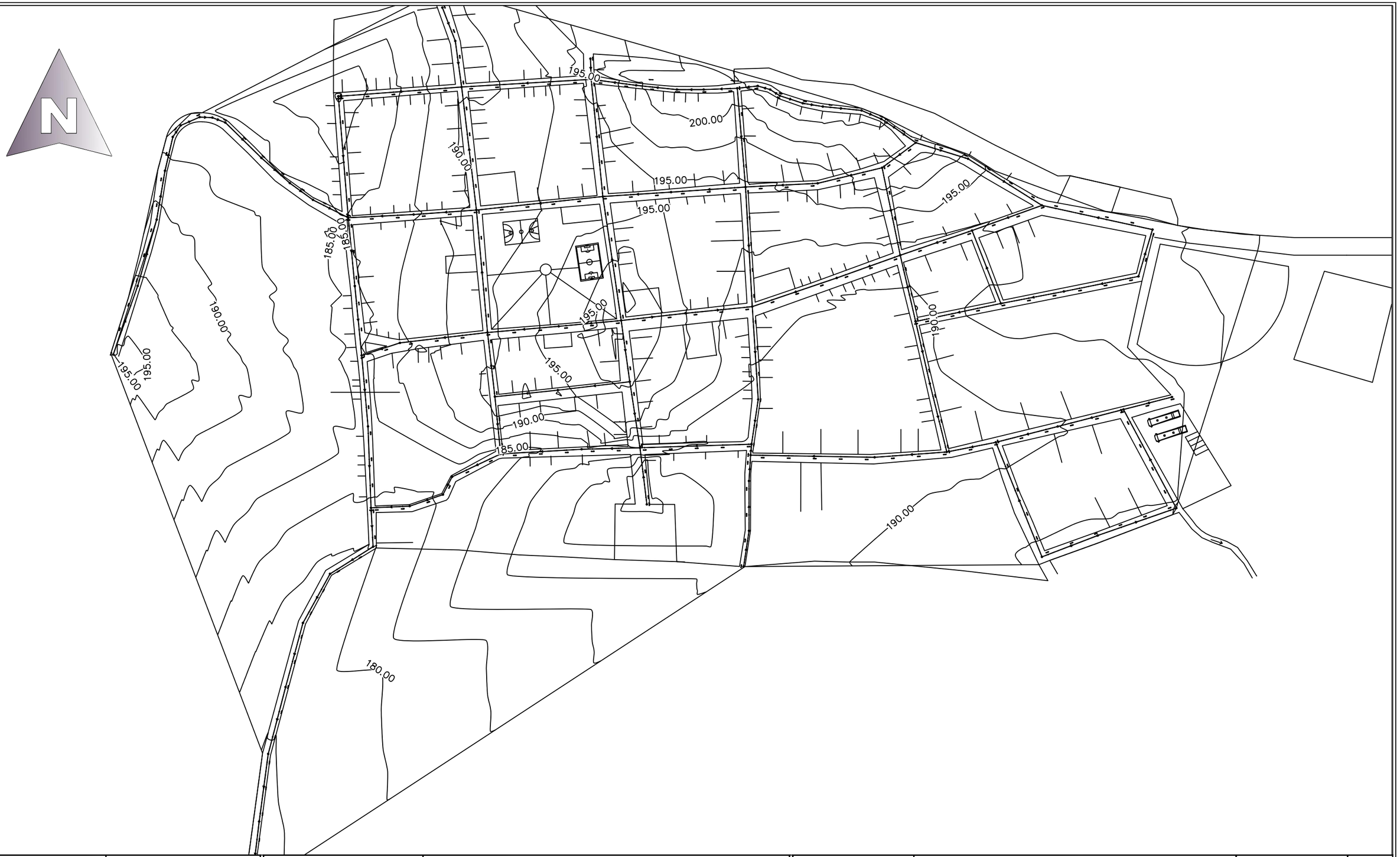
Diseñado por:
Br. Lesther Emilio Marin
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

Revisado por:
Ing. Maria Elena Baldizon

ASUNTO:
**MAPA TOPOGRAFICO**

CHONTALES DEPARTMENT
MUNICIPALIDAD: COMALAPA
ESCALA: 1/6000
FECHA: Agosto 2020

CODIGO: RED C 0
No DE PAGINA: 0/28




DUEÑO:

PROYECTO :

DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES

**Diseñado por:**

Br. Lesther Emilio Marin
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

**Revisado por:**
Ing. Maria Elena Baldizon

ASUNTO:

# MAPA TOPOGRAFICO

CHONTALES DEPARTMENT

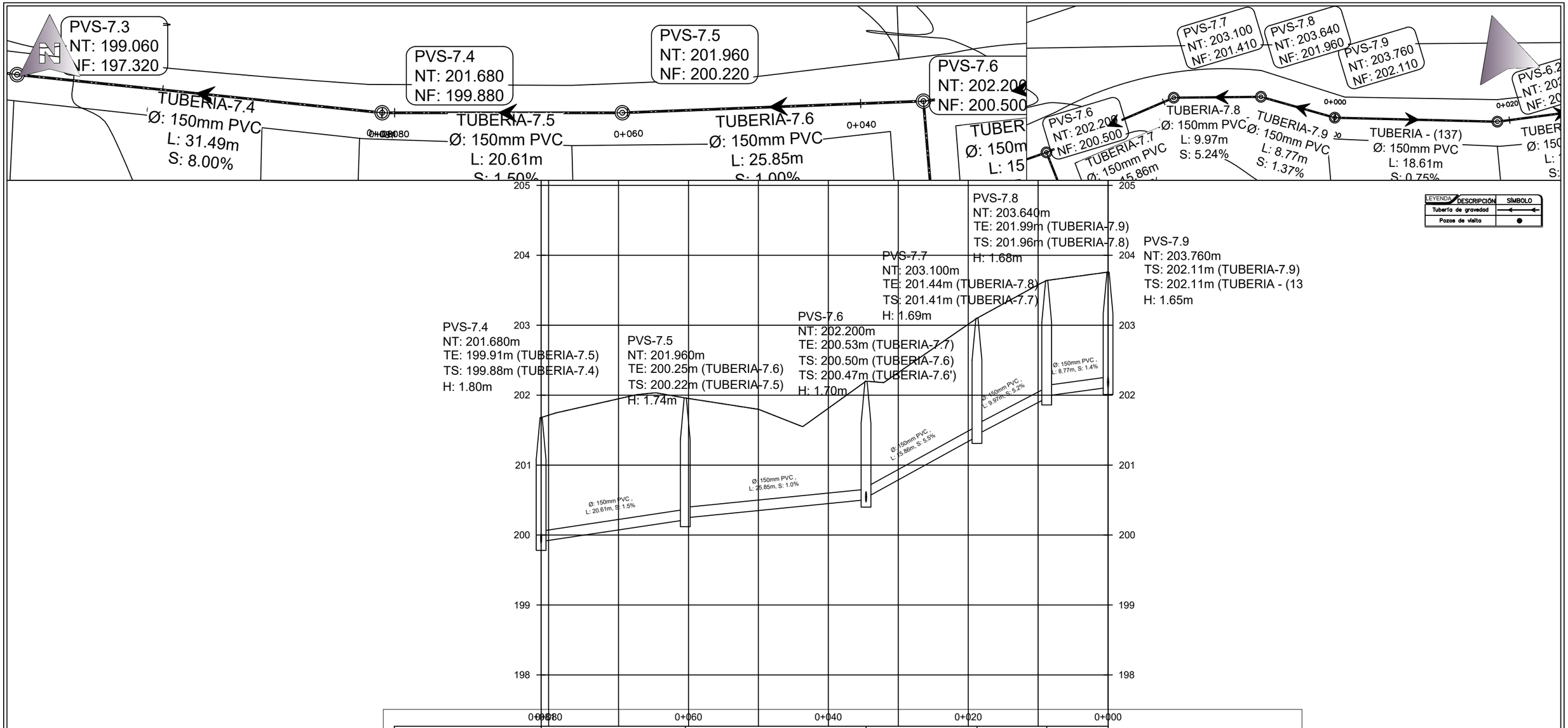
MUNICIPALIDAD: COMALAPA

ESCALA: 1/6000

FECHA: Agosto 2020

CODIGO: RED C 01

No DE PAGINA: 01 / 28




| Nombre de tubería | | TUBERIA-7.5 | | TUBERIA-7.6 | | TUBERIA-7.7 | TUBERIA-7.8 | TUBERIA-7.9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Distancia | | 20.61 | | 25.85 | | 15.86 | 9.97 | 8.77 |
| ∅ (mm) / Material | | 150mm/ PVC | | 150mm/ PVC | | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC |
| Pendiente (%) | | 1.50% | | 1.00% | | 5.50% | 5.24% | 1.37% |
| Nombre de PVS | PVS-7.4 | | PVS-7.5 | | PVS-7.6 | PVS-7.7 | PVS-7.8 | PVS-7.9 |
| Estacion | 0+081.07 | | 0+060.46 | | 0+034.61 | 0+018.75 | 0+008.77 | 0+000.00 |
| Nivel de tapa | 201.68 | | 201.96 | | 202.20 | 203.10 | 203.64 | 203.76 |
| Nivel de fondo | 199.88 | | 200.22 | | 200.50 | 201.41 | 201.96 | 202.11 |
| Altura de PVS | | | 1.74 | | 1.70 | 1.69 | 1.68 | |
| Pavimento | | | | | | | | |

DUEÑO:

PROYECTO :
DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES

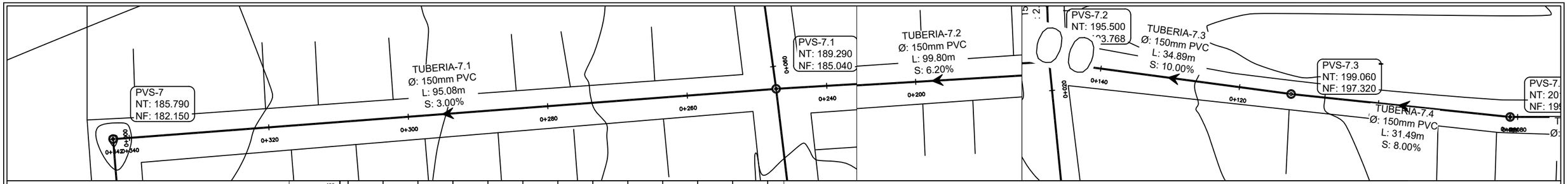
Diseñado por:
Br. Lesther Emilio Marín
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

Revisado por:
Ing. María Elena Baldizon

ASUNTO:
**PVS-7.9 A PVS-7.4**
**0+000.00 - 0+081.07**

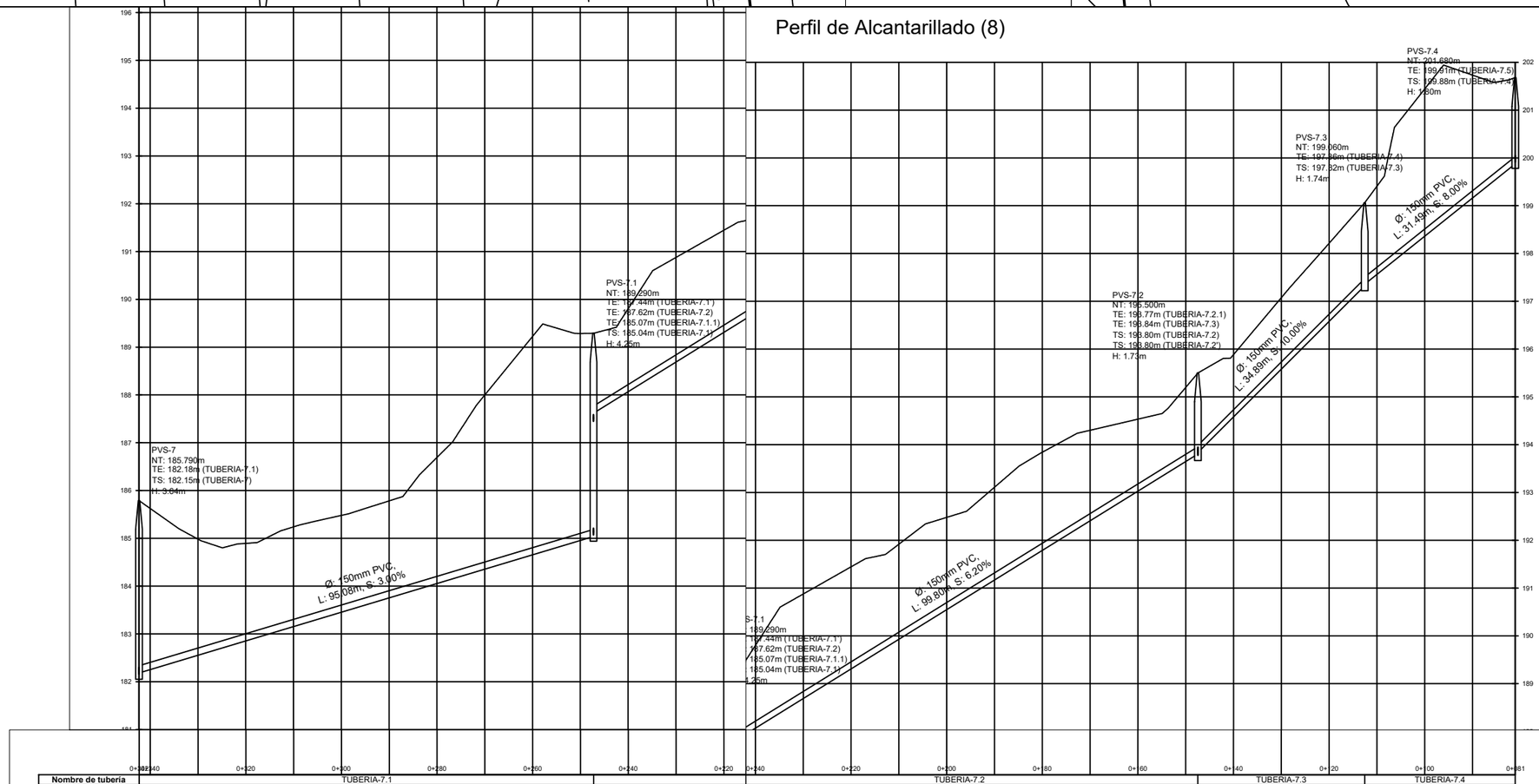
CHONTALES DEPARTMENT
MUNICIPALIDAD: COMALAPA
ESCALA: 1/250
FECHA: Agosto 2020

CODIGO: RED C 02
No DE PAGINA: 02 / 28




## Perfil de Alcantarillado (8)

| LEYENDA | DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO |
|---|---|---|
| | Tubería de gravedad | |
| | Pozos de visita | |




| Nombre de tuberia | TUBERIA-7.1 | | TUBERIA-7.2 | | TUBERIA-7.3 | TUBERIA-7.4 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Distancia | 95.08 | | 99.80 | | 34.89 | 31.49 |
| ∅ (mm) / Material | 150mm/ PVC | | 150mm/ PVC | | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC |
| Pendiente (%) | 3.00% | | 6.20% | | 10.00% | 8.00% |
| Nombre de PVS | PVS-7 | PVS-7.1 | PVS-7.2 | | PVS-7.3 | PVS-7.4 |
| Estacion | 0+342.33 | 0+247.25 | 0+147.45 | | 0+112.56 | 0+081.07 |
| Nivel de tapa | 185.79 | 189.29 | 195.50 | | 199.06 | 201.68 |
| Nivel de fondo | 182.15 | 185.04 | 193.77 | | 197.32 | 199.88 |
| Altura de PVS | | 4.25 | 1.73 | | 1.74 | |
| Pavimento | | | | | | |

DUEÑO:

PROYECTO :
DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES

Diseñado por:
Br. Lesther Emilio Marín
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

Revisado por:
Ing. Maria Elena Baldizon

ASUNTO:
**PVS-7.4 A PVS-7**
**0+081.07 - 0+342.33**

CHONTALES DEPARTMENT

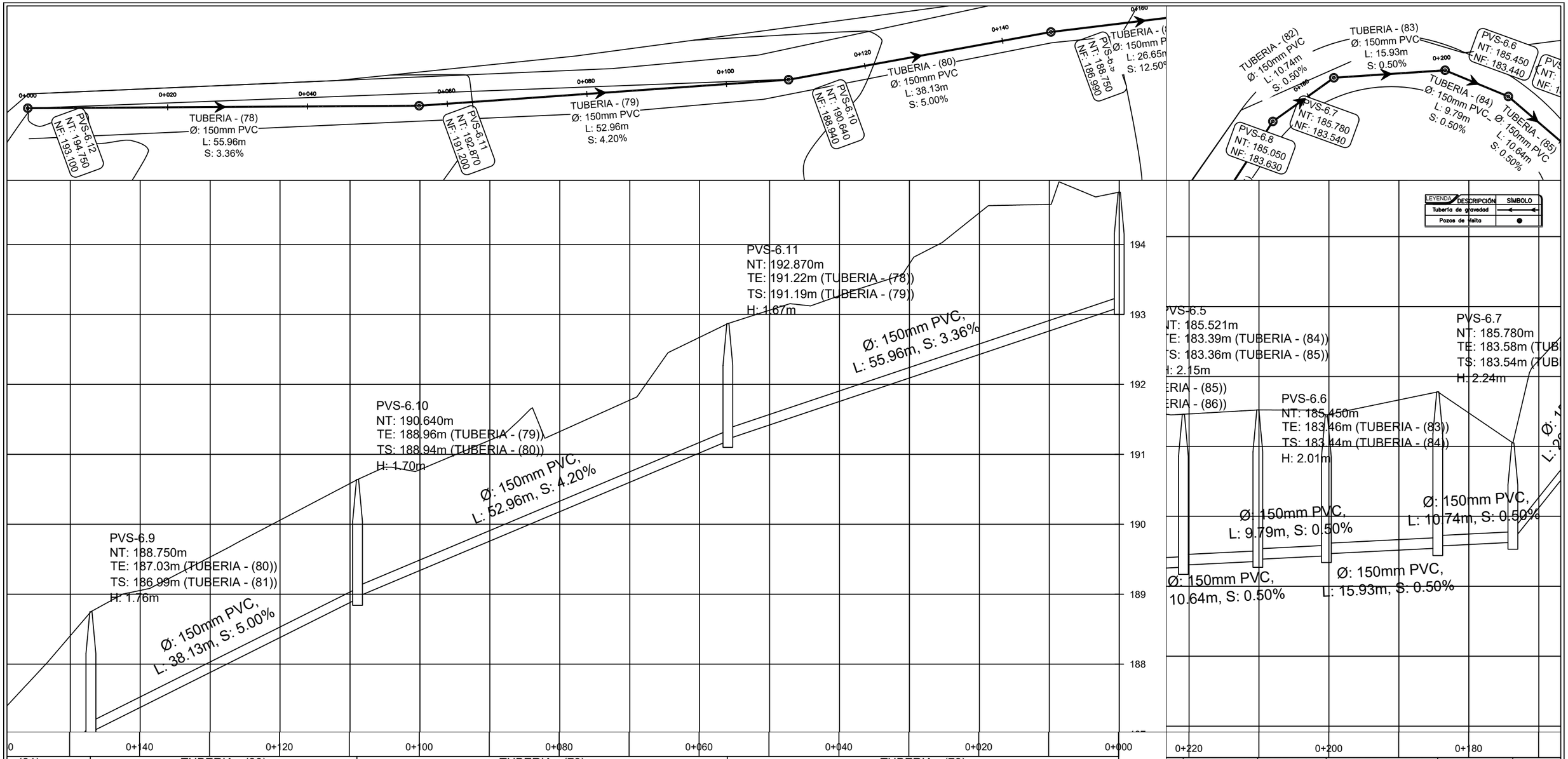
MUNICIPALIDAD:
COMALAPA

ESCALA: 1/250

FECHA: Agosto 2020

CODIGO: RED C 03

No DE PAGINA: 03 / 28




| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| - (81) | TUBERIA - (80) | TUBERIA - (79) | TUBERIA - (78) | |
| 5 | 38.13 | 52.96 | 55.96 | |
| PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | |
| % | 5.00% | 4.20% | 3.36% | |
| PVS-6.9 | PVS-6.10 | PVS-6.11 | PVS-6.12 | |
| 0+147.05 | 0+108.92 | 0+055.96 | 0+000.00 | |
| 188.75 | 190.64 | 192.87 | 194.75 | |
| 186.99 | 188.94 | 191.20 | 193.10 | |
| 1.76 | 1.70 | 1.67 | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| TUBERIA - (85) | TUBERIA - (84) | TUBERIA - (83) | TUBERIA - (82) | | |
| 10.64 | 9.79 | 15.93 | 10.74 | | |
| 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | | |
| 0.50% | 0.50% | 0.50% | 0.50% | | |
| PVS-6.4 | PVS-6.5 | PVS-6.6 | PVS-6.7 | PVS-6.8 | |
| +220.81 | 0+210.16 | 0+200.37 | 0+184.44 | 0+173.70 | |
| 185.46 | 185.52 | 185.45 | 185.78 | 185.05 | |
| 183.27 | 183.37 | 183.44 | 183.54 | 183.63 | |
| 2.19 | 2.15 | 2.01 | 2.24 | 1.42 | |

DUEÑO:

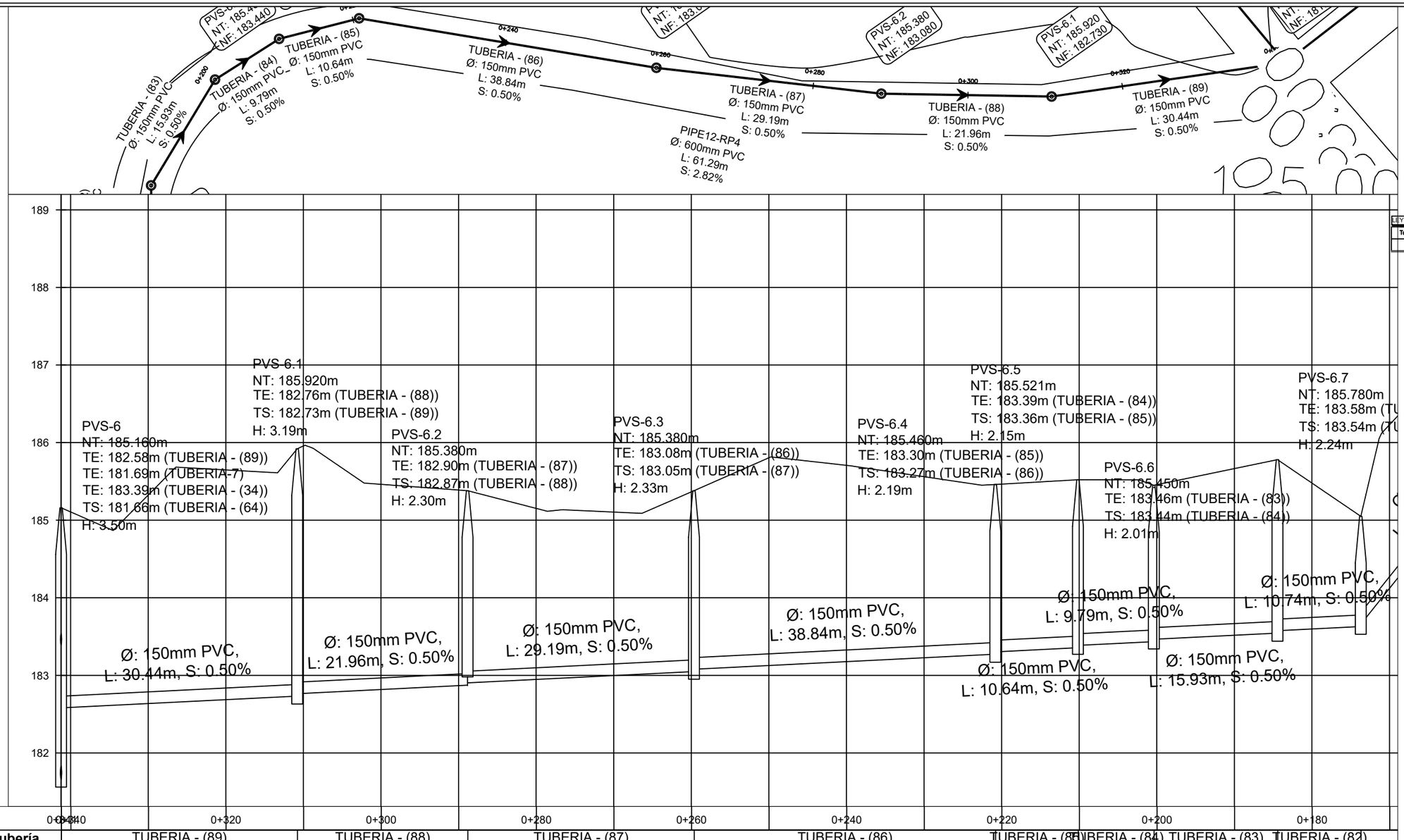
PROYECTO :
DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES

Diseñado por:
Br. Lesther Emilio Marín
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

Revisado por:
Ing. María Elena Baldizon

ASUNTO:
**PVS-6.12 A PVS-6**
**0+000 - 0+341.23**

CHONTALES DEPARTMENT
MUNICIPALIDAD: COMALAPA
ESCALA: 1:250
FECHA: Agosto 2020
CODIGO: RED C 04
No DE PAGINA: 04 / 28




| Nombre de tubería | TUBERIA - (89) | TUBERIA - (88) | TUBERIA - (87) | TUBERIA - (86) | TUBERIA - (85) | TUBERIA - (84) | TUBERIA - (83) | TUBERIA - (82) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Distancia | 30.44 | 21.96 | 29.19 | 38.84 | 10.64 | 9.79 | 15.93 | 10.74 |
| ∅ (mm) / Material | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC |
| Pendiente (%) | 0.50% | 0.50% | 0.50% | 0.50% | 0.50% | 0.50% | 0.50% | 0.50% |

| Nombre de PVS | PVS-6 | PVS-6.1 | PVS-6.2 | PVS-6.3 | PVS-6.4 | PVS-6.5 | PVS-6.6 | PVS-6.7 | PVS-6.8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Estacion | 0+341.23 | 0+310.80 | 0+288.84 | 0+259.65 | 0+220.81 | 0+210.16 | 0+200.37 | 0+184.44 | 0+173.70 |
| Nivel de tapa | 185.16 | 185.92 | 185.38 | 185.38 | 185.46 | 185.52 | 185.45 | 185.78 | 185.05 |
| Nivel de fondo | 181.66 | 182.73 | 183.08 | 183.05 | 183.27 | 183.37 | 183.44 | 183.54 | 183.63 |
| Altura de PVS | | 3.19 | 2.30 | 2.33 | 2.19 | 2.15 | 2.01 | 2.24 | 1.42 |
| Pavimento | | | | | | | | | |

DUEÑO:

PROYECTO :
DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES

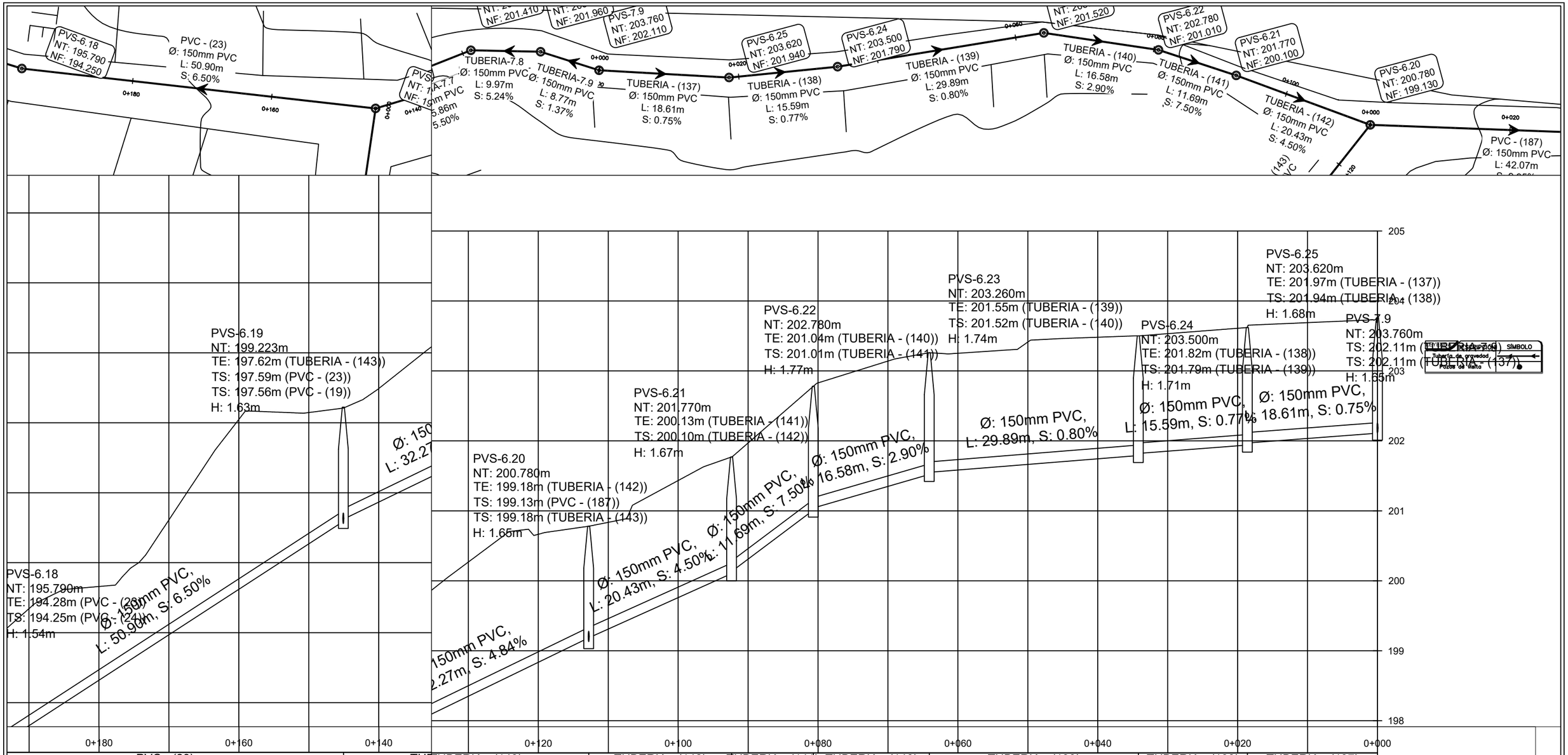
Diseñado por:
Br. Lesther Emilio Marín
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

Revisado por:
Ing. Maria Elena Baldizon

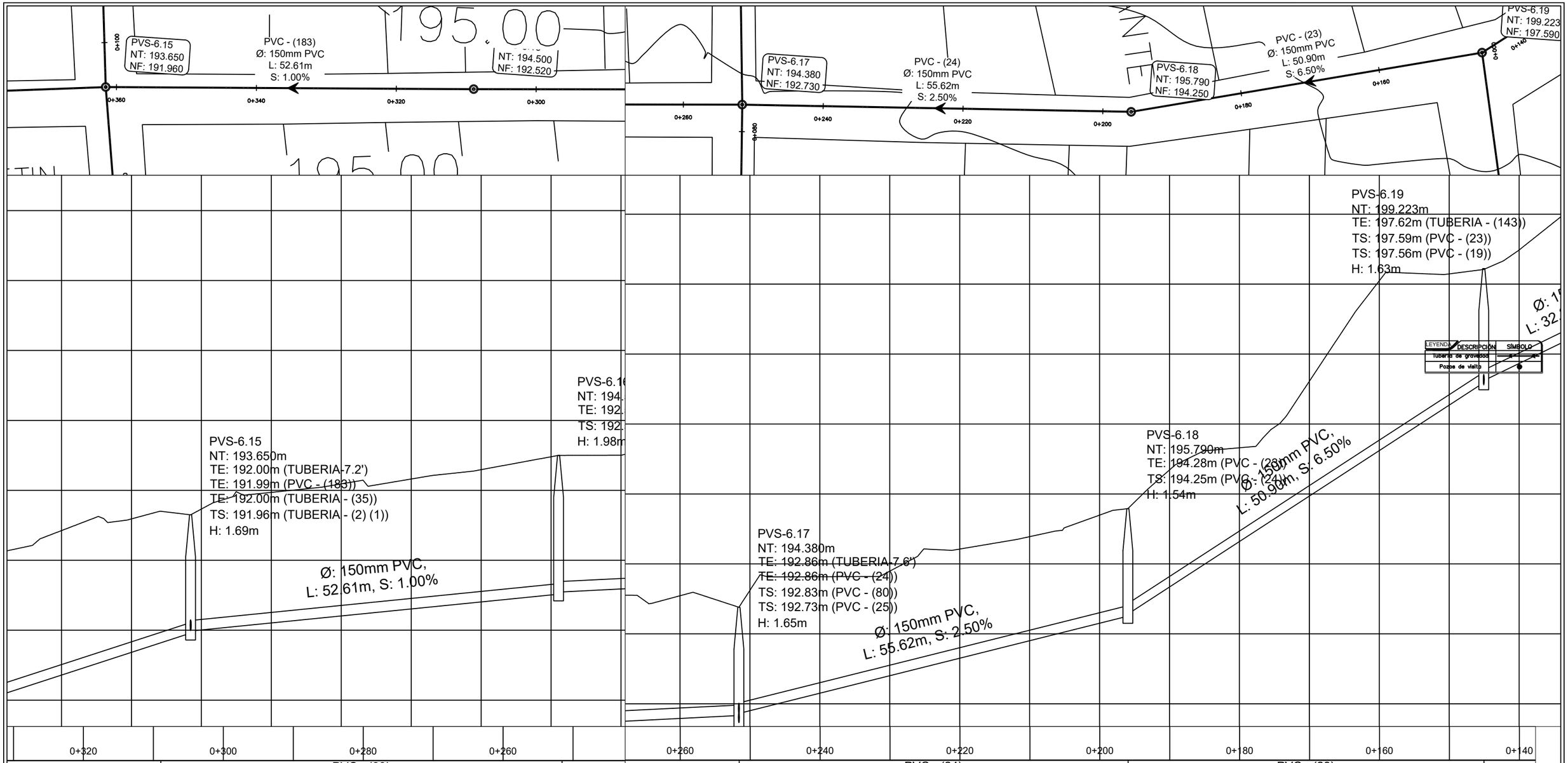
ASUNTO:
**PVS-6.12 A PVS-6**
**0+000 - 0+341.23**

CHONTALES DEPARTMENT
MUNICIPALIDAD: COMALAPA
ESCALA: 1/250
FECHA: Agosto 2020

CODIGO: RED C 05
No DE PAGINA: 05 / 28


PVS-6.18
NT: 195.790
NF: 194.250
PVC - (23)
Ø: 150mm PVC
L: 50.90m
S: 6.50%
PVS-7.1
NT: 194.86m
NF: 189.36m
5.50%
TUBERIA-7.8
Ø: 150mm PVC
L: 9.97m
S: 5.24%
TUBERIA-7.9
Ø: 150mm PVC
L: 8.77m
S: 1.37%
PVS-7.9
NT: 203.760
NF: 202.110
TUBERIA - (137)
Ø: 150mm PVC
L: 18.61m
S: 0.75%
PVS-6.25
NT: 203.620
NF: 201.940
TUBERIA - (138)
Ø: 150mm PVC
L: 15.59m
S: 0.77%
PVS-6.24
NT: 203.500
NF: 201.790
TUBERIA - (139)
Ø: 150mm PVC
L: 29.89m
S: 0.80%
TUBERIA - (140)
Ø: 150mm PVC
L: 16.58m
S: 2.90%
PVS-6.22
NT: 202.780
NF: 201.010
TUBERIA - (141)
Ø: 150mm PVC
L: 11.69m
S: 7.50%
PVS-6.21
NT: 201.770
NF: 200.100
TUBERIA - (142)
Ø: 150mm PVC
L: 20.43m
S: 4.50%
PVS-6.20
NT: 200.780
NF: 199.130
PVC - (187)
Ø: 150mm PVC
L: 42.07m
0+180
0+160
0+140
0+120
0+100
0+080
0+060
0+040
0+020
0+000
PVS-6.19
NT: 199.223m
TE: 197.62m (TUBERIA - (143))
TS: 197.59m (PVC - (23))
TS: 197.56m (PVC - (19))
H: 1.63m
PVS-6.18
NT: 195.790m
TE: 194.28m (PVC - (23))
TS: 194.25m (PVC - (24))
H: 1.54m
Ø: 150mm PVC,
L: 50.90m, S: 6.50%
PVS-6.20
NT: 200.780m
TE: 199.18m (TUBERIA - (142))
TS: 199.13m (PVC - (187))
TS: 199.18m (TUBERIA - (143))
H: 1.65m
PVS-6.21
NT: 201.770m
TE: 200.13m (TUBERIA - (141))
TS: 200.10m (TUBERIA - (142))
H: 1.67m
PVS-6.22
NT: 202.780m
TE: 201.04m (TUBERIA - (140))
TS: 201.01m (TUBERIA - (141))
H: 1.77m
PVS-6.23
NT: 203.260m
TE: 201.55m (TUBERIA - (139))
TS: 201.52m (TUBERIA - (140))
H: 1.74m
PVS-6.24
NT: 203.500m
TE: 201.82m (TUBERIA - (138))
TS: 201.79m (TUBERIA - (139))
H: 1.71m
PVS-6.25
NT: 203.620m
TE: 201.97m (TUBERIA - (137))
TS: 201.94m (TUBERIA - (138))
H: 1.68m
PVS-7.9
NT: 203.760m
TS: 202.11m (TUBERIA - (137))
TS: 202.11m (TUBERIA - (137))
H: 1.65m
Ø: 150mm PVC,
L: 32.27m, S: 4.84%
Ø: 150mm PVC,
L: 11.69m, S: 7.50%
Ø: 150mm PVC,
L: 16.58m, S: 2.90%
Ø: 150mm PVC,
L: 29.89m, S: 0.80%
Ø: 150mm PVC,
L: 15.59m, S: 0.77%
Ø: 150mm PVC,
L: 18.61m, S: 0.75%
Ø: 150mm PVC,
L: 20.43m, S: 4.50%
SIMBOLO
Tubería de gravedad
Pozos de visita
205
204
203
202
201
200
199
198

| | | |




| | PVC - (80) | | PVC - (24) | | PVC - (23) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 57.36 | | 55.62 | | 50.90 | |
| C | 150mm/ PVC | | 150mm/ PVC | | 150mm/ PVC | |
| | 0.50% | | 2.50% | | 6.50% | |
| PVS-6.16 | 0+308.93 | PVS-6.17 | 0+251.57 | PVS-6.17 | 0+251.57 | PVS-6.18 | 0+195.96 | PVS-6.19 | 0+145.06 |
| 194.50 | | 194.38 | | 194.38 | | 195.79 | | 199.21 | |
| 192.52 | | 192.73 | | 192.73 | | 194.25 | | 197.59 | |
| 1.98 | | 1.65 | | 1.65 | | 1.54 | | 1.63 | |

DUEÑO:

PROYECTO :
DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES

Diseñado por:
Br. Lesther Emilio Marín
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

Revisado por:
Ing. Maria Elena Baldizon

ASUNTO:
**PVS-7.9 A PVS-6**
**0+000 - 0+558.03**

CHONTALES DEPARTMENT

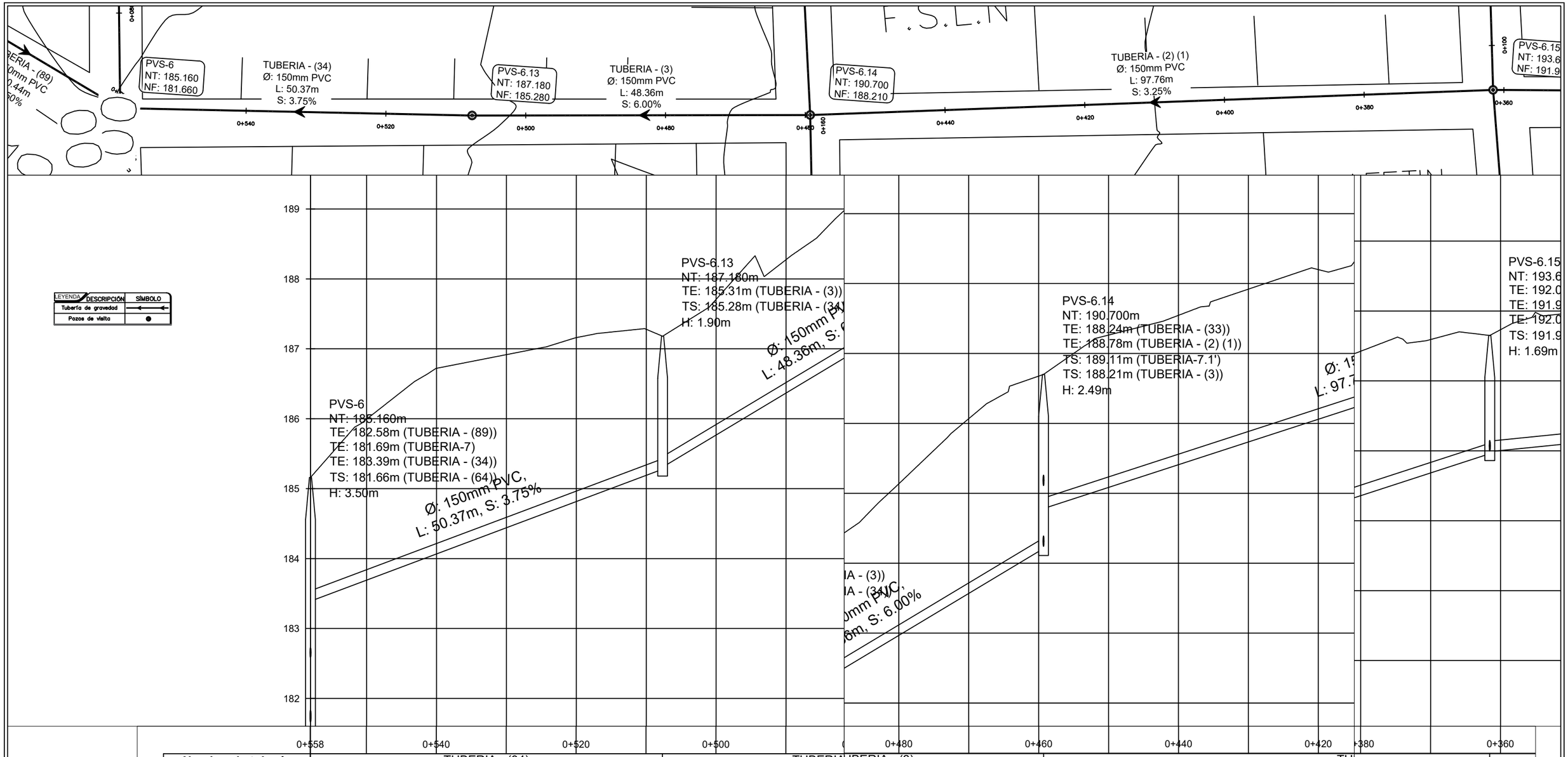
MUNICIPALIDAD: COMALAPA

ESCALA: 1/250

FECHA: Agosto 2020

CODIGO: RED C 07

No DE PAGINA: 07 / 28




| Nombre de tubería | TUBERIA - (34) | TUBERIA | UBERIA - (3) | TU |
|---|---|---|---|---|
| Distancia | 50.37 | | 48.36 | 48.36 |
| ∅ (mm) / Material | 150mm/ PVC | | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 1 |
| Pendiente (%) | 3.75% | | 6.00% | 6.00% |
| Nombre de PVS | PVS-6 | PVS-6.13 | PVS-6.14 | PVS-6.15 |
| Estacion | 0+558.03 | 0+507.66 | 0+459.30 | 0+361.54 |
| Nivel de tapa | 185.16 | 187.18 | 190.70 | 193.65 |
| Nivel de fondo | 181.66 | 185.28 | 188.21 | 191.96 |
| Altura de PVS | | 1.90 | 2.49 | 1.69 |
| Pavimento | | | | |

DUEÑO:

PROYECTO :
DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES

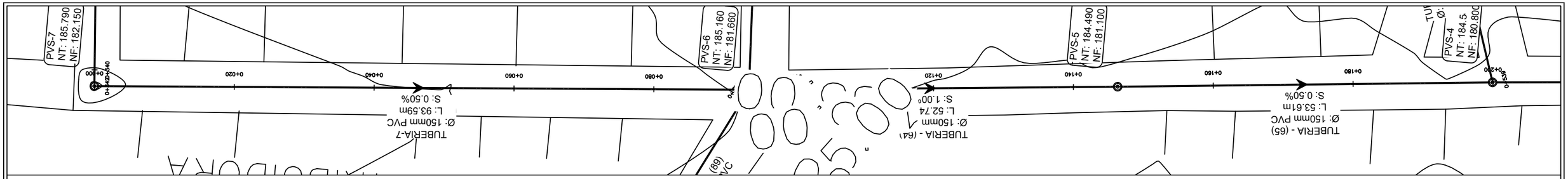
Diseñado por:
Br. Lesther Emilio Marin
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

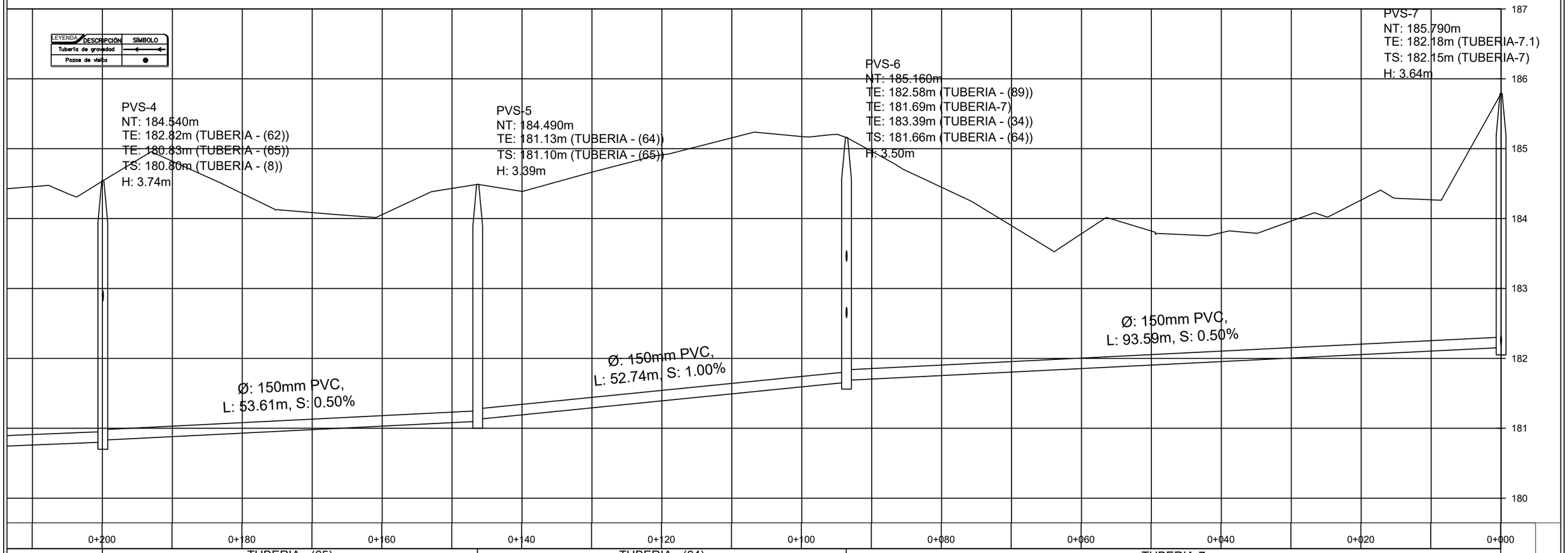
Revisado por:
Ing. Maria Elena Baldizon

ASUNTO:
**PVS-7.9 A PVS-6**
**0+000 - 0+558.03**

CHONTALES DEPARTMENT
MUNICIPALIDAD: COMALAPA
ESCALA: 1/250
FECHA: Agosto 2020

CODIGO: RED C 08
No DE PAGINA: 08 / 28




| TUBERIA - (65) | TUBERIA - (64) | TUBERIA-7 |
|---|---|---|
| 53.61 | 52.74 | 93.59 |
| 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC |
| 0.50% | 1.00% | 0.50% |

| PVS-4 | PVS-5 | PVS-6 | PVS-7 |
|---|---|---|---|
| 0+199.94 | 0+146.33 | 0+093.59 | 0+000.00 |
| 184.54 | 184.49 | 185.16 | 185.79 |
| 180.80 | 181.10 | 181.66 | 182.15 |
| 3.74 | 3.39 | 3.50 | |

DUEÑO:

PROYECTO :
DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES

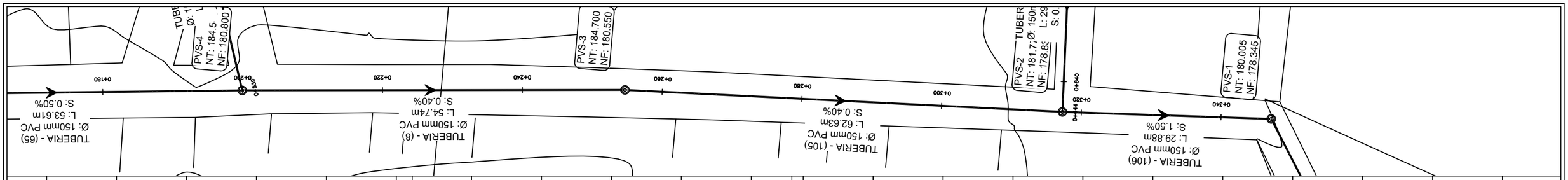
Diseñado por:
Br. Lesther Emilio Marín
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

Revisado por:
Ing. María Elena Baldizon

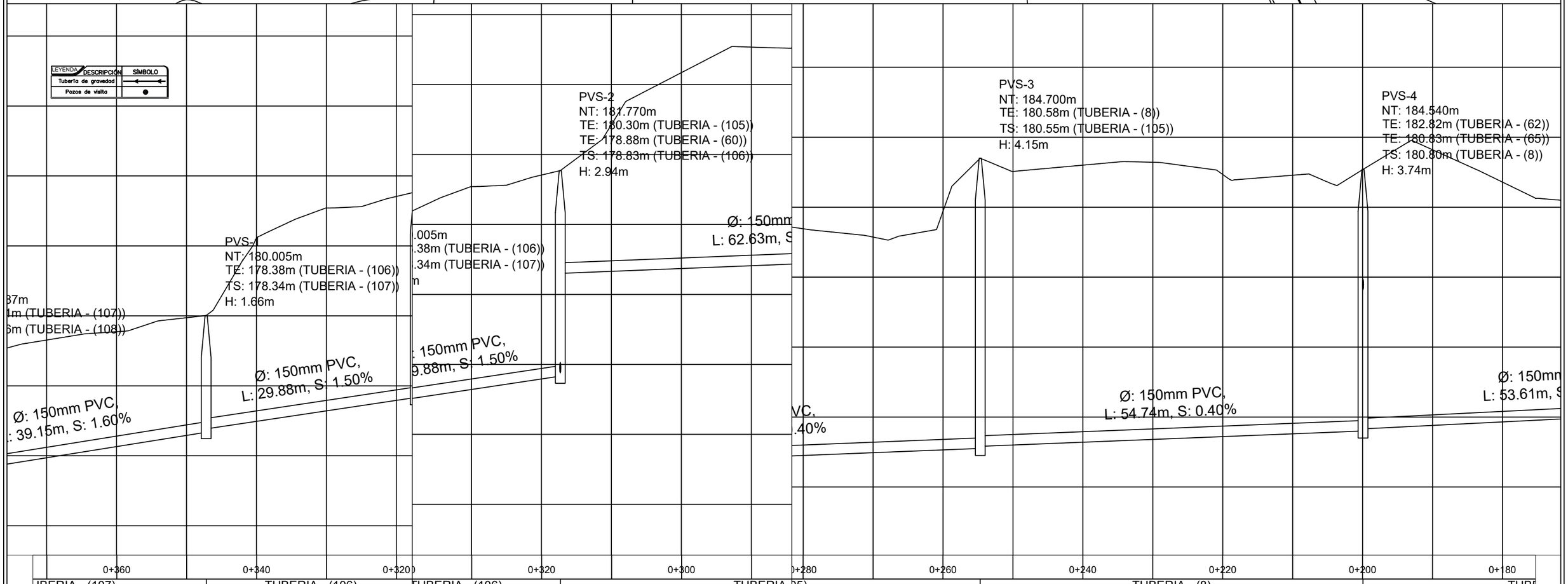
ASUNTO:
**PVS-7 A PVS-4**
**0+185.15 - 0+199.94**

CHONTALES DEPARTMENT
MUNICIPALIDAD: COMALAPA
ESCALA: 1/250
FECHA: Agosto 2020

CODIGO: RED C 09
No DE PAGINA: 09 / 28




| LEYENDA | |
|---|---|
| DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO |
| Tubería de gravedad | ← |
| Pozos de visita | ● |




| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| UBERIA - (107) | TUBERIA - (106) | TUBERIA - (106) | TUBERIA -05) | TUBERIA - (8) | TUBE |
| 39.15 | 29.88 | 29.88 | 62.63 | 54.74 | |
| 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ D | 150mm/ PVC | 150 |
| 1.60% | 1.50% | 1.50% | 0.40% | 0.40% | ( |

| PVS-1 | PV | PVS-2 | PVS-3 | PVS-4 |
|---|---|---|---|---|
| 0+347.19 | 0+3 | 0+317.31 | 0+254.68 | 0+199.94 |
| 180.00 | 18 | 181.77 | 184.70 | 184.54 |
| 178.34 | 17 | 178.83 | 180.55 | 180.80 |
| 1.66 | 2 | 2.94 | 4.15 | 3.74 |

DUEÑO:

PROYECTO :
DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES

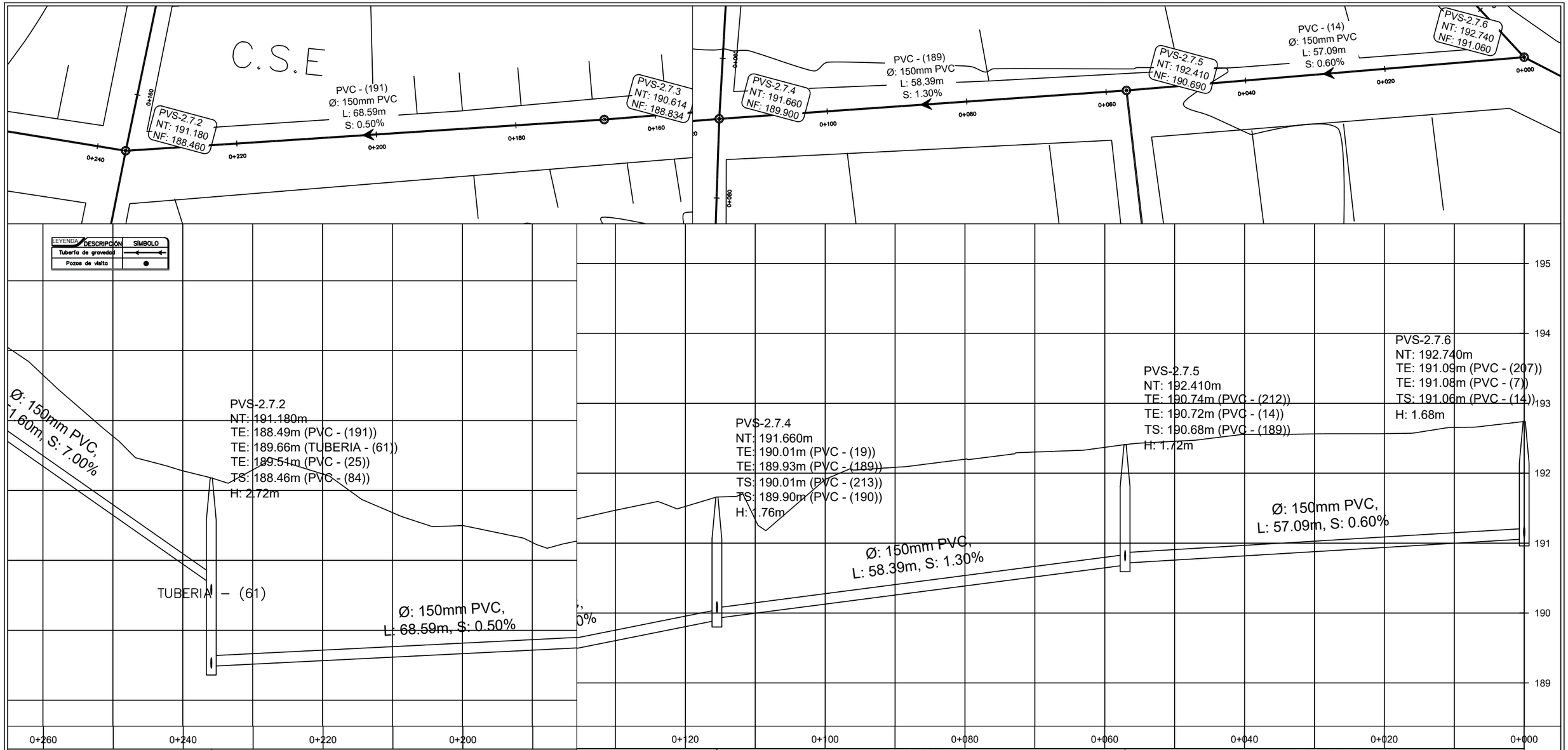
Diseñado por:
Br. Lesther Emilio Marin
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

Revisado por:
Ing. Maria Elena Baldizon

ASUNTO:
**PVS-4 A PVS-1**
**0+199.94 - 0+347.19**

CHONTALES DEPARTMENT
MUNICIPALIDAD: COMALAPA
ESCALA: 1/250
FECHA: Agosto 2020

CODIGO: RED C 10
No DE PAGINA: 10 / 28




| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| BERIA - (61) | PVC - (191) | | PVC - (189) | PVC - (14) |
| 51.60 | 68.59 | | 58.39 | 57.09 |
| 0mm/ PVC | 150mm/ PVC | | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC |
| 7.00% | 0.50% | | 1.30% | 0.60% |
| PVS-2.7.2 | | PVS-2.7.4 | PVS-2.7.5 | PVS-2.7.6 |
| 0+235.92 | | 0+115.49 | 0+057.09 | 0+000.00 |
| 191.18 | | 191.66 | 192.41 | 192.74 |
| 188.46 | | 189.90 | 190.69 | 191.06 |
| 2.72 | | 1.76 | 1.72 | |

DUEÑO:

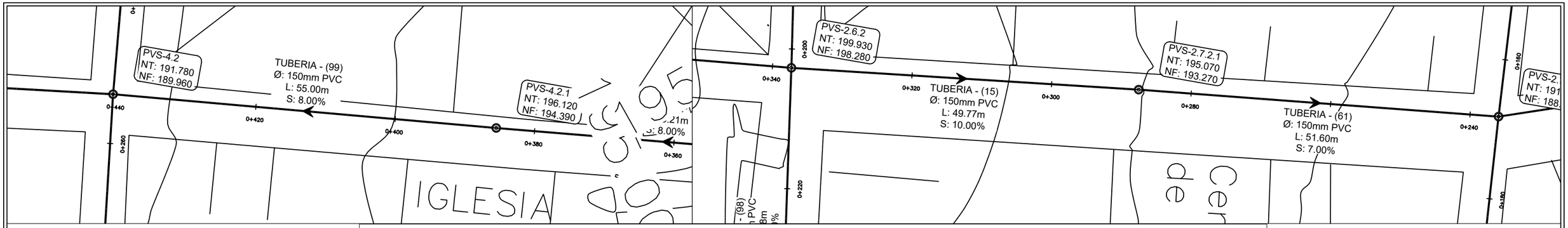
PROYECTO :
DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES

Diseñado por:
Br. Lesther Emilio Marín
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

Revisado por:
Ing. Maria Elena Baldizon

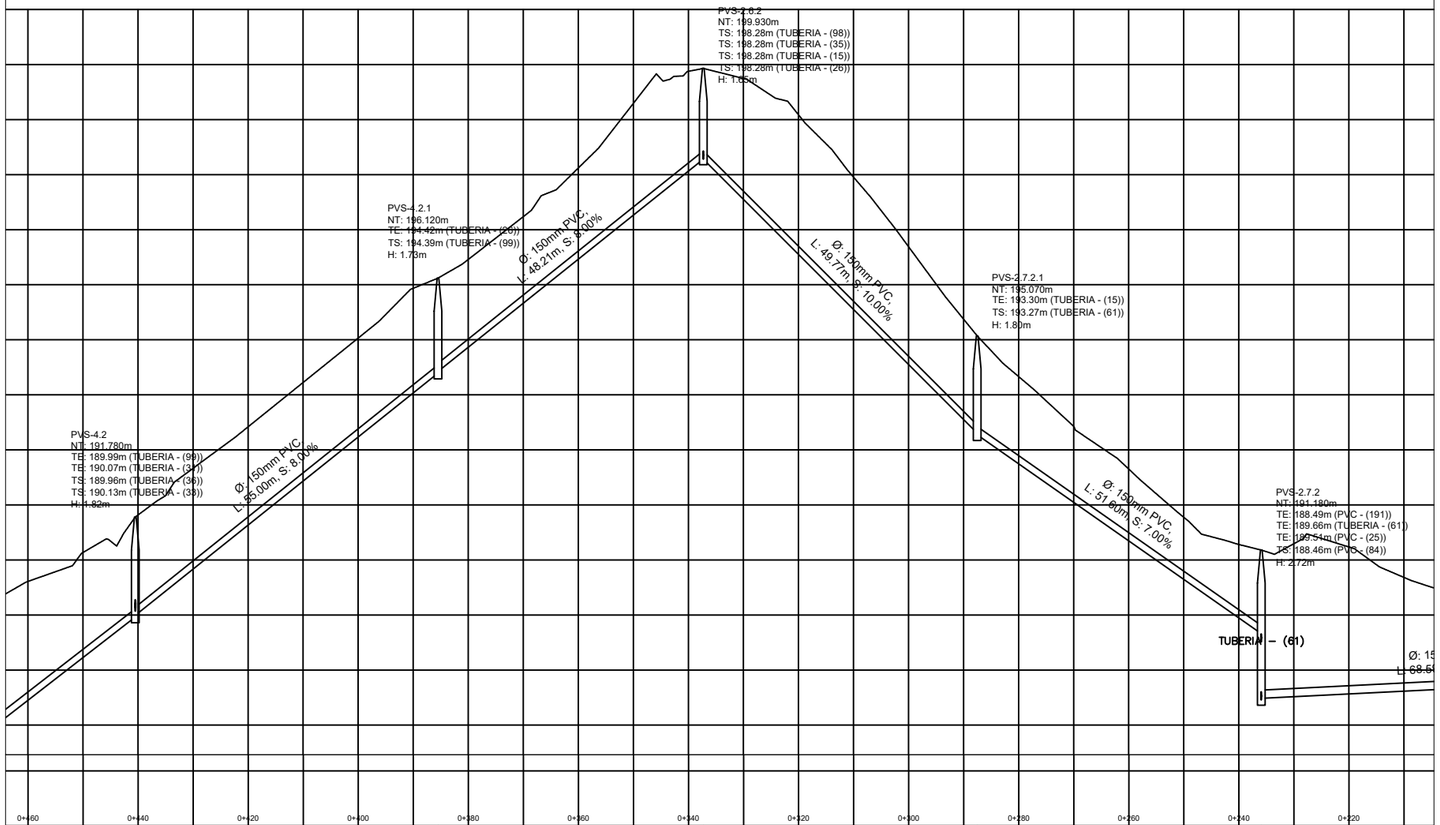
ASUNTO:
**PVS-2.7.6 A PVS-4**
**0+000 - 0+539.25**

CHONTALES DEPARTMENT
MUNICIPALIDAD: COMALAPA
ESCALA: 1/250
FECHA: Agosto 2020
CODIGO: RED C 11
No DE PAGINA: 11 / 28




| LEYENDA | |
|---|---|
| DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO |
| Tubería de gravedad | ← |
| Pozos de visita | ● |

## Perfil de Alcantarillado (12)




| | TUBERIA - (99) | TUBERIA - (26) | TUBERIA - (15) | TUBERIA - (61) | PV |
|---|---|---|---|---|---|
| | 55.00 | 48.21 | 49.77 | 51.60 | |
| | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 15 |
| | 8.00% | 8.00% | 10.00% | 7.00% | |
| PVS-4.2 | | PVS-4.2.1 | PVS-2.6.2 | PVS-2.7.2.1 | PVS-2.7.2 |
| 0+440.49 | | 0+385.49 | 0+337.29 | 0+287.52 | 0+235.92 |
| 191.78 | | 196.12 | 199.93 | 195.07 | 191.18 |
| 189.96 | | 194.39 | 198.28 | 193.27 | 188.46 |
| 1.82 | | 1.73 | 1.65 | 1.80 | 2.72 |

DUEÑO:

PROYECTO :

DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES

Diseñado por:

Br. Lesther Emilio Marín
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

Revisado por:
Ing. Maria Elena Baldizon

ASUNTO:

# PVS-2.7.6 A PVS-4
# 0+000 - 0+539.25

CHONTALES DEPARTMENT

MUNICIPALIDAD: COMALAPA

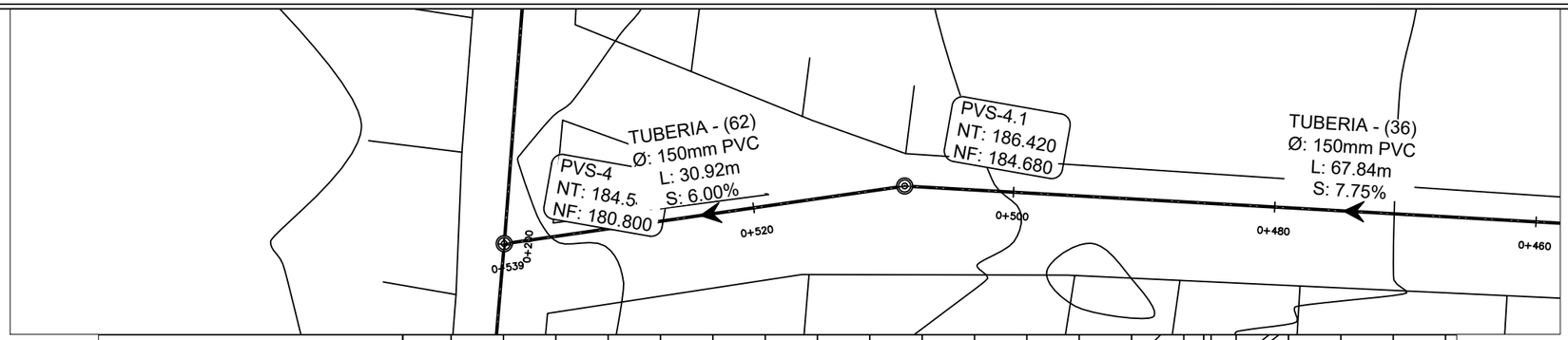
ESCALA: 1/250

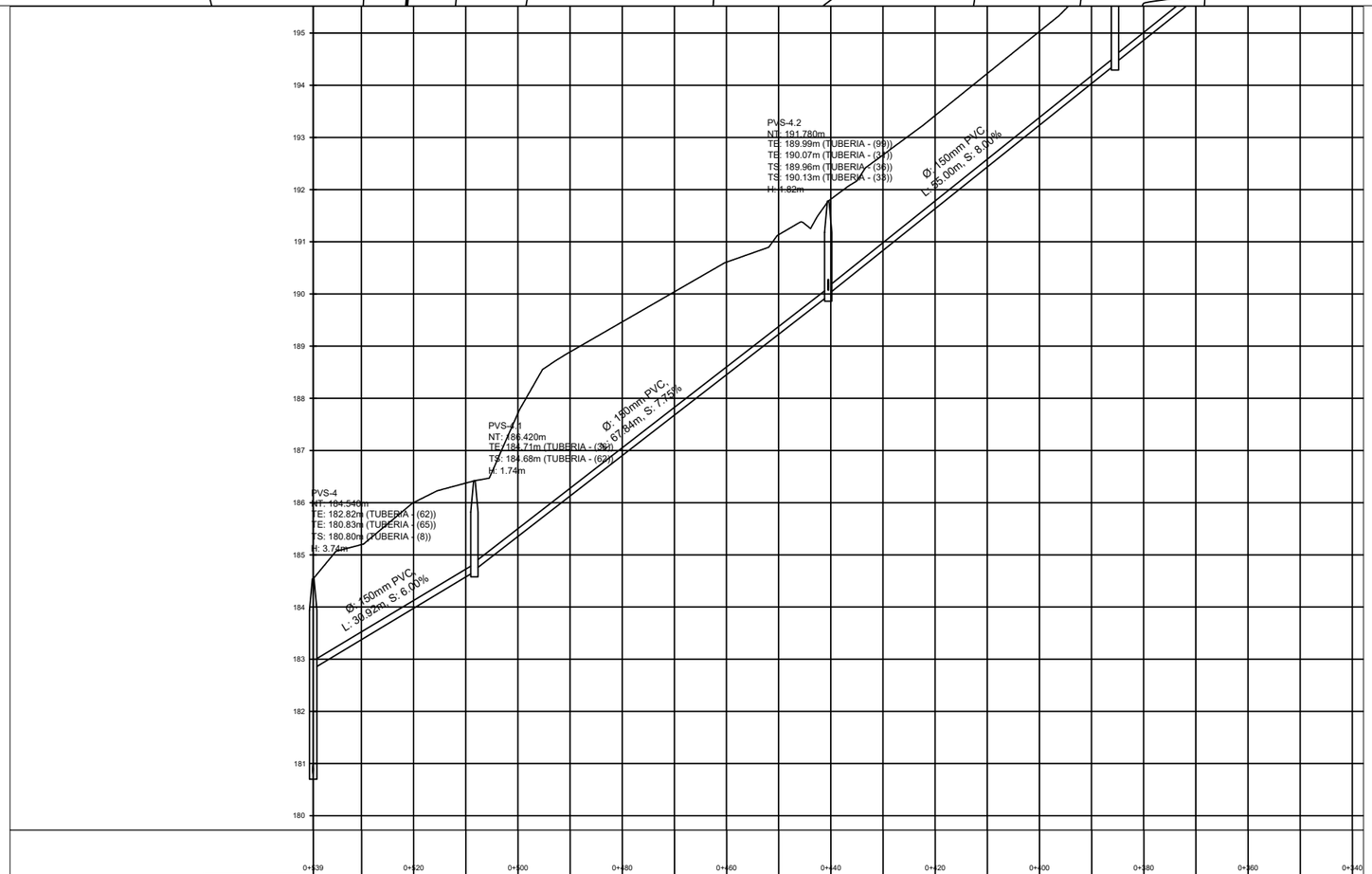
FECHA: Agosto 2020

CODIGO: RED C 12

No DE PAGINA: 12 / 28

| LEYENDA | |
|---|---|
| DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO |
| Tubería de gravedad | ←—— |
| Pozos de visita | ● |




| Nombre de tubería | TUBERIA - (62) | | TUBERIA - (36) | | TUBERIA - (99) | | TUBERIA - (26) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Distancia | 30.92 | | 67.84 | | 55.00 | | 48.21 | |
| ∅ (mm) / Material | 150mm/ PVC | | 150mm/ PVC | | 150mm/ PVC | | 150mm/ PVC | |
| Pendiente (%) | 6.00% | | 7.75% | | 8.00% | | 8.00% | |
| Nombre de PVS | PVS-4 | PVS-4.1 | PVS-4.2 | PVS-4.2.1 | PVS | | | |
| Estacion | 0+539.25 | 0+508.33 | 0+440.49 | 0+385.49 | 0+3 | | | |
| Nivel de tapa | 184.54 | 186.42 | 191.78 | 190.12 | 19 | | | |
| Nivel de fondo | 180.80 | 184.68 | 189.96 | 194.39 | 19 | | | |
| Altura de PVS | | 1.74 | 1.82 | 1.73 | 1 | | | |
| Pavimento | | | | | | | | |

DUEÑO:

PROYECTO :
DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES

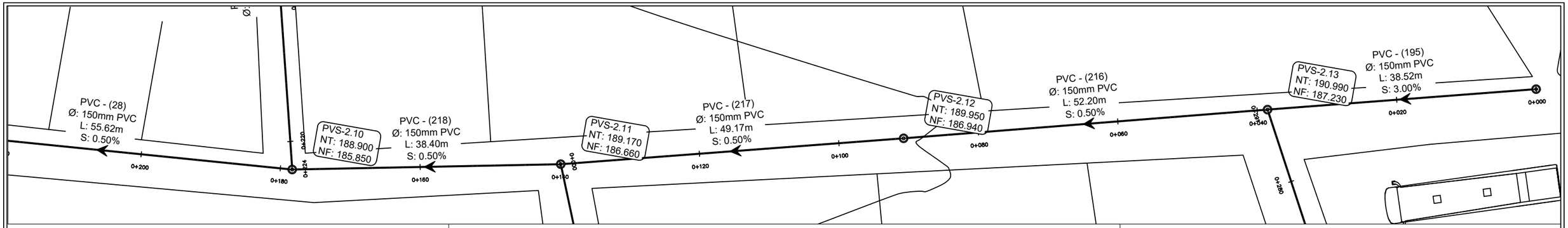
Diseñado por:
Br. Lesther Emilio Marín
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

Revisado por:
Ing. Maria Elena Baldizon

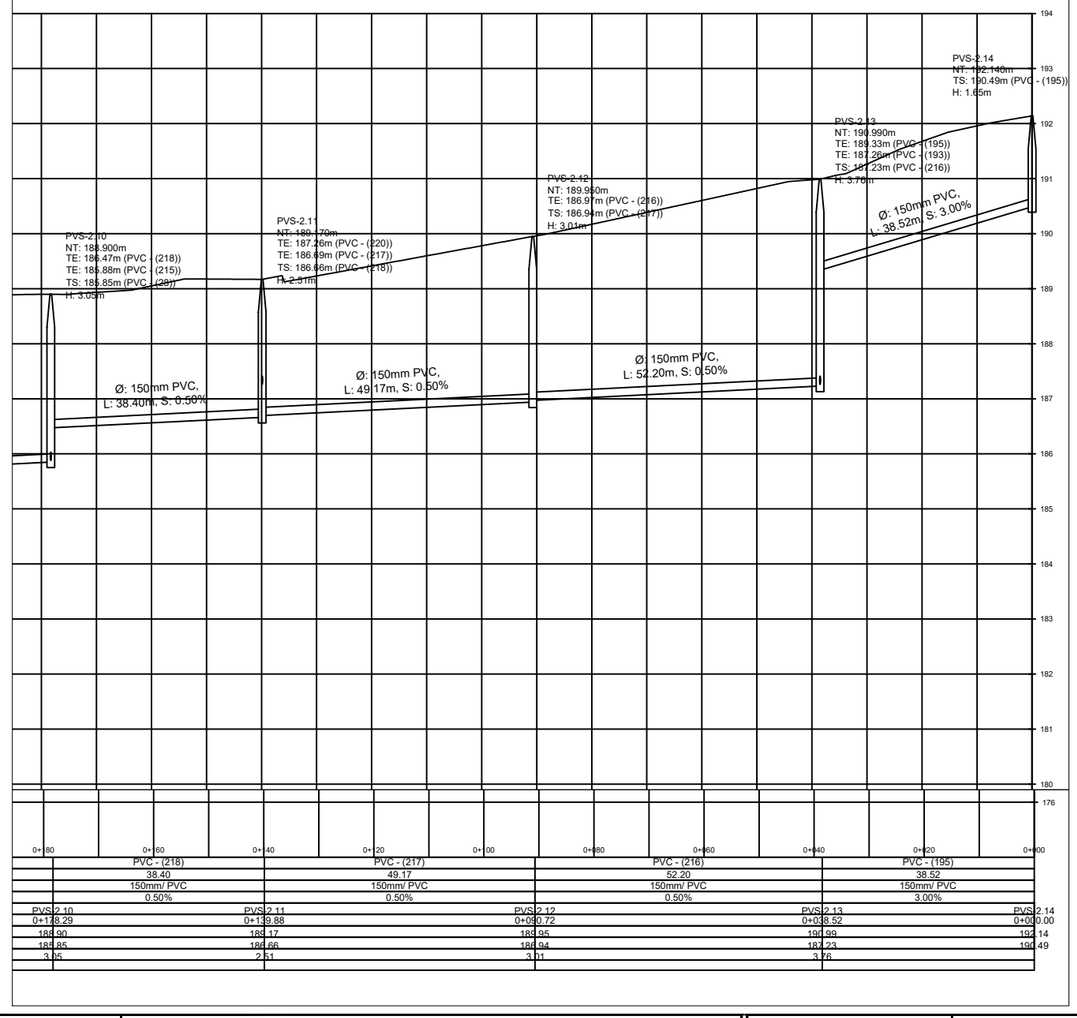
ASUNTO:
**PVS-2.7.6 A PVS-4**
**0+000 - 0+539.25**

CHONTALES DEPARTMENT
MUNICIPALIDAD: COMALAPA
ESCALA: 1/250
FECHA: Agosto 2020

CODIGO: RED C 13
No DE PAGINA: 13 / 28




| LEYENDA | |
|---|---|
| DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO |
| Tubería de gravedad | ← |
| Pozos de visita | ● |




| | PVC - (218) | PVC - (217) | PVC - (216) | PVC - (195) |
|---|---|---|---|---|
| | 38.40 | 49.17 | 52.20 | 38.52 |
| | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC |
| | 0.50% | 0.50% | 0.50% | 3.00% |
| PVS-2.10 | 0+178.29 | | | |
| | 188.90 | | | |
| | 185.85 | | | |
| | 3.05 | | | |
| PVS-2.11 | | 0+139.88 | | |
| | | 189.17 | | |
| | | 186.66 | | |
| | | 2.51 | | |
| PVS-2.12 | | | 0+090.72 | |
| | | | 189.95 | |
| | | | 186.94 | |
| | | | 3.01 | |
| PVS-2.13 | | | | 0+038.52 |
| | | | | 190.99 |
| | | | | 187.23 |
| | | | | 3.76 |
| PVS-2.14 | | | | 0+000.00 |
| | | | | 192.14 |
| | | | | 190.49 |

DUEÑO:

PROYECTO :

DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES


Diseñado por:
Br. Lesther Emilio Marín
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

Revisado por:
Ing. Maria Elena Baldizon


ASUNTO:

# PVS-2.14 A PVS-2
# 0+000 - 0+644.33

CHONTALES DEPARTMENT

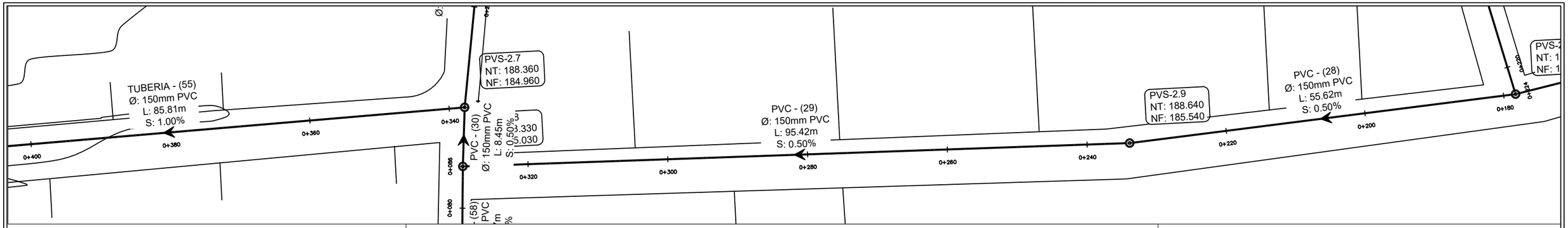
MUNICIPALIDAD: COMALAPA

ESCALA: 1/250

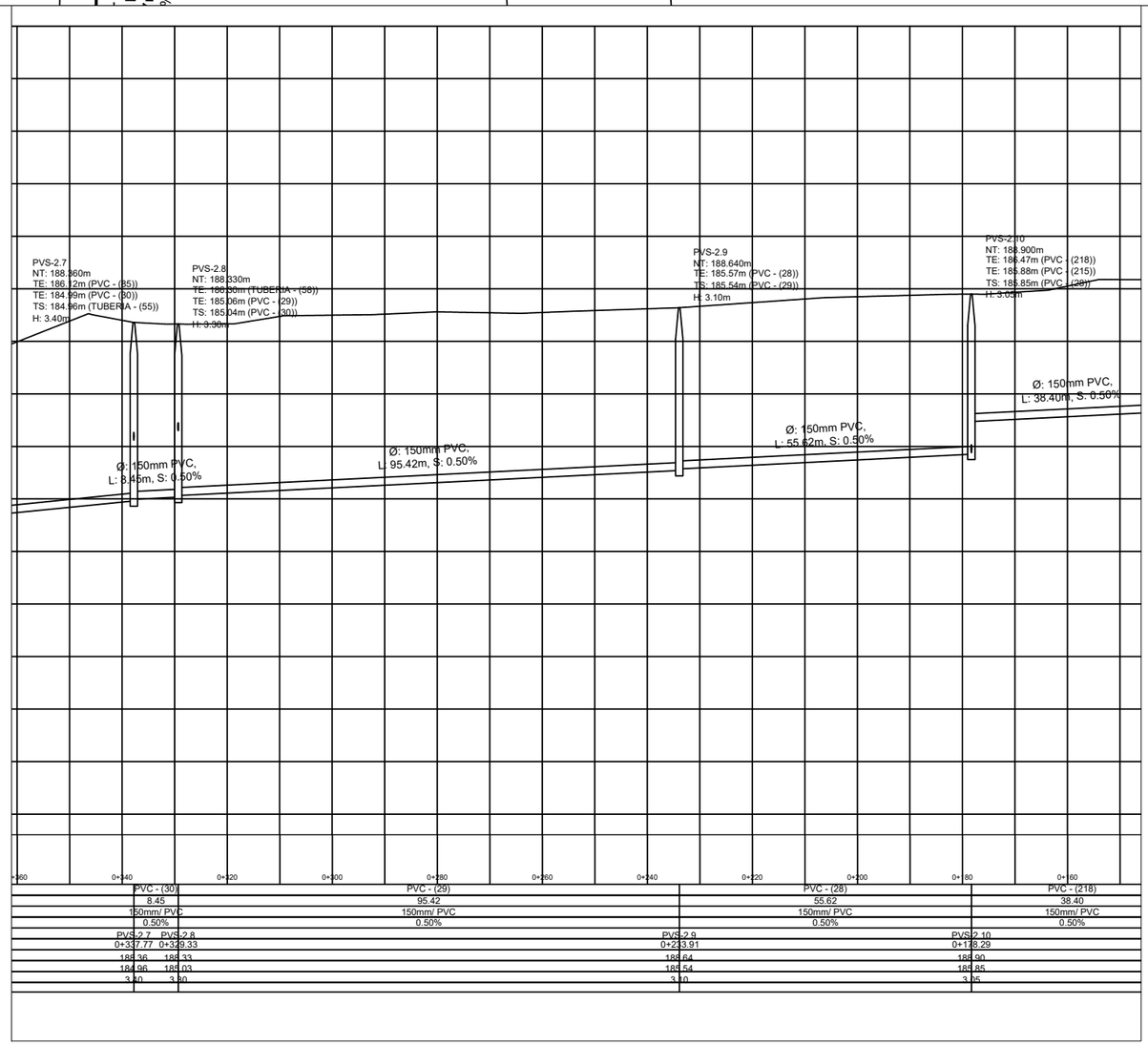
FECHA: Agosto 2020

CODIGO: RED C 14

No DE PAGINA: 14 / 28




| LEYENDA | |
|---|---|
| DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO |
| Tubería de gravedad | ←— |
| Pozos de visita | ● |




| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | PVC - (30) | PVC - (29) | PVC - (28) | PVC - (218) |
| | 8.45 | 95.42 | 55.62 | 38.40 |
| | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC |
| | 0.50% | 0.50% | 0.50% | 0.50% |
| PVS-2.7 | PVS-2.8 | | PVS-2.9 | PVS-2.10 |
| 0+327.77 | 0+329.33 | | 0+233.91 | 0+178.29 |
| 188.36 | 188.33 | | 188.64 | 188.90 |
| 184.96 | 185.03 | | 185.54 | 185.85 |
| 3.40 | 3.30 | | 3.10 | 3.05 |

DUEÑO:

PROYECTO :

DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES

Diseñado por:
Br. Lesther Emilio Marín
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

Revisado por:
Ing. María Elena Baldizon

ASUNTO:

# PVS-2.14 A PVS-2
# 0+000 - 0+644.33

CHONTALES DEPARTMENT

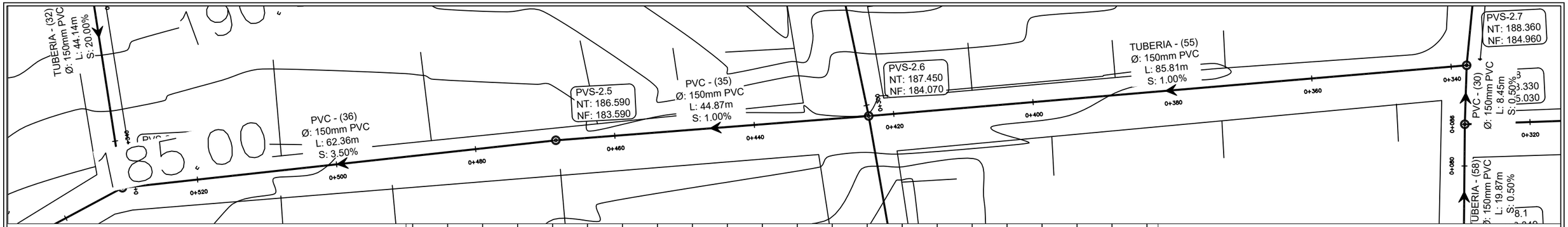
MUNICIPALIDAD: COMALAPA

ESCALA: 1/250

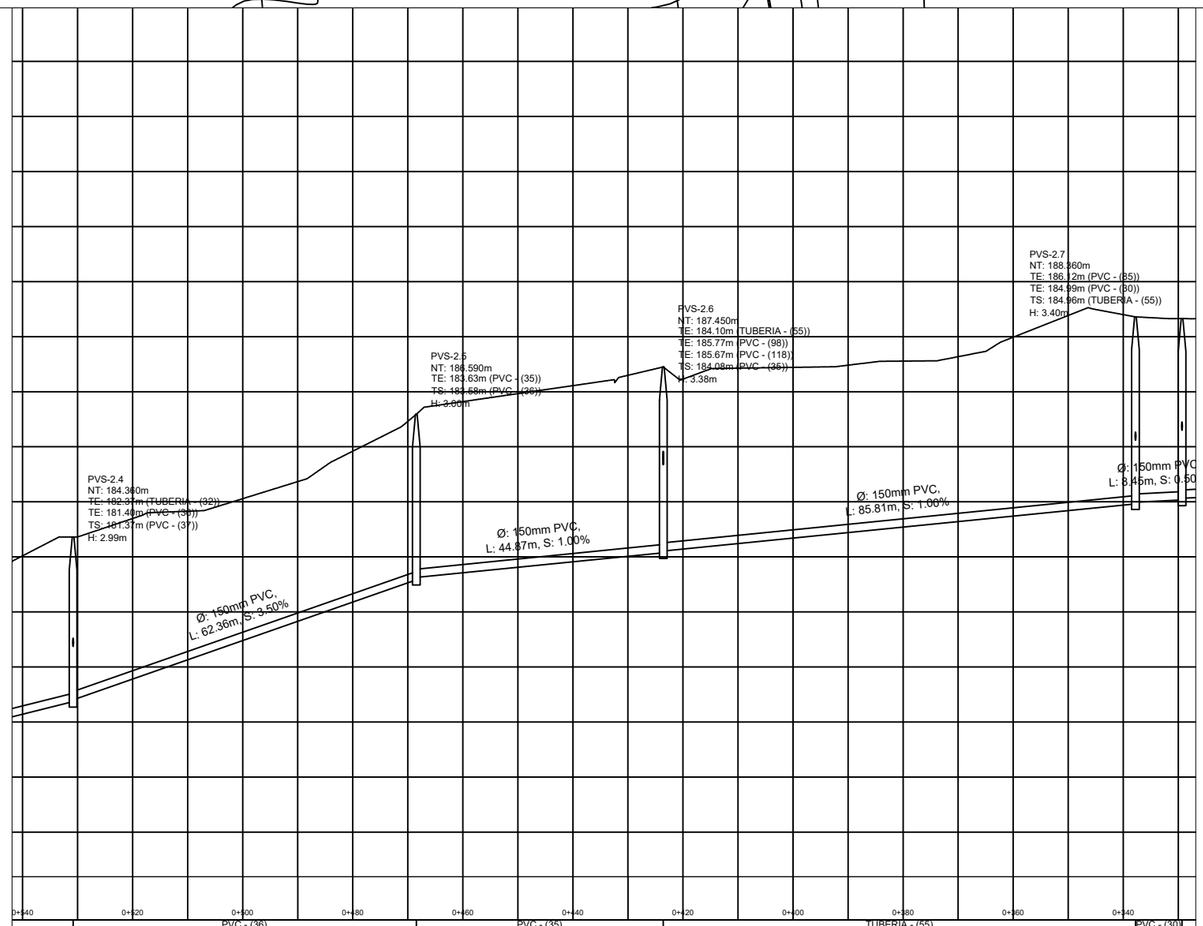
FECHA: Agosto 2020

CODIGO: RED C 15

No DE PAGINA: 15 / 28




| LEYENDA | |
|---|---|
| DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO |
| Tubería de gravedad | ◄——► |
| Pozos de visita | ● |




| | PVC - (36) | PVC - (35) | TUBERIA - (55) | PVC - (30) |
|---|---|---|---|---|
| | 62.36 | 44.87 | 85.81 | 8.45 |
| | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC |
| | 3.50% | 1.00% | 1.00% | 0.50% |
| PVS-2.4 | 0+530.82 | | | |
| 184.36 | | | | |
| 181.37 | | | | |
| 2.99 | | | | |
| PVS-2.5 | | 0+468.46 | | |
| 186.59 | | | | |
| 183.59 | | | | |
| 3.00 | | | | |
| PVS-2.6 | | | 0+423.58 | |
| 187.45 | | | | |
| 184.07 | | | | |
| 3.38 | | | | |
| PVS-2.7 | | | 0+337.77 | 0+329.3 |
| 188.36 | | | | 188.33 |
| 184.96 | | | | 185.03 |
| 3.40 | | | | 3.30 |

DUEÑO:

PROYECTO :

DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES

Diseñado por:
Br. Lesther Emilio Marin
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

Revisado por:
Ing. Maria Elena Baldizon

ASUNTO:

# PVS-2.14 A PVS-2
# 0+000 - 0+644.33

CHONTALES DEPARTMENT

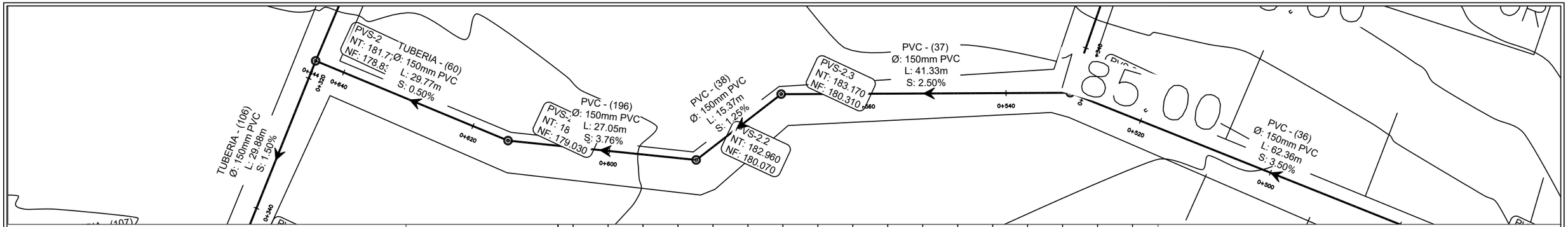
MUNICIPALIDAD: COMALAPA

ESCALA: 1/250

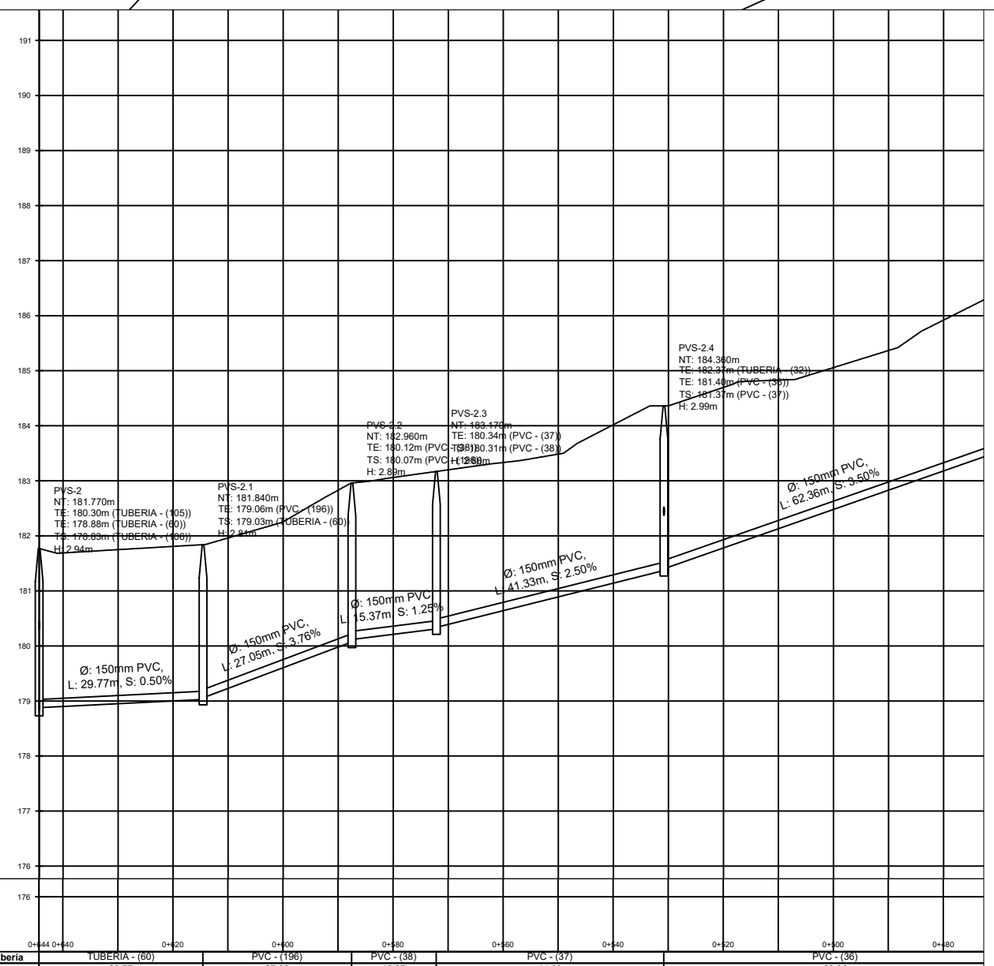
FECHA: Agosto 2020

CODIGO: RED C 16

No DE PAGINA: 16 / 28




| LEYENDA | |
|---|---|
| DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO |
| Tubería de gravedad | |
| Pozos de visita | |




| Nombre de tuberia | TUBERIA - (60) | | PVC - (196) | PVC - (38) | PVC - (37) | | PVC - (36) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Distancia | 29.77 | | 27.05 | 15.37 | 41.33 | | 62.36 |
| ∅ (mm) / Material | 150mm/ PVC | | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | | 150mm/ PVC |
| Pendiente (%) | 0.50% | | 3.76% | 1.25% | 2.50% | | 3.50% |
| Nombre de PVS | PVS-2 | PVS-2.1 | | PVS-2.2 | PVS-2.3 | | PVS-2.4 |
| Estacion | 0+644.33 | 0+614.56 | | 0+587.51 | 0+572.15 | | 0+530.82 |
| Nivel de tapa | 181.77 | 181.84 | | 182.96 | 183.17 | | 184.36 |
| Nivel de fondo | 178.83 | 179.03 | | 180.07 | 180.31 | | 181.37 |
| Altura de PVS | | 2.81 | | 2.89 | 2.86 | | 2.99 |
| Pavimento | | | | | | | |

DUEÑO:

PROYECTO :

DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES

Diseñado por:

Br. Lesther Emilio Marin
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

Revisado por:

Ing. Maria Elena Baldizon

ASUNTO:

# PVS-2.14 A PVS-2
# 0+000 - 0+644.33

CHONTALES DEPARTMENT

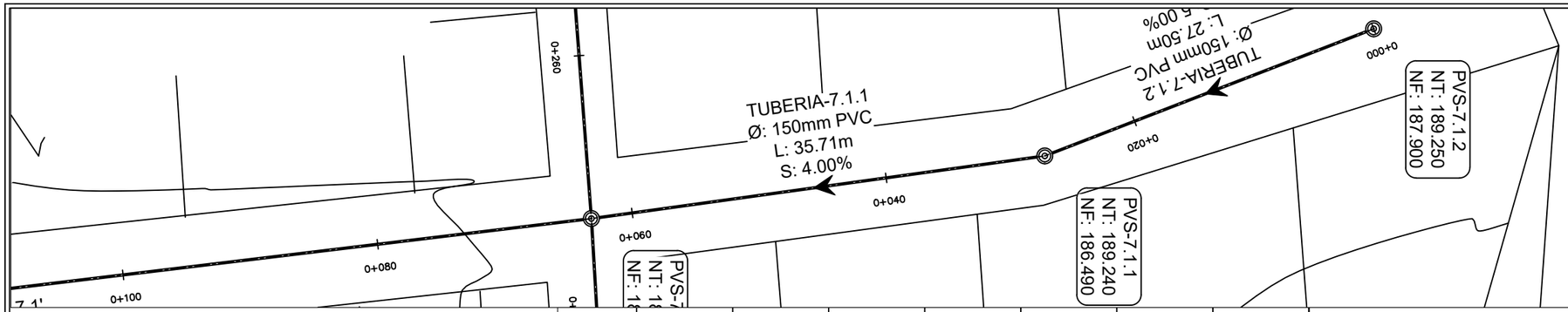
MUNICIPALIDAD: COMALAPA

ESCALA: 1/250

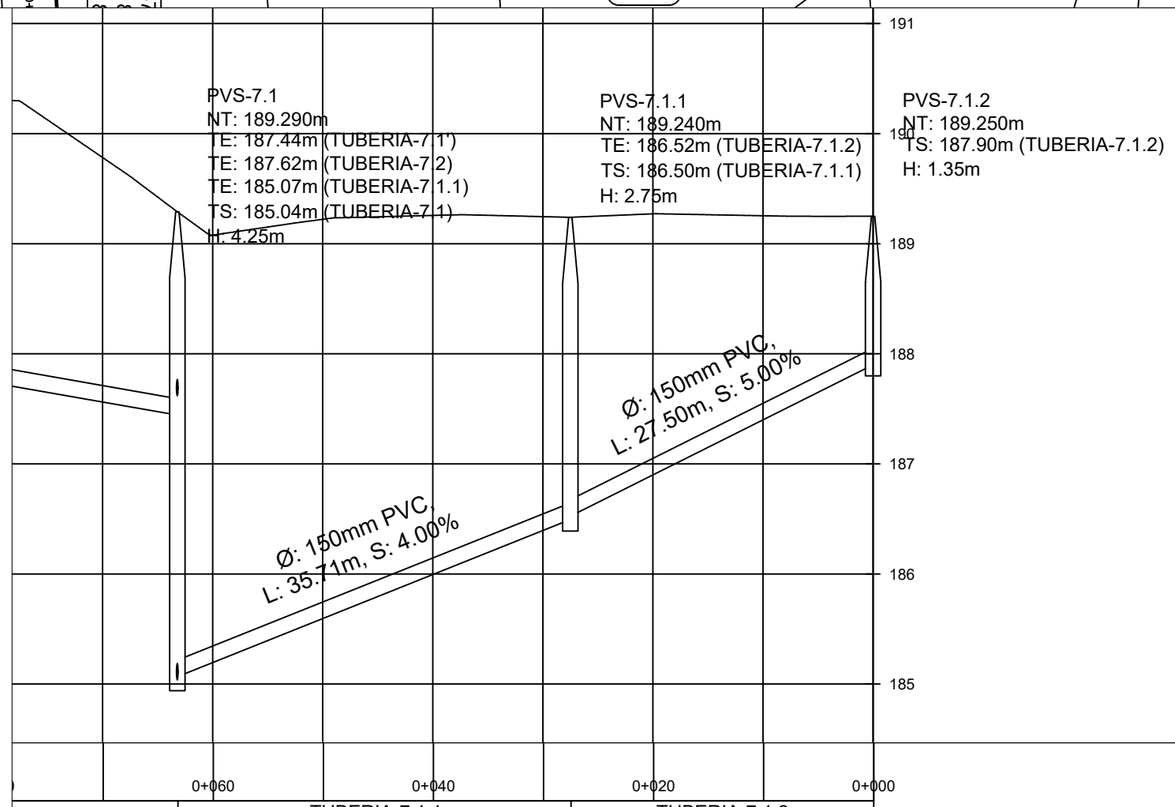
FECHA: Agosto 2020

CODIGO: RED C 17

No DE PAGINA: 17 / 28




| LEYENDA | |
|---|---|
| DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO |
| Tubería de gravedad | |
| Pozos de visita | |




| | TUBERIA-7.1.1 | TUBERIA-7.1.2 |
|---|---|---|
| | 35.71 | 27.50 |
| | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC |
| | 4.00% | 5.00% |
| PVS-7.1 | PVS-7.1.1 | PVS-7.1.2 |
| 0+063.21 | 0+027.50 | 0+000.00 |
| 189.29 | 189.24 | 189.25 |
| 185.04 | 186.49 | 187.90 |
| 4.25 | 2.75 | |

DUEÑO:

PROYECTO :
DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES

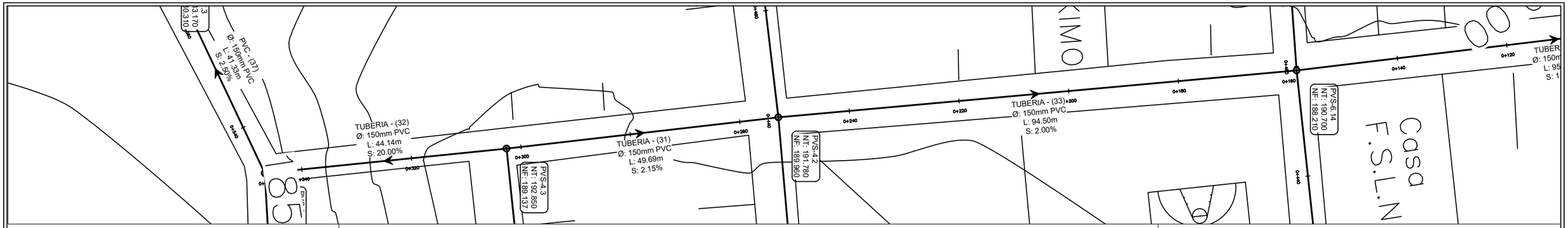
Diseñado por:
Br. Lesther Emilio Marín
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

Revisado por:
Ing. María Elena Baldizon

ASUNTO:
**PVS-7.1.2 A PVS-2.4**
**0+000 - 0+346.77**

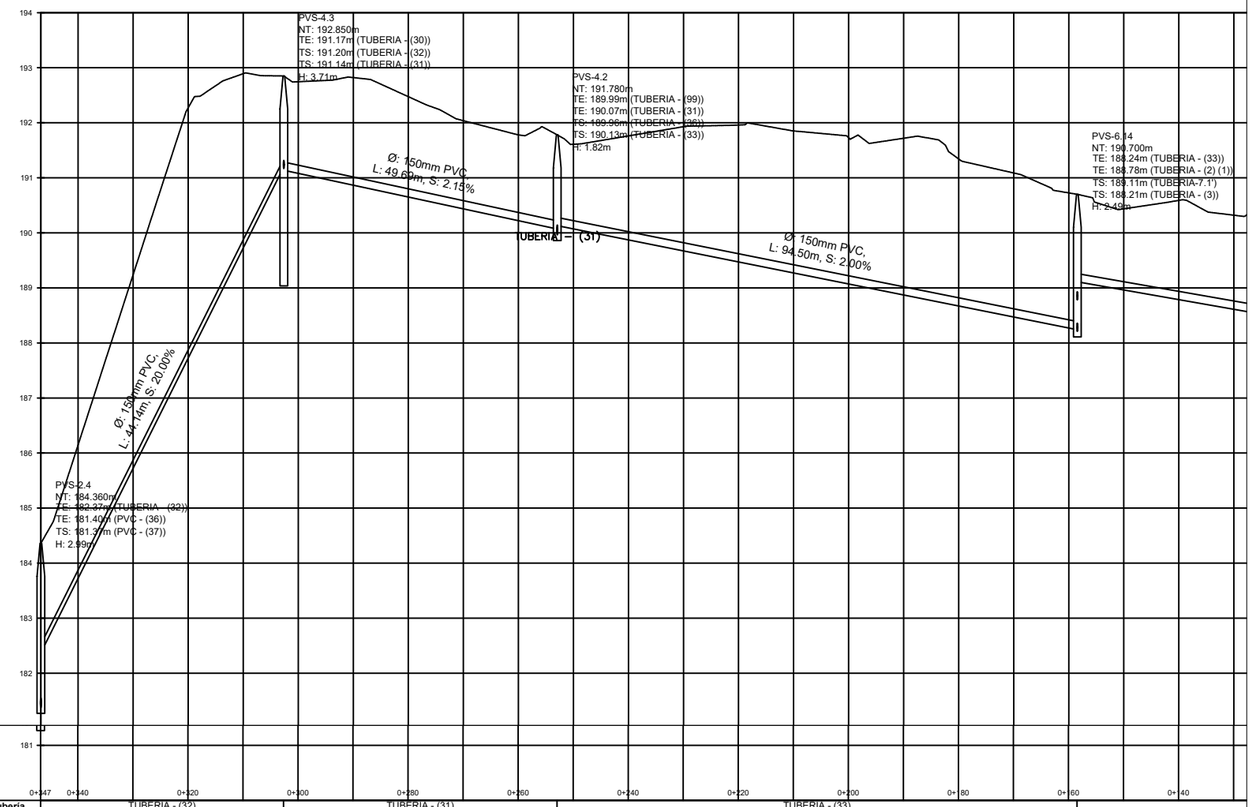
CHONTALES DEPARTMENT
MUNICIPALIDAD: COMALAPA
ESCALA: 1/250
FECHA: Agosto 2020

CODIGO: RED C 18
No DE PAGINA: 18 / 28




| LEYENDA | |
|---|---|
| DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO |
| Tubería de gravedad | |
| Pozos de visita | |

## Perfil de Alcantarillado (14)




| Nombre de tubería | TUBERIA - (32) | TUBERIA - (31) | TUBERIA - (33) | |
|---|---|---|---|---|
| Distancia | 44.14 | 49.69 | 94.50 | |
| ∅ (mm) / Material | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | |
| Pendiente (%) | 20.00% | 2.15% | 2.00% | |
| Nombre de PVS | PVS-2.4 | PVS-4.3 | PVS-4.2 | PVS-6.14 |
| Estacion | 0+346.77 | 0+302.62 | 0+252.94 | 0+158.44 |
| Nivel de tapa | 184.36 | 192.85 | 191.78 | 190.70 |
| Nivel de fondo | 181.37 | 189.14 | 189.96 | 188.21 |
| Altura de PVS | | 3.71 | 1.82 | 2.49 |
| Pavimento | | | | |

DUEÑO:

PROYECTO :
DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES

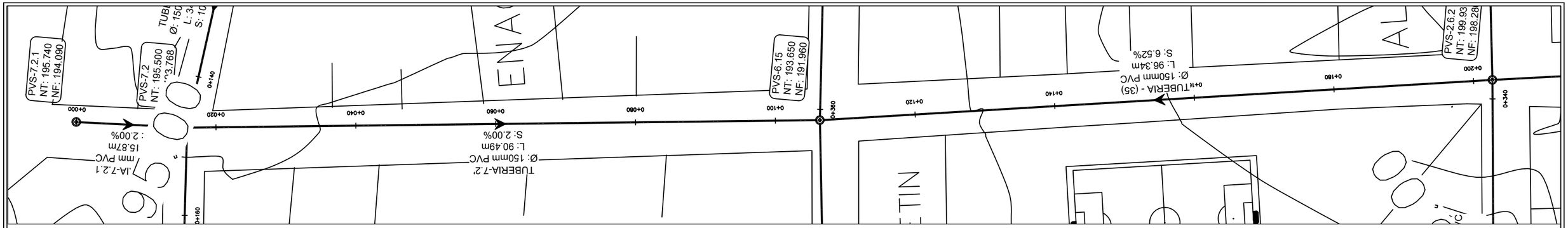
Diseñado por:
Br. Lesther Emilio Marín
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

Revisado por:
Ing. María Elena Baldizon

ASUNTO:
**PVS-7.1.2 A PVS-2.4**
**0+000 - 0+346.77**

CHONTALES DEPARTMENT
MUNICIPALIDAD: COMALAPA
ESCALA: 1/250
FECHA: Agosto 2020

CODIGO: RED C 19
No DE PAGINA: 19 / 28




| LEYENDA | |
|---|---|
| DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO |
| Tubería de gravedad | ◄—— |
| Pozos de visita | ● |

## Perfil de Alcantarillado (15)




| | TUBERIA - (35) | | TUBERIA-7.2' | | TUBERIA-7.2.1 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 96.34 | | 90.49 | | 15.87 | |
| | 150mm/ PVC | | 150mm/ PVC | | 150mm/ PVC | |
| | 6.52% | | 2.00% | | 2.00% | |
| PVS-2.6.2 | 0+202.70 | PVS-6.15 | 0+106.36 | PVS-7.2 | 0+015.87 | PVS-7.2.1 | 0+000.00 |
| | 199.93 | | 193.65 | | 195.50 | | 195.74 |
| | 198.28 | | 191.96 | | 193.77 | | 194.09 |
| | 1.65 | | 1.69 | | 1.73 | | |

DUEÑO:

PROYECTO :

DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES

Diseñado por:

Br. Lesther Emilio Marín
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

Revisado por:

Ing. María Elena Baldizon

ASUNTO:

# PVS-7.2.1 A PVS-2.6.3
# 0+000 - 0+345.38

CHONTALES DEPARTMENT

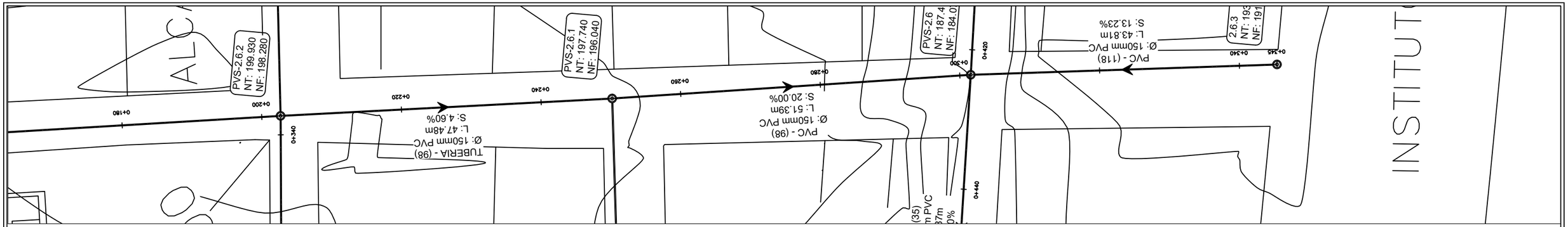
MUNICIPALIDAD: COMALAPA

ESCALA: 1/250

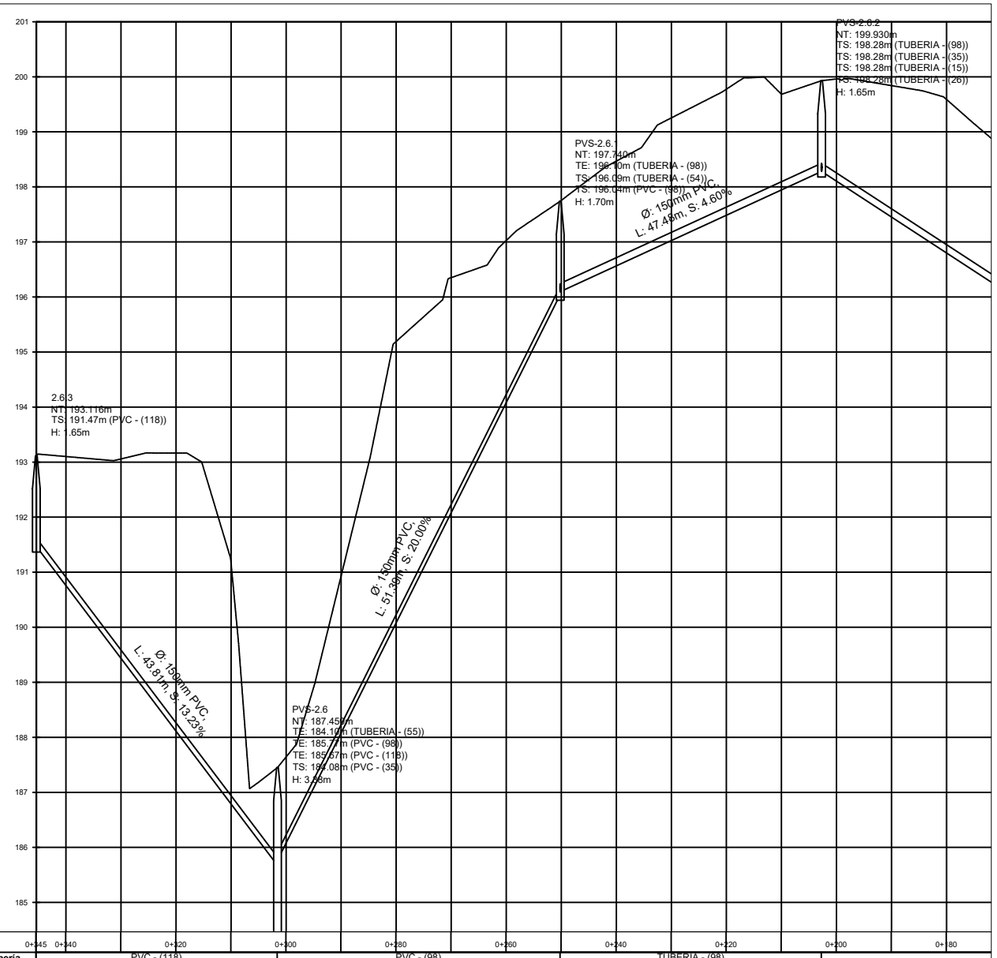
FECHA: Agosto 2020

CODIGO: RED C 20

No DE PAGINA: 20 / 28




| LEYENDA | |
|---|---|
| DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO |
| Tubería de gravedad | ← |
| Pozos de visita | ● |




| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Nombre de tubería** | PVC - (118) | | | PVC - (98) | | | TUBERIA - (98) | | |
| **Distancia** | 43.81 | | | 51.39 | | | 47.48 | | |
| **∅ (mm) / Material** | 150mm/ PVC | | | 150mm/ PVC | | | 150mm/ PVC | | |
| **Pendiente (%)** | 13.23% | | | 20.00% | | | 4.60% | | |
| **Nombre de PVS** | 2.6.3 | | PVS-2.6 | | PVS-2.6.1 | | PVS-2.6.2 | | |
| **Estacion** | 0+345.38 | | 0+301.57 | | 0+250.18 | | 0+202.70 | | |
| **Nivel de tapa** | 193.12 | | 187.45 | | 197.74 | | 199.93 | | |
| **Nivel de fondo** | 193.47 | | 184.07 | | 196.04 | | 198.28 | | |
| **Altura de PVS** | | | 3.38 | | 1.70 | | 1.65 | | |
| **Pavimento** | | | | | | | | | |

DUEÑO:

PROYECTO :

DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES

Diseñado por:
Br. Lesther Emilio Marin
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

Revisado por:
Ing. Maria Elena Baldizon

ASUNTO:

# PVS-7.2.1 A PVS-2.6.3
# 0+000 - 0+345.38

CHONTALES DEPARTMENT

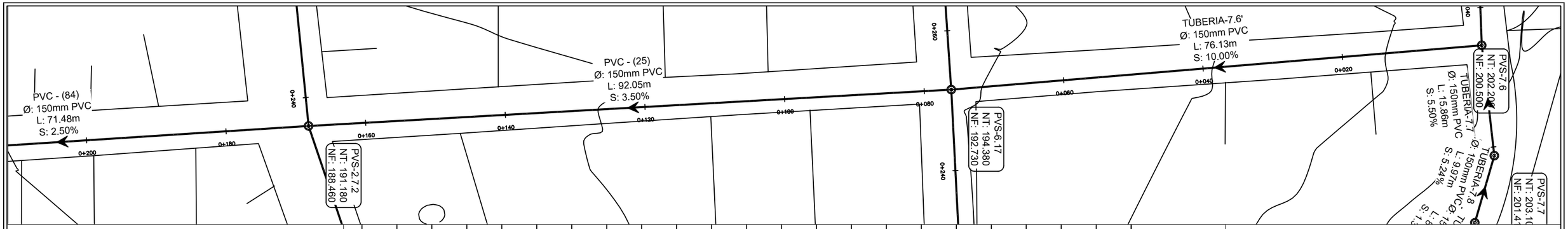
MUNICIPALIDAD: COMALAPA

ESCALA: 1/250

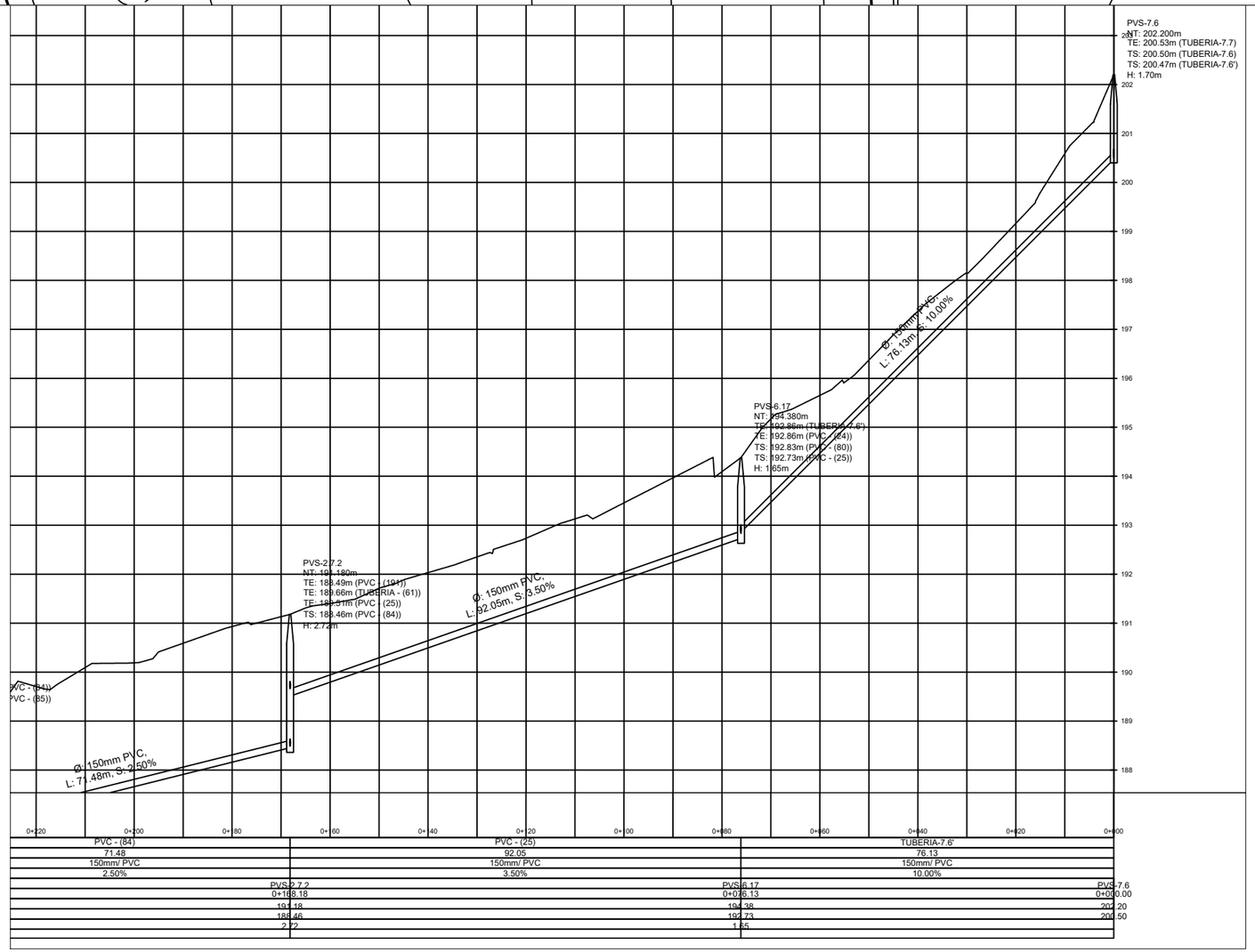
FECHA: Agosto 2020

CODIGO: RED C 21

No DE PAGINA: 21 / 28




| LEYENDA | |
|---|---|
| DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO |
| Tubería de gravedad | ← |
| Pozos de visita | ● |




| PVC - (84) | PVC - (25) | TUBERIA-7.6' |
|---|---|---|
| 71.48 | 92.05 | 76.13 |
| 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC |
| 2.50% | 3.50% | 10.00% |

| PVS-2.7.2 | PVS-6.17 | PVS-7.6 |
|---|---|---|
| 0+188.18 | 0+076.13 | 0+000.00 |
| 191.18 | 194.38 | 202.20 |
| 188.46 | 192.73 | 200.50 |
| 2.72 | 1.65 | |

DUEÑO:

PROYECTO :

DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES

Diseñado por:
Br. Lesther Emilio Marin
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

Revisado por:
Ing. Maria Elena Baldizon

ASUNTO:

# PVS-7.6 A PVS-2.7
# 0+000 - 0+274.43

CHONTALES DEPARTMENT

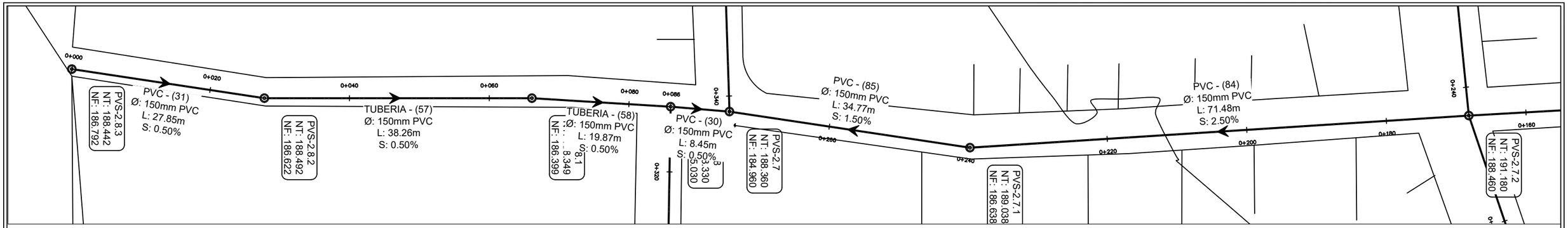
MUNICIPALIDAD: COMALAPA

ESCALA: 1/250

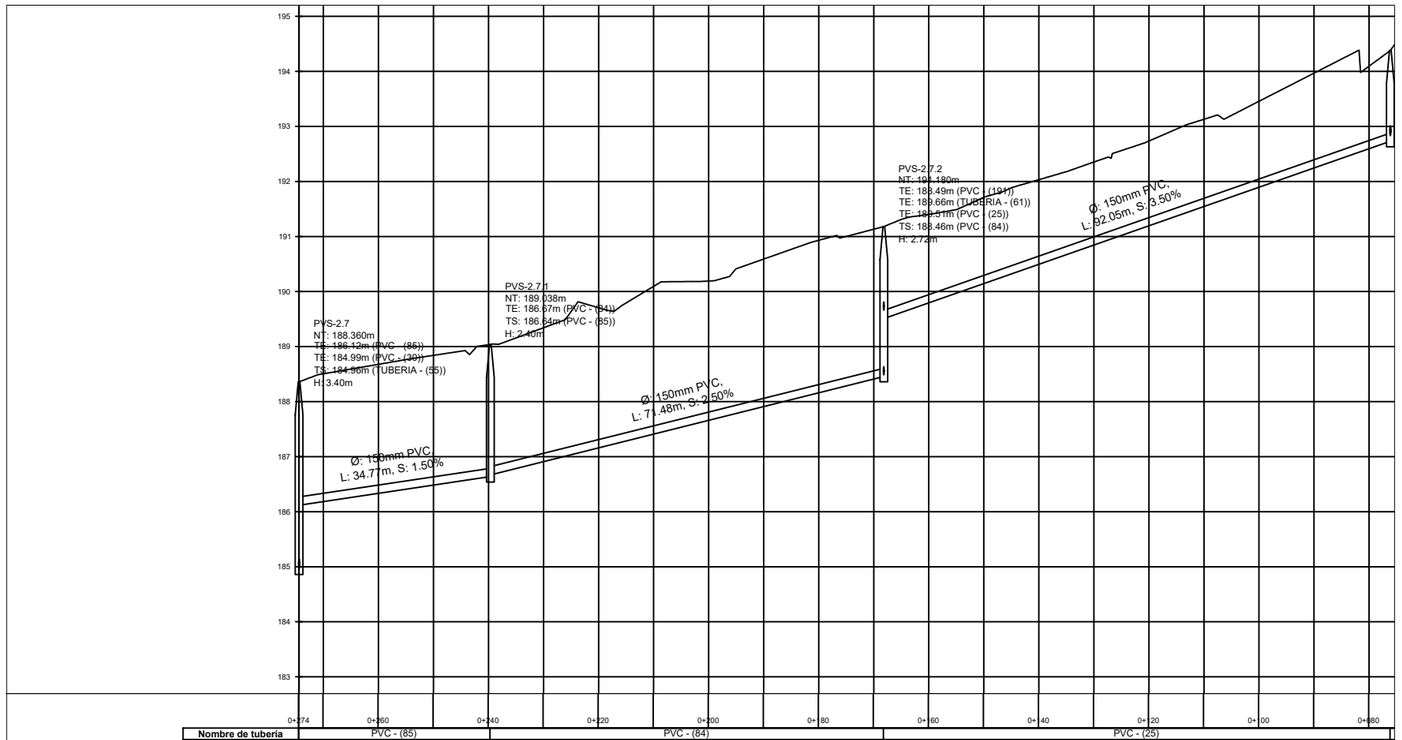
FECHA: Agosto 2020

CODIGO: RED C 22

No DE PAGINA: 22 / 28




| LEYENDA | |
|---|---|
| DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO |
| Tubería de gravedad | ← |
| Pozos de visita | ● |




| Nombre de tubería | PVC - (85) | PVC - (84) | PVC - (25) | |
|---|---|---|---|---|
| Distancia | 34.77 | 71.48 | 92.05 | |
| ∅ (mm) / Material | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | |
| Pendiente (%) | 1.50% | 2.50% | 3.50% | |
| Nombre de PVS | PVS-2.7 | PVS-2.7.1 | PVS-2.7.2 | PVS-2 |
| Estacion | 0+244.43 | 0+239.66 | 0+168.18 | 0+076 |
| Nivel de tapa | 188.36 | 189.04 | 191.18 | 191 |
| Nivel de fondo | 184.96 | 186.64 | 188.46 | 189 |
| Altura de PVS | | 2.40 | 2.72 | 1.8 |
| Pavimento | | | | |

DUEÑO:

PROYECTO :

DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES

Diseñado por:
Br. Lesther Emilio Marín
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

Revisado por:
Ing. Maria Elena Baldizon

ASUNTO:

# PVS-7.6 A PVS-2.7
# 0+000 - 0+274.43

CHONTALES DEPARTMENT

MUNICIPALIDAD: COMALAPA

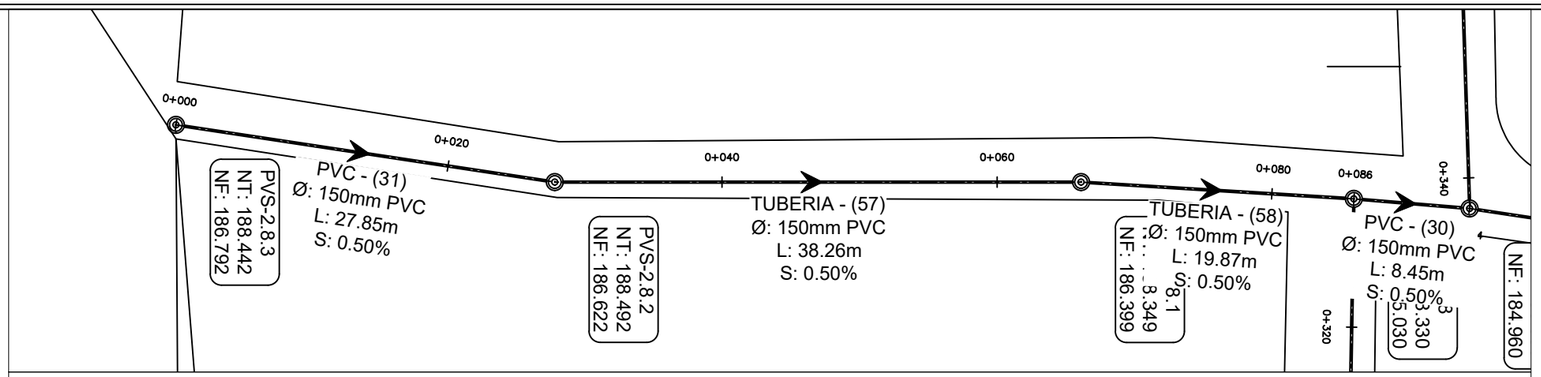
ESCALA: 1/250

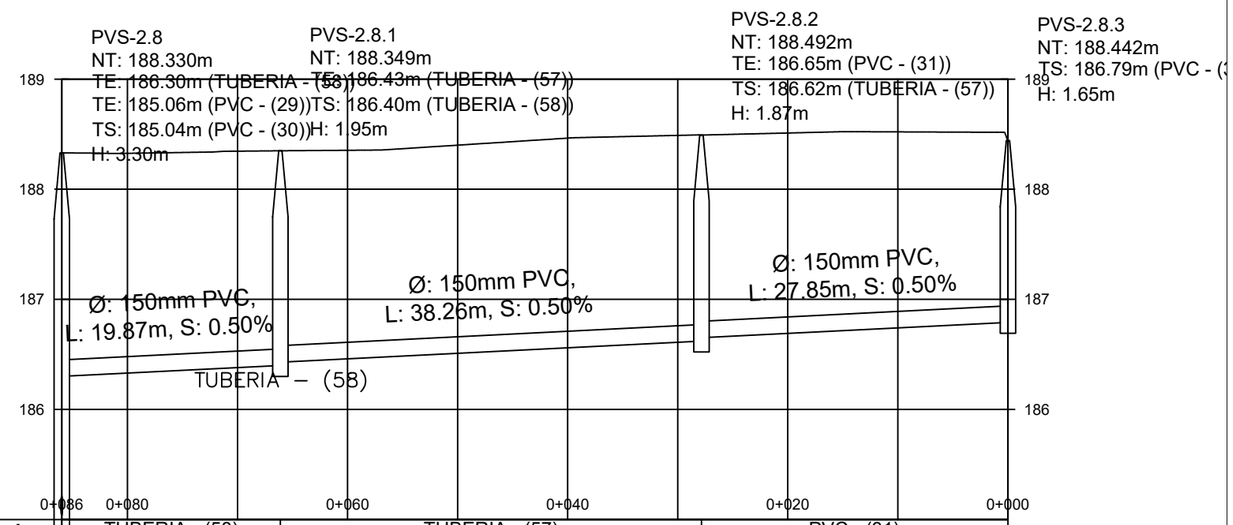
FECHA: Agosto 2020

CODIGO: RED C 23

No DE PAGINA: 23 / 28

| LEYENDA | |
|---|---|
| DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO |
| Tubería de gravedad | ← |
| Pozos de visita | ● |




| Nombre de tubería | TUBERIA - (58) | TUBERIA - (57) | PVC - (31) |
|---|---|---|---|
| Distancia | 19.87 | 38.26 | 27.85 |
| ∅ (mm) / Material | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC |
| Pendiente (%) | 0.50% | 0.50% | 0.50% |

| Nombre de PVS | PVS-2.8 | PVS-2.8.1 | PVS-2.8.2 | PVS-2.8.3 |
|---|---|---|---|---|
| Estacion | 0+085.97 | 0+066.10 | 0+027.85 | 0+000.00 |
| Nivel de tapa | 188.33 | 188.35 | 188.49 | 188.44 |
| Nivel de fondo | 185.03 | 186.40 | 186.62 | 186.79 |
| Altura de PVS | | 1.95 | 1.87 | |
| Pavimento | | | | |

DUEÑO:

PROYECTO :
DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES

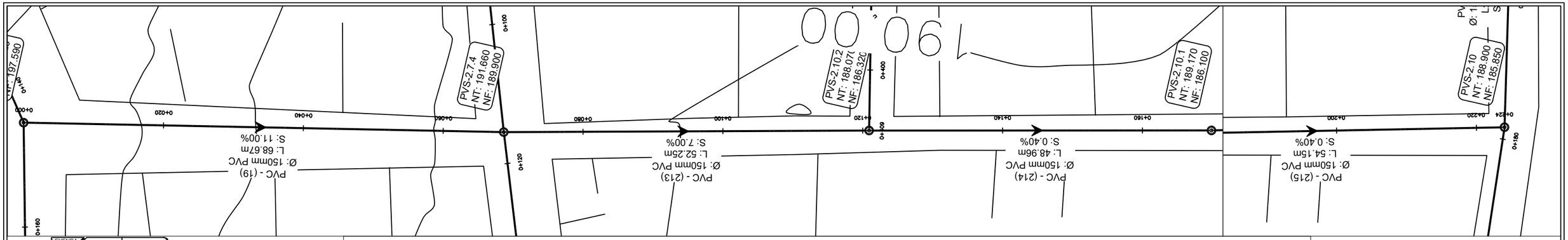
Diseñado por:
Br. Lesther Emilio Marín
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

Revisado por:
Ing. Maria Elena Baldizon

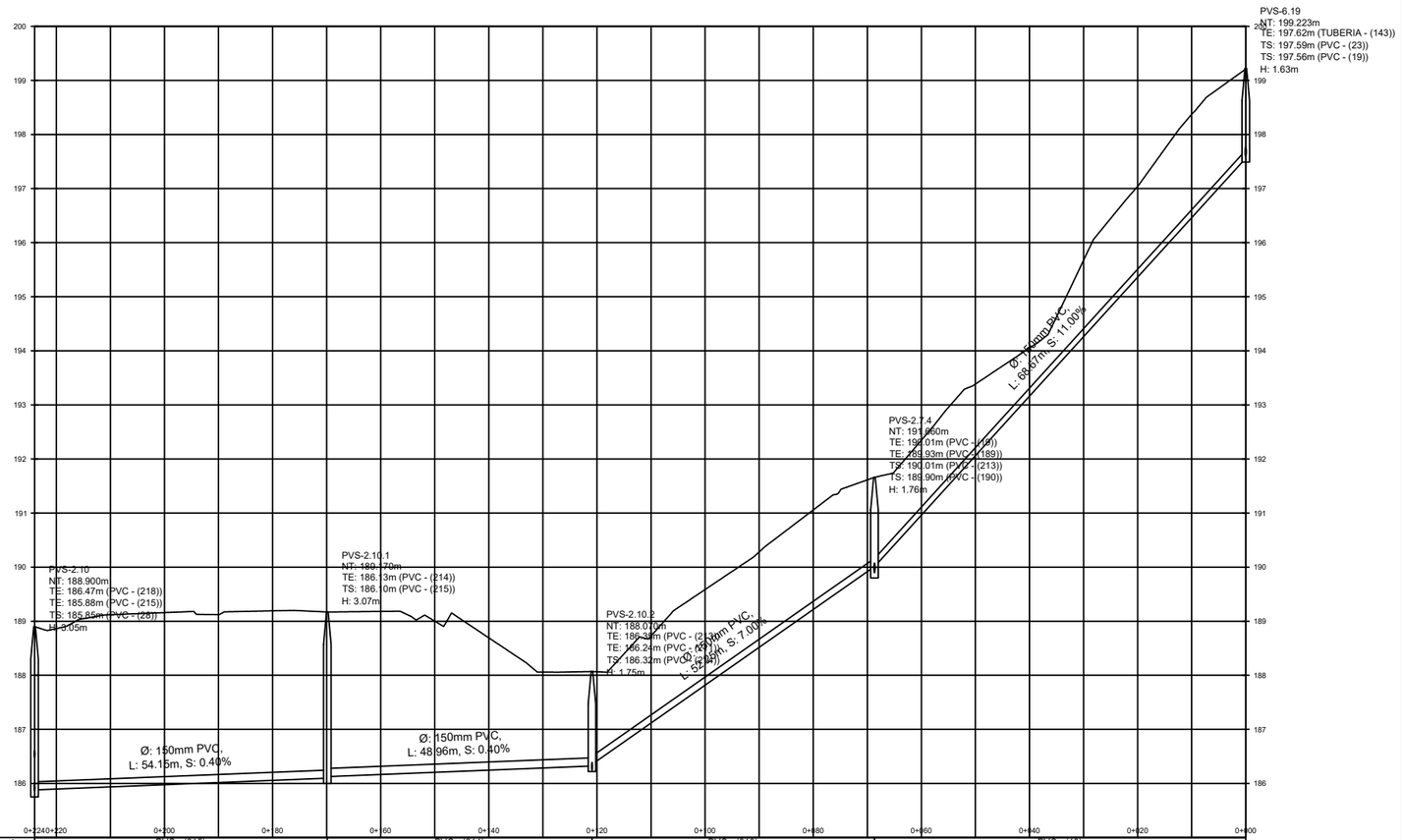
ASUNTO:
**PVS-2.8.3 A PVS-2.8**
**0+000 - 0+085.97**

CHONTALES DEPARTMENT
MUNICIPALIDAD: COMALAPA
ESCALA: 1/250
FECHA: Agosto 2020

CODIGO: RED C 24
No DE PAGINA: 24 / 28




| LEYENDA | |
|---|---|
| DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO |
| Tubería de gravedad | ⟵ |
| Pozos de visita | ● |




| Nombre de tubería | PVC - (215) | PVC - (214) | PVC - (213) | PVC - (19) |
|---|---|---|---|---|
| Distancia | 54.15 | 48.96 | 52.25 | 68.67 |
| Ø (mm) / Material | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC |
| Pendiente (%) | 0.40% | 0.40% | 7.00% | 11.00% |
| Nombre de PVS | PVS-2.10 | PVS-2.10.1 | PVS-2.10.2 | PVS-2.7.4 | PVS-6.19 |
| Estacion | 0+224.02 | 0+169.87 | 0+120.92 | 0+068.67 | 0+000.00 |
| Nivel de tapa | 188.90 | 189.17 | 188.07 | 191.66 | 199.21 |
| Nivel de fondo | 185.85 | 186.10 | 186.32 | 186.90 | 197.59 |
| Altura de PVS | | 3.07 | 1.75 | 1.76 | |
| Pavimento | | | | | |

DUEÑO:

PROYECTO :

DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES

Diseñado por:
Br. Lesther Emilio Marín
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

Revisado por:
Ing. Maria Elena Baldizon

ASUNTO:

**PVS-6.19 A PVS-2.10**
**0+000 - 0+224.02**

CHONTALES DEPARTMENT

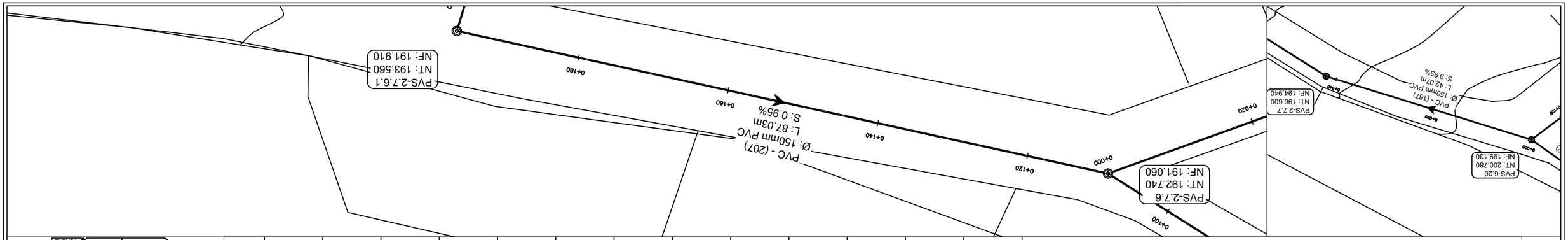
MUNICIPALIDAD: COMALAPA

ESCALA: 1/250

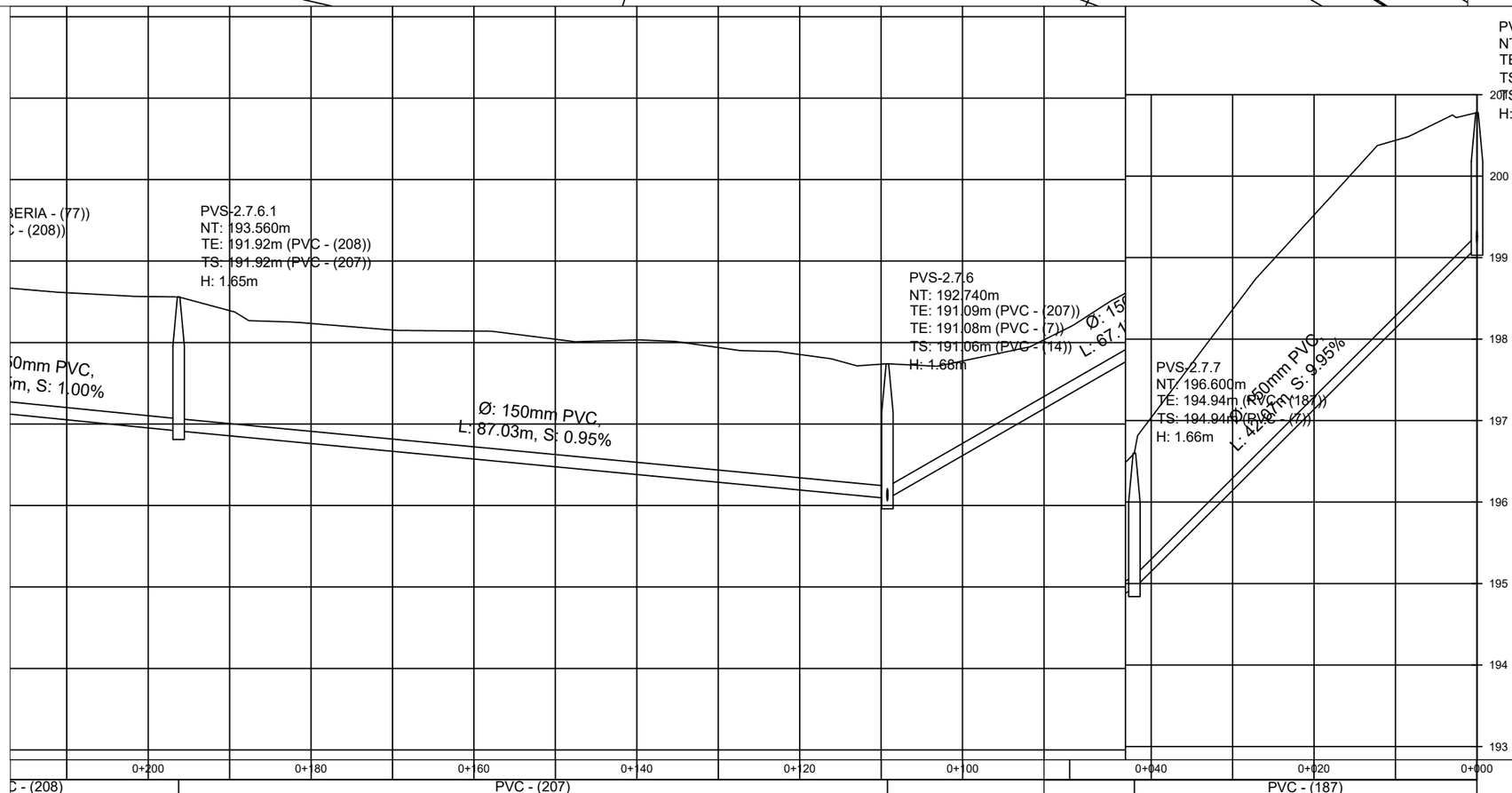
FECHA: Agosto 2020

CODIGO: RED C 25

No DE PAGINA: 20 / 25




| LEYENDA | |
|---|---|
| DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO |
| Tubería de gravedad | ← — → |
| Pozos de visita | ● |




| | | | |
|---|---|---|---|
| C - (208) | PVC - (207) | | PVC - (187) |
| 87.55 | 87.03 | | 42.07 |
| mm/ PVC | 150mm/ PVC | | 150mm/ PVC |
| .00% | 0.95% | | 9.95% |
| PVS-2.7.6.1 | | PVS-2.7.6 | PVS-2.7.7 PVS-6.20 |
| 0+196.26 | | 0+109.23 | 0+042.07 0+000.00 |
| 193.56 | | 192.74 | 196.60 200.78 |
| 191.91 | | 191.06 | 194.94 199.13 |
| 1.65 | | 1.68 | 1.66 |

DUEÑO:

PROYECTO :

DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES

Diseñado por:
Br. Lesther Emilio Marín
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

Revisado por:
Ing. Maria Elena Baldizon

ASUNTO:

**PVS-6.20 A PVS-2.10.2**
**0+000 - 0+408.66**

CHONTALES DEPARTMENT

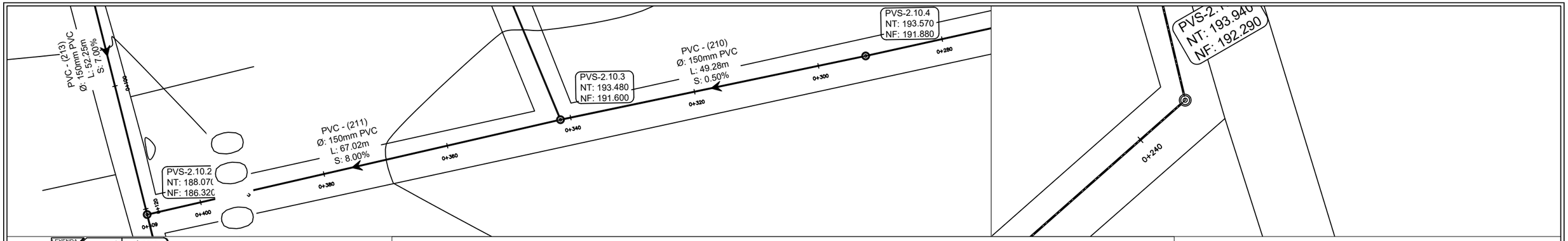
MUNICIPALIDAD: COMALAPA

ESCALA: 1/250

FECHA: Agosto 2020

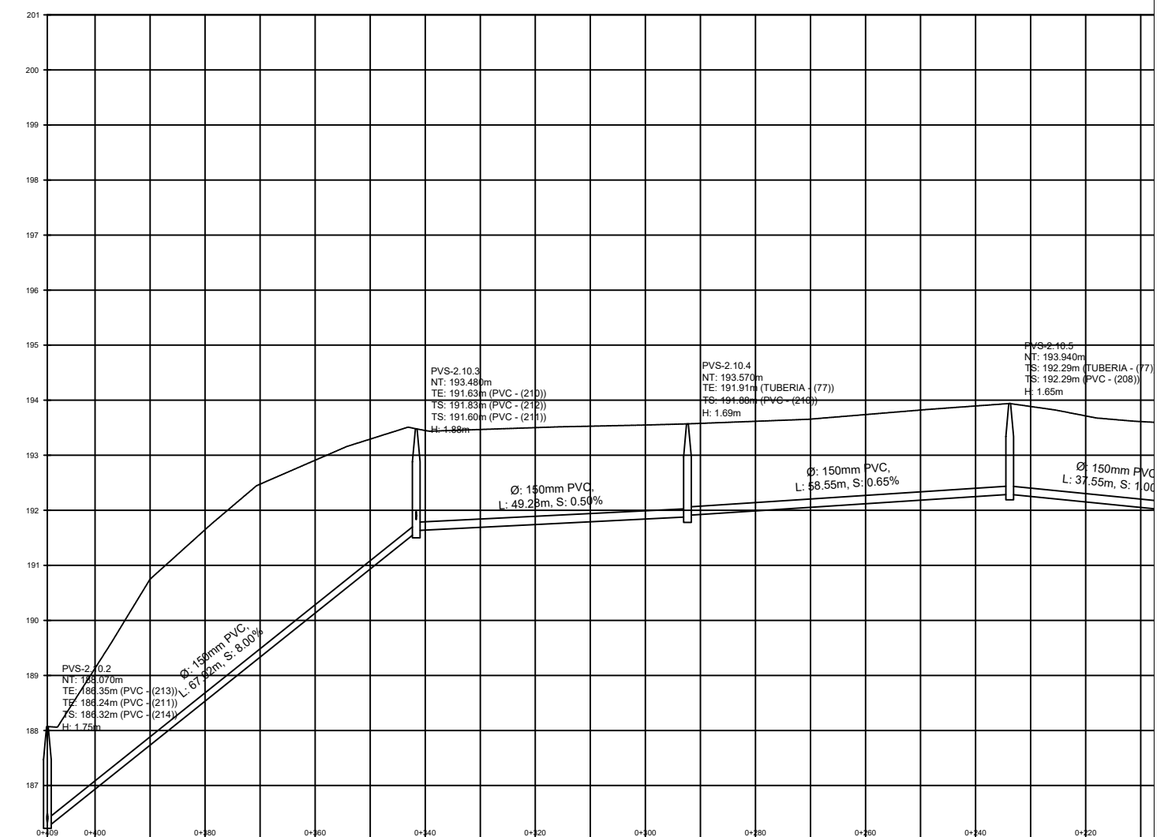
CODIGO: RED C 26

No DE PAGINA: 26 / 28




| LEYENDA | |
|---|---|
| DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO |
| Tubería de gravedad | |
| Pozos de visita | |

## Perfil de Alc




| Nombre de tubería | PVC - (211) | PVC - (210) | TUBERIA - (77) | PVC - (208) |
|---|---|---|---|---|
| Distancia | 67.02 | 49.28 | 58.55 | 37.55 |
| Ø (mm) / Material | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC |
| Pendiente (%) | 8.00% | 0.50% | 0.65% | 1.00% |
| Nombre de PVS | PVS-2.10.2 | PVS-2.10.3 | PVS-2.10.4 | PVS-2.10.5 |
| Estacion | 0+408.66 | 0+341.64 | 0+292.36 | 0+233.81 |
| Nivel de tapa | 188.07 | 193.48 | 193.57 | 193.94 |
| Nivel de fondo | 186.32 | 191.60 | 191.88 | 192.29 |
| Altura de PVS | | 1.88 | 1.69 | 1.65 |
| Pavimento | | | | |

DUEÑO:

PROYECTO :

DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES


Diseñado por:
Br. Lesther Emilio Marín
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

Revisado por:
Ing. Maria Elena Baldizon


ASUNTO:

# PVS-6.20 A PVS-2.10.2
# 0+000 - 0+408.66

CHONTALES DEPARTMENT

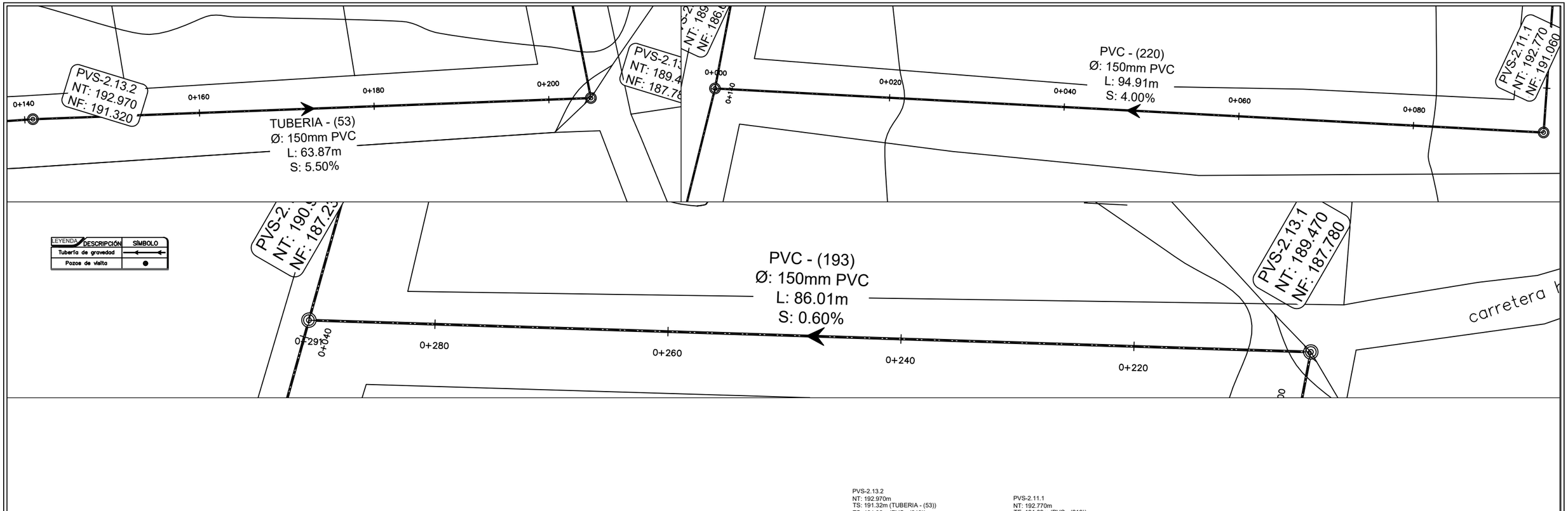
MUNICIPALIDAD: COMALAPA

ESCALA: 1/250

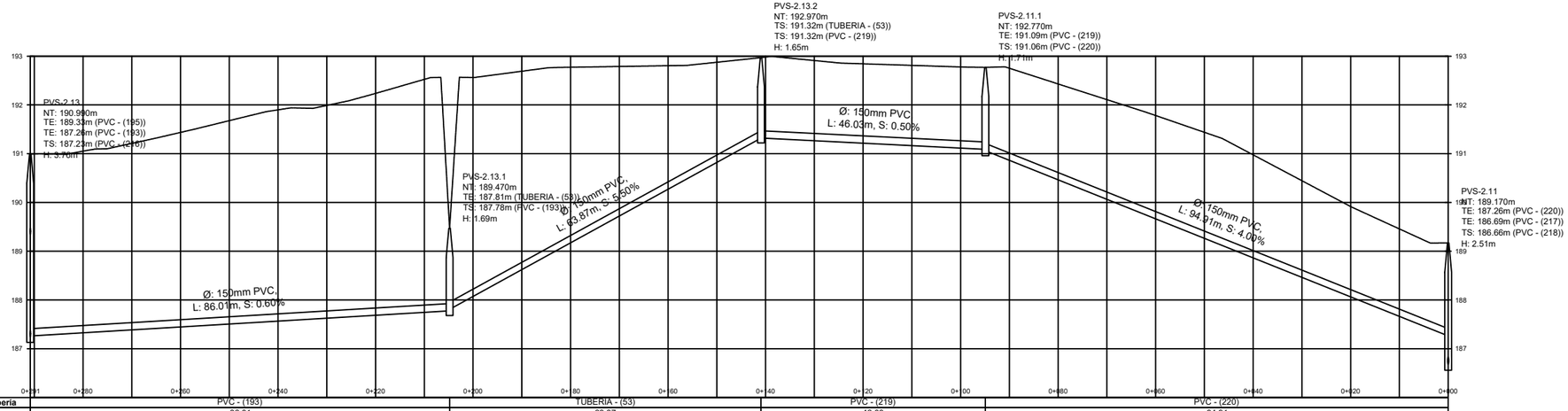
FECHA: Agosto 2020

CODIGO: RED C 27

No DE PAGINA: 27 / 28




| LEYENDA | |
|---|---|
| DESCRIPCIÓN | SÍMBOLO |
| Tubería de gravedad | ← |
| Pozos de visita | ● |




| Nombre de tubería | PVC - (193) | TUBERIA - (53) | PVC - (219) | PVC - (220) |
|---|---|---|---|---|
| Distancia | 86.01 | 63.87 | 46.03 | 94.91 |
| ∅ (mm) / Material | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC | 150mm/ PVC |
| Pendiente (%) | 0.60% | 5.50% | 0.50% | 4.00% |

| Nombre de PVS | PVS-2.13 | PVS-2.13.1 | PVS-2.13.2 | PVS-2.11.1 | PVS-2.11 |
|---|---|---|---|---|---|
| Estacion | 0+290.82 | 0+204.81 | 0+140.94 | 0+044.91 | 0+000.00 |
| Nivel de tapa | 190.99 | 189.47 | 192.97 | 192.77 | 189.17 |
| Nivel de fondo | 187.23 | 187.78 | 191.32 | 191.06 | 186.66 |
| Altura de PVS | | 1.69 | 1.65 | 1.71 | |
| Pavimento | | | | | |

DUEÑO:

PROYECTO :

DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES

Diseñado por:

Br. Lesther Emilio Marín
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

Revisado por:
Ing. Maria Elena Baldizon

ASUNTO:

# PVS-2.11 A PVS-2.13
# 0+000 - 0+290.82

CHONTALES DEPARTMENT

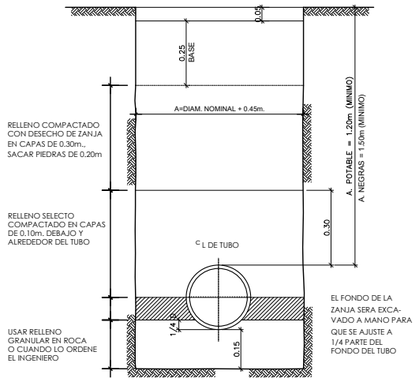
MUNICIPALIDAD: COMALAPA

ESCALA: 1/250

FECHA: Agosto 2020

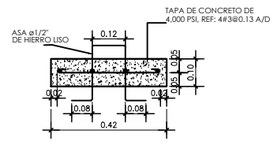
CODIGO: RED C 28

No DE PAGINA: 28 / 28



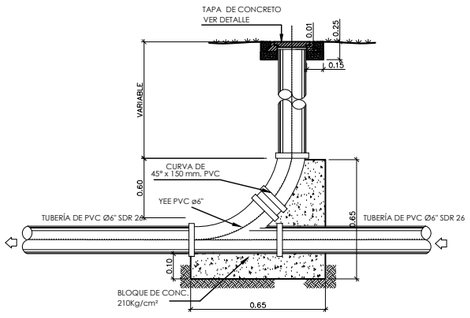

## Det.tipico zanja para tuberia

ESCALA:NE



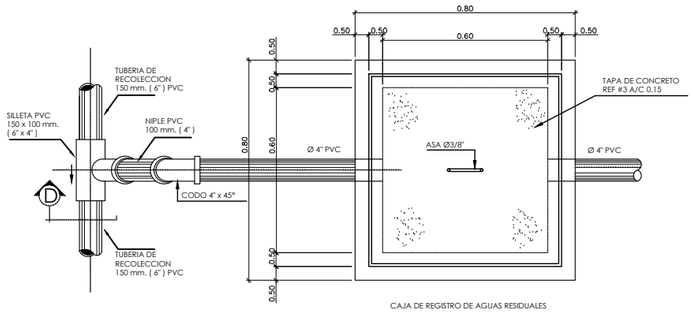

## Detalle de tapa

ESCALA:NE



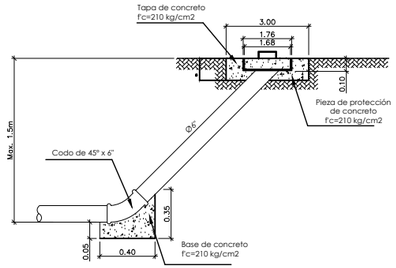

## Detalle de boca de inspección para línea de conducción

ESCALA:NE



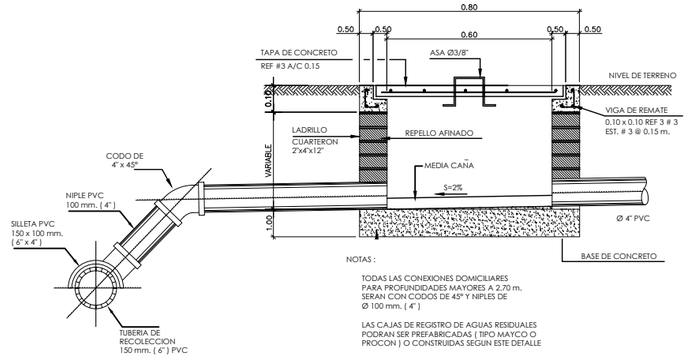

## Detallle de conexion domiciliar (Planta) para profundidades menores de 2.50 m

ESCALA:NE




## Detalle de terminal de limpieza

ESCALA:NE




NOTAS :

TODAS LAS CONEXIONES DOMICILIARES PARA PROFUNDIDADES MAYORES A 2.70 m. SERAN CON CODOS DE 45° Y NIPLES DE Ø 100 mm. ( 4" )

LAS CAJAS DE REGISTRO DE AGUAS RESIDUALES PODRAN SER PREFABRICADAS ( TIPO MAYCO O PROCON ) O CONSTRUIDAS SEGUN ESTE DETALLE

## Detallle de conexion domiciliar (seccion) para profundidades menores de 2.50 m

ESCALA:NE

### NOTAS GENERALES AGUAS NEGRAS

1. - TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EXPRESADAS EN METROS.

2. - EN GENERAL EL EJE DE LAS TUBERIAS DEBERAN QUEDAR LOCALIZADO A 2.50 m. AL OESTE DE LA LINEA CENTRAL EN LAS AVENIDAS Y A 2.50 m. AL NORTE DE LA LINEA EN LAS CALLES.

3. - LA PROFUNDIDAD DEL TENDIDO A NIVEL DE CORONA SERA A 1.5 m. DEL NIVEL DE LA CALLE, COMO MÍNIMO.

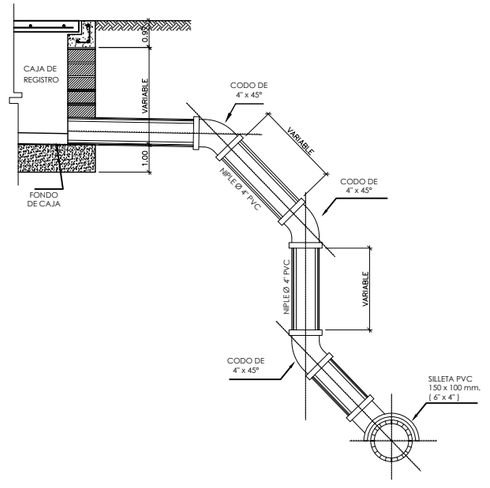
4. - EL ANCHO TOTAL DE LA ZANJA NO DEBERA EXCEDER EL DIAMETRO NOMINAL DEL TUBO + 0.45 m.

5. - LOS TUBOS DEBERAN SER PVC, CEDULA SDR-41

6. - PRUEBAS DE CAMPO : DESPUES DE INSTALADA LA TUBERIA DEBERAN EFECTUARSE PRUEBAS DE ALINEAMIENTO, DE PENDIENTE Y EXFILTRACION, SEGUN ESPECIFICACIONES TECNICAS VIGENTES DEL INAA.

7. - LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL INAA PREVALECEN SOBRE CUALQUIER OTRA.

8. - EN TODA LA LONGITUD DE TUBERIA QUE LA PROFUNDIDAD SEA MENOR DE 1.20 m. SE PROTEGERA EN ESA LONGITUD POR UNA LOSA DE CONCRETO SIMPLE CON ESPESOR DE 0.15 x 0.30 m. DE ANCHO.




## Detalle de conexion domiciliar profunda para profundidades mayores de 2.50 m.

ESCALA:NE

DUEÑO:

PROYECTO :
DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES

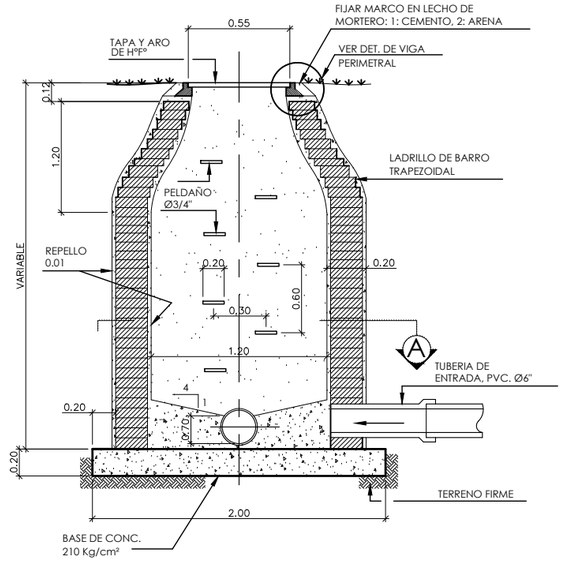
Diseñado por:
Br. Lesther Emilio Marin
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

Revisado por:
Ing. Maria Elena Baldizon

ASUNTO:
**Detalles de conexiones domiciliares y zanja para tuberías**

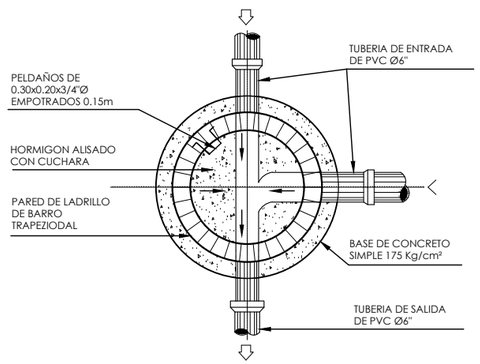
CHONTALES DEPARTMENT
MUNICIPALIDAD: COMALAPA
ESCALA: 1/100
FECHA: Agosto 2020

CODIGO: RED C 29
No DE PAGINA: 29/28



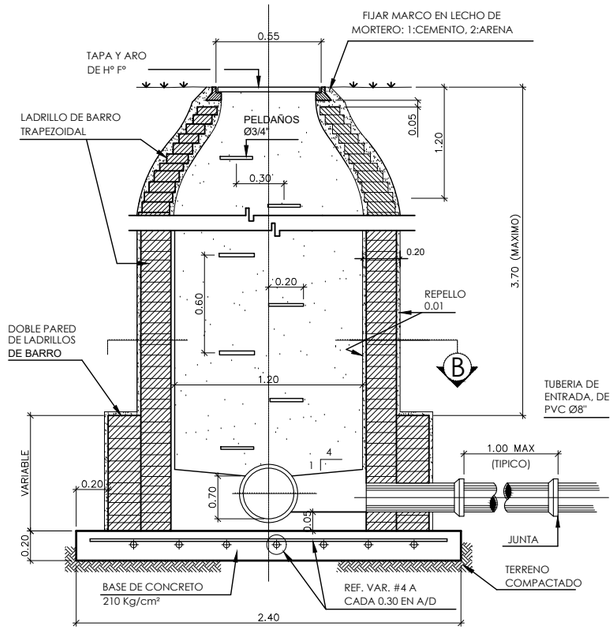

## Det.Pozo de visita para profundidades menores de 3.70 m

ESCALA:NE



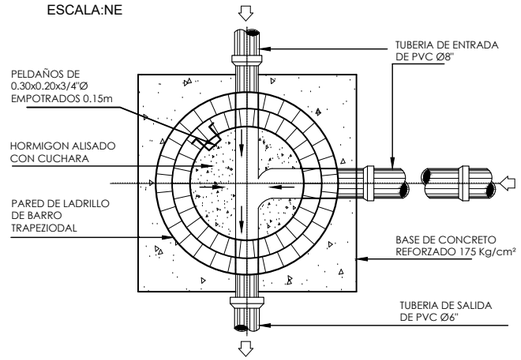

## Seccion pozo de visita (A)

ESCALA:NE



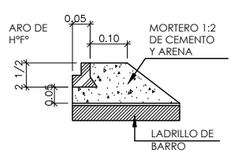

## Det.Pozo de visita para profundidades mayores de 3.70 m

ESCALA:NE



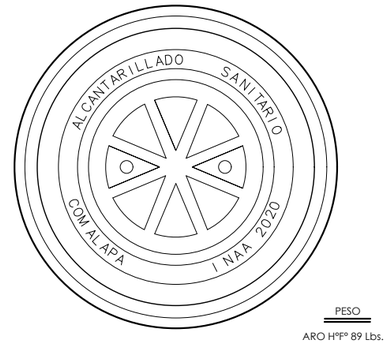

## Seccion pozo de visita (B)

ESCALA:NE




## Det.viga perimetral

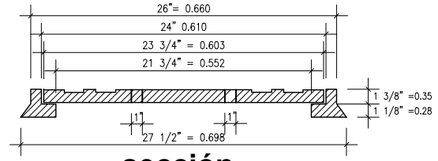
ESCALA:NE




PESO
ARO H°F° 89 Lbs.
TAPA H°F° 129 Lbs.

## Planta

ESCALA:NE




## sección

## Detalle de tapa de pozo de visita

ESCALA:NE

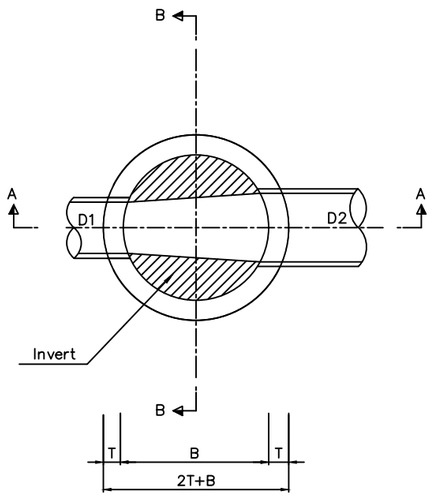
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | DUEÑO: | PROYECTO : DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES | Diseñado por: Br. Lesther Emilio Marin, Br. Melvin Antonio Tercero, Br. Guillermo Jose Barquero. Revisado por: Ing. Maria Elena Baldizon | ASUNTO: Detalles de pozos de visita | CHONTALES DEPARTMENT; MUNICIPALIDAD: COMALAPA; ESCALA: 1/75; FECHA: Agosto 2020 | CODIGO: RED C 30; No DE PAGINA: 30/28 |

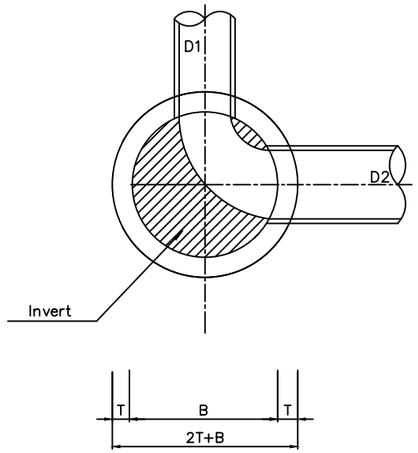
# Detalles de media caña

S = NONE

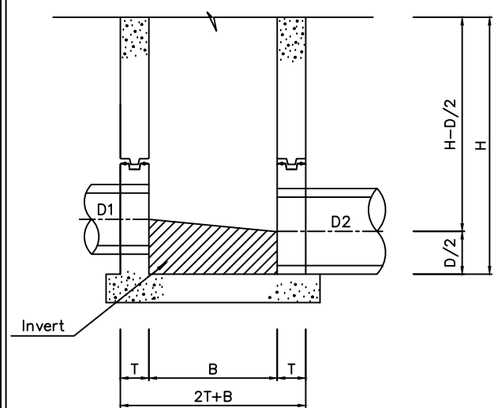
## No hay nivel de diferencia (Alineación de la parte superior del tubo)

Planta

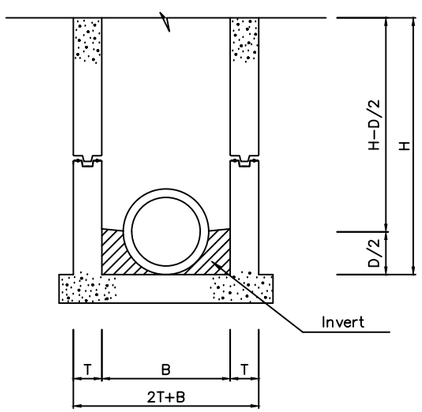



Sección A - A

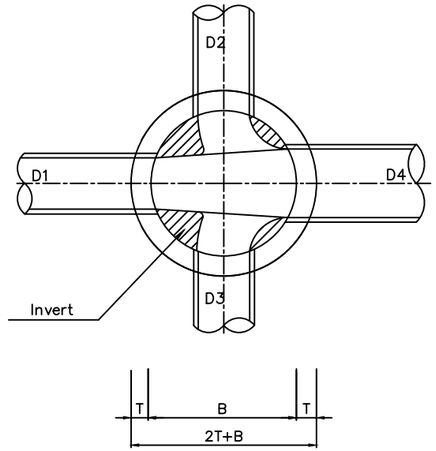


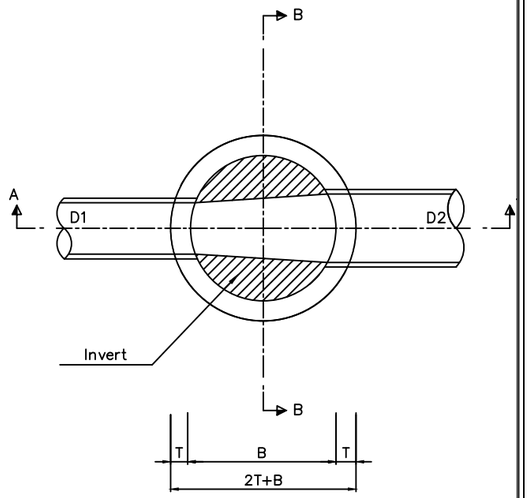

Sección B - B



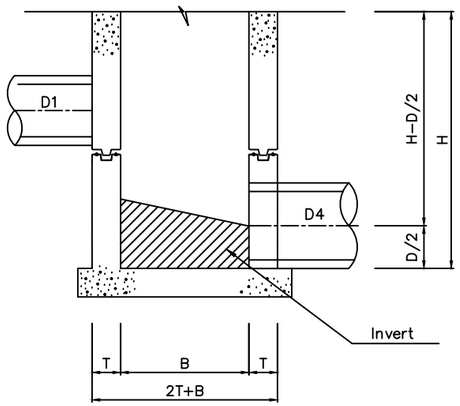

## Diferencia de nivel

Planta

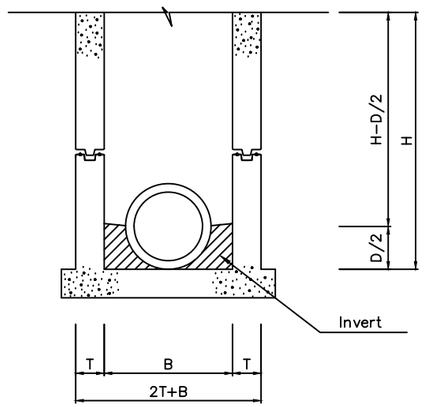



Sección A - A




Sección B - B




DUEÑO:

PROYECTO :
DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES

Diseñado por:
Br. Lesther Emilio Marín
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

Revisado por:
Ing. Maria Elena Baldizon

ASUNTO:
**Detalles de pozos de visita**

CHONTALES DEPARTMENT

MUNICIPALIDAD: COMALAPA

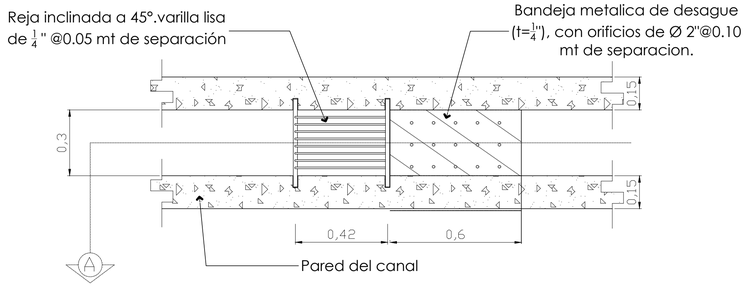
ESCALA: Sin escala

FECHA: Agosto 2020

CODIGO: RED C 31

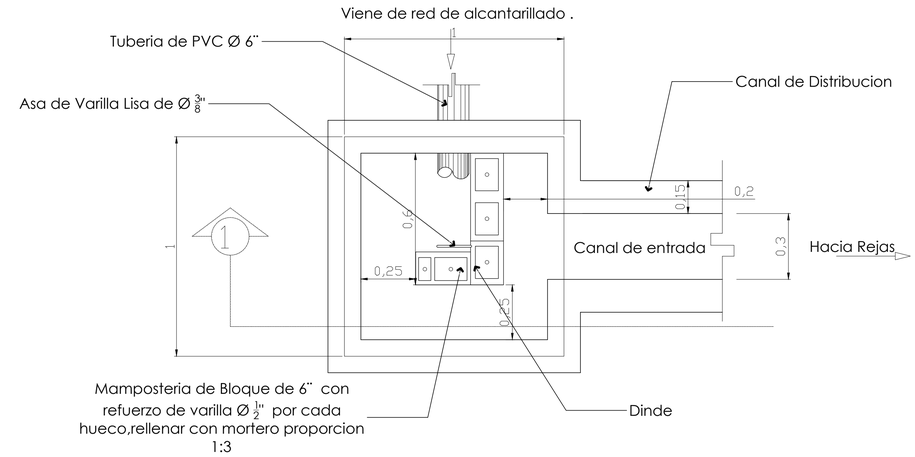
No DE PAGINA: 31 / 28

# PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



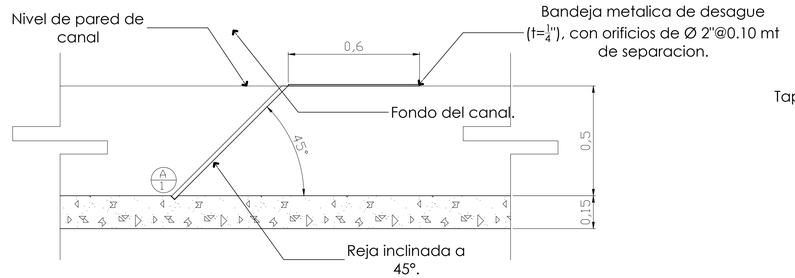

## Planta de Rejas

ESCALA:1/25



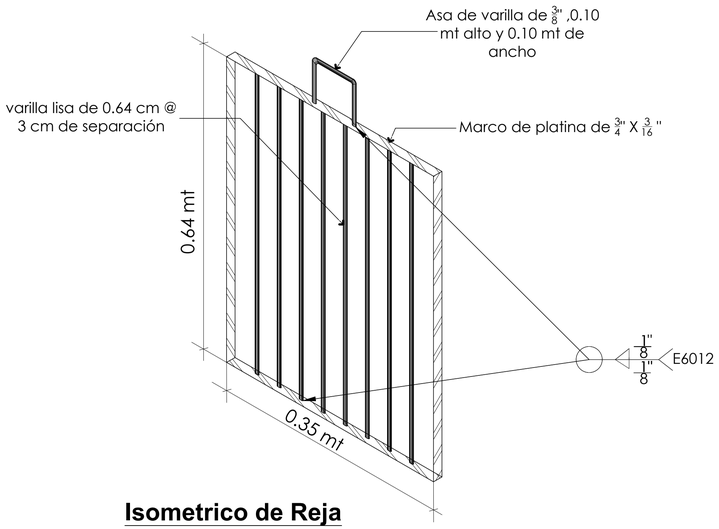

## Caja tipo A

ESCALA:1/25



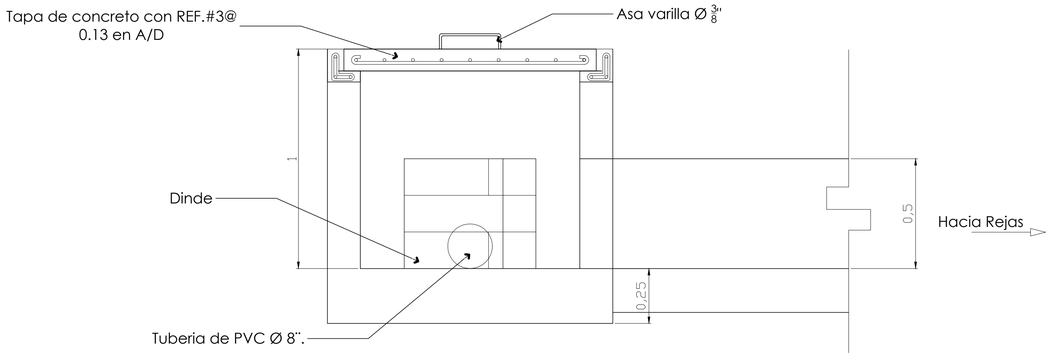

## Corte A

ESCALA:1/25



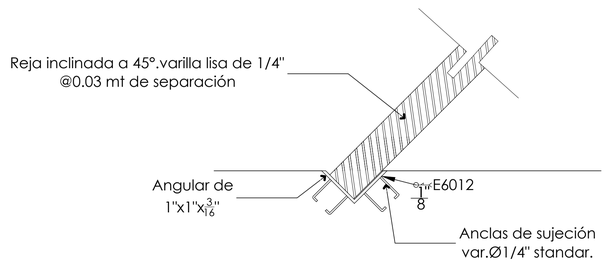

## Isometrico de Reja

ESCALA:1/12.5




## Seccion 1

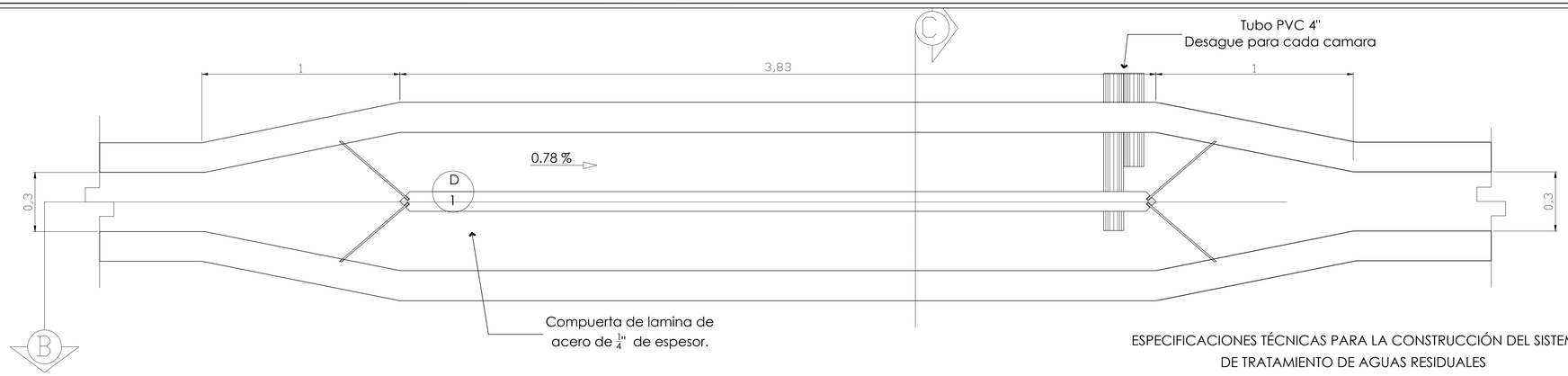
ESCALA:1/25




## Detalle (A/1)

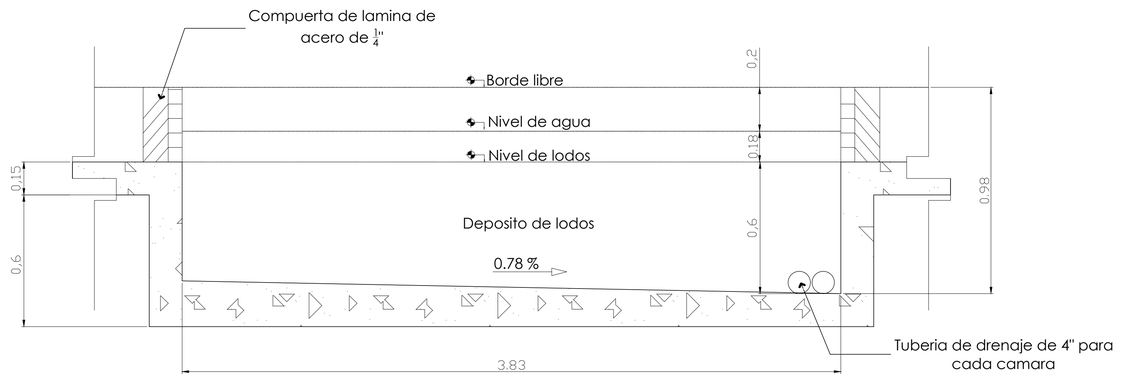
ESCALA:5/1

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | DUEÑO: | PROYECTO : DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES | Diseñado por: Br. Lesther Emilio Marín Br. Melvin Antonio Tercero Br. Guillermo Jose Barquero Revisado por: Ing. María Elena Baldizon | ASUNTO: CANAL DE ENTRADA Y REJAS | CHONTALES DEPARTMENT / MUNICIPALIDAD: COMALAPA / ESCALA: 1/250 / FECHA: Agosto 2020 | CODIGO PTAR C 01 / No DE PAGINA 01/10 |



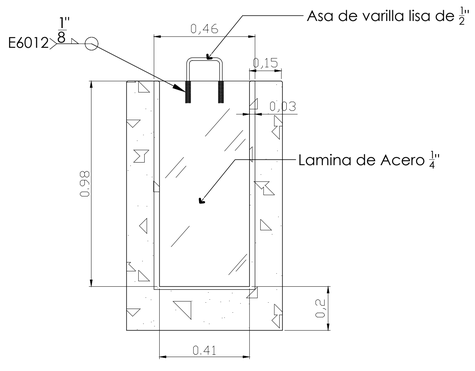

## Planta Desarenador

ESCALA:1/25



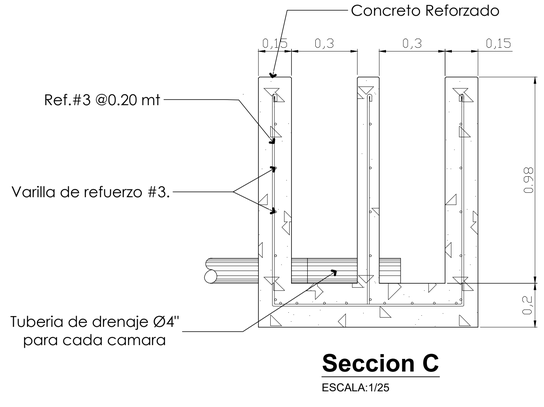

## Seccion B

ESCALA:1/25




## Compuerta del Desarenador

ESCALA:1/25




## Seccion C

ESCALA:1/25

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

1.Se debe ubicar por lo menos un punto de referencia acotado que permita verificar los niveles y cotas establecidas en los especificaciones topográficas a la hora del trazado y nivelación.

2.Las excavaciones para las estructuras serán efectuadas de acuerdo a las líneas, rasantes y elevaciones indicada en los planos.las dimensiones de las excavaciones serán tales que permitan colocar en todas sus dimensiones las estructuras correspondientes.Ademas al iniciar con el proceso de excavación se debe tener muy en claro el lugar en donde se estará colocando el suelo que se vaya extrayendo ,el cual deberá estar lejos de la zona de trabajo.

3.Los trabajos de concreto se ejecutaran de conformidad a las especificaciones técnicas establecidas por la ASTM.

4.Para la construcción de las estructuras de pretratamiento,el concreto tendrá unas proporciones de 1:2:3 de cemento,arena y grava respectivamente.

5.La impermeabilización de las paredes internas de las estructuras de concreto consistirá en dos capas:la primera de 1cm de espesor ,preparada con mortero de cemento y arena en proporción 1:3 y el aditivo impermeabilizante,la segunda con mortero 1:1 preparado igualmente con el aditivo.

6.Antes de proceder al enlucido interior,la estructura será sometida a la prueba hidráulica para constatar su impermeabilidad,para ello será llenada con agua hasta su nivel máximo por un lapso de 24 horas como minimo.en caso que no se presenten filtraciones se ordenara descargarlo y enlucirlo.En caso que la prueba no sea satisfactoria,se repetirá después de haber efectuado las reparaciones tantas veces como sea necesario para conseguir su impermeabilidad total.

7.El préstamo de material procederá cuando no se encuentre cantidad y calidad suficiente de material adecuado proveniente de la excavación de acuerdo con las alineaciones y rasantes.

8.NOTA: Al finalizar la obra se harán los planos de replanteo que reflejen todas las modificaciones autorizadas.Estos planos serán fundamentales para la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento.

DUEÑO:

PROYECTO :

DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES


Diseñado por:
Br. Lesther Emilio Marin
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

Revisado por:
Ing. Maria Elena Baldizon


ASUNTO:

# DESARENADOR

CHONTALES DEPARTMENT

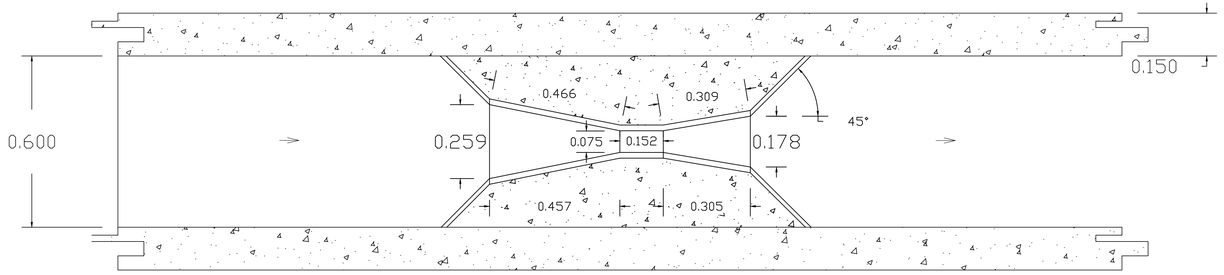
MUNICIPALIDAD: COMALAPA

ESCALA: 1/250

FECHA: Agosto 2020

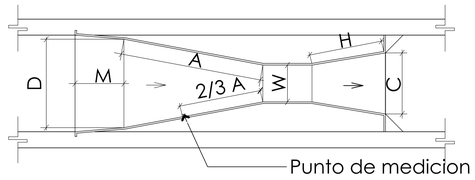
CODIGO: PTAR C 02

No DE PAGINA: 02 / 10




## Detalle de Medidor Parshall

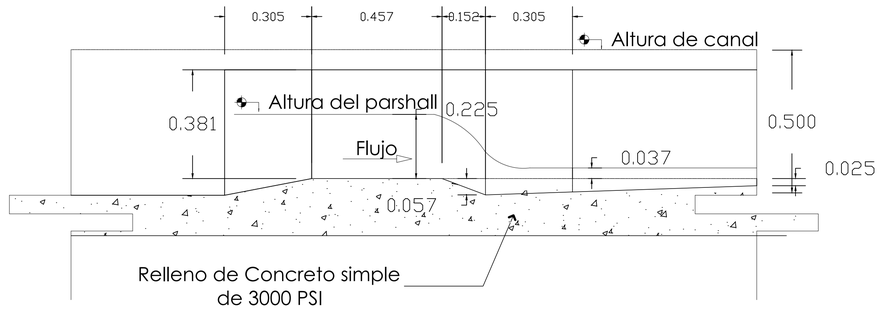
ESCALA:1/15




| Canaleta Parshall |
|---|
| W=0.076 m |
| A=0.466 m |
| A`=0.31 m |
| B=0.457 m |
| C=0.178 m |
| D=0.259 m |
| E=0.381 m |
| F=0.152 m |
| G=0.305 m |
| H=0.309 m |
| K=0.025 m |
| M=0.305 m |
| N=0.057 m |
| P=0.768 m |
| R=45° |

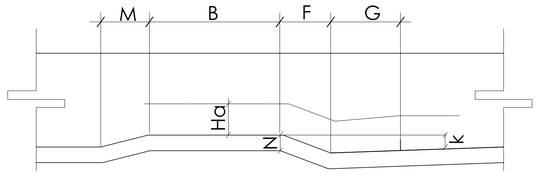
## Simbologia tipica de Parshall

ESCALA:1/15




## Seccion D

ESCALA:1/15




## Seccion tipica de Parshall

ESCALA:1/20

DUEÑO:

PROYECTO :
DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES

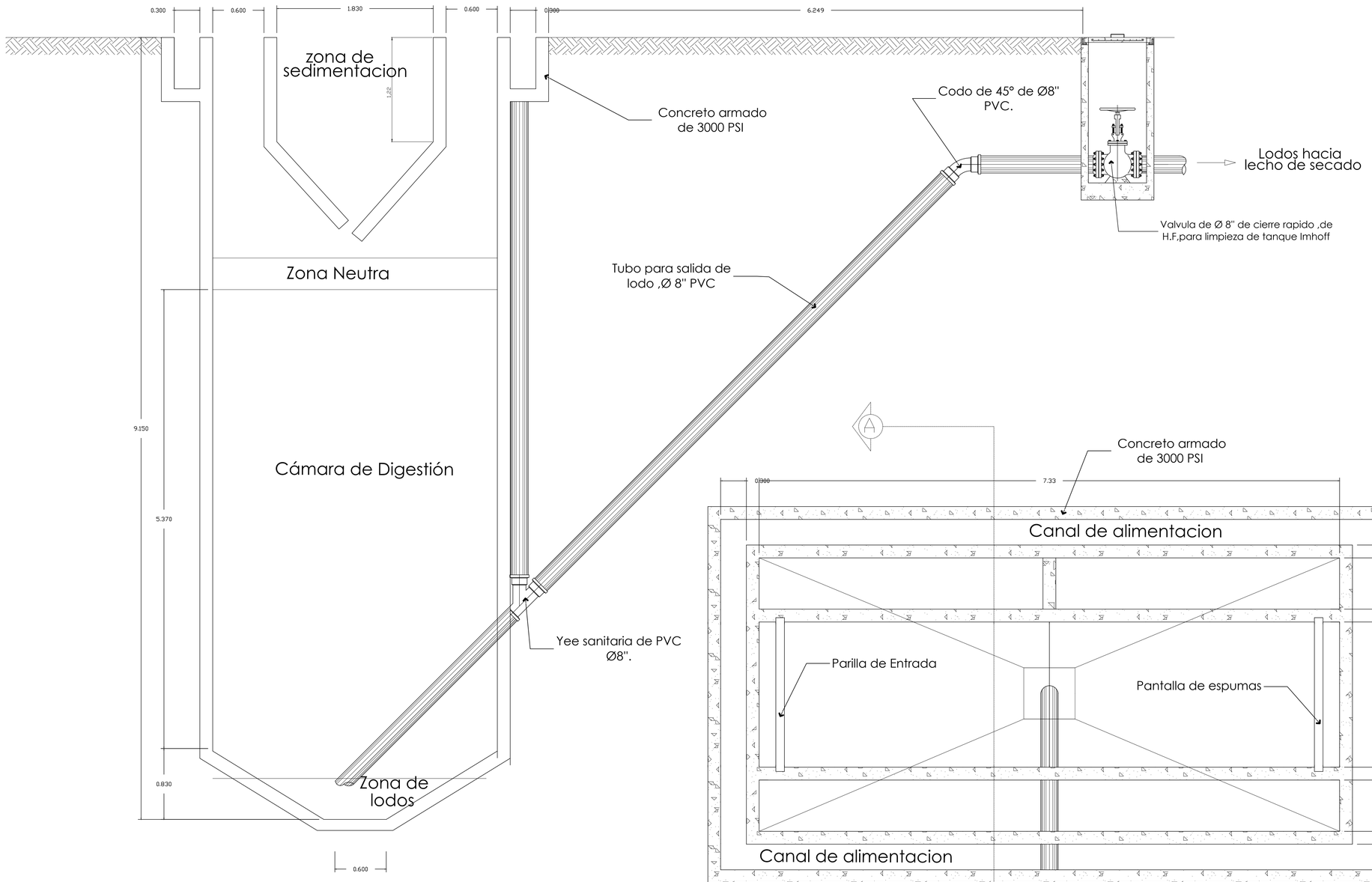
Diseñado por:
Br. Lesther Emilio Marin
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

Revisado por:
Ing. Maria Elena Baldizon

ASUNTO:
**CANAL PARSHALL**

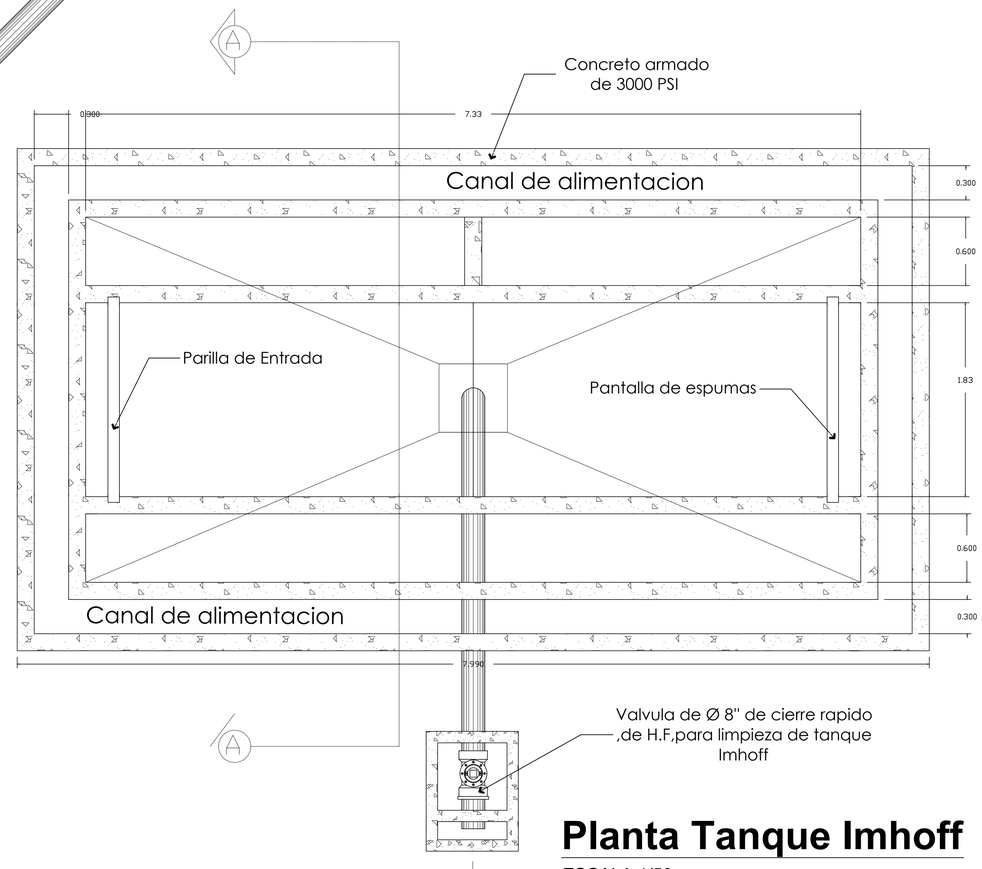
CHONTALES DEPARTMENT
MUNICIPALIDAD: COMALAPA
ESCALA: 1/250
FECHA: Agosto 2020

CODIGO: PTAR C 03
No DE PAGINA: 03 / 10




## Corte A( Tanque Imhoff)

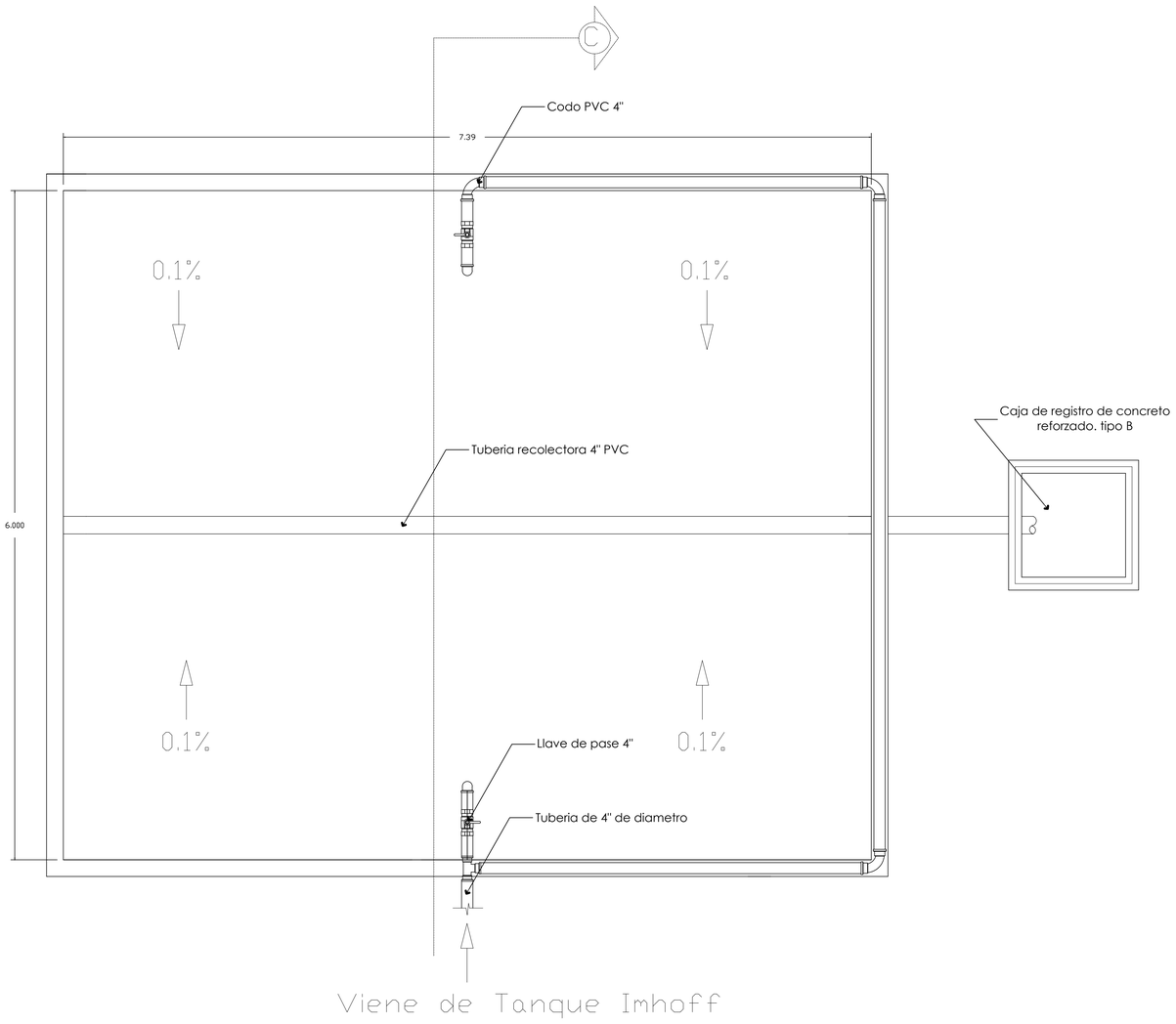
ESCALA:1/50




## Planta Tanque Imhoff

ESCALA:1/50

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| DUEÑO: | PROYECTO : DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES | Diseñado por: Br. Lesther Emilio Marin Br. Melvin Antonio Tercero Br. Guillermo Jose Barquero Revisado por: Ing. Maria Elena Baldizon | ASUNTO: TANQUE IMHOFF | CHONTALES DEPARTMENT MUNICIPALIDAD: COMALAPA ESCALA: 1/250 FECHA: Agosto 2020 | CODIGO PTAR C 04 No DE PAGINA 04/10 |




# Planta Lecho de secado

ESCALA:1/50

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

1.Se debe ubicar por lo menos un punto de referencia acotado que permita verificar los niveles y cotas establecidas en los especificaciones topográficas a la hora del trazado y nivelación.

2.Para la construcción del tanque Imhoff,el concreto tendrá unas proporciones de 1:2:3 de cemento,arena y grava,respectivamente y suficiente agua para que la mezcla quede bastante rígida.

3.En el lecho de secado de lodos ,el medio filtrante de arena tendra un tamaño efectivo de 0.3 a 1.3 mm y un coeficiente de uniformidad entre 2 y 5 y grava graduada entre 1.6 y 51 mm($\frac{1}{16}$" y 2").

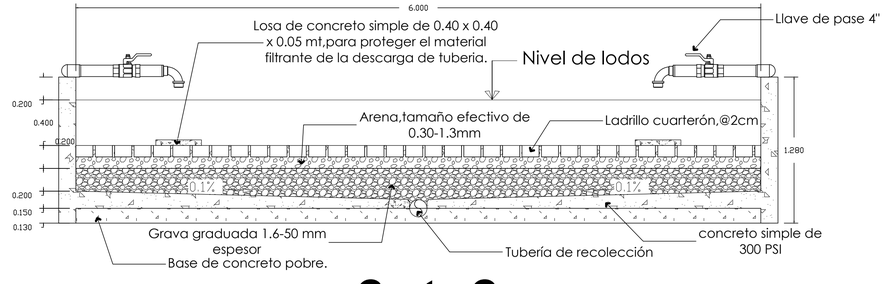
4.Las excavaciones para las estructuras serán efectuadas de acuerdo a las líneas, rasantes y elevaciones indicada en los planos.las dimensiones de las excavaciones serán tales que permitan colocar en todas sus dimensiones las estructuras correspondientes.Ademas al iniciar con el proceso de excavación se debe tener muy en claro el lugar en donde se estará colocando el suelo que se vaya extrayendo ,el cual deberá estar lejos de la zona de trabajo.

5.Los trabajos de concreto se ejecutaran de conformidad a las especificaciones técnicas establecidas por la ASTM.

6.La impermeabilización de las paredes internas de las estructuras de concreto consistirá en dos capas:la primera de 1cm de espesor ,preparada con mortero de cemento y arena en proporción 1:3 y el aditivo impermeabilizante,la segunda con mortero 1:1 preparado igualmente con el aditivo.

7.El préstamo de material procederá cuando no se encuentre cantidad y calidad suficiente de material adecuado proveniente de la excavación de acuerdo con las alineaciones y rasantes.

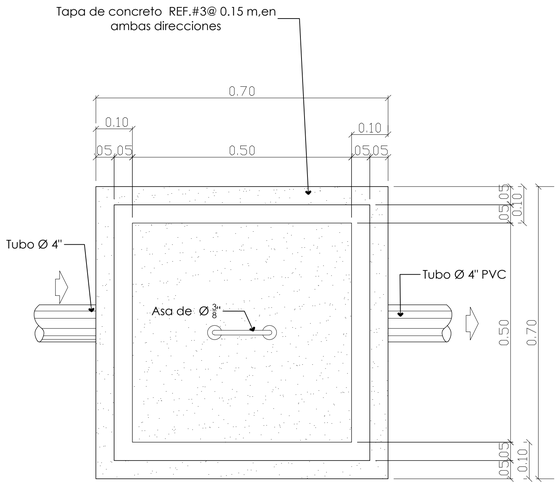
8.NOTA: Al finalizar la obra se harán los planos de replanteo que reflejen todas las modificaciones autorizadas.Estos planos serán fundamentales para la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento.




# Corte C

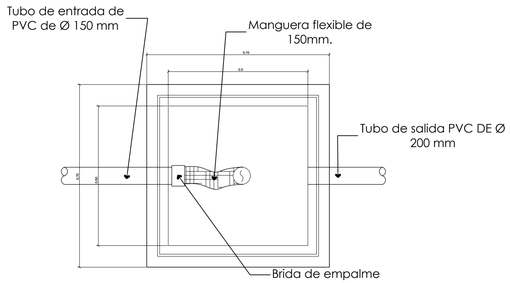
ESCALA:1/50

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | DUEÑO: | PROYECTO : DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES | Diseñado por: Br. Lesther Emilio Marín Br. Melvin Antonio Tercero Br. Guillermo Jose Barquero Revisado por: Ing. María Elena Baldizon | ASUNTO: LECHO DE SECADO | CHONTALES DEPARTMENT / MUNICIPALIDAD: COMALAPA / ESCALA: 1/250 / FECHA: Agosto 2020 | CODIGO PTAR C 05 / No DE PAGINA 05/10 |



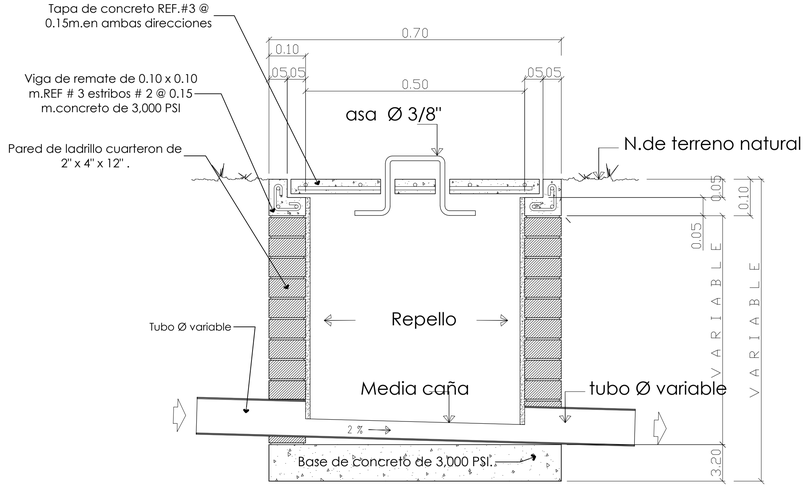

## Planta

ESCALA:1/125



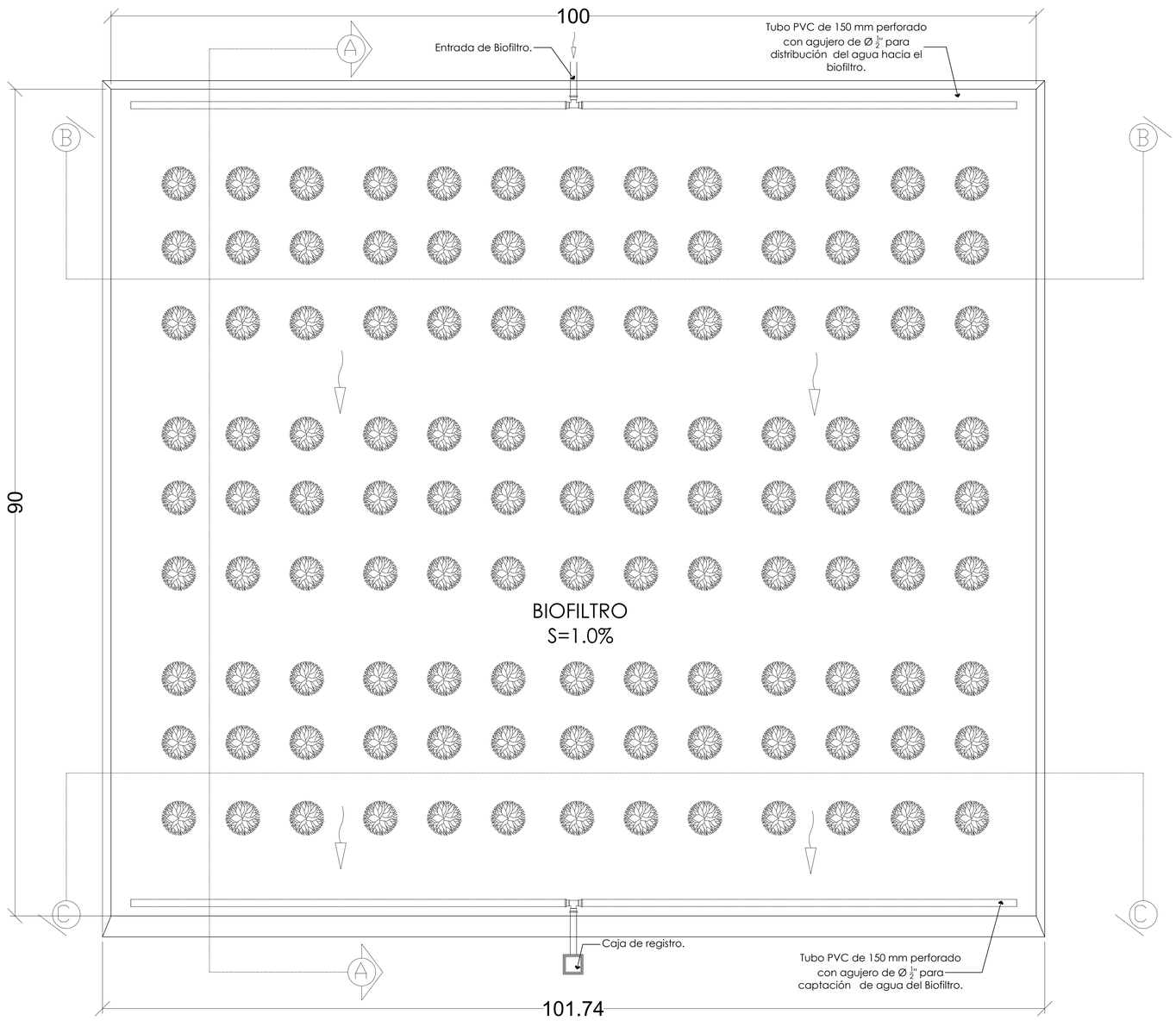

## Planta caja salida de Biofiltros

ESCALA:1/125




## Detalle tipico de caja de registro

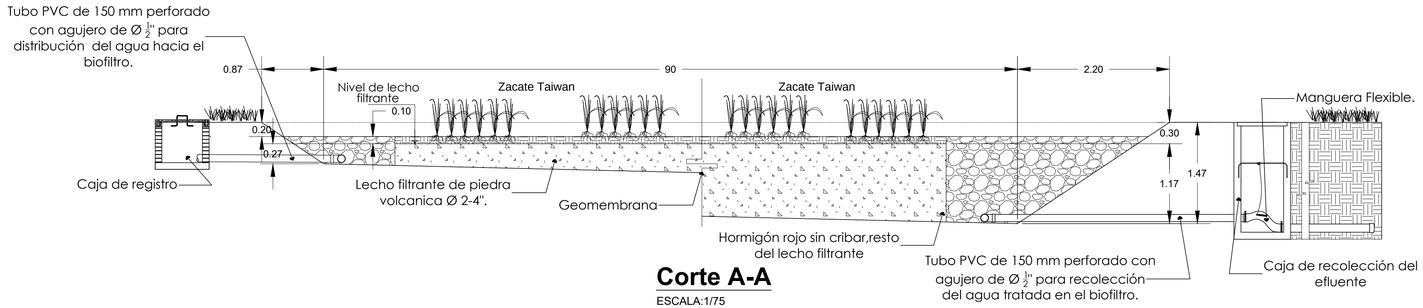
ESCALA:1/125




## Planta Biofiltros

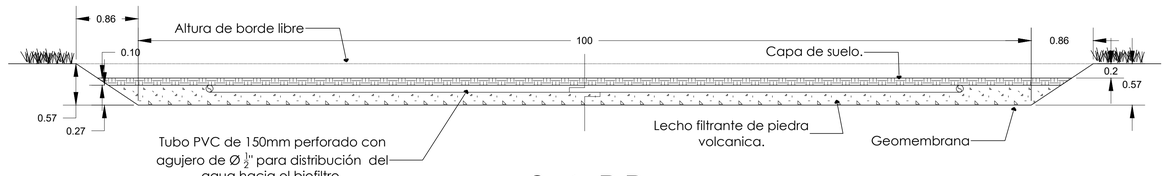
ESCALA:1/125

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | DUEÑO: | PROYECTO : DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES | Diseñado por: Br. Lesther Emilio Marin Br. Melvin Antonio Tercero Br. Guillermo Jose Barquero Revisado por: Ing. Maria Elena Baldizon | ASUNTO: BIOFILTRO | CHONTALES DEPARTMENT MUNICIPALIDAD: COMALAPA ESCALA: 1/250 FECHA: Agosto 2020 | CODIGO PTAR C 06 No DE PAGINA 06/10 |



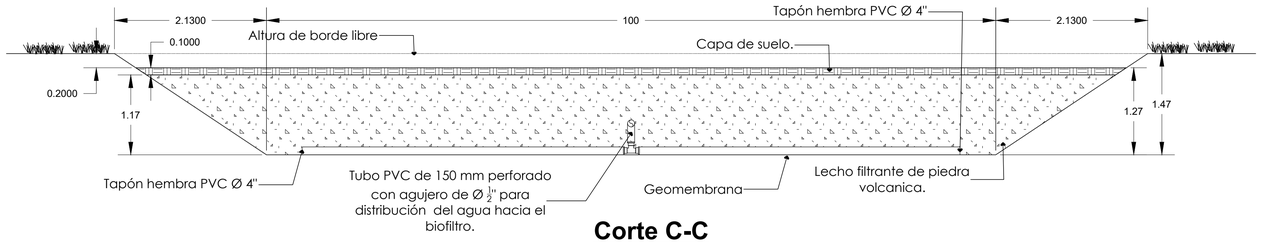

## Corte A-A

ESCALA:1/75



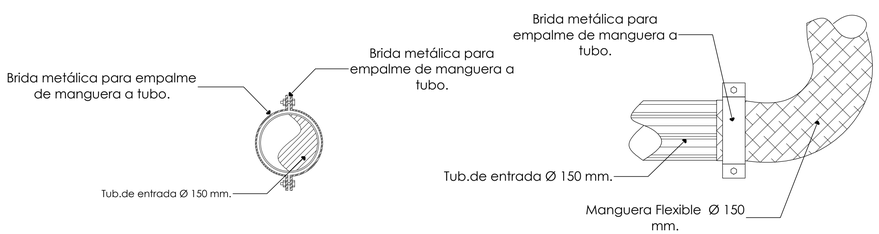

## Corte B-B

ESCALA:1/75



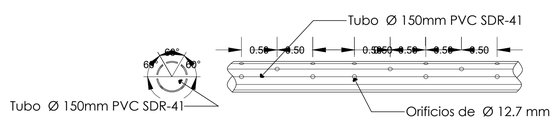

## Corte C-C

ESCALA:1/75




## Union de manguera flexible a tubería de recolección de aguas tratadas

ESCALA:1/75




## Detalle de tubería de recolección

ESCALA:1/75

DUEÑO:

PROYECTO :

DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES

Diseñado por:
Br. Lesther Emilio Marin
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

Revisado por:
Ing. Maria Elena Baldizon

ASUNTO:

# CORTES "BIOFILTROS"

CHONTALES DEPARTMENT

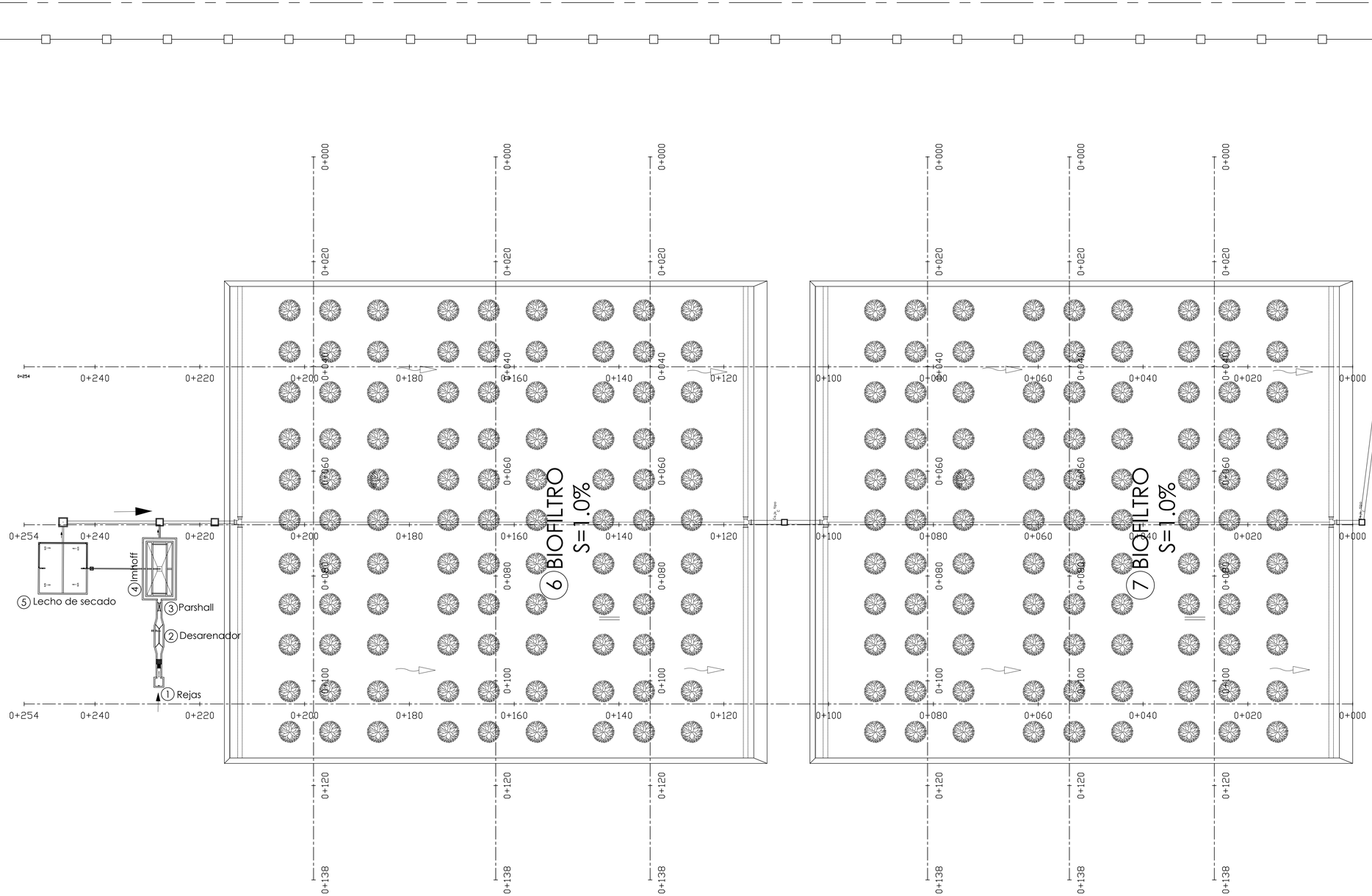
MUNICIPALIDAD: COMALAPA

ESCALA: 1/250

FECHA: Agosto 2020

CODIGO: PTAR C 07

No DE PAGINA: 07 / 10




**DUEÑO:**

**PROYECTO :**

DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES


**Diseñado por:**

Br. Lesther Emilio Marín
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

**Revisado por:**
Ing. Maria Elena Baldizon


**ASUNTO:**

# PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (COMALAPA, CHONTALES)

CHONTALES DEPARTMENT

MUNICIPALIDAD: COMALAPA

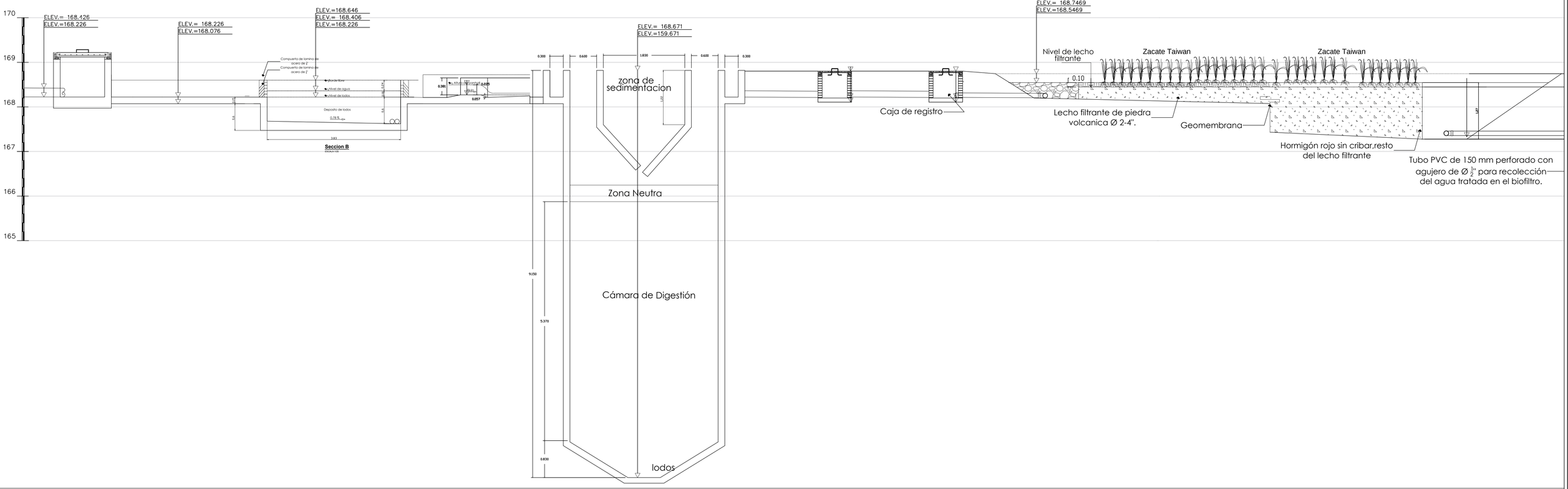
ESCALA: 1/400

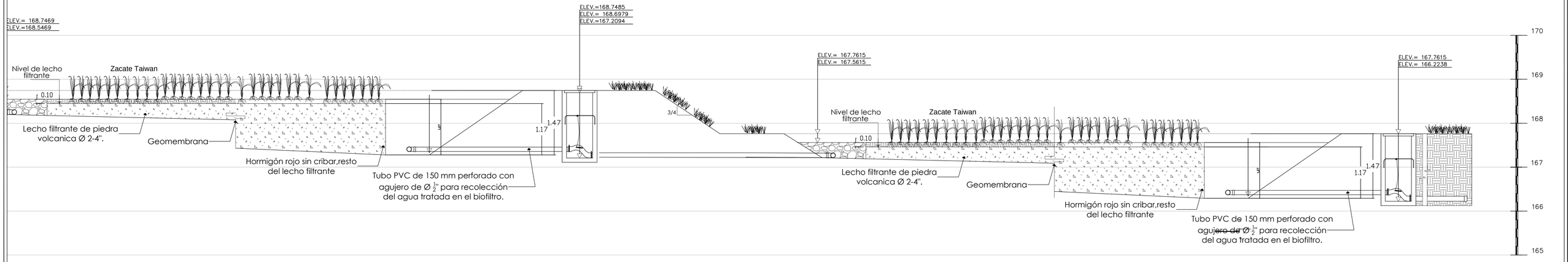
FECHA: Agosto 2020

CODIGO: PTAR C 08

No DE PAGINA: 08 / 10

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | DUEÑO: | PROYECTO : DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES | Diseñado por: Br. Lesther Emilio Marín Br. Melvin Antonio Tercero Br. Guillermo Jose Barquero Revisado por: Ing. Maria Elena Baldizon | ASUNTO: **PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (COMALAPA, CHONTALES)** | CHONTALES DEPARTMENT<br>MUNICIPALIDAD: COMALAPA<br>ESCALA: 1/400 FECHA: Agosto 2020 | CODIGO PTAR C 09<br>No DE PAGINA 09/10 |




DUEÑO:

PROYECTO :

DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Y DE EL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN EL MUNICIPIO
DE COMALAPA, DEPARTAMENTO DE CHONTALES

Diseñado por:
Br. Lesther Emilio Marin
Br. Melvin Antonio Tercero
Br. Guillermo Jose Barquero

Revisado por:
Ing. Maria Elena Baldizon

ASUNTO:

# PERFIL HIDRAULICO

CHONTALES DEPARTMENT

MUNICIPALIDAD: COMALAPA

ESCALA: 1/400

FECHA: Agosto 2020

CODIGO: PTAR C 10

No DE PAGINA: 10 / 10

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**
**FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONTRUCCIÓN**
**SECRETARIA**

## SECRETARÍA DE FACULTAD

# F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONTRUCCIÓN** hace constar que:

**BARQUERO SEVILLA GUILLERMO JOSE**

Carne: **2011-38771J** Turno **Diurno** Plan de Estudios 2015 de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERIA CIVIL.**

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO,** a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los veintitrés días del mes de Marzo del año dos mil veinte.

**Atentamente,**

Dr. Francisco Efraín Chamorro Blandón
**Secretario de Facultad**

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 23-Mar-2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONTRUCCIÓN
SECRETARIA

SECRETARÍA DE FACULTAD

## F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONTRUCCIÓN** hace constar que:

**MARIN DUARTE LESTER EMILIO**

Carne: **2012-43381** Turno **Diurno** Plan de Estudios 2015 de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERIA CIVIL.**

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los veinticinco dias del mes de Mayo del año dos mil veinte.

**Atentamente,**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción
SECRETARIA ACADÉMICA
Managua, Nicaragua

Dr. Francisco Efraín Chamorro Elandón
**Secretario de Facultad**

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 25-May-2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONTRUCCIÓN
SECRETARIA

# SECRETARÍA DE FACULTAD

## F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONTRUCCIÓN** hace constar que:

**TERCERO TABLADA MELVIN ANTONIO**

Carne: **2012-43279** Turno **Diurno** Plan de Estudios 2015 de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERIA CIVIL.**

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO,** a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los dieciséis días del mes de Marzo del año dos mil veinte.

**Atentamente,**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Construcción
SECRETARIA ACADÉMICA
Managua Nicaragua

Dr. Francisco Efraín Chamorro Blandón
**Secretario de Facultad**

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 16-Mar-2020

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
## UNI REGION CENTRAL JUIGALPA
## SECRETARIA ACADEMICA

# HOJA DE MATRICULA
## AÑO ACADEMICO 2020

No. Recibo **11133** No. Inscripción **147**

**NOMBRES Y APELLIDOS:** Guillermo Jose Barquero Sevilla

**CARRERA:** INGENIERIA CIVIL **CARNET:** 2011-38771 **TURNO:**

**PLAN DE ESTUDIO:** 97 **SEMESTRE:** SEGUNDO SEMESTRE 2020 **FECHA:** 25/08/2020

| No. | ASIGNATURA | GRUPO | AULA | CRED. | F | R |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | |
| | ULTIMA LINEA | | | | | |

F:Frecuencia de Inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura.

KYMARTINEZ

GRABADOR

FIRMA Y SELLO DEL FUNCIONARIO

FIRMA DEL ESTUDIANTE

cc:ORIGINAL:ESTUDIANTE - COPIA:EXPEDIENTE.

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 25-ago.-2020

Escaneado con CamScanner

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
## UNI REGION CENTRAL JUIGALPA
## SECRETARIA ACADEMICA

# HOJA DE MATRICULA
## AÑO ACADEMICO 2020

No. Recibo **11152** No. Inscripción **148**

**NOMBRES Y APELLIDOS:** Lester Emilio Marín Duarte

**CARRERA:** INGENIERIA CIVIL **CARNET:** 2012-43381 **TURNO:**

**PLAN DE ESTUDIO:** 2015 **SEMESTRE:** SEGUNDO SEMESTRE 2020 **FECHA:** 25/08/2020

| No. | ASIGNATURA | GRUPO | AULA | CRED. | F | R |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | |
| | ULTIMA LINEA | | | | | |

F:Frecuencia de Inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura.

KYMARTINEZ

GRABADOR

FIRMA Y SELLO DEL FUNCIONARIO

FIRMA DEL ESTUDIANTE

cc:ORIGINAL:ESTUDIANTE - COPIA:EXPEDIENTE.

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 25-ago.-2020

Escaneado con CamScanner

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
## UNI REGION CENTRAL JUIGALPA
## SECRETARIA ACADEMICA

# HOJA DE MATRICULA
## AÑO ACADEMICO 2020

No. Recibo **10676** No. Inscripción **146**

**NOMBRES Y APELLIDOS:** Melvin Antonio Tercero Tablada

**CARRERA:** INGENIERIA CIVIL **CARNET:** 2012-43279 **TURNO:**

**PLAN DE ESTUDIO:** 2015 **SEMESTRE:** SEGUNDO SEMESTRE 2020 **FECHA:** 25/08/2020

| No. | ASIGNATURA | GRUPO | AULA | CRED. | F | R |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | |
| | ULTIMA LINEA | | | | | |

F:Frecuencia de Inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura.

KYMARTINEZ

GRABADOR

FIRMA Y SELLO DEL FUNCIONARIO

FIRMA DEL ESTUDIANTE

cc:ORIGINAL:ESTUDIANTE - COPIA:EXPEDIENTE.

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 25-ago.-2020

Escaneado con CamScanner

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**
**FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**
SOLVENCIA ECONÓMICA

Fecha: 26/05/2020

Nombre del estudiante: Guillermo Jose Barquero Sevilla
Numero de carnet: 2011-38771
Carrera: Ing-civil
Taller Monográfico: Servicios monograficos - UNI - Juigalpa 2020.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Facultad de Tecnología de la Construcción
DELEGADO ADMINISTRATIVO MANAGUA, NICARAGUA
Firma y Sello
Delegado Administrativo

---

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**
**FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**
SOLVENCIA ECONÓMICA

Fecha: 26/05/2020

Nombre del estudiante: Lester Emilio Marin Duarte
Numero de carnet: 2012-43381
Carrera: Ing-civil
Taller Monográfico: Servicios monograficos - UNI - Juigalpa 2020.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Facultad de Tecnología de la Construcción
DELEGADO ADMINISTRATIVO MANAGUA, NICARAGUA
Firma y Sello
Delegado Administrativo

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**
**FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**
SOLVENCIA ECONÓMICA

Fecha: 26/05/2020

Nombre del estudiante: Melvin Antonio Tercero Tablada
Numero de carnet: 2012-43279
Carrera: Ing-civil
Taller Monográfico: Servicios monograficos - UNI - Región Central

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Facultad de Tecnología de la Construcción
DELEGADO ADMINISTRATIVO MANAGUA, NICARAGUA
Firma y Sello
Delegado Administrativo