

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**MODELAMIENTO HIDRÁULICO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO
SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DOMÉSTICAS DEL CENTRO POBLADO SAMNE - OTUZCO –LA
LIBERTAD, APLICANDO LA NORMATIVIDAD DEL CEPIS**

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ÁREA DE INVESTIGACIÓN: HIDRÁULICA

AUTORES: BR. BARRIGA RUIZ, WILIAM JOSEPH
BR. SÁNCHEZ LUMBA, HAROLD PAÚL

ASESOR: ING. BURGOS SARMIENTO, TITO

TRUJILLO, JUNIO DEL 2016



**“MODELAMIENTO HIDRÁULICO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO
SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DOMESTICAS DEL CENTRO POBLADO SAMNE - OTUZCO – LA
LIBERTAD, APLICANDO LA NORMATIVIDAD DEL CEPIS”**

Elaborado por:

Br. Barriga Ruiz William Joseph

Br. Sánchez Lumba Harold Paúl

Aprobado por:

Ing. Carlos Manuel Vargas Cárdenas
PRESIDENTE

Ing. Oswaldo Hurtado Zamora
SECRETARIO

Ing. Jorge Luis Paredes Estacio
VOCAL

Ing. Tito Burgos Sarmiento
ASESOR



I. PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

Dando cumplimiento al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego es grato poner a vuestra consideración, la presente Tesis titulada: “MODELAMIENTO HIDRÁULICO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS DEL CENTRO POBLADO SAMNE - OTUZCO - LA LIBERTAD, APLICANDO LA NORMATIVIDAD DEL CEPIS”, con el propósito de obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Es nuestro deseo, que el presente trabajo constituya un valioso aporte a la Escuela de Ingeniería Civil en el desarrollo de futuros Proyectos.

Los autores.

Br. Barriga Ruiz Wiliam Joseph

Br. Sánchez Lumba Harold Paúl



II. DEDICATORIA

A Dios, por ser mi mejor amigo que me guía a paso firme a cumplir mis metas, que me extiende su mano y me ayuda a superar los tropiezos en mi camino.

A mis padres Nancy y Gilberto, que con su amor, dedicación y bondad inculcaron en mi los principios y valores para ser una mejor persona.

A mis tíos, que con su apoyo y enseñanzas me dieron la confianza para conseguir mis objetivos y sueños en la vida.

A mi familia, por sus consejos, paciencia y apoyo desinteresado.

Harold Paúl Sánchez Lumba



A DIOS, por brindarme el milagro de la vida, permitiéndome tener un padre y una madre a quienes honrar y amar; hermanas en quienes poner mi confianza y mis lágrimas; familiares y amigos, que me ayudaron a crecer como persona. Gracias DIOS por confiar en mí, por regalarme nuevos días para ser feliz, y permitir que cada día, sea un hermoso día para morir.

William Joseph Barriga Ruiz



III. AGRADECIMIENTO

Aprovechamos la oportunidad para dejar constancia de nuestro agradecimiento a todos nuestros docentes, por los conocimientos y experiencias impartidas a lo largo de nuestro paso por las aulas de nuestra Alma Mater y de manera muy especial agradecemos al Ing. Tito Burgos Sarmiento y al Ing. José Rodríguez Reyes por su asesoría en la presente tesis.

Así mismo hacemos extensivo nuestro agradecimiento a todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido a la elaboración del presente trabajo.

Este nuevo logro es en gran parte gracias a ustedes, que con sus conocimientos y experiencias hemos culminado con éxito este proyecto que en un inicio parecía interminable y que hoy se ve reflejado en este trabajo finiquitado.

Los autores.



IV. RESUMEN

La presente tesis tiene como objeto central realizar el modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales domesticas del centro poblado Samne, ubicado en Otuzco – La Libertad.

Samne, en la actualidad cuenta con 178 viviendas, una densidad de 5 hab/vivienda (población actual 890 habitantes). Población que viene sufriendo a lo largo de los años enfermedades gastrointestinales que se originan generalmente por la ingesta de agua no potabilizada y la contaminación por heces fecales, al no tener un sistema de alcantarillado sanitario.

Como solución a esta problemática, el proyecto cuenta con un sistema de alcantarillado que recorre toda la zona, criba de rejillas, y una planta de tratamiento completa. Las cuáles son diseñadas teniendo en cuenta la normativa vigente del Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.) y el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).

Se cuenta también con un estudio preliminar de Impacto Ambiental, a fin de descubrir los impactos negativos y positivos del proyecto.



V. ABSTRACT

This thesis has as main object, make the hydraulic modeling of wastewater collection system and treatment plant domestic wastewater Samne populated center, located in Otuzco - La Libertad.

Samne, nowadays has 178 homes, a density of 5 habitants per housing (nowadays population 890 habitants). Population that has suffered over the years gastrointestinal diseases that usually originate from the intake of untreated water and contamination by feces, not having a sanitary sewer system.

As a solution to this problem, the project has a sewer system that covers all the area, bars sieve and a complete treatment plant. Which they are designed taking into account the current regulations of the National Building Regulations (R.N.E.) and the Panamericano Center for Sanitary Engineering and Environmental Sciences (CEPIS).

It also has a preliminary environmental impact study, to discover the negative and positive impacts of the project.



VI. ÍNDICE DE CONTENIDO

I. PRESENTACIÓN	iiii
II. DEDICATORIA	iv
III. AGRADECIMIENTO	vi
IV. RESUMEN	vii
V. ABSTRACT	viii
VI. ÍNDICE DE CONTENIDO	ix
VII. ÍNDICE DE TABLAS	xii
VIII. ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xii
IX. INTRODUCCIÓN	1
1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION DEL PROBLEMA	3
1.1. ANTECEDENTES	3
1.2. JUSTIFICACIÓN	5
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	6
3. OBJETIVOS	6
3.1. OBJETIVOS GENERALES	6
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	7
4. HIPOTESIS	7
4.1. GENERAL	7
4.2. VARIABLES	7
4.3. OPERACIALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	8
5. MARCO TEÓRICO	9
X. MATERIAL Y MÉTODOS	19
1. MATERIAL DE ESTUDIO	19
1.1. POBLACIÓN Y MUESTRA	19
2. MÉTODOS	19
2.1. METODOLOGÍA	19
2.2. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	19
2.3. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS	19



XI. INGENIERÍA DEL PROYECTO	21
1. UBICACIÓN Y LOCALIZACION	21
1.1. UBICACIÓN POLÍTICA:	21
1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA:	21
1.3. UBICACIÓN HIDROGRÁFICA:	21
1.4. LOCALIZACIÓN:	21
2. TOPOGRAFÍA	22
3. CRITERIOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO	23
3.1. CRITERIO DE DISEÑO	23
3.2. PERIODO DE DISEÑO	23
3.3. POBLACIÓN FUTURA	23
3.4. COEFICIENTE DE VARIACIÓN DE CONSUMO	24
3.5. DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA	25
3.6. RED DE ALCANTARILLADO	26
3.6.1. Ubicación de Buzones	27
3.6.2. Dimensiones de los Buzones	27
3.6.3. Ubicación de Tuberías	28
3.7. PLANTA DE TRATAMIENTO	29
3.7.1. TANQUE SEPTICO	29
3.7.2. TANQUE IMHOFF Y LECHO DE SECADO	30
3.7.3. LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN	31
3.8. CRIBAS DE REJAS	32
3.9. DESARENADOR	33
3.10. TANQUE IMHOFF	40
3.10.1. DISEÑO DEL SEDIMENTADOR	41
3.10.2. DISEÑO DEL DIGESTOR	43
3.10.3. EXTRACCIÓN DE LODOS	45
3.10.4. AREA DE VENTILACION Y CAMARA DE NATAS	45
3.11. LECHO DE SECADO DE LODOS	46
4. MEMORIA DE CÁLCULOS	49
4.1. CAUDAL DE DISEÑO	49
4.1.1. CAUDAL PROMEDIO ANUAL (Q_p)	49
4.1.2. CAUDAL MÁXIMO DIARIO (Q_{md})	49
4.1.3. CAUDAL MÁXIMO HORARIO (Q_{mh})	50
4.1.4. CAUDAL DE CONTRIBUCIÓN AL ALCANTARILLADO (Q)	50
4.2. CÁLCULO HIDRÁULICO DE ALCANTARILLADO	51



4.3.	CRIBAS DE REJAS	53
4.4.	DESARENADOR	55
4.5.	TANQUE IMHOFF	58
4.6.	LECHO DE SECADO DE LODOS	63
5.	RESUMEN DE UNA EVALUACIÓN PRELIMINAR DE IMPACTO AMBIENTAL	65
5.1.	IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES	65
5.2.	MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	66
5.3.	RESUMEN DE IDENTIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS AMENZAS	67
5.4.	MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y EMERGENCIAS PARA LA VULNERABILIDAD	68
XII.	RESULTADOS	69
XIII.	DISCUSIÓN	71
XIV.	CONCLUSIONES	72
XV.	RECOMENDACIONES	75
XVI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
XVII.	ANEXOS	78

VII. ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	8
TABLA 2: ABERTURA - CANTIDAD MATERIAL CRIBADO	33
TABLA 3: RELACIÓN ENTRE DIÁMETRO DE LAS PARTÍCULAS Y	36
TABLA 4: TEMPERATURA - FACTOR DE CAPACIDAD RELATIVA	43
TABLA 5: TEMPERATURA - TIEMPO DE DIGESTIÓN EN DÍAS	44
TABLA 6: IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES	65
TABLA 7: MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	66
TABLA 8: RESUMEN DE IDENTIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS AMENAZAS	67
TABLA 9: MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y EMERGENCIAS PARA LA VULNERABILIDAD	68

VIII. ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN I: MAPA PERÚ - LA LIBERTAD	21
ILUSTRACIÓN II: MAPA LA LIBERTAD - OTUZCO	22
ILUSTRACIÓN III: MAPA OTUZCO - SAMNE	22
ILUSTRACIÓN IV: DESARENADOR DE 2 UNIDADES EN PARALELO (PLANTA)	34
ILUSTRACIÓN V: DESARENADOR DE 1 UNIDAD CON BY PASS (PLANTA)	34
ILUSTRACIÓN VI: ANGULO DE DIVERGENCIA EN LA TRANSICIÓN	34
ILUSTRACIÓN VII: LLEGADA DEL FLUJO A LA ZONA DE TRANSICIÓN	35
ILUSTRACIÓN VIII: VERTEDERO SUTRO	37
ILUSTRACIÓN IX: DETALLE DE VERTEDERO	38
ILUSTRACIÓN X: PLANTA Y CORTE DE VERTEDERO	38
ILUSTRACIÓN XI: SECCIÓN PARABÓLICA DE PARSHALL	39
ILUSTRACIÓN XII: PARSHALL - PLANTA Y CORTE	39
ILUSTRACIÓN XIII: TANQUE IMHOFF	40
ILUSTRACIÓN XIV: ARISTA CENTRAL	42
ILUSTRACIÓN XV: ZONA NEUTRA	43
ILUSTRACIÓN XVI: ÁREA DE VENTILACIÓN Y CÁMARA DE NATAS	45
ILUSTRACIÓN XVII: LECHO DE SECADO	48
ILUSTRACIÓN XVIII: TANQUE IMHOFF - PLANTA	62
ILUSTRACIÓN XIX: TANQUE IMHOFF - CORTE	62



IX. INTRODUCCIÓN

El agua es la más importante sustancia para la vida, en un perfecto escenario cubre con todas y cada una de las necesidades humanas. Lamentablemente su desordenada distribución, desperdicio y contaminación ponen en peligro las reservas existentes. El desperdicio y la contaminación de los mantos acuíferos provocados entre otras causas por las aguas residuales hacen necesaria la construcción de sistemas de alcantarillados y plantas de tratamiento.

La importancia de tener un sistema alcantarillado y plantas de tratamiento se centra en el impacto inmediato sobre la calidad de vida de las personas, principalmente de aquellas de bajo recurso económico y vulnerable a enfermedades.

En el año 2011, la Organización Mundial de la Salud (OMS) informaba que la cobertura universal de agua, cloaca y tratamiento de aguas residuales no sólo es deseable, sino fundamental para mejorar la calidad de vida de la población, principalmente de los sectores más vulnerables. Unas 2.600 millones de personas, la mitad del mundo en desarrollo, carecen hasta de una letrina sencilla “mejorada”, y 1.100 millones de personas carecen de acceso a cualquier tipo de fuente mejorada de agua de bebida. Como consecuencia directa de ello 1,6 millones de personas mueren cada año de enfermedades diarreicas (incluido el cólera) atribuibles a la falta de acceso a un agua potable salubre y al saneamiento básico, y un 90% de esas personas son menores de 5 años, principalmente de países en desarrollo.

Según el GIZ (*Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit*) en el Perú, las aguas domesticas son vertidas en los ríos sin tratamiento previo, la eliminación no regulada de residuos sólidos y las sustancias de origen agrícola contaminan el agua del subsuelo. Sabemos que se ha



aumentado del 74 al 87 por ciento la proporción de la población con un mejor acceso al agua potable entre los años 1990 y 2012, esto frente a 73 por ciento de la población que actualmente cuenta con servicio de saneamiento hace referencia a una situación realmente crítica en el país. Si bien en las ciudades el servicio de saneamiento llega a un 81 por ciento, en los espacios rurales solo alcanzan un 45 por ciento en la prestación de este servicio.

La Libertad con respecto a la cobertura de agua y desagüe ha pasado de 59.8 por ciento en 1993 a 68 por ciento en el 2004, y a un 87.8 por ciento en el 2014, según el INEI. Lo que demuestra que el abastecimiento de agua y desagüe ha aumentado significativamente en los últimos 20 años, pero también sabemos que estas cifras se centran en las principales ciudades del departamento, dejando brechas de cobertura principalmente en las zonas rurales.

La localidad de Samne, se encuentra entre la costa y la sierra de La Libertad, localidad perteneciente a la provincia de Otuzco, a tan solo 1 hora y media de la capital del departamento, Trujillo. A pesar de su cercanía con la capital departamental y su tiempo de existencia, a la fecha no cuenta con la totalidad de sus servicios básicos de agua potable y alcantarillado sanitario, mucho menos con una planta de tratamiento de aguas residuales.

Samne cuenta con 178 viviendas, una densidad de vivienda de 5 hab/vivienda (población actual 890 habitantes). Población que viene sufriendo a lo largo de los años enfermedades gastrointestinales que se originan generalmente por la ingesta de agua no potabilizada y la contaminación por heces fecales, al no tener un sistema de alcantarillado sanitario. Los pobladores anteriormente contaban con letrinas sanitarias, pero conforme fueron cumpliendo su vida útil fueron abandonados, el único que se encuentra operativo está en la Institución Educativa Primaria de Samne.



El sistema de agua potable del caserío de Samne ha sido construido en el año 1982 por la ONG CABE, el sistema es por gravedad sin tratamiento y actualmente cuenta con 38 conexiones domiciliarias. Cuentan con una Junta Administradora de Agua Potable, que está a cargo de la administración y mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua.

Los manantiales de ladera denominados Morit y Pozo son la fuentes de abastecimiento de agua cruda y está ubicada hacia al sur del caserío de Samne en el anexo de Morit. Los caudales de los manantiales son suficientes para el abastecimiento de los pobladores de Samne, siendo los meses de septiembre a octubre la temporada de menor afloramiento.

1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. ANTECEDENTES

María Eugenia de la Peña, Jorge Ducci y Viridiana Zamora, en su nota técnica “Tratamiento de Aguas Residuales en México”. Banco Interamericano de Desarrollo – Sector de Infraestructura y Medio Ambiente, 2013. Concluyeron que queda mucho por hacer en el sector de agua potable, alcantarillado y saneamiento en México, considerando el nivel de servicios con que se cuenta actualmente y las necesidades futuras que se pueden prever. Garantizar que las aguas residuales generadas en las ciudades y en las comunidades rurales, lleguen de manera efectiva hasta las plantas de tratamiento es una prioridad. Por ello se debe garantizar que todos los habitantes tengan acceso a una forma segura de disponer de sus aguas, evitando problemas de salud sin afectar al medio ambiente y que garanticen la gestión integral de los recursos hídricos. Para hacer esto posible, resulta importante que las inversiones en la materia no se oriente únicamente hacia la construcción de grandes obras de drenaje profundo o plantas de tratamiento, sino que además



garanticen los recursos suficientes para la operación y mantenimiento de la misma infraestructura, de tal forma que se evite su abandono y la capacidad instalada pueda mantenerse sin grandes variaciones. Hasta ahora, las opciones centralizadas de saneamiento han sido la solución general para las grandes ciudades. No obstante, los costos de operación y electricidad van en aumento; y al presentarse alguna falla en el sistema, se puede impactar de gran forma sobre la sociedad, provocando inundaciones de aguas residuales en zonas conurbadas, descarga directa a cuerpos de agua y riego de cultivos que ponen en riesgo la seguridad alimentaria de las personas. Por esta razón, los sistemas descentralizados de tratamiento de aguas residuales deben considerarse como una forma alternativa y a la vez integral de superar estos problemas. Se puede decir que los principales beneficios del tratamiento del agua residual se consideran intangibles y difíciles de valorar económicamente. El tratamiento de aguas residuales es un proceso productivo cuyo producto es el agua tratada, siendo una de sus finalidades la mejora del ambiente y de las condiciones sociales, al reducir el abatimiento de los cuerpos de agua. Por esta razón, el reúso debe ser una práctica común, informando a los usuarios acerca de los beneficios de usar agua residual tratada y sobre todo destacar en el reúso agrícola los beneficios económicos. Finalmente, resulta importante la coordinación y el trabajo conjunto de los tres órdenes de gobierno, la iniciativa privada y la sociedad.

En la tesis de los Br. Hurtado Torres Wilber y Martinez Durand Liliana, titulado “Proceso Constructivo del sistema de Agua Potable y Alcantarillado del Distrito de Chuquibambilla – Grau – Apurímac”. Universidad Privada Antenor Orrego, 2012. Concluyeron que con la infraestructura de saneamiento proyectada se logra elevar el nivel de vida y las condiciones de salud de cada uno de los pobladores, así como el crecimiento de cada una de las actividades económicas; se ha contribuido en gran manera que el distrito de Chuquibambilla, de un paso importante en su proceso de desarrollo. Además que el diseño del colector tiene un



diámetro de 8” y el emisor con una longitud de 8” de diámetro de red de alcantarillado, esto se ha realizado teniendo en cuenta las recomendaciones señaladas en el RNE. Y para el sistema de alcantarillado se ha empleado una hoja de cálculo Excel, determinándose las características hidráulicas según la topografía accidentada de la zona.

Según el Br. Bernal Vílchez Juan Pablo y Br. Rengifo Cenas Juan Carlos, en su tesis “Diseño Hidráulico en la Red de Agua Potable y Alcantarillado del Sector La Estación de la Ciudad de Ascope – La Libertad”. Universidad Privada Antenor Orrego, 2013. Concluyen de acuerdo a los resultados del diseño hidráulico de la red agua y alcantarillado, es necesario la instalación de 656.95 m de tubería de PVC S-25 de 8” para la red de alcantarillado y 11 Buzones. Los buzones presentan las siguientes características: 06 buzones de $h=1.45\text{m}$, 02 buzones de $h=1.20\text{m}$, 01 buzón de $h=1.40\text{m}$, 01 buzón de $h=2.20\text{m}$ y 01 buzón de $h=1.50\text{m}$. Y por el estudio de impacto ambiental se determina que la infraestructura integral del proyecto contempla la construcción de buzones, instalación de redes colectoras, emisoras, conexiones domiciliarias, favoreciendo en su integridad la conservación del medio ambiente. La evaluación preliminar demuestra que en el área de influencia del proyecto, el grado de impacto ambiental negativo será no negativo o bajo frente a los factores físicos – químicos – biológicos, socio cultural y económico.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Debido a la falta de un sistema de alcantarillado sanitario y una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en el centro poblado Samne, se tiene la necesidad de realizar los cálculos hidráulicos que nos permitan dar solución a esta necesidad. Para ofrecer un proyecto de calidad se realizara una evaluación diferentes plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, seleccionando el que mejor se adecue a las condiciones de la zona en estudio según la recomendación del CEPIS,



posteriormente se realizará el diseño de la red de alcantarillado que en conjunto cumplirán con el propósito de brindar a la población una investigación donde se plasme la información necesaria y vital para realizar un proyecto que resuelva y satisfaga las necesidades humanas, mejorando inmediatamente la calidad de vida de los pobladores de Samne. De esta manera la presente investigación contribuirá al desarrollo sustentado del país, y al mismo tiempo cumpliendo con los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) y la declaración por parte de la ONU del derecho humano al agua y saneamiento.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son los criterios técnicos para realizar el modelamiento hidráulico de sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales domesticas del Centro Poblado Samne - Otuzco - La Libertad, Aplicando la Normatividad del CEPIS?

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

- ✓ Realizar el modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales domesticas del centro poblado Samne – Otuzco - La Libertad. Aplicando la Normatividad del CEPIS.



3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar los parámetros de diseño para la PTAR propuestas por el CEPIS.
- ✓ Realizar los cálculos hidráulicos y diseño de la PTAR según recomendación del CEPIS.
- ✓ Diseñar el sistema de la red de alcantarillado de la zona en estudio.
- ✓ Realizar una evaluación primaria de Impacto Ambiental.

4. HIPÓTESIS

4.1. GENERAL

- ✓ Con la determinación de los criterios técnicos de la normativa del CEPIS se desarrollara el diseño y modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales domesticas del Centro Poblado Samne – Otuzco - La Libertad.

4.2. VARIABLES

- ✓ **Variable Independiente:** Criterios técnicos de modelamiento y diseño hidráulico de la normativa del CEPIS.



- ✓ **Variable Dependiente:** Diseño y modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento.

4.3. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 1: Operacionalización de las Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	INDICADOR	UNIDADES DE MEDIDA
Criterios técnicos de modelamiento y diseño hidráulico de la normativa del CEPIS.	Reglas, requisitos e información que se deben tener en cuenta para alcanzar el objetivo o satisfacer una necesidad	Periodo de diseño	Años
		Densidad poblacional y población futura	N° de habitantes
		Coeficientes de variación de consumo	-----
		Determinación de la demanda	Lt/hab/día
Modelamiento y Diseño Hidráulico del Sistema de Alcantarillado y Planta de Tratamiento	Parte en la que se simula un objeto real llamado prototipo, mediante la entrada de cierta información se procesa y se presenta adecuada para emplearse en el diseño	Aporte	Lt/hab/día
		Caudal de diseño	Lt/s
		Diámetro	Pulgadas



5. MARCO TEÓRICO

Conocer la terminología asociada al diseño hidráulico de sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento permite despejar dudas sobre los nombres y palabras técnicas que se usen en el proyecto, además hace más eficiente el entendimiento, creación y aplicación del Reglamento Nacional de Edificaciones de acuerdo con las condiciones que se presenten. Por lo anterior, es necesario hacer una breve descripción de algunos conceptos generales asociados al tema de sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento.

a. CEPIS.

El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) es el centro tecnológico ambiental de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), Oficina Regional para las Américas de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Fue creado en 1968 y desde entonces funciona en Lima, Perú. El Gobierno Peruano le facilitó las instalaciones y cubre parte de los gastos operativos. Forma parte de la división de la Salud y Ambiente de la OPS y desarrolla sus actividades con el apoyo de las Oficinas de Representación de las OPS/OMS en los países.

A lo largo de su existencia, el CEPIS ha contribuido de manera significativa a los esfuerzos que hacen los países de la región para encarar su situación de salud y ambiente. Actualmente, a través de las estrategias mencionadas, el CEPIS concentra sus esfuerzos en las siguientes áreas de acción:



- ✓ Evaluación de Riesgos Ambientales. En este aspecto, el CEPIS coopera con los países de la región a fin de fortalecer sus capacidades para evaluar los riesgos potenciales de sustancias químicas, y de los agentes patógenos sobre la salud de las poblaciones.
- ✓ Control de Riesgos Ambientales. Incluye la cooperación para la adopción de medidas de control de los factores ambientales de riesgos que afectan la salud.

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. CEPIS. [On Line]. Disponible en: <http://cidta.usal.es> (20/03/2016).

b. Alcantarillado Sanitario.

Sistema de estructuras y tuberías usadas para el transporte de aguas residuales o servidas (alcantarillado sanitario), o aguas de lluvia, (alcantarillado pluvial) desde el lugar en que se generan hasta el sitio en que se vierten a cauce o se tratan.

Las redes de alcantarillado son estructuras hidráulicas que funcionan a presión atmosférica. Sólo muy raramente, y por tramos breves, están constituidos por tuberías que trabajan bajo presión. Normalmente son canales de sección circular, oval, o compuesta, enterrados la mayoría de las veces bajo las vías públicas. Comisión Nacional del Agua (2009).

La prioridad fundamental en cualquier desarrollo urbano es el abastecimiento de agua potable, pero una vez satisfecha esa necesidad se presenta el problema del desalojo de las aguas residuales. Por lo tanto se requiere la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario para eliminar las aguas residuales que producen los habitantes de una zona urbana incluyendo al comercio y a la industria.



- ✓ **Alcantarillado Sanitario:** Es la red generalmente de tuberías, a través de la cual se deben evacuar en forma rápida y segura las aguas residuales municipales (domésticas o de establecimientos comerciales) hacia una planta de tratamiento y finalmente a un sitio de vertido donde no causen daños ni molestias.

- ✓ **Alcantarillado Pluvial:** Es el sistema que capta y conduce las aguas de lluvia para su disposición final, que puede ser por infiltración, almacenamiento o depósitos y cauces naturales.

- ✓ **Alcantarillado Combinado:** Es el sistema que capta y conduce simultáneamente el 100% de las aguas de los sistemas mencionados anteriormente, pero que dada su disposición dificulta su tratamiento posterior y causa serios problemas de contaminación al verterse a cauces naturales y por las restricciones ambientales se imposibilita su infiltración.

- ✓ **Alcantarillado Semi-Combinado:** Se denomina al sistema que conduce el 100% de las aguas negras que produce un área ó conjunto de áreas, y un porcentaje menor al 100% de aguas pluviales captadas en esa zona que se consideran excedencias y que serían conducidas por este sistema de manera ocasional y como un alivio al sistema pluvial y/o de infiltración para no ocasionar inundaciones en las vialidades y/o zonas habitacionales.

Criterios y lineamientos técnicos para factibles. Alcantarillado Sanitario. [On Line]. Disponible en: <http://www.siapa.gob.mx>. (20/03/2016).



c. Tuberías

La tubería de alcantarillado se compone de tubos y conexiones acoplados mediante un sistema de unión hermético, el cual permite la conducción de las aguas residuales. En la selección del material de la tubería de alcantarillado, intervienen diversas características tales como: resistencia mecánica, resistencia estructural del material, durabilidad, capacidad de conducción, características de los suelos y agua, economía, facilidad de manejo, colocación e instalación, flexibilidad en su diseño y facilidad de mantenimiento y reparación.

CEPIS - Guía para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillado (2005)

d. Planta de Tratamiento de Agua

Las plantas de tratamiento de agua son un conjunto de sistemas y operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico cuya finalidad es que a través de los equipamientos elimina o reduce la contaminación o las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales. La finalidad de estas operaciones es obtener unas aguas con las características adecuadas al uso que se les vaya a dar, por lo que la combinación y naturaleza exacta de los procesos varía en función tanto de las propiedades de las aguas de partida como de su destino final. Debido a que las mayores exigencias en lo referente a la calidad del agua se centran en su aplicación para el consumo humano y animal estos se organizan con frecuencia en tratamientos de potabilización y tratamientos de depuración de aguas residuales, aunque ambos comparten muchas operaciones. Aguasistec, Solución en Tratamiento de Agua. [On Line]. Disponible en: <http://www.aguasistec.com>. (20/03/2016).



e. Tanque Séptico

Los tanques sépticos se utilizarán por lo común para el tratamiento de las aguas residuales de familias que habitan en localidades que no cuentan con servicios de alcantarillado o que la conexión al sistema de alcantarillado les resulta costosa por su lejanía. El uso de tanques sépticos se permitirá en localidades rurales, urbanas y urbano-marginales.

Las aguas residuales pueden proceder exclusivamente de las letrinas con arrastre hidráulico o incluir también las aguas grises domésticas (generadas en duchas, lavaderos, etc.).

El tanque séptico con un sistema de inclinación de efluentes (sistema de infiltración), presenta muchas de las ventajas del alcantarillado tradicional. No obstante, es más costoso que la mayor parte de los sistemas de saneamiento in situ. También requiere agua corriente en cantidad suficiente para que arrastre todos los desechos a través de los desagües hasta el tanque.

Los desechos de las letrinas con arrastre hidráulico, y quizás también de las cocinas y de los baños, llegan a través de desagües a un tanque séptico estanco y herméticamente cerrado, donde son sometidos a tratamiento parcial. Tras un cierto tiempo, habitualmente de 1 a 3 días, el líquido parcialmente tratado sale del tanque séptico y se elimina, a menudo en el suelo, a través de pozos de percolación o de zanjas de infiltración. Muchos de los problemas que plantean los tanques sépticos se deben a que no se tiene suficiente en cuenta la eliminación del efluente procedente del tanque séptico.

Uno de los principales objetivos del diseño del tanque séptico es crear dentro de esta situación de estabilidad hidráulica, que permita la sedimentación por gravedad de las partículas pesadas. El material sedimentado forma en la parte inferior del tanque séptico



una capa de lodo, que debe extraerse periódicamente. La eficiencia de la eliminación de los sólidos por sedimentación puede ser más grande, Majunder y sus colaboradores (1960) informaron de la eliminación de 80% de los sólidos en suspensión en tres tanques sépticos de bengala occidental, y que se han descrito tasas de eliminación similares en un solo tanque cerca de Bombay. Sin embargo, los resultados dependen en gran medida del tiempo de retención, los dispositivos de entrada y salida y la frecuencia de extracción de lodos (periodo de limpieza del tanque séptico). Si llegan repentinamente al tanque grandes cantidades de líquido, la concentración de sólidos en suspensión en el efluente puede aumentar temporalmente, debido a la agitación de los sólidos ya sedimentados.

La grasa, el aceite y otros materiales menos densos que flotan en la superficie del agua formando una capa de espuma pueden llegar a endurecerse considerablemente. El líquido pasa por el tanque séptico entre dos capas constituidas por la espuma y los lodos.

La materia orgánica contenida en las capas de lodo y espuma es descompuesta por bacterias anaeróbicas, y una parte considerable de ella se convierte en agua y gases. Los lodos ocupan la parte inferior del tanque séptico se compactan debido al peso del líquido y a los sólidos que soportan. Por su volumen es mucho menor que el de los sólidos contenidos en las aguas servidas no tratadas que llegan al tanque. Las burbujas de gas que suben a la superficie crean cierta perturbación en la corriente del líquido. La velocidad del proceso de digestión aumenta con la temperatura, con el máximo alrededor de los 35°C. El empleo de desinfectantes en cantidades anormalmente grandes hace que mueran las bacterias, inhibiendo así el proceso de digestión.

El líquido contenido en el tanque séptico experimenta transformaciones bioquímicas, pero se tiene pocos datos sobre la



destrucción de los agentes patógenos. Tanto Majumber y sus colaboradores (1960) hallaron que, aunque los tanques sépticos estudiados habían destruido del 80% al 90% de los huevos de anquilostomas y Ascaris, en términos absolutos el efluente aun contenía grandes cantidades de huevos viables que estaban presentes en el 9% de las muestras.

Como el efluente de los tanques sépticos es anaeróbico y contiene probablemente un elevado número de agentes patógenos, que son una fuente potencial de infección, no debe usarse para regar cultivos ni descargarse canales o aguas superficiales sin permiso de la autoridad sanitaria de acuerdo al reglamento en vigencia.

CEPIS - Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización (2005)

f. Tanque Imhoff y Lecho de Secado

El tanque Imhoff es una unidad de tratamiento primario cuya finalidad es remoción de sólidos suspendidos.

Para comunidades de 5000 habitantes o menos, los tanques Imhoff ofrecen ventajas para el tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que integran la sedimentación del agua y a digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad, por ese motivo también se les llama tanques de doble cámara.

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 compartimientos:



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

Durante la operación, las aguas residuales fluyen a través de la cámara de sedimentación, donde se remueven gran parte de los sólidos sedimentables, estos resbalan por las paredes inclinadas del fondo de la cámara de sedimentación pasando a la cámara de digestión a través de la ranura con traslape existente en el fondo del sedimentador. El traslape tiene una función de impedir que los gases o partículas suspendidas de sólidos, producto de la digestión, interfieran en el proceso de la sedimentación. Los gases y partículas ascendentes, que inevitablemente se producen en el proceso de digestión, son desviados hacia la cámara de natas y área de ventilación.

Los lodos acumulados en el digestor se extraen periódicamente y se conducen a lechos de secado, en el contenido de humedad se reduce por infiltración, después de lo cual se retiran y dispone de ellos enterrándolos o pueden ser utilizados para mejoramiento de suelos.

CEPIS - Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización (2005)

g. Laguna de Estabilización

Una laguna de estabilización es una estructura simple para embalsar aguas residuales con el objeto de mejorar sus características sanitarias. Las lagunas de estabilización se construyen de poca profundidad (2 a 4 m) y con periodos de retención relativamente grandes (por lo general de varios días).



Cuando las aguas residuales son descargadas en lagunas de estabilización se realizarán en las mismas, en forma espontánea, un proceso conocido como autodepuración o estabilización natural, en el que ocurren fenómenos de tipo físico, químico, bioquímico y biológico. Este proceso se lleva a cabo en casi todas las aguas estancadas con alto contenido de materia orgánica putrescible o biodegradable.

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 (DBO) que caracteriza la carga orgánica; y el número más probable de coliformes fecales (NMP CF/100ml), que caracteriza la contaminación microbiológica. Además tienen importancia los sólidos totales sedimentables, en suspensión y disuelto.

Las lagunas que reciben agua residual cruda son lagunas primarias. Las lagunas que reciben el efluente de una primaria se llaman secundarias; y así sucesivamente las lagunas de estabilización pueden llamar terciarias, cuaternarias, quinquenarias, etc. A las lagunas de grado más allá del segundo también se les suele llamar lagunas de acabado, maduración o pulimento. Siempre se deben construir por lo menos dos lagunas primarias (en paralelo) con el objeto de que una se mantenga en operación mientras se hace la limpieza de los lodos de la otra.

El proceso que se lleva a cabo en las lagunas facultativas es diferente del que ocurre en las lagunas anaeróbicas. Sin embargo, ambos son útiles y efectivos en la estabilización de la materia orgánica y en la reducción de los organismos patógenos originalmente presentes en las aguas residuales. La estabilización de la materia orgánica se lleva a cabo a través de la acción de organismos aeróbicos cuando hay oxígeno disuelto; estos últimos aprovechan el oxígeno originalmente presente en las moléculas de



la materia orgánica que están degradando. Existen algunos organismos con capacidad de adaptación a ambos ambientes, los cuales reciben el nombre de facultativos.

La estabilización de la materia orgánica presente en las aguas residuales se puede realizar en forma aeróbica o anaeróbica según haya o no la presencia de oxígeno disuelto en el agua.

CEPIS - Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización (2005)

h. Conducción por gravedad

Una conducción por gravedad se presenta cuando la elevación del agua es mayor a la altura piezométrica requerida o existente en el punto de entrega del agua, el transporte del fluido se logra por la diferencia de energías disponible. RNE (2015)

i. Emisor

Es el conducto que recibe las aguas de un colector o de un interceptor. No recibe ninguna aportación adicional en su trayecto y su función es conducir las aguas negras a la caja de entrada de la planta de tratamiento. También se le denomina emisor al conducto que lleva las aguas tratadas (efluente) de la caja de salida de la planta de tratamiento al sitio de descarga. RNE (2015)



X. MATERIAL Y MÉTODOS

1. MATERIAL DE ESTUDIO

1.1. POBLACIÓN Y MUESTRA

- ✓ La población coincidirá con la muestra como sujeto de análisis y es el Centro Poblado Samne - Otuzco - La Libertad.

2. MÉTODOS

2.1. METODOLOGÍA

- ✓ Inductivo

2.2. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- ✓ **Técnicas:** Toma y registro de datos.
- ✓ **Instrumentos:** Software.

2.3. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

- ✓ **Microsoft Excel:** este software permitirá la organización de datos, numéricos o texto, en hojas o libros de cálculo, donde se realizarán los complejos análisis automáticamente y el resumen de los datos que serán visualizados en tablas dinámicas, diagramas y gráficos, a fin de tener una mejor



comprensión de los datos obtenidos en la guía de observación y cuestionarios aplicados a nuestra zona de estudio.

- ✓ **AutoCAD:** software que asegurara la coherencia de los datos obtenidos en el levantamiento topográfico. Este programa trabaja con los procesos BIM (Building Information Modeling) que contribuirán a reducir el tiempo que se empleara al diseñar, analizar e implementar cambios en el proyecto.

XI. INGENIERÍA DEL PROYECTO

1. UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN

1.1. UBICACIÓN POLÍTICA:

Departamento : La Libertad
Provincia : Otuzco
Distrito : Otuzco

1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA:

Altitud : 1400 msnm
Latitud : -7.9833
Longitud : -78.6833

1.3. UBICACIÓN HIDROGRÁFICA:

Cuenca : Río Moche

1.4. LOCALIZACIÓN:

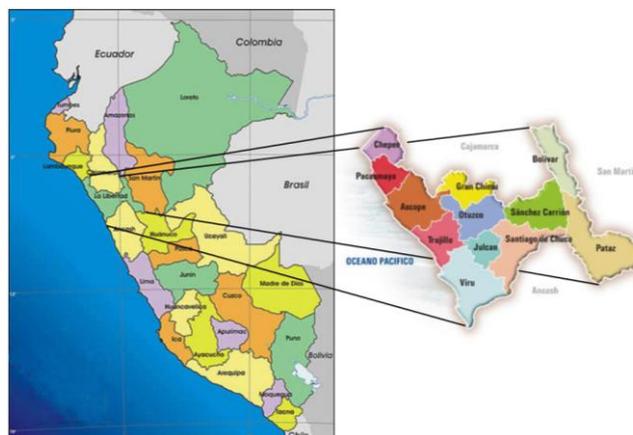


Ilustración I: Mapa Perú - La Libertad

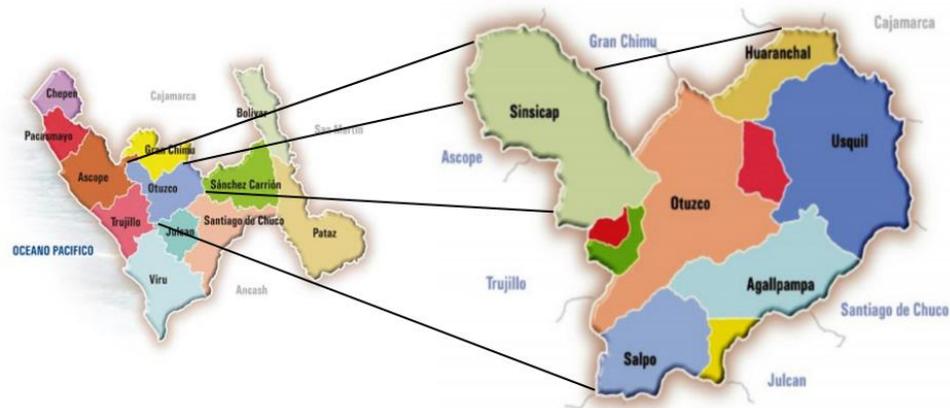


Ilustración II: Mapa La Libertad - Otuzco

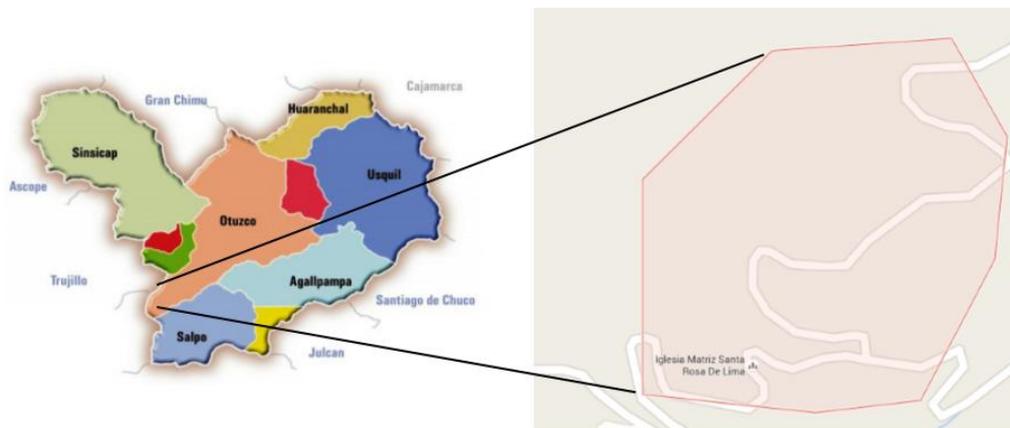


Ilustración III: Mapa Otuzco - Samne

2. TOPOGRAFÍA

El Centro Poblado Samne se halla entre las cotas 1475 y 1366 m.s.n.m., presentando una topografía ondulada con pendientes entre 34.76% y 16.97%, con direcciones norte – sur y este – oeste respectivamente.

La Municipalidad de Otuzco proporciono el plano Curvas de Nivel y Lotización. Datos que nos sirven para el cálculo de la red de alcantarillado.



3. CRITERIOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO

3.1. CRITERIO DE DISEÑO

- ✓ Realidad socio-económica de la población
- ✓ Condiciones de financiamiento

3.2. PERIODO DE DISEÑO

El período de diseño está condicionado a las variaciones económicas, tipo de material, y al crecimiento de las poblaciones a servir, por lo que, en nuestro caso tomamos un período de 20 años.

3.3. POBLACIÓN FUTURA

Para realizar el cálculo de población se ha tomado como referencia la información del INEI, y datos referenciales entregados por las entidades involucradas en la elaboración del presente, índice de crecimiento poblacional, cuya población actual (año: 2016) estimada es de 890 habitantes, el índice de crecimiento es de 1.22 % anual.

La población crece a una tasa constante, lo que significa aumenta proporcionalmente lo mismo en cada periodo de tiempo, pero en número absoluto, las personas aumentan en forma creciente. Por lo tanto se utilizará la ecuación de un crecimiento Geométrico.

$$N_t = N_0(1 + r)^t$$



Donde:

$N_t = \text{Poblacion al final del Periodo}$

$N_0 = \text{Poblacion al inicio del Periodo}$

$r = \text{Tasa de crecimiento observado en el periodo}$

$t = \text{Tiempo en años, entre } N_0 \text{ y } N_t$

Entonces la población futura (año 2036) será:

$$N_t = 890(1 + 0.0122)^{20}$$

$$N_t = 1134 \text{ personas}$$

3.4. COEFICIENTE DE VARIACIÓN DE CONSUMO

Son muchos los factores que actúan para que varíe el consumo del agua potable entre los más identificables podemos mencionar los siguientes: el clima, la calidad del agua, desperdicios, fugas, modo de vida de los habitantes, tipo de vivienda y áreas verdes, etc.

3.4.1. Coeficiente de Variación Diaria (K1): llamado también coeficiente de máxima variación diaria o coeficiente máximo anual de la demanda diaria. Es la relación del día de máximo consumo para el máximo anual de demanda diaria dividido por el promedio anual de consumo diario, varía de 1.2 a 1.5.

- Utilizamos : $K1 = 1.3$



3.4.2. Coeficiente de Variación Horaria (K2): o coeficiente máximo anual de la demandad horaria, se llama así a la relación de la hora de máximo consumo para el máximo día de la demanda horaria dividido por el promedio diario del consumo horario, varía de 1.8 a 2.5.

- Utilizamos : $K2 = 2.00$

3.5. DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA

En la determinación de la demanda se considera los factores que afectan el consumo de agua tales como:

- ✓ Estándar de vida, está vinculado con el grado de desarrollo cultural.
- ✓ Clima: es fundamental porque determina el hábito de vida.
- ✓ Extensión de la red de desagüe.
- ✓ Tipo de actividad (comercial e industrial).
- ✓ Calidad y costo de agua (limita el consumo).
- ✓ Tamaño de la población.
- ✓ Presión en el sistema de distribución.
- ✓ Servicios públicos.
- ✓ Perdidas en la red.
- ✓ Jardines particulares

Para el presente estudio nos basamos en el RNC y establecemos una dotación de 120 Lt/hab/día.



3.6. RED DE ALCANTARILLADO

El diseño de la red de alcantarillado se ha realizado siguiendo el siguiente procedimiento:

- ✓ Se trazó la red de flujo del sistema de alcantarillado sobre un plano planimétrico – altimétrico de toda la localidad; la equidistancia entre curvas de nivel es de 1.00 m. Luego se les asigna a los buzones una numeración correlativa, también se indica el sentido del flujo en cada tramo de tuberías.
- ✓ Se determina las áreas de influencia de cada tramo que conforman la red de distribución.
- ✓ Se elabora un cuadro de cálculo de caudales de diseño teniendo como datos las áreas de influencia y longitud del tramo.
- ✓ Se elabora seguidamente el cuadro de diseño de la red de alcantarillado; para ello, primero determinamos las cotas de terreno en cada buzón, las mismas que se consideran como cotas de tapa de buzón; con lo cual se calcula las pendientes topográficas.
- ✓ Haciendo uso de las longitudes de cada tramo (entre buzón y buzón), se calcula las pendientes permisibles que son aquellas que van a permitir que las velocidades del flujo estén comprendidas en el rango que recomienda el Reglamento Nacional de Edificaciones.
- ✓ En lo posible se tratará de evitar tener buzones con profundidades mayores a 3.00m., debido a que esto elevaría el costo del proyecto por tener que construirlo de concreto armado.



3.6.1. Ubicación de Buzones

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones se proyectarán cámaras de inspección al inicio de todo colector, en todos los empalmes de colectores, en los cambios de pendiente, en los cambios de dirección, en los cambios de diámetro, en los cambios de material y en todo lugar donde sea necesaria por razones de inspección y limpieza.

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones se proyectaran cámaras de inspección en los siguientes casos:

- ✓ Al inicio de todo colector.
- ✓ En todos los empalmes de colectores.
- ✓ En los cambios de pendiente.
- ✓ En los cambios de dirección.
- ✓ En los cambios de diámetro.
- ✓ En los cambios de material.
- ✓ En todo lugar donde sea necesario por razones de inspección y limpieza.

3.6.2. Dimensiones de los Buzones

El diámetro interior de los buzones será de 1.20m para tuberías hasta de 0.80 m. de diámetro y de 1.50 m. para tubería hasta de 1.20 m. de diámetro. Para tuberías de diámetros mayores, las cámaras de inspección serán de diseño especial.

En el fondo del buzón se deberá diseñar media caña en dirección al flujo, y una pendiente de 25% entre el borde de la media caña y las paredes laterales.



En las cámaras de inspección en que las tuberías no lleguen al mismo nivel, se deberá proyectar un dispositivo de caída cuando la descarga o altura de caída con respecto al fondo del buzón sea mayor a 1.00 m.

La separación máxima entre buzón será:

Para tuberías de 15 mm	:	80.00 m
Para tuberías de 200 a 250 mm	:	100.00 m
Para tuberías de 300 a 600 mm	:	150.00 m
Para tuberías de diámetros mayores	:	250.00 m

3.6.3. Ubicación de Tuberías

Se tomarán las recomendaciones dadas por el Reglamento Nacional de Edificaciones, las cuales se detallan a continuación:

- ✓ En las calles de 24 m de ancho o menos, se proyectará una línea de propiedad y el plano vertical tangente al tubo deberá ser 1.50 m como mínimo.
- ✓ Los colectores se proyectaran a una profundidad mínima, tal que asegure el drenaje de todos los lotes que den frente a la calle, considerando que por lo menos las 2/3 parte de cada lote en profundidad, puedan descargar por gravedad, partiendo de 0.30 m por debajo del nivel del terreno y con una línea de conexión predial al colector de 15 por 1000 de pendiente mínima.
- ✓ Las pendientes mínimas de acuerdo a los diámetros serán aquellas que satisfagan la velocidad mínima de 0.60 m/seg con el caudal de diseño.



3.7. PLANTA DE TRATAMIENTO

El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) en su “Guía para el Diseño de Tanque Séptico, Tanque Imhoff y Lagunas de Estabilización” desarrolla metodologías para poder dimensionar adecuadamente unidades de tratamiento, con sus diferentes parámetros. Dejando a criterio del proyectista escoger el tipo de unidad que se va a utilizar en los distintos sitios; además se da las ventajas y desventajas de cada unidad y así poder mostrar cual es lo más beneficioso para la localidad.

3.7.1. TANQUE SÉPTICO

Ventajas:

- ✓ Apropiado para comunidades rurales, edificaciones, condominios, hospitales, etc.
- ✓ Su limpieza no es frecuente.
- ✓ Tiene un bajo costo de construcción y operación
- ✓ Mínimo grado de dificultad en operación y mantenimiento si se cuenta con infraestructura de remoción de lodos.

Desventajas:

- ✓ De unos limitado a un máximo de 350 habitantes.
- ✓ También de uso limitado a la capacidad de infiltración del terreno que permita disponer adecuadamente los efluentes del suelo
- ✓ Requiere facilidades para la remoción de lodos (bombas, camiones con bobas de vacío, etc.)



3.7.2. TANQUE IMHOFF Y LECHO DE SECADO

Ventajas

- ✓ Contribuye a la digestión de lodo, mejor que en un tanque séptico, produciendo un líquido residual de mejores características.
- ✓ No descargan lodo en el líquido efluente, salvo en casos especiales
- ✓ El lodo se seca y se evacua con más facilidad que el procedente de los tanques sépticos, esto se debe a que contiene de 90% a 95% de humedad.
- ✓ Las aguas servidas que se introducen en el tanque Imhoff, no necesitan tratamiento preliminar, salvo el paso por una cibra gruesa y la separación de las arenillas.
- ✓ El tiempo de retención de estas unidades es menor en comparación con las lagunas
- ✓ Tiene un bajo costo de construcción y operación
- ✓ Para su construcción se necesita poco terreno en comparación con las lagunas de estabilización.
- ✓ Son adecuados para ciudades pequeñas y para comunidades donde no se necesite una atención constante y cuidadosa, y el efluente satisfaga ciertos requisitos para evitar contaminación de las corrientes.

Desventajas

- ✓ Son estructuras profundas (> 6.00m).
- ✓ Es difícil su construcción en arena fluida o en roca y deben tomarse precauciones cuando el nivel freático sea alto, para



evitar que el tanque pueda flotar o ser desplazado cuando este vacío.

- ✓ El efluente que sale del tanque es de mala calidad orgánica y microbiológica.
- ✓ En ocasiones puede causar malos olores, aun cuando su funcionamiento sea correcto.

3.7.3. LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN

Ventajas

- ✓ Pueden recibir y retener grandes cantidades de agua residual, soportando sobrecargas hidráulicas y orgánicas con mayor flexibilidad, comparativamente con otros tipos de tratamientos.
- ✓ Formación de biomasa más efectiva y variada que en los procesos de tratamiento con tanque séptico y tanque Imhoff.
- ✓ No requieren de instalaciones complementarias para la producción de oxígeno. El mismo se produce en forma natural dentro del sistema.
- ✓ Debido a los tiempos de retención prolongados y a los mecanismos del proceso, son sistemas altamente eficaces para la remoción de bacterias, virus y parásitos, comparativamente con otros tratamientos.
- ✓ En las lagunas no hay necesidad de desinfección con cloro. Aquí la desinfección es natural.
- ✓ Mínimo mantenimiento
- ✓ No requiere personal calificado.

Desventajas

- ✓ Requieren de grandes áreas de terreno para su implementación.
- ✓ Es un sistema sensible a las condiciones climáticas.
- ✓ Puede producir vectores.
- ✓ No permite modificaciones en las condiciones de proceso.

Por lo antes expuesto, para el presente proyecto, escogemos la unidad de tratamiento Tanque Imhoff y Lecho de Secado. Pues es la que mejor se acondiciona a nuestra zona de estudio.

3.8. CRIBAS DE REJAS

- ✓ Se utilizarán barras de sección rectangular de 5 a 15 mm de espesor de 30 a 75 mm de ancho. Las dimensiones dependen de la longitud de las barras y el mecanismo de limpieza.
- ✓ El espaciamiento entre barras estará entre 20 y 50 mm. Para localidades con un sistema inadecuado de recolección de residuos sólidos se recomienda un espaciamiento no mayor a 25 mm.
- ✓ Las dimensiones y espaciamiento entre barras se escogerán de modo que la velocidad del canal antes de y a través de las barras sea adecuada. La velocidad a través de las barras limpias debe mantenerse entre 0,60 a 0,75 m/s (basado en caudal máximo horario). Las velocidades deben verificarse para los caudales mínimos, medio y máximo.
- ✓ Determinada las dimensiones se procederá a calcular la velocidad del canal antes de las barras, la misma que debe mantenerse entre 0,30 y 0,60 m/s, siendo 0.45 m/s un valor comúnmente utilizado.



- ✓ En la determinación del perfil hidráulico se calculará la pérdida de carga a través de las cribas para condiciones de caudal máximo horario y 50% del área obstruida. Se utilizará el valor más desfavorable obtenido al aplicar las correlaciones para el cálculo de pérdida de carga. El tirante de agua en el canal antes de las cribas y el borde libre se comprobará para condiciones de caudal máximo horario y 50% del área de cribas obstruida.
- ✓ El ángulo de inclinación de las barras de las cribas de limpieza manual será entre 45 y 60 grados con respecto a la horizontal.
- ✓ El cálculo de la cantidad de material cribado se determinará de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 2: Abertura - Cantidad material cribado

Abertura	Cantidad (litros de material cribado l/m ³ de agua residual)
20	0.038
25	0.023
35	0.012
40	0.009

- ✓ Para facilitar la instalación y el mantenimiento de las cribas de limpieza manual, las rejas serán instaladas en guías laterales con perfiles metálicos en "U", descansando en el fondo en un perfil "L" o sobre un tope formado por una pequeña grada de concreto.

3.9. DESARENADOR

- ✓ El periodo de diseño, teniendo en cuenta criterios económicos y técnicos es de 8 a 16 años.
- ✓ El número de unidades mínimas es 2 años para efectos de mantenimiento. En caso de caudales pequeños y turbulencias bajas se podrá contar con una sola unidad que debe contar con

una sola unidad que debe contar con un canal de by-pass para efectos de mantenimiento.

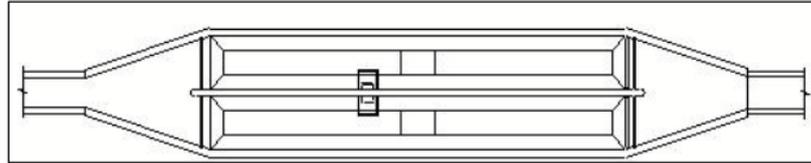


Ilustración IV: Desarenador de 2 unidades en paralelo (planta)

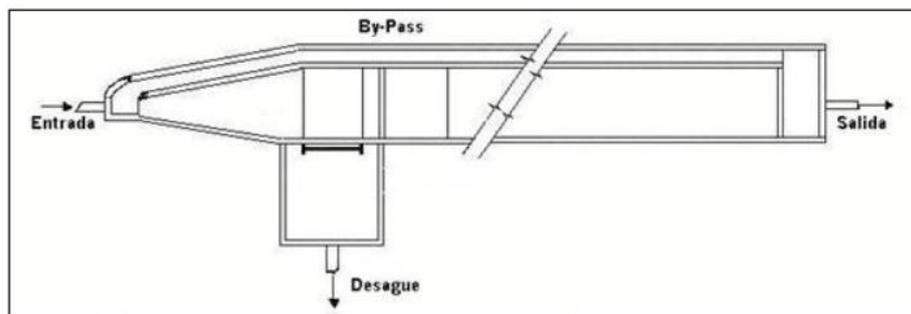


Ilustración V: Desarenador de 1 unidad con by pass (planta)

- ✓ El periodo de operación es de 24 días.
- ✓ Debe existir una transición en la unión del canal o tubería de llegada al desarenador para asegurar la uniformidad de la velocidad en la zona de entrada.
- ✓ La transición debe tener un ángulo de divergencia suave no mayor de $12^{\circ}30'$.

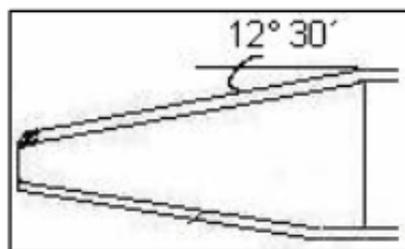


Ilustración VI: Angulo de divergencia en la Transición

- ✓ La velocidad de paso por el vertedero de salida debe ser pequeña para causar menor turbulencia y arrastre de material. (Krochin, $V=1\text{m/s}$).
- ✓ La llegada del flujo de agua a la zona de transición no debe proyectarse en curva pues produce velocidades altas en los lados de la cámara.

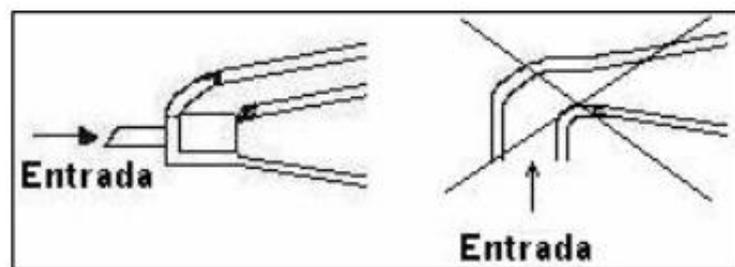


Ilustración VII: Llegada del flujo a la zona de transición

- ✓ la relación largo/ancho debe ser entre 10 y 20.
- ✓ La sedimentación de arena fina ($d<0.01\text{ cm}$) se efectúa en forma más eficiente en régimen laminar con valores de número de Reynolds menores de uno. ($Re<1.0$).
- ✓ La sedimentación e arena gruesa se efectúa en régimen de transición con valores de Reynolds entre 1.0 y 1000.
- ✓ La sedimentación de grava se efectúa en régimen turbulento con valores de número de Reynolds mayores de 1000.

*Tabla 3: Relación entre diámetro de las partículas y
 Velocidad de sedimentación*

Material	ϕ Limite de las partículas (cm)	# de Reynolds	Vs	Régimen	Ley Aplicable
Grava	>1.0	>10 000	100	Turbulento	$V_s = 1.82 \sqrt{dg \left(\frac{\rho_a - \rho}{\rho} \right)}$ Newton
Arena Gruesa	0.100 0.080 0.050 0.050 0.040 0.030 0.020 0.015	1 000 600 180 27 17 10 4 2	10.0 8.3 6.4 5.3 4.2 3.2 2.1 1.5	Transición	$V_s = 0.22 \left(\frac{\rho_a - \rho}{\rho} g \right)^{2/3} \left[\frac{d}{(\mu / \rho)^{1/3}} \right]$ Allen
Arena Fina	0.010 0.008 0.006 0.005 0.004 0.003 0.002 0.001	0.8 0.5 0.24 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0	0.8 0.6 0.4 0.3 0.2 0.13 0.06 0.015	Laminar	$V_s = \frac{1}{18} g \left(\frac{\rho_a - \rho}{\mu} \right) d^2$ Stokes

✓ La descarga del flujo puede ser controlada a través de dispositivos como vertederos (sutro) o canales Parshall (garganta).

a. Si el flujo es controlado por un vertedero sutro tenemos la relación:

$$Q = 2.74 \sqrt{ab} \left(H - \frac{a}{3} \right)$$

Donde:

- a: altura mínima (m)
- b: ancho de la base (m)
- H: altura del agua (m)

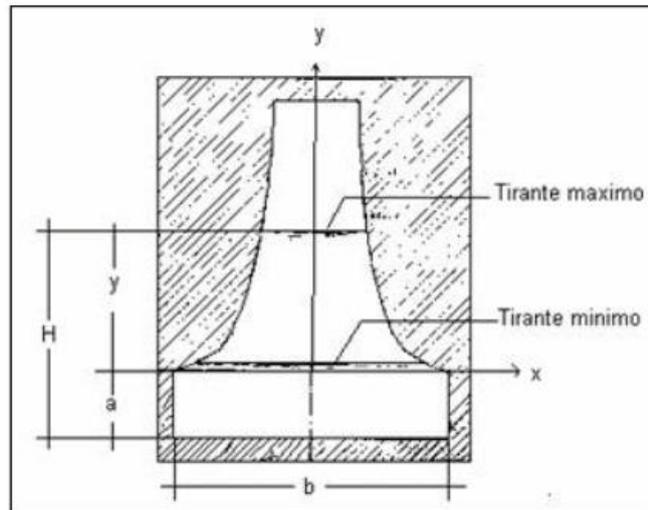


Ilustración VIII: Vertedero Sutro

La forma de las paredes del vertedero es dada por:

$$\frac{x}{b} = 1 - \frac{2}{\pi} \arctg \sqrt{\frac{y}{a}}$$

Una alternativa de cálculo para este tipo de vertedero es partiendo de la ecuación:

$$Q = 1.84lh^{3/2}$$

En donde:

Q: gasto sobre el vertedero (m³/seg)

l: ancho del vertedero (m)

h: carga sobre el vertedero (m)

Agrupando la ecuación: $Q=1.84 (l h^{1/2}) h$, tenemos que Q varia con la altura. Entonces es necesario que el valor dentro del paréntesis sea una constante K.

Luego para Q_{\max} (m³/seg), At_{\max} (m²) y W_{\max} (m) obtenemos el h_{\max} (m) y l_{\max} (m).

$$A_s = \frac{Q}{V_s} \quad A_t = \frac{Q}{Vh}$$

$$h' = \frac{A_t}{w} \quad l' = \frac{A_s}{w}$$

Determinamos la constante $K=l'h/2$, y hallamos los valores l_{medio} , l_{min} , h_{medio} y h_{min} a partir de las relaciones indicadas anteriormente y de los Q_{medio} y Q_{min} .

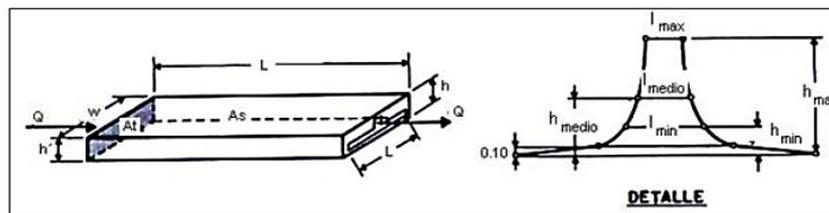


Ilustración IX: Detalle de vertedero

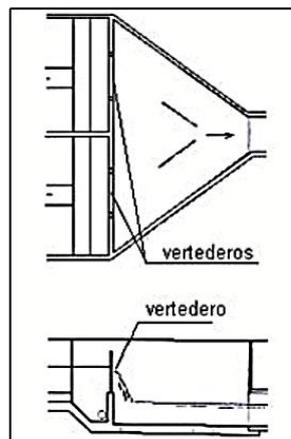


Ilustración X: Planta y Corte de vertedero

b. Si el flujo es controlado por un Parshall (garganta), tenemos la ecuación:

$$Q = kbh^{3/2}$$

$$w = \frac{3}{2} \left(\frac{kbh^{1/2}}{V_h} \right) = \frac{3}{2} \left(\frac{Q}{hV_h} \right)$$

Siendo:

K: constante 1.85 (sistema métrico)

Q: caudal (m^3/seg)

Vh: velocidad horizontal (m/seg)

Determinamos la altura máxima h_{max} (m), altura mínima h_{min} (m), ancho máximo w_{max} (m) y ancho mínimo w_{min} (m) para los caudales máximo y mínimo respectivamente para un ancho de garganta b.

El corte transversal del canal debe ser parabólico o aproximadamente bastante a la parábola.

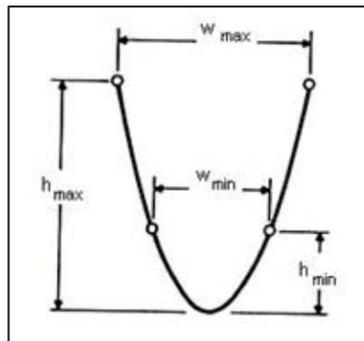


Ilustración XI: Sección parabólica de Parshall

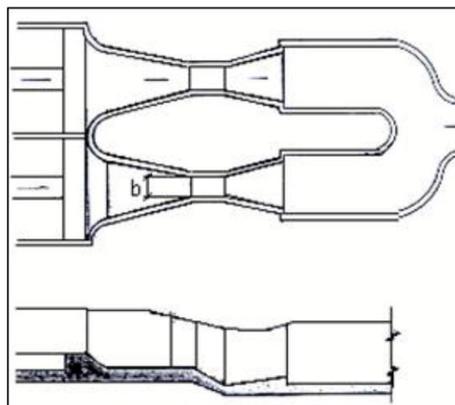


Ilustración XII: Parshall - Planta y Corte

3.10. TANQUE IMHOFF

Para el dimensionamiento de tanque Imhoff se tomarán en consideración los criterios de la Norma S090 “Planta de Tratamiento de Aguas Residuales” del Reglamento Nacional de Construcción.

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

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

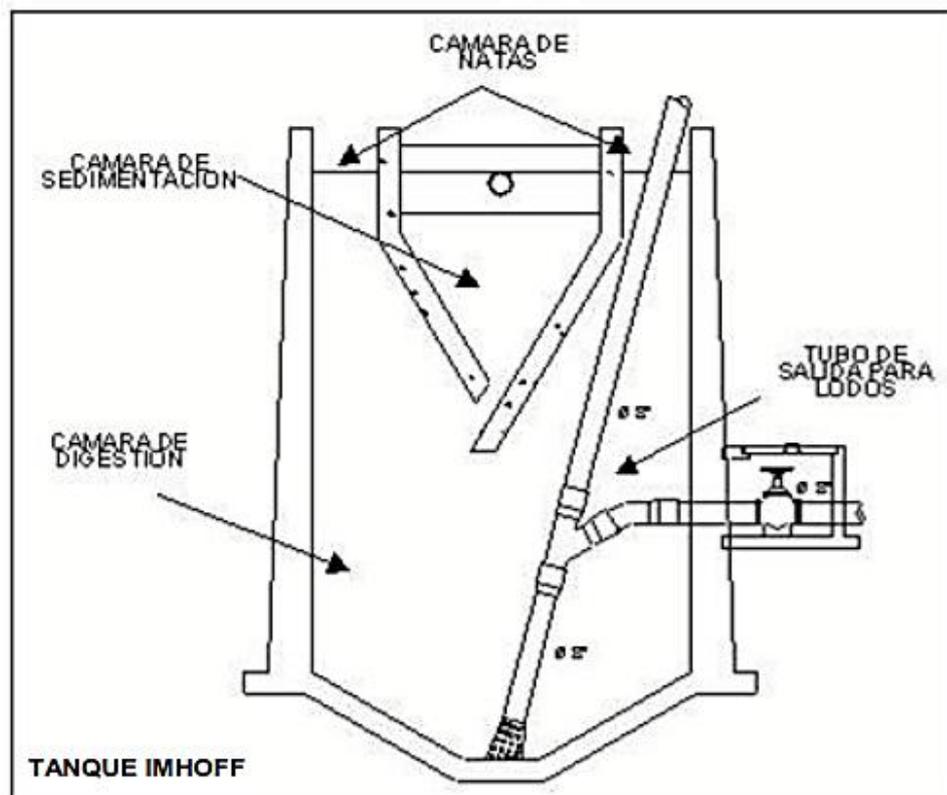


Ilustración XIII: Tanque Imhoff



3.10.1. DISEÑO DEL SEDIMENTADOR

- ✓ **Caudal de diseño, m³/hora.**

$$Q_p = \frac{Poblacion * Dotacion}{1000} * \%Contribucion$$

Dotación, en litro/hab/día.

- ✓ **Área del sedimentador (As, en m²)**

$$A_s = \frac{Q_p}{C_s}$$

Donde:

Cs: Carga superficial, igual a 1m³/(m²*hora).

- ✓ **Volumen del sedimentador (Vs, en m³)**

$$V_s = Q_p * R$$

R: Periodo de retención hidráulica, entre 1.5 a 2.5 horas
(recomendable 2 horas).

- En fondo del tanque será de sección transversal en forma V y la pendiente de los lados respecto a la horizontal tendrá de 50° a 60°.
- En el arista central se debe dejar una abertura para paso de los sólidos removidos hacia el digestor, esta abertura será de 0.15 a 0.20 m.

- Uno de los lados deberá prolongarse, de 15 a 20 cm, de modo que impida el paso de gases y sólidos desprendidos del digestor hacia el sedimentador, situación que reducirá la capacidad de remoción de sólidos en suspensión de esta unidad de tratamiento.

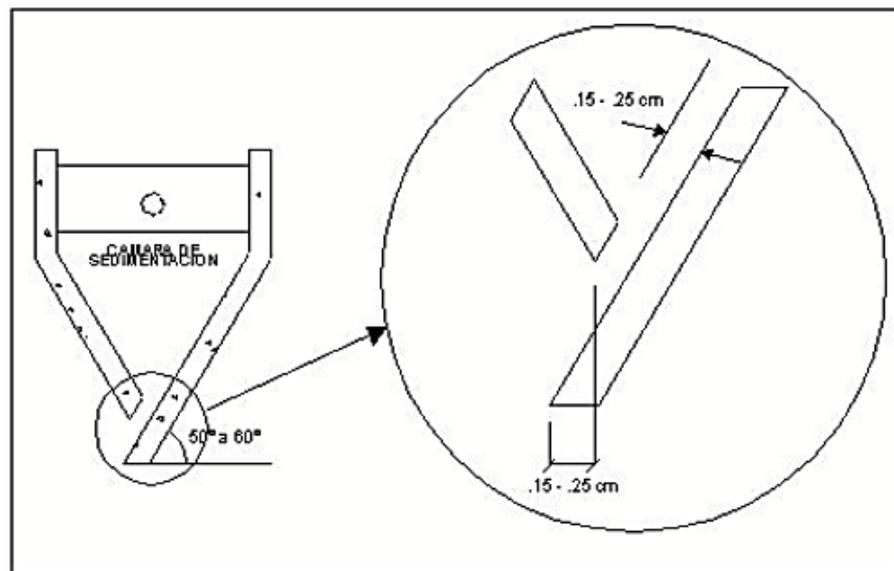


Ilustración XIV: Arista central

- ✓ **Longitud mínima del vertedero de salida (L_v , en m).**

$$L_v = \frac{Q_{max}}{Ch_v}$$

Donde:

Q_{max} : caudal máximo diario de diseño, en $m^3/día$.

Ch_v : carga hidráulica sobre el vertedero, estará entre 125 a 500 $m^3/(m \cdot día)$, (recomendable 250).

3.10.2. DISEÑO DEL DIGESTOR

✓ **Volumen de almacenamiento y digestión (Vd, en m³)**

Para el comportamiento de almacenamiento y digestión de lodos (cámara inferior) se tendrá en cuenta la siguiente tabla:

Tabla 4: Temperatura - Factor de capacidad relativa

Temperatura °C	Factor de capacidad relativa (fcr)
5	2,0
10	1,4
15	1,0
20	0,7
>25	0,5

$$Vd = \frac{70 * P * f_{cr}}{1000}$$

Donde:

fcr: factor de capacidad relativa.

P: población.

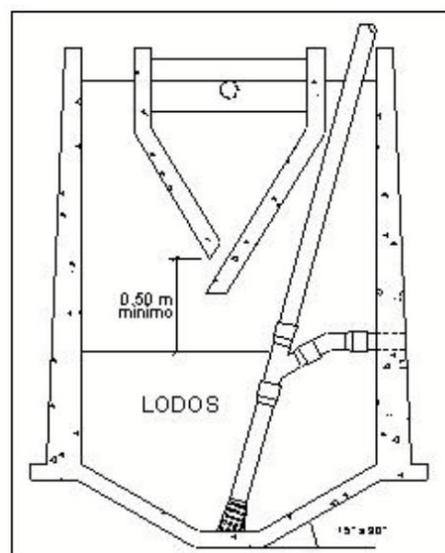


Ilustración XV: Zona neutra



- El fondo de la cámara de digestión tendrá la forma de un tronco pirámide invertida (tolva de lodos), para facilitar el retiro de los lodos digeridos.
- Las paredes laterales de esta tolva tendrán una inclinación de 15° a 30° con respecto a la horizontal.
- La altura máxima de los lodos deberá estar 0.50 m por debajo del fondo del sedimentador.

✓ **Tiempo requerido para digestión de lodos**

El tiempo requerido para la digestión de lodos varia con la temperatura, para esto se empleara la siguiente tabla:

Tabla 5: Temperatura - Tiempo de digestión en días

Temperatura °C	Tiempo de digestión en días
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

✓ **Frecuencia de retiro de lodos**

Los lodos digeridos deberán retirarse periódicamente, para estimar la frecuencia de retiros de lodos se usarán los valores consignador en la tabla 5: Temperatura – Tiempo de digestión en días.

La frecuencia de remoción de lodos deberá calcularse en base a estos tiempos referenciales, considerando que existirá una mezcla de lodos frescos y lodos digeridos; estos últimos ubicados al fondo del digestor. De este modo el intervalo de tiempo entre extracciones de los lodos sucesivas deberá ser por lo menos el tiempo de digestión a excepción de la primera extracción en la que se deberá esperar el doble de tiempo de digestión.

3.10.3. EXTRACCIÓN DE LODOS

- El diámetro mínimo de la tubería para la remoción de lodos será de 200 mm y deberá estar ubicado 15 cm por encima del fondo del tanque.
- Para la remoción se requerirá de una carga hidráulica mínima de 1.80m.

3.10.4. 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 tendrán en cuenta los siguientes criterios:

- El espaciamiento libre será de 1.00 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.

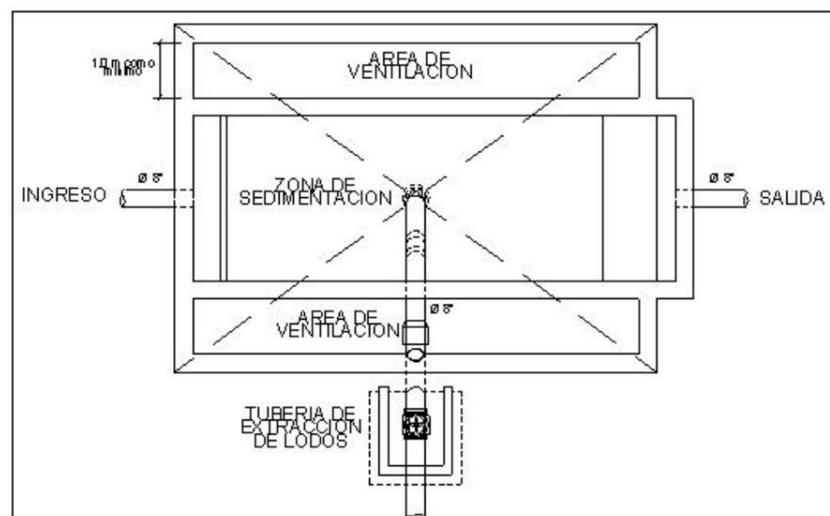


Ilustración XVI: Área de ventilación y cámara de natas



3.11. LECHO DE SECADO DE LODOS

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

- ✓ **Carga de sólidos que ingresa al sedimentador (C, en Kg de SS/día).**

$$C = Q * SS * 0.0864$$

Donde:

SS: sólidos en suspensión en el agua residual cruda, en mg/l

Q: caudal promedio de aguas residuales

A nivel de proyectos se puede estimar la carga en función a la contribución per cápita de sólidos en suspensión, de la siguiente manera:

$$C = \frac{\text{Poblacion} * \text{contribucion per cápita (grSS/hab * dia)}}{1000}$$

En las localidades que cuentan con el servicio de alcantarillado, la contribución per cápita se determina en base a una caracterización de las aguas residuales.

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

- ✓ **Masa de sólidos que conforman los lodos (Msd, en Kg SS/día).**

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

✓ **Volumen diario de lodos digeridos (Vld, en litros/día).**

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{lodo} * (\% \text{ sólidos}/100)}$$

Donde:

ρ_{lodo} : densidad de los lodos, igual a 1.04 kg/l.

% de sólidos: % de sólidos contenidos en el lodo, varía entre 8 a 12%.

✓ **Volumen de lodos a extraerse del tanque (Vel, en m3).**

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

Donde:

Td: tiempo de digestión, en días

✓ **Área del lecho de secado (Als, en m2).**

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

Donde:

Ha: profundidad de aplicación, entre 0.20 a 0.40 m.

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

Alternativamente se puede emplear la siguiente expresión para obtener las dimensiones unitarias de un lecho de secado:

$$\frac{\text{Rendimiento volumetrico del digestor}(\frac{m^3}{\#personas})}{\# \text{ de aplicaciones(años)} * \text{prof. de inundacion(m)}} = \frac{m^2 \text{ lecho}}{\text{habitante}}$$

Considerando el número de aplicaciones al año, verificar que la carga superficial de sólidos aplicado al lecho de secado se encuentre entre 120 a 200 Kg de sólidos/(m²*año).

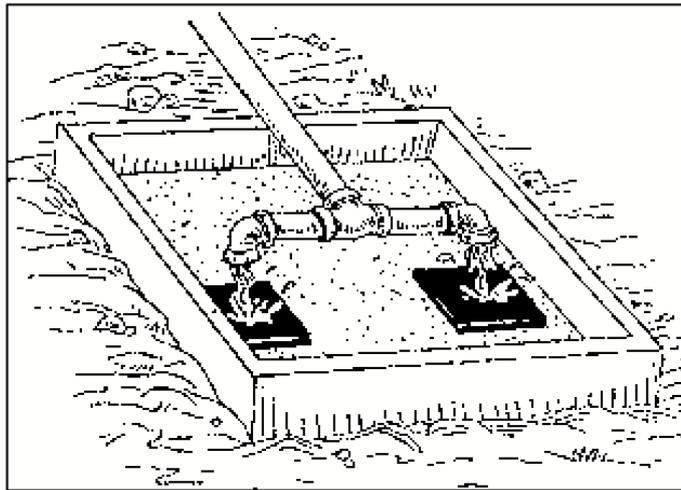


Ilustración XVII: Lecho de secado



4. MEMORIA DE CÁLCULOS

4.1. CAUDAL DE DISEÑO

4.1.1. CAUDAL PROMEDIO ANUAL (Q_p)

Es el caudal promedio obtenido de un año de registros y es la base para la estimación del caudal máximo diario y el máximo horario. Este caudal expresado en litros por segundo se determina la siguiente manera:

$$Q_p = \frac{P_f(\text{hab}) * D(\text{Lt} / \text{hab} / \text{día})}{86400} = \frac{1134 * 120}{86400}$$

$$Q_p = 1.575 \text{ Lt/seg}$$

La ecuación permite estimar el valor del volumen de agua de consumo requerido por la población futura, para el periodo de un año; el caudal máximo diario y máximo horario dependen del caudal medio anual.

4.1.2. CAUDAL MÁXIMO DIARIO (Q_{md})

Para determinar el caudal máximo diario se emplea la siguiente ecuación:

$$Q_{md} = K1 * Q_p = 1.30 * 1.575$$

$$Q_{md} = 2.05 \text{ Lt/seg}$$



El Caudal Máximo Diario se emplea para diseñar el diámetro de la tubería empleada en la línea de conducción y para determinar el volumen de almacenamiento del reservorio.

4.1.3. CAUDAL MÁXIMO HORARIO (Q_{mh})

Este caudal se determina aplicando la siguiente ecuación:

$$Q_{mh} = K2 * Q_p = 2.00 * 1.575$$
$$Q_{mh} = 3.15 \text{ Lt/seg}$$

El valor del Caudal Máximo Horario es dato que se emplea para el diseño de la tubería a emplear en la red de aducción y distribución.

4.1.4. CAUDAL DE CONTRIBUCIÓN AL ALCANTARILLADO (Q)

El caudal de contribución al alcantarillado debe ser calculado con un coeficiente de retorno (C) del 80 % del caudal de agua potable consumida, según recomendación del Reglamento Nacional de Edificaciones.

$$Q = 0.80 * Q_{mh} = 0.80 * 3.15$$
$$Q = 2.52 \text{ Lt/seg}$$

Entonces el caudal de diseño es Q = 2.52 Lt/seg como descarga de la población para ser tratado mediante el sistema propuesto, porque en base a esto haremos los cálculos hidráulicos y diseño correspondiente a dicho sistema.

4.2. CÁLCULO HIDRÁULICO DE ALCANTARILLADO

Para el cálculo hidráulico de la red de alcantarillado se hará uso de la fórmula de Manning:

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

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

Donde:

$$A = \text{área} = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$P = \text{perímetro} = \pi * D$$

$$R = \text{radio hidraulico} = \frac{A}{P} = \frac{D}{4}$$

$$n = \text{coeficiente de rugosidad} = 0.010 \text{ (PVC)}$$

Luego para los tubos que funcionan a sección llena, la velocidad y el caudal tienen la siguiente expresión:

$$Q_{LL} = 23.97580521 * D^{8/3} * S^{1/2}$$

$$V_{LL} = 30.52694331 * D^{2/3} * S^{1/2}$$

Donde:

$$D = \text{diámetro (m)}$$

$$S = \text{pendiente (m/m)}$$



Las tuberías según recomendaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones deben ser diseñadas para la conducción del caudal máximo con una altura de flujo de 75% del diámetro de la tubería.

Para realizar el cálculo hidráulico haremos uso de la tabla de los elementos proporcionales, siendo el procedimiento a seguir el siguiente:

- ✓ Se determina la pendiente más conveniente a utilizar en cada tramo, así como también el diámetro de la tubería.
- ✓ Conociendo la pendiente y el diámetro, se calcula el caudal y la velocidad a tubo lleno Q_o y V_o .
- ✓ Conociendo el caudal parcial del tramo (caudal aguas arriba + contribución del tramo) Q_p , Calculamos Q_r/Q_o .
- ✓ Con la relación de gastos hallados en el paso anterior se ingresa a la tabla y se verifica la relación Y/D , si esta relación es mayor a 0.75 se adopta un diámetro comercial inmediato superior y se repite el proceso anterior, pero si la relación es menor o igual a 0.75 en la misma tabla se obtiene la relación entre las velocidades a tubo parcialmente lleno y a tubo lleno V_r/V_o .
- ✓ Con la relación de la velocidad V_r/V_o , hallada en el paso anterior procedemos a calcular la velocidad real, multiplicándolo por V_o .
- ✓ Esta velocidad real debe tener comprendida dentro de los límites de la velocidad máxima y mínima establecida por el Reglamento Nacional de Edificaciones que son de 3.0 m/seg y 0.6 m/seg respectivamente para el caso de tubería de concreto.
- ✓ Solamente se aceptara velocidades menores a las mínimas en los 300 m iniciales de cada colector, siempre y cuando estén diseñados con pendientes mayores o iguales a 10/10000.

El desarrollo del Cálculo Hidráulico de Alcantarillado se encuentra en el Anexo 01.

4.3. CRIBAS DE REJAS

Utilizaremos:

- Espesor de barras: $S = 5 \text{ mm}$
- Ancho de barras: $a = 30 \text{ mm}$
- Espaciamiento entre barras: $e = 25 \text{ mm}$
- Ancho de canal de entrada: $b = 30 \text{ cm}$
- Veloc. entre reja limpia: $V = 60 \text{ m/s}$
- Veloc. aguas arriba: $v = 30 \text{ m/s}$

✓ Área libre o Área útil

$$A_L = \frac{Q}{V_{\text{entre reja limpia}}} = \frac{0.00252 \text{ m}^3/\text{s}}{0.60 \text{ m/s}}$$
$$A_L = 0.0042 \text{ m}^2$$

✓ Área total o sección de flujo aguas arriba

$$S = \frac{A_L}{\text{Eficiencia}} = \frac{0.0042 \text{ m}^2}{0.75}$$
$$S = 0.0056 \text{ m}^2$$

✓ Altura de la sección

$$h = \frac{S}{b} = \frac{0.0056 \text{ m}^2}{0.30 \text{ m}^2}$$
$$h = 0.0187 \text{ m} = 1.87 \text{ cm}$$



- ✓ Tirante del flujo del canal

$$h = \frac{A_L}{b} = \frac{0.0042m^2}{0.30m}$$
$$h = 0.014m = 1.40cm$$

- ✓ Suma de separaciones entre barras

$$b = \left(\frac{b_g}{e} - 1\right)(s + e) + e$$
$$b_g = e * \left(\frac{b - e}{s + e} + 1\right)$$
$$b_g = 0.025 * \left(\frac{0.30 - 0.025}{0.005 + 0.025} + 1\right)$$
$$b_g = 0.2541m$$

- ✓ Área libre de sección de barras

$$\text{Hipotenusa} = \frac{h}{\text{sen}\theta} = \frac{0.014m}{\text{sen}60^\circ}$$
$$\text{Hipotenusa} = 0.016m$$
$$A_E = H * b_g = 0.016m * 0.2541m$$
$$A_E = 0.0041m^2$$

- ✓ Velocidad que fluye a través de los espacios de la rejilla

$$V = \frac{Q}{A_E} = \frac{0.00252 m^3/s}{0.0041 m^2/s}$$
$$V = 0.61 m/s$$

∴ Usaremos 0.60m/s



- ✓ Número de barras

$$n^{\circ} = \frac{b_g}{e} - 1 = \frac{0.2541m}{0.025m} - 1$$

$$n^{\circ} = 9.16$$

∴ 10 barras

- ✓ Comprobando la pérdida de cargas ≤15cm, mediante “Metcalf y Eddy”

$$H_f = 1.143 * \frac{V_a^2 \text{ través de barras} - V_{aguas arriba de barras}^2}{2g}$$

$$H_f = \frac{1}{0.70} * \frac{0.60^2 - 0.30^2}{2 * 9.81}$$

$$H_f = 0.03m \leq 0.15m \therefore \text{Cumple}$$

4.4. DESARENADOR

Utilizaremos:

- Densidad relativa: 2.65
- Diámetro de la partícula: 0.02cm
- Temperatura del agua: 15°C

- ✓ Con la temperatura, hallamos

Viscosidad Cinemática (η)=1.1457x10⁻² cm²/seg.

- ✓ Velocidad de sedimentación

$$V_s = \frac{1}{18} g \left(\frac{\rho_s - 1}{\eta} \right) d^2$$



$$V_s = \frac{1}{18} * 981 \frac{cm}{seg^2} \left(\frac{2.65 - 1}{1.1457 * 10^{-2} cm^2/seg} \right) * (0.02cm)^2$$

$$V_s = 3.14 cm/seg$$

- ✓ Comprobamos número de Reynolds:

$$Re = \frac{V_s * d}{\eta} = \frac{3.14 cm/seg * 0.02 cm}{1.1457 * 10^{-2} cm^2/seg}$$

$$Re = 5.48 > 0.5$$

∴ No se encuentra en zona de Ley de Stokes

- ✓ Termino de diámetro

$$\left[\frac{g(\rho_s - 1)}{\eta^2} \right]^{1/3} * d = \left[\frac{981 cm/seg^2 * (2.65 - 1)}{(1.1457 * 10^{-2} cm^2/seg)^2} \right]^{1/3} * 0.02 = 4.62$$

- ✓ Termino de la velocidad de sedimentación

$$\frac{V_s}{[g(\rho_s - 1)\eta]^{1/3}} = 1 \rightarrow V_s = [g(\rho_s - 1)\eta]^{1/3}$$

$$V_s = \left[981 \frac{cm}{seg^2} * (2.65 - 1) * 1.1457 * 10^{-2} \frac{cm^2}{seg} \right]^{1/3}$$

$$V_s = 2.65 cm/seg$$

- ✓ Comprobamos nuevamente Re

$$Re = \frac{2.65 cm/seg * 0.02cm}{1.1457 * 10^{-2} cm^2/seg}$$

$$Re = 4.63$$

∴ Se encuentra en la zona de transición (Ley de Allen)



- ✓ Se determina el coeficiente de arrastre

$$C_D = \frac{24}{R} + \frac{3}{\sqrt{R}} + 0.34 = \frac{24}{4.63} + \frac{3}{\sqrt{4.63}} + 0.34$$
$$C_D = 6.92$$

- ✓ Entonces la velocidad de sedimentación será:

$$V_S = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{g}{C_D} * (\rho_s - 1) * d}$$
$$V_S = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{981 \text{ cm/seg}^2}{6.92} * (2.65 - 1) * 0.02 \text{ cm}}$$
$$V_S = 2.50 \text{ cm/seg}$$

- ✓ Calculamos en Área Superficial
 - Se asume una eficiencia del 75%, y se adopta un coeficiente de seguridad igual a 1.75.

$$V_S = \frac{Q * \text{Coefic. seguridad}}{A_s} \rightarrow A_s = \frac{Q * \text{Coefic. seguridad}}{V_S}$$
$$A_s = \frac{0.07 \text{ m}^3 * 1.75}{2.58 \frac{\text{cm}}{\text{seg}} * \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}}}$$
$$A_s = 4.75 \text{ m}^2$$

- ✓ Determinamos las dimensiones de largo, ancho y profundidad respetando los criterios de diseño:

Largo: $l = 4.20 \text{ m}$
Ancho: $B = 0.30 \text{ m}$
Profundidad: $h = 0.50 \text{ m}$

4.5. TANQUE IMHOFF

CAUDAL DE TRATAMIENTO

$$Q_p = \frac{1134 * 120 * 0.8}{1000} = 108.86 \frac{m^3}{día} = 4.536 \frac{m^3}{hora}$$

SEDIMENTADOR

✓ Área:

$$A = \frac{Q}{C_s} ; C_s = 1 m^3/m^2/hora$$

$$A = \frac{4.536}{1} = 4.536 m^2$$

✓ Volumen:

$$V = R * Q ; R = 2 horas (período de retención)$$

$$V = 2 * 4.536 = 9.072 m^3$$

✓ Relación: $\frac{L}{b} = 4$

✓ Base:

$$b = 4 * A^2$$

$$b = \sqrt{\frac{Area}{4}} = \sqrt{\frac{4.536}{4}}$$

$$b = 1.06m \approx 1.10m$$

$$\therefore L = 4.40m$$

- ✓ Altura del fondo del sedimentador:

$$\operatorname{tg}60^\circ = \frac{h_2}{b/2}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{1} = \frac{h_2}{1.1/2} \rightarrow h_2 = 0.95m$$

- ✓ Volumen del fondo triangular:

$$V_2 = \frac{b * L * h_2}{2}$$
$$V_2 = \frac{1.10 * 4.40 * 0.95}{2} = 2.299m^3$$

- ✓ Área del fondo triangular

$$A_2 = \frac{b * h_2}{2} = \frac{1.10 * 0.95}{2}$$
$$A_2 = 0.523m^2$$

- ✓ Volumen rectangular del sedimentador

$$V_1 = V - V_2 = 9.072 - 2.299$$

$$V_1 = 6.773m^3$$

- ✓ Altura del sedimentador rectangular

$$h_1 = \frac{V_1}{b * L} = \frac{6.773}{1.10 * 4.40}$$

$$h_1 = 1.399m \approx 1.40m$$



- ✓ Área rectangular del sedimentador

$$A_1 = h_1 * b = 1.40 * 1.10$$

$$A_1 = 1.54m$$

DIGESTOR

- ✓ Volumen de digestor

$$V_D = \frac{70 * P * f_{cr}}{1000}$$

$$V_D = \frac{70 * 1134 * 1}{1000} = 79.38m^3$$

- ✓ Ancho del tanque Imhoff

$$B = 2(\text{espacio entre sedimentador y digestor})$$

$$+ 2(\text{espesor de muros}) + b$$

$$B = 2(1.00) + 2(0.15) + 1.10$$

$$B = 3.40m$$

- ✓ Profundidad del digestor

$$H_D = \frac{V_D}{B * L} = \frac{79.38}{3.40 * 4.40}$$

$$H_D = 5.306m \approx 5.31m$$

- ✓ Superficie libre

$$S_L = \frac{2 * (\text{espacio entre sedimentador y digestor})}{B} * 100$$

$$S_L = 58.82 \approx 59\%$$

- ✓ Altura tronco pirámide

$$h_{d_2} = \operatorname{tg}30^\circ * \frac{B - b_1}{2}$$

$$h_{d_2} = \frac{1}{\sqrt{3}} * \frac{3.40 - 0.60}{2}$$

$$h_{d_2} = 0.808m \approx 0.81m$$

- ✓ Altura rectangular del digestor

$$h_{d_1} = \frac{V_1}{L * B}$$

Hallamos:

$$V_2 = \frac{L * B * h_{d_2}}{3} = \frac{4.40 * 3.40 * 0.808}{3}$$

$$V_2 = 4.029m^3 \approx 4.03m^3$$

Ahora:

$$V_1 = V - V_2 = 79.38 - 4.03$$

$$V_1 = 75.35m^3$$

Remplazamos:

$$h_{d_1} = \frac{75.35}{4.40 * 3.40}$$

$$h_{d_1} = 5.036m \approx 5.04m$$

- ✓ Altura total del tanque Imhoff

$$H = \text{borde libre} + \text{prof. zona neutra} + h_1 + h_2 + h_{d_1} + h_{d_2}$$

$$H = 0.30 + 0.50 + 1.40 + 0.95 + 5.04 + 0.81$$

$$H = 9.00m$$

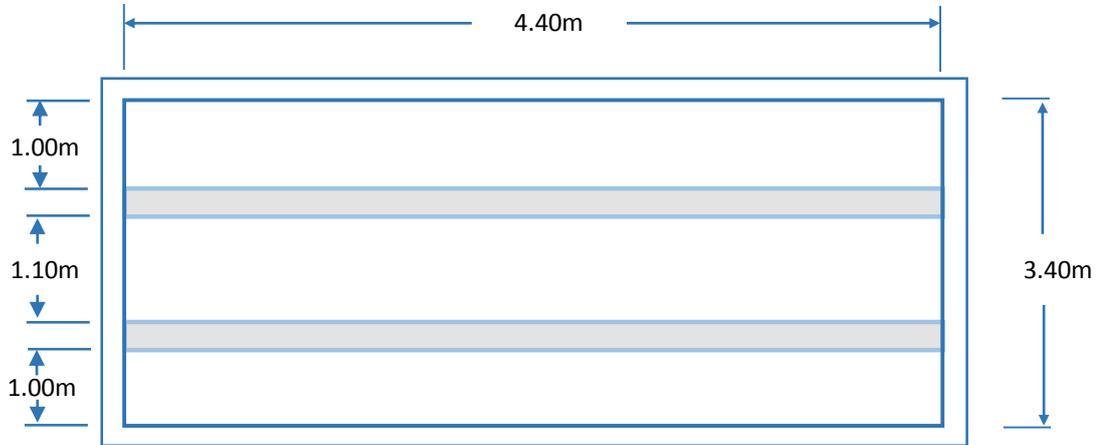


Ilustración XVIII: Tanque Imhoff - Planta

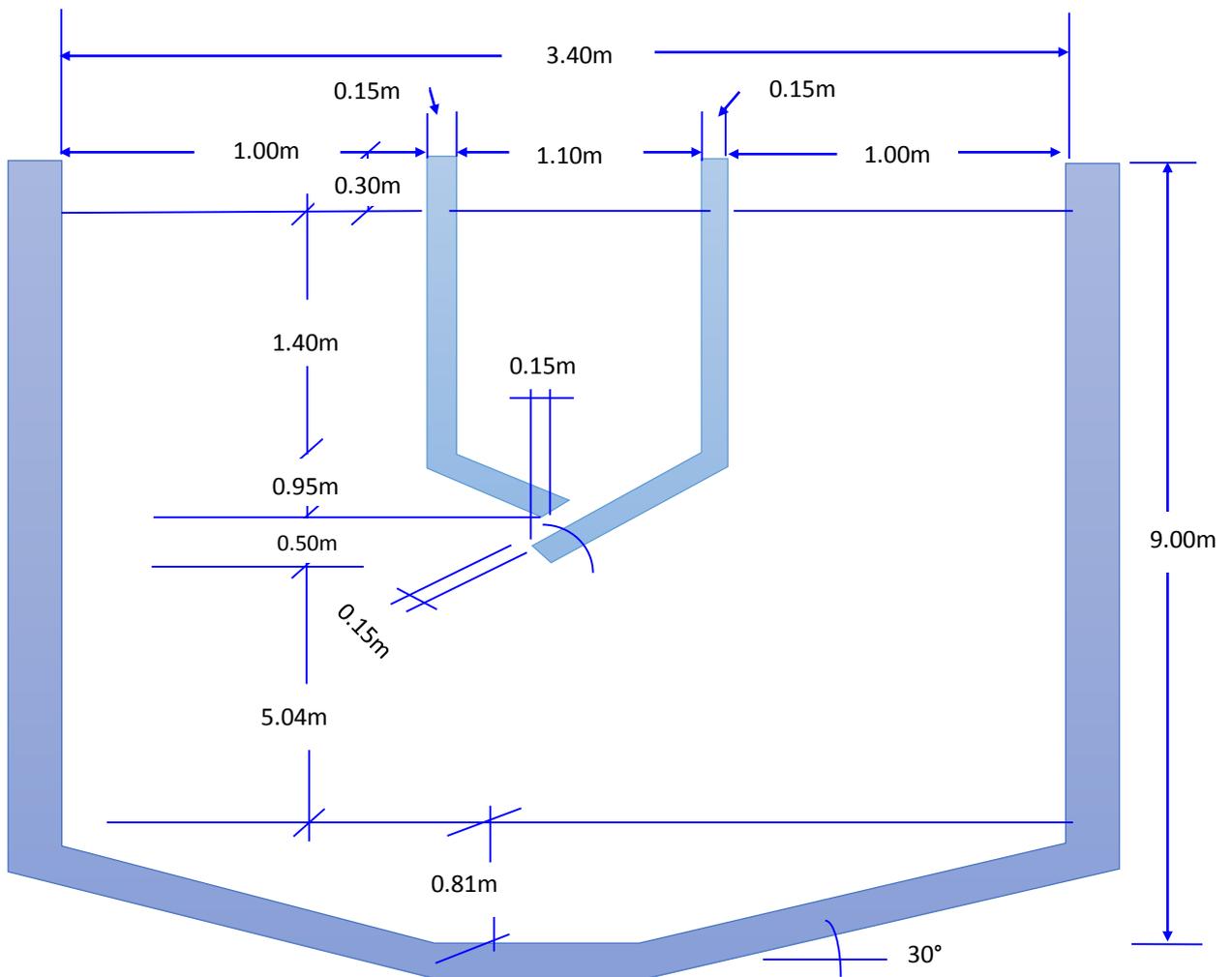


Ilustración XIX: Tanque Imhoff - Corte

4.6. LECHO DE SECADO DE LODOS

✓ Requerimiento del Lecho de Secado: $0.06 \text{ m}^2/\text{hab}$

✓ Área del Lecho de Secado

$$A = 0.06 \frac{\text{m}^2}{\text{hab}} * 1134 \text{ hab}$$
$$A = 68.04 \text{ m}^2$$

✓ Relación $R = 2.00$

✓ Ancho del Lecho de Secado

$$B = \sqrt{\frac{A}{R}} = \sqrt{\frac{68.04 \text{ m}^2}{2}}$$
$$B = 5.83 \text{ m}$$

✓ Ancho recomendable

$$B = 5.80 \text{ m}$$

✓ Largo del Lecho de Secado

$$L = R * B = 2 * 5.83$$
$$L = 11.66 \text{ m}$$

✓ Largo máximo del Lecho de Secado

$$L = 11.70 \text{ m}$$



- ✓ Volumen de lodos del Digestor

$$V_D = 79.38m^3$$

- ✓ Altura de lodos en el Lecho de Secado

$$H = \frac{V_D}{A} = \frac{79.38}{68.04}$$
$$H = 1.666m \approx 1.67m$$

- ✓ Altura máxima de lodos en el Lecho de Secado

$$H = 1.70m$$

- ✓ Espaciamiento entre canaletas y muros

$$e_{C-M} = \frac{B - (2 * ancho canaleta long + ancho columna de apoyo de lecho)}{4}$$

$$e_{C-M} = \frac{5.80 - (2 * 0.35 + 0.20)}{4}$$

$$e_{C-M} = 1.225m$$

- ✓ Espaciamiento entre canaletas

$$e_C = B - 2(e_{C-M} + ancho canaleta long)$$

$$e_C = 5.80 - 2(1.225 + 0.35)$$

$$e_C = 2.65m$$



5. RESUMEN DE UNA EVALUACIÓN PRELIMINAR DE IMPACTO AMBIENTAL

5.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Tabla 6: Identificación de los Impactos Ambientales

ETAPAS	IMPACTO SOBRE EL MEDIO		
	FÍSICO	BIOLÓGICO	SOCIOECONÓMICO
<p>Etapas Previas</p> <p>Aprobación del proyecto.</p> <p>Coordinación con instituciones locales y de servicio.</p> <p>Trazado</p>			<p>Generación de empleo.</p> <p>Alteración temporal del tráfico vehicular.</p>
<p>Etapas de Construcción</p> <p>Traslado de equipo y materiales.</p> <p>Excavación y acumulación de materiales.</p> <p>Instalación de tuberías de desagüe de PVC</p> <p>Remoción, transporte y disposición final de materiales residuales</p>	<p>Erosión, alteración de la estructura del pavimento y suelo.</p> <p>Emisión de ruidos, polvos, gases y olores debido al movimiento de tierras.</p> <p>Contaminación de suelos por residuos de obra.</p> <p>Modificaciones Ecológicas en relleno de materiales residuales de la obra.</p>	<p>Afectación a los rellenos donde se deposita los materiales residuales.</p>	<p>Riesgos de accidentes</p> <p>Molestias a los vecinos por olores, ruidos y polvo.</p> <p>Alto riesgo de inseguridad para los trabajadores.</p>
<p>Etapas de Funcionamiento</p> <p>Mantenimiento del sistema</p>			<p>Mejoramiento del sistema de desagüe.</p> <p>Mejoramiento de las condiciones de salubridad.</p>



5.2. MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Tabla 7: Mitigación de Impactos Ambientales

Principales Impactos Ambientales	Medidas de Mitigación y/o corrección
Etapa Previa	
Preocupación de la población	Comunicación y coordinación con la población sobre los trabajos a realizar, utilizando los diferentes medios de comunicación de la localidad.
Etapa de construcción	
Erosión, alteración de la estructura de pavimento y del suelo	El material que se extrae de la zanja, que se utilizará para la instalación de los tubos de los colectores, deberá ubicarse en lugares estables y seguros para evitar deslizamientos, protegiéndola de la actividad de los vientos y del agua.
Generación de ruidos, polvos, olores y gases debido al movimiento de tierras,	Se deberá humedecer el suelo con agua o algún producto químico para sofocar el polvo, en los lugares donde se realicen los trabajos y se ejecuten las obras de renovación y mantener la tierra extraída totalmente húmeda hasta su reposición y restaurar el área. Y se deben realizar todos los trabajos en el menor tiempo posible.
Contaminación del suelo por residuos de materiales de obra. (Cemento, arena, bolsas, etc.)	Las áreas a ser ocupadas en la ejecución de los trabajos de albañilería deberán ser bien cuidadas controlando en lo posible la contaminación por los materiales de obra, estableciéndose, sistemas de recojo y limpieza, tratamiento y su disposición final en rellenos sanitarios o lugares para el reciclaje de este tipo de residuos.
Alteración del tráfico vehicular.	Al ejecutar estas obras otro de los malestares que se produce es para el tránsito vehicular, que, para que circulen correctamente se deberá desviar y señalizar las vías por donde puedan transitar sin problemas.
Molestias a los vecinos por ruidos y olores.	Se deberá cumplir con mantener el acceso libre a las viviendas, para que esto suceda la contratista deberá construir barreras protectoras eficaces para reducir el ruido de los trabajos. Se deben evitar la acumulación de lodos putrefactos en la vía pública.



Modificación ecológica y morfológica en áreas de disposición final de desechos.	Realizar la acumulación en medios áridos con adecuación a la morfología, evitando la erosión y realizar la re-vegetación en los botaderos y rellenos sanitarios para evitar la contaminación por este tipo de desechos.
Riesgo de inseguridad ciudadana de los trabajadores	Coordinar con las autoridades policiales y seguridad ciudadana para garantizar la seguridad de los trabajadores y evitar la afectación de zonas urbanas por personas de mal vivir.
Etapas de funcionamiento	
Evacuación de aguas servidas y mantenimiento del sistema	Mejoramiento del sistema de desagüe, e incremento del valor de la propiedad privada

5.3. RESUMEN DE IDENTIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS AMENAZAS

Tabla 8: Resumen de Identificación y Características de las Amenazas

TIPO	CARACTERÍSTICAS	ÁREAS DE IMPACTO
SISMOS	Existe una probabilidad del 95% de ocurrencia en un período de 50 años de un sismo de gran magnitud grado 8 (Escala de Richter) con intensidades desde VI a VII en el área de riesgo apreciándose daños cuantiosos.	<p>Destrucción total o parcial de las estructuras conducción, tratamiento, almacenamiento, y distribución.</p> <p>Rotura de las tuberías de conducción y distribución en el caso de agua potable y rajaduras o colapso de los reservorios.</p> <p>Rotura de colectores y aniegos en caso del alcantarillado.</p>
DESLIZAMIENTOS	No existe, la topografía del área en estudio es prácticamente plana para estos casos.	
INUNDACIONES	Colapso de reservorios y roturas de tuberías de agua potable.	Daños en viviendas y comercios, así como, la contaminación en artículos de primera necesidad.



INCENDIOS	Incendios en los locales y/o viviendas	Suministro de agua mediante camiones cisterna, e incremento de caudal en las tuberías de desagüe.
HUELGAS O PAROS	No-atención al público. Paralización en el funcionamiento de unidades operativas. Paralización de las obras de mantenimiento	Desbordamiento de las aguas. Deficiente operación de los diferentes elementos del servicio.

5.4. MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y EMERGENCIAS PARA LA VULNERABILIDAD

Tabla 9: Medidas de Mitigación y Emergencias para la Vulnerabilidad

ÁREA	MITIGACIÓN	EMERGENCIA
ORGANIZACIÓN INSTITUCIONAL	Organización comités de emergencia de la Municipalidad. Programación de la atención de emergencias y desastres de acuerdo a la guía OPS capacitación de personal.	Establecer, centros de emergencia.
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Se deben elaborar manuales de operación y mantenimiento. Se deben elaborar, programas de mantenimiento preventivo. Se deben establecer costos de mantenimiento preventivo. Se deben adquirir equipos e insumos para la correcta operación y mantenimiento de estructuras sanitarias.	Diagnóstico del daño. Se debe movilizar personal y equipos a la zona del desastre. Reparación del daño.
APOYO ADMINISTRATIVO	Se deben establecer normas para asegurar disponibilidad de recursos financieros. Se debe crear una base de datos de entidades y proveedores para emergencias.	Priorizar recursos para emergencias.



XII. RESULTADOS

- Se ha establecido un periodo de vida útil 20 años, la predicción del crecimiento poblacional será de 1134 habitantes.
- La dotación diaria por habitante, se toma del Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.) donde se tiene en cuenta el clima, la población, etc. Hemos fijado una dotación diaria 120 lt por habitante.
- Para las variaciones de consumo, se considera un Coeficiente de variación horaria K2: 2.00, dándonos un caudal de 3.15 lt/seg.
- El Caudal de Contribución para la Red de Alcantarillado es de 2.52 l/seg. La cual es el 80% del caudal máximo horario.
- La topografía del centro poblado contribuye en la variación de la profundidad de los buzones entre 1.20m a 2.45m.
- Los cálculos arrojan un resultado favorable al trabajar con una tubería de 6", pero se opta por una tubería de 8" para mejorar la limpieza de la red.
- La red de alcantarillado cumple con un Tirante Relativo menor a 0.75, y una Fuerza Tractiva mayor a 0.1 kgf/m².
- El caudal de diseño es muy bajo para un dimensionamiento adecuado de la criba de rejillas. Con una base de 30cm, arroja una altura de 1.87cm.
- En el desarenador tiene un largo l=4.20m, ancho B=0.30m y una profundidad h=0.50m.



- El tanque Imhoff tiene una longitud de $L=4.40\text{m}$, un ancho de $B=3.40\text{m}$, y una altura total $H=9.00\text{m}$. Para la cámara de natas se está considerando un ancho de 1.00m . En la cámara de sedimentación un ancho de 1.10m y una profundidad de 2.35m (1.40m la altura rectangular y 0.95m la altura triangular). La cámara de digestión tiene una profundidad de 5.85m (5.04m la altura rectangular y 0.81 la altura triangular).
- Para el lecho de secado, se considera una longitud $L=11.70\text{m}$ con un ancho $B=5.80\text{m}$, y una altura $H=1.70\text{m}$.
- La evaluación primaria de los Estudios de Impacto Ambiental en la etapa previa a la ejecución del proyecto, muestra un impacto en el nivel socioeconómico donde se producirá la generación de empleo y alteración temporal vehicular. La cual no tiene mayor repercusión en el medio ambiente.



XIII. DISCUSIÓN

- Cada proyecto depende de muchos factores, entre ellos tenemos el factor socioeconómico, clima, la ubicación, topografía, entre otros; siendo nuestro caso el más relevante el socioeconómico, lo que hace nuestro proyecto dependa directamente de la inversión privada.
- Europa a diferencia de nuestra realidad, opta por una dotación en promedio de 100lt/hab/día.
- Por la topografía y espacio, nuestro proyecto demanda una planta de tratamiento de menor dimensión. Siendo la más adecuada la planta de tratamiento Imhoff, cuyas características favorecen a un proceso beneficioso para las demandas de la zona en estudio.
- Hemos preferido utilizar una tubería de mayor diámetro pensando en una evacuación y limpieza rápida que nos permita evitar una obstrucción en la red, debido a que la gente suele arrojar objetos al desagüe, lo cual produce problemas en la red.



XIV. CONCLUSIONES

- ✓ Se determinaron los criterios técnicos de la normativa del CEPIS desarrollando el diseño y modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales domesticas del Centro Poblado Samne – Otuzco - La Libertad
- ✓ El Centro Poblado Samne se halla entre las cotas 1475 y 1366 m.s.n.m., presentando una topografía ondulada con pendientes entre 34.76% y 16.97%, con direcciones norte – sur y este – oeste respectivamente.
- ✓ Se trabajó con un periodo de diseño de 20 años, la que nos permitió determinar una población futura de 1134 habitantes, frente a una población actual de 890 habitantes. Con este resultado se calculó el Caudal Máximo Horario que es de 3.15 l/seg, llevándonos a un Caudal de Contribución para la Red de Alcantarillado de 2.52 l/seg.
- ✓ El sistema de alcantarillado cuenta con 80 buzones, distribuidos en una longitud total de 2 533.91m, de los cuales se tiene:

1 buzones con h=3.20m
1 buzones con h=2.40m
3 buzones con h=2.00m
11 buzones con h=1.80m
Resto de h=1.20m.

Todos necesarios para solucionar el problema de la evacuación de las aguas residuales domésticas.

- ✓ El sistema de alcantarillado usa una tubería de PVC S-20 de 8”



- ✓ Siguiendo las recomendaciones del CEPIS se optó por la unidad de tratamiento Tanque Imhoff y Lecho de Secado. Pues es la que mejor se acondiciona a nuestra zona de estudio.
- ✓ En el diseño de la criba de rejillas, el caudal $Q=0.00252 \text{ m}^3/\text{s}$ es muy pequeño, dándonos resultados que no son los adecuados para un correcto dimensionamiento de la criba de rejillas, por lo que se optó asumir una base $b=0.30\text{m}$ con una altura $h=0.60\text{m}$. Para esta criba de rejillas se utiliza un espesor de las barras $S=5\text{mm}$, separación libre entre cada barra $e=25\text{mm}$ y una inclinación de rejillas de 60° .
- ✓ Respetando los criterios de diseño recomendados por el CEPIS, el desarenador tiene un largo $l=4.20\text{m}$, ancho $B=0.30\text{m}$ y una profundidad $h=0.50\text{m}$.
- ✓ El tanque Imhoff tiene una longitud de $L=4.40\text{m}$, un ancho de $B=3.40\text{m}$, y una altura total $H=9.00\text{m}$. Para la cámara de natas se está considerando un ancho de 1.00m . En la cámara de sedimentación un ancho de 1.10m y una profundidad de 2.35m (1.40m la altura rectangular y 0.95m la altura triangular). La cámara de digestión tiene una profundidad de 5.85m (5.04m la altura rectangular y 0.81 la altura triangular).
- ✓ Para el lecho de secado, se considera una longitud $L=11.70\text{m}$ con un ancho $B=5.80\text{m}$, y una altura $H=1.70\text{m}$. Dimensiones que sirven para cumplir con el requerimiento de $0.06\text{m}^2/\text{hab}$.
- ✓ La evaluación primaria de los Estudios de Impacto Ambiental sobre sus las distintas etapas, no generará impactos ambientales severos sobre el medio ambiente en ninguno de los tramos. En especial en la etapa previa de la construcción del proyecto, donde actualmente nos



encontramos. Los mayores impactos se presentan durante la etapa de construcción.

- ✓ La construcción de un Sistema de Alcantarillado Sanitario y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas, generará un impacto positivo en la zona de estudio, transformando de manera beneficiosa el ecosistema y mejorando la calidad de vida de sus habitantes.



XV. RECOMENDACIONES

- Para la ejecución se debe realizar de manera profunda los Estudios de Suelos, Restos Arqueológicos e Impacto Ambiental.
- Educar a la población, fomentando el aprendizaje para obtener cambios en el comportamiento frente al uso del agua y su desperdicio. De igual manera explicarles el funcionamiento de la planta de tratamiento y los problemas que origina el tirar desperdicios sólidos al alcantarillado.
- Contar con el personal capacitado para las labores de instalación y mantenimiento de toda la Red de Alcantarillado y Planta de Tratamiento.
- Realizar la prueba hidráulica cumpliendo de manera estricta todas medidas de seguridad correspondientes. A fin de evitar accidentes e incidentes.



XVI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CEPIS. (2006). Criterio Básicos para la Implementación de Sistemas de Agua y Saneamiento en los Ámbitos Rural y Pequeñas Ciudades.
- CEPIS. (2005). Guía de Procedimientos para la Operación y Mantenimiento de Desarenadores y Sedimentadores.
- CEPIS. (2005). Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores.
- CEPIS. (2005). Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización.
- CEPIS. (2005). Guía para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillado.
- Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, Programa de Agua Potable y Alcantarillado – PROAGUA II. [en línea]. [fecha de acceso 05 de enero del 2016]. URL disponible en: <https://www.giz.de/en/worldwide/26712.html>
- Lentini, E. y Brenner, F. (2015). Voces en el Fénix. Agua y Saneamiento: un Objetivo de Desarrollo del Milenio Los Avances de Argentina. [en línea]. [fecha de acceso 05 de enero del 2016]. URL disponible en: <http://www.vocesenelfenix.com>.
- OMS, Guías de Salud para el Uso de Aguas Residuales en la Agricultura y Acuicultura.



- Perú: Instituto Peruano de Economía. (2015). Ficha Actualizada de La Libertad, 2008 – 2014.

- Perú: Centro de Investigación y Desarrollo, Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2010). Mapa del Déficit de Agua y Saneamiento Básico a Nivel Nacional, 2007.

- Espinoza P. Ramón. 2010. Maestría Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Juan de Miraflores. Universidad de Piura. Piura, Lima.

- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2015).

- Universidad de Oriente. 2011. Propuesta de Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la Ciudad de Jocoro, departamento de Morazán. Sucre, Venezuela.



XVII. ANEXOS



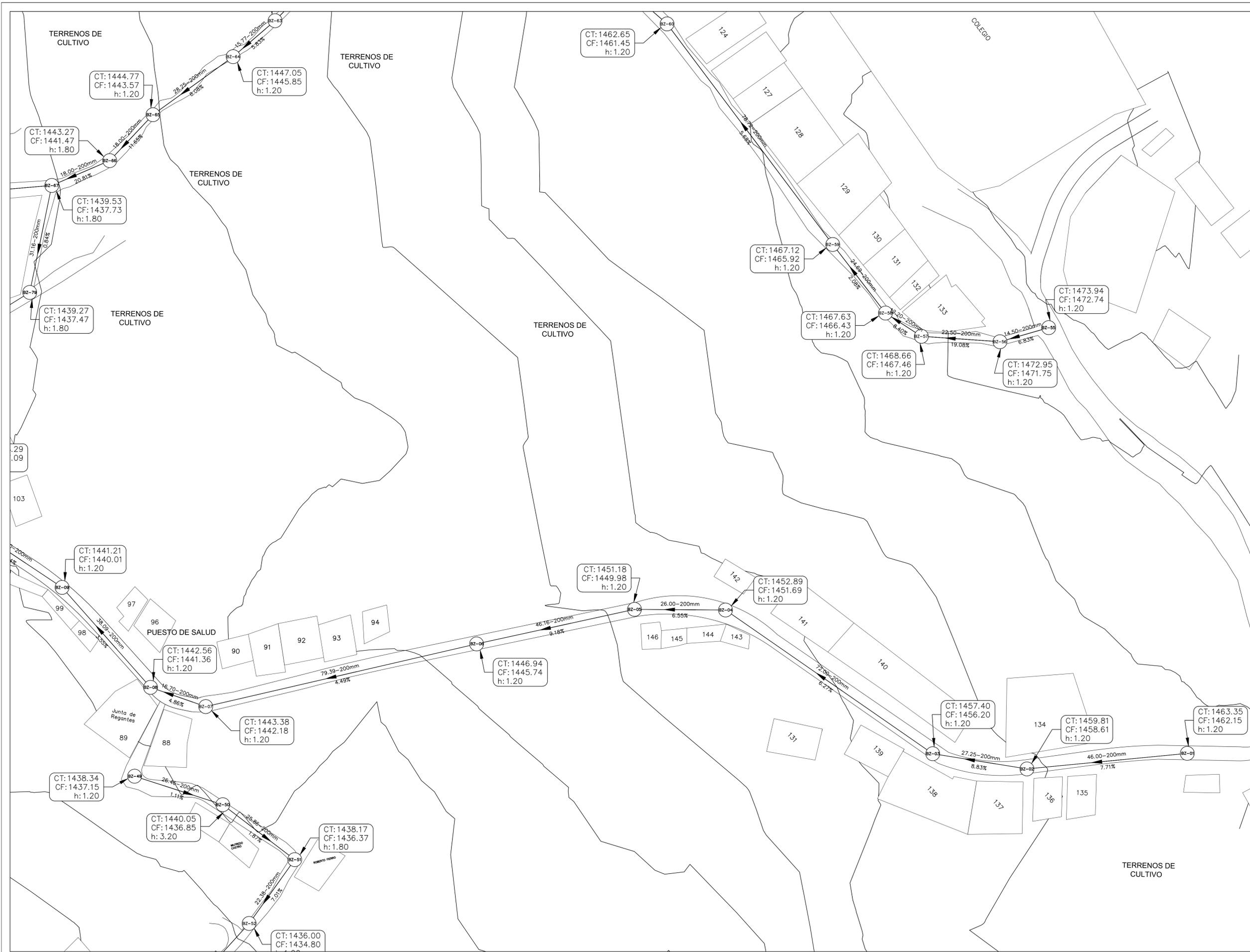
ANEXO 01

CALCULO HIDRAULICO DE ALCANTARILLADO

Caudal Unitario 0,00099

Caudal Aporte 2,52

Tramo	No. Buzón		Cota Tapa		Cota de Fondo		Prof. Buzón			L (m)	Caudal aporte (Lps)	Ø (m)	S (m/m)	Qr (Lps)	Qo (Lps)	Vo (m/s)	Qr/Qo	Vr/Vo	Vr (m/s)	Tiran. Relat Y/D	OBS. Y/D	RH m	Vc (m/s)	Fza. tractiva calculada Kgfm2	Condición hidráulica Fza. Tract > 0,1 Kg/m2
	Del	Al	Del	Al	Del	Al	Del	Al	Hp																
1	1	2	1.463,350	1.459,810	1.462,150	1.458,610	1,200	1,200	1,200	46,00	1,50	0,200	0,07696	1,50	118,28	3,77	0,013	0,319	1,20	0,07	**OK**	0,009	1,783	0,692	**Cumple**
2	2	3	1.459,810	1.457,400	1.458,610	1.456,200	1,200	1,200	1,200	27,25	1,53	0,200	0,08844	1,53	126,80	4,04	0,012	0,319	1,29	0,07	**OK**	0,009	1,786	0,799	**Cumple**
3	3	4	1.457,400	1.452,890	1.456,200	1.451,690	1,200	1,200	1,200	72,00	1,60	0,200	0,06264	1,60	106,71	3,40	0,015	0,348	1,18	0,08	**OK**	0,010	1,901	0,641	**Cumple**
4	4	5	1.452,890	1.451,180	1.451,690	1.449,980	1,200	1,200	1,200	26,00	1,62	0,200	0,06577	1,62	109,35	3,48	0,015	0,348	1,21	0,08	**OK**	0,010	1,902	0,674	**Cumple**
5	5	6	1.451,180	1.446,940	1.449,980	1.445,740	1,200	1,200	1,200	46,16	1,67	0,200	0,09185	1,67	129,23	4,11	0,013	0,319	1,31	0,07	**OK**	0,009	1,781	0,825	**Cumple**
6	6	7	1.446,940	1.443,380	1.445,740	1.442,180	1,200	1,200	1,200	79,39	1,75	0,200	0,04484	1,75	90,29	2,87	0,019	0,375	1,08	0,09	**OK**	0,012	2,017	0,516	**Cumple**
7	7	8	1.443,380	1.442,560	1.442,180	1.441,360	1,200	1,200	1,200	16,70	1,77	0,200	0,04910	1,77	94,48	3,01	0,019	0,375	1,13	0,09	**OK**	0,012	2,017	0,565	**Cumple**
8	8	9	1.442,560	1.441,210	1.441,360	1.440,010	1,200	1,200	1,200	38,09	1,80	0,200	0,03544	1,80	80,27	2,56	0,022	0,401	1,02	0,10	**OK**	0,013	2,110	0,447	**Cumple**
9	9	10	1.441,210	1.439,160	1.440,010	1.437,960	1,200	1,200	1,200	34,00	1,84	0,200	0,06029	1,84	104,70	3,33	0,018	0,375	1,25	0,09	**OK**	0,011	2,014	0,693	**Cumple**
10	10	11	1.439,160	1.438,290	1.437,960	1.437,090	1,200	1,200	1,200	23,41	1,86	0,200	0,03716	1,86	82,20	2,62	0,023	0,401	1,05	0,10	**OK**	0,013	2,119	0,472	**Cumple**
11	11	12	1.438,290	1.437,150	1.437,090	1.435,950	1,200	1,200	1,200	22,98	1,88	0,200	0,04961	1,88	94,97	3,02	0,020	0,375	1,13	0,09	**OK**	0,011	2,009	0,567	**Cumple**
12	12	13	1.437,150	1.435,100	1.435,950	1.433,900	1,200	1,200	1,200	18,62	3,40	0,200	0,11010	3,40	141,48	4,50	0,024	0,401	1,81	0,10	**OK**	0,013	2,121	1,403	**Cumple**
13	13	14	1.435,100	1.433,270	1.433,900	1.432,070	1,200	1,200	1,200	47,25	3,45	0,200	0,03873	3,45	83,91	2,67	0,041	0,473	1,26	0,13	**OK**	0,016	2,392	0,627	**Cumple**
14	14	15	1.433,270	1.430,140	1.432,070	1.428,940	1,200	1,200	1,200	38,56	3,49	0,200	0,08117	3,49	121,48	3,87	0,029	0,426	1,65	0,11	**OK**	0,014	2,219	1,131	**Cumple**
15	15	16	1.430,140	1.426,420	1.428,940	1.425,220	1,200	1,200	1,200	58,36	3,55	0,200	0,06374	3,55	107,65	3,43	0,033	0,450	1,54	0,12	**OK**	0,015	2,307	0,960	**Cumple**
16	16	17	1.426,420	1.425,040	1.425,220	1.423,840	1,200	1,200	1,200	39,29	3,58	0,200	0,03512	3,58	79,91	2,54	0,045	0,495	1,26	0,14	**OK**	0,017	2,481	0,612	**Cumple**
17	17	18	1.425,040	1.423,070	1.423,840	1.421,870	1,200	1,200	1,200	38,00	3,62	0,200	0,05184	3,62	97,08	3,09	0,037	0,473	1,46	0,13	**OK**	0,016	2,395	0,842	**Cumple**
18	18	19	1.423,070	1.422,000	1.421,870	1.420,800	1,200	1,200	1,200	24,79	3,65	0,200	0,04316	3,65	88,58	2,82	0,041	0,473	1,33	0,13	**OK**	0,016	2,392	0,699	**Cumple**
19	19	20	1.422,000	1.420,000	1.420,800	1.418,800	1,200	1,200	1,200	22,16	3,67	0,200	0,09025	3,67	128,09	4,08	0,029	0,426	1,74	0,11	**OK**	0,014	2,219	1,258	**Cumple**
20	20	21	1.420,000	1.419,000	1.418,800	1.417,800	1,200	1,200	1,200	13,70	5,31	0,200	0,07299	5,31	115,20	3,67	0,046	0,495	1,82	0,14	**OK**	0,017	2,485	1,276	**Cumple**
21	21	22	1.419,000	1.418,000	1.417,800	1.416,800	1,200	1,200	1,200	20,51	6,83	0,200	0,04876	6,83	94,15	3,00	0,073	0,577	1,73	0,18	**OK**	0,022	2,783	1,069	**Cumple**
22	22	23	1.418,000	1.415,950	1.416,800	1.414,750	1,200	1,200	1,200	37,97	6,87	0,200	0,05399	6,87	99,07	3,15	0,069	0,558	1,76	0,17	**OK**	0,021	2,713	1,126	**Cumple**
23	23	24	1.415,950	1.411,460	1.414,750	1.410,260	1,200	1,200	1,200	70,98	6,94	0,200	0,06326	6,94	107,24	3,41	0,065	0,558	1,90	0,17	**OK**	0,021	2,708	1,313	**Cumple**
24	24	26	1.411,460	1.408,510	1.410,260	1.407,310	1,200	1,200	1,200	26,63	6,97	0,200	0,11078	6,97	141,91	4,52	0,049	0,517	2,33	0,15	**OK**	0,019	2,558	2,052	**Cumple**
25	26	27	1.408,510	1.407,300	1.407,310	1.406,100	1,200	1,200	1,200	33,51	8,53	0,200	0,03611	8,53	81,02	2,58	0,105	0,633	1,63	0,21	**OK**	0,025	2,979	0,907	**Cumple**
26	27	28	1.407,300	1.405,680	1.406,100	1.404,480	1,200	1,200	1,200	14,63	12,10	0,200	0,11073	12,10	141,88	4,52	0,085	0,597	2,69	0,19	**OK**	0,023	2,849	2,545	**Cumple**
27	28	29	1.405,680	1.404,200	1.404,480	1.403,000	1,200	1,200	1,200	20,04	12,12	0,200	0,07385	12,12	115,87	3,69	0,105	0,633	2,34	0,21	**OK**	0,025	2,987	1,866	**Cumple**
28	29	30	1.404,200	1.403,810	1.403,000	1.402,610	1,200	1,200	1,200	32,82	12,15	0,200	0,01188	12,15	46,48	1,48	0,261	0,830	1,23	0,34	**OK**	0,038	3,659	0,450	**Cumple**
29	30	31	1.403,810	1.402,000	1.402,610	1.400,800	1,200	1,200	1,200	16,00	12,17	0,200	0,11312	12,17	143,41	4,56	0,085	0,597	2,72	0,19	**OK**	0,023	2,850	2,602	**Cumple**
30	31	32	1.402,000	1.399,980	1.400,800	1.398,780	1,200	1,200	1,200	28,64	12,19	0,200	0,07053	12,19	113,24	3,60	0,108	0,651	2,35	0,22	**OK**	0,026	3,049	1,857	**Cumple**
31	32	33	1.399,980	1.398,130	1.398,780	1.396,930	1,200	1,200	1,200	22,50	12,22	0,200	0,08222	12,22	122,26	3,89	0,100	0,633	2,46	0,21	**OK**	0,025	2,979	2,066	**Cumple**
32	33	34	1.398,130	1.395,700	1.396,930	1.394,500	1,200	1,200	1,200	30,49	12,25	0,200	0,07970	12,25	120,37	3,83	0,102	0,633	2,43	0,21	**OK**	0,025	2,986	2,013	**Cumple**
33	34	35	1.395,700	1.391,800	1.394,500	1.390,600	1,200	1,200	1,200	57,96	12,31	0,200	0,06729	12,31	110,60	3,52	0,111	0,651	2,29	0,22	**OK**	0,026	3,044	1,765	**Cumple**
34	35	36	1.391,800	1.388,820	1.390,600	1.387,620	1,200	1,200	1,200	27,88	12,33	0,200	0,10689	12,33	139,40	4,44	0,088	0,615	2,73	0,20	**OK**	0,024	2,919	2,579	**Cumple**
35	36	37	1.388,820	1.387,960	1.387,620	1.386,760	1,200	1,200	1,200	42,01	12,37	0,200	0,02047	12,37	61,01	1,94	0,203	0,776	1,51	0,30	**OK**	0,034	3,480	0,702	**Cumple**
36	37	38	1.387,960	1.386,000	1.386,760	1.384,800	1,200	1,200	1,200	18,97	12,39	0,200	0,10332	12,39	137,05	4,36	0,090	0,615	2,68	0,20	**OK**	0,024	2,916	2,487	**Cumple**
37	38	39	1.386,000	1.385,800	1.384,800	1.384,000	1,200	1,800	1,500	20,93	12,41	0,200	0,03822	12,41	83,36	2,65	0,149	0,717	1,90	0,26	**OK**	0,030	3,271	1,158	**Cumple**



UNIVERSIDAD PRIVADA
ANTONOR ORREGO

FACULTAD DE
INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL
DE INGENIERIA CIVIL



MODELAMIENTO HIDRAULICO DE SISTEMA DE
ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DOMESTICAS DEL CENTRO POBLADO SAMNE -
OTUZCO - LA LIBERTAD, APLICANDO LA
NORMATIVIDAD DEL CEPIS

TESIS PARA OPTAR EL
TITULO DE INGENIERO CIVIL

AUTORES:
BR. BARRIGA RUIZ,
WILIAM JOSEPH
BR. SANCHEZ LUMBA,
HAROLD PAUL

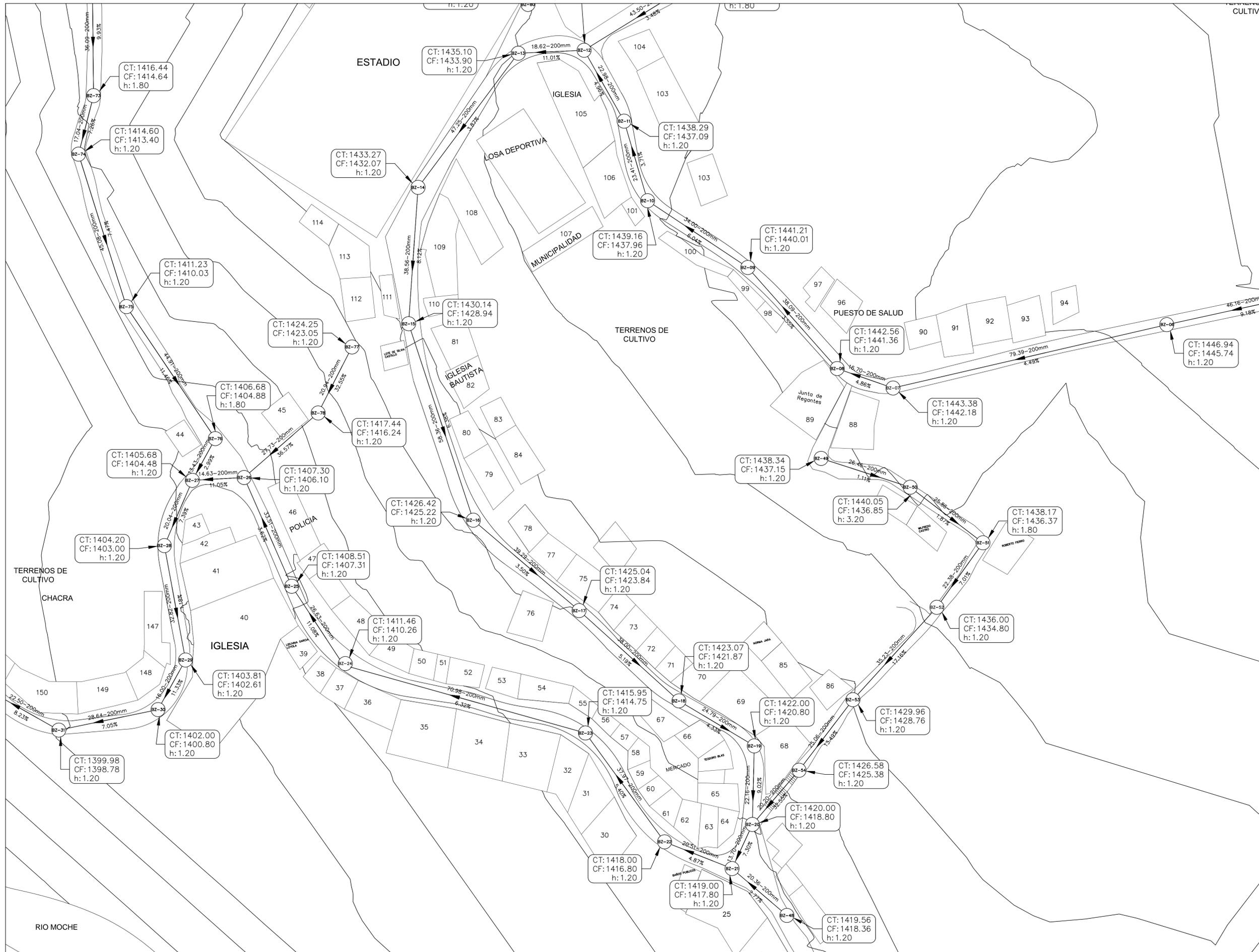
ASESOR:
ING. BURGOS
SARMIENTO, TITO

FECHA:
JUNIO DEL 2016

PLANO:
ALCANTARILLADO
SANITARIO

ESCALA:
1/1000

IS-01



UNIVERSIDAD PRIVADA
ANTONOR ORREGO

FACULTAD DE
INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL
DE INGENIERIA CIVIL



MODELAMIENTO HIDRAULICO DE SISTEMA DE
ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DOMESTICAS DEL CENTRO POBLADO SAMNE -
OTUZCO - LA LIBERTAD, APLICANDO LA
NORMATIVIDAD DEL CEPIS

TESIS PARA OPTAR EL
TITULO DE INGENIERO CIVIL

AUTORES:
BR. BARRIGA RUIZ,
WILIAM JOSEPH
BR. SANCHEZ LUMBA,
HAROLD PAUL

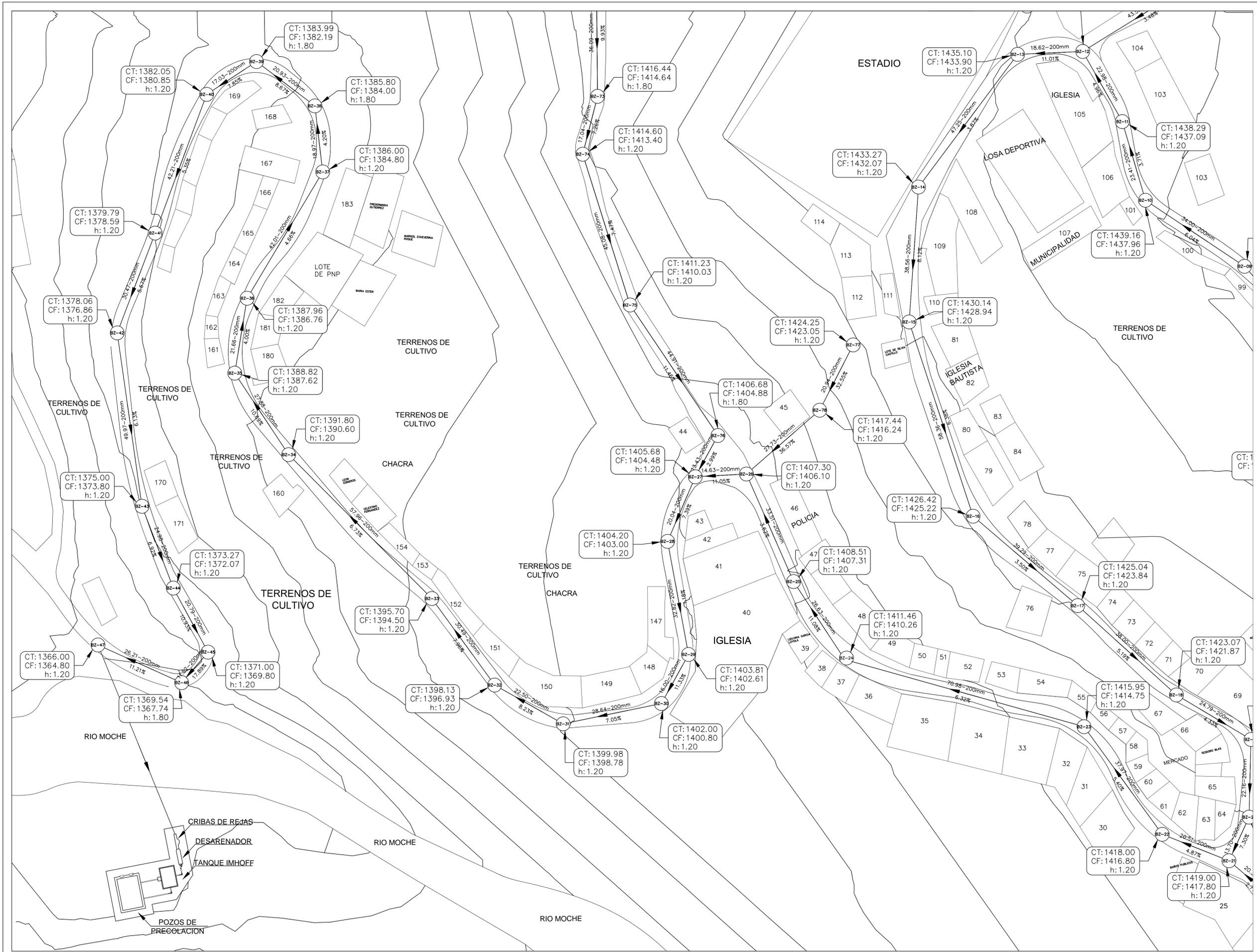
ASESOR:
ING. BURGOS
SARMIENTO, TITO

FECHA:
JUNIO DEL 2016

PLANO:
ALCANTARILLADO
SANITARIO

ESCALA:
1/1000

IS-02



MODELAMIENTO HIDRAULICO DE SISTEMA DE
ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DOMESTICAS DEL CENTRO POBLADO SAMINE -
OTUZZO - LA LIBERTAD, APLICANDO LA
NORMATIVIDAD DEL CEPIS

TESIS PARA OPTAR EL
TITULO DE INGENIERO CIVIL

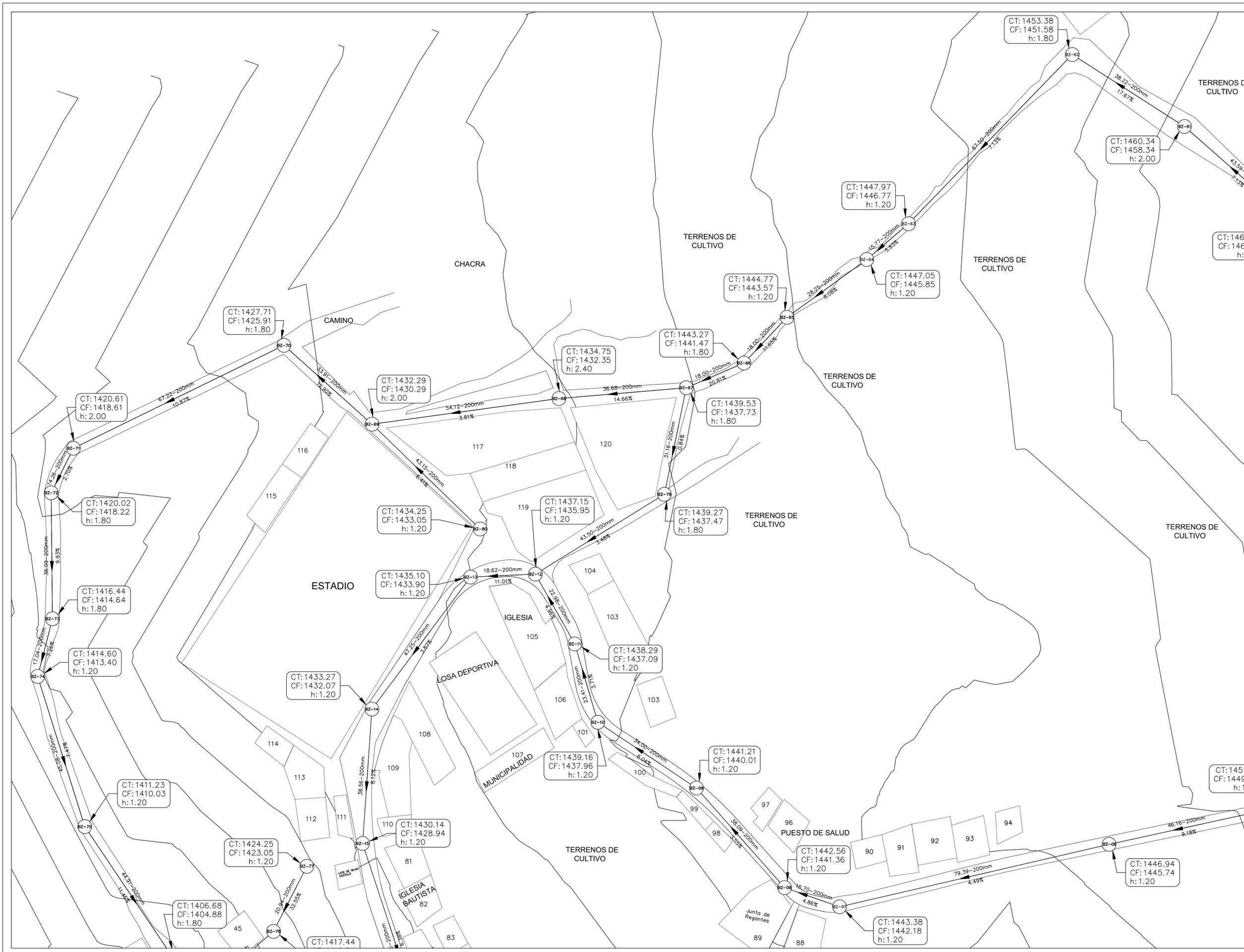
AUTORES:
BR. BARRIGA RUIZ,
WILIAM JOSEPH
BR. SANCHEZ LUMBA,
HAROLD PAUL

ASESOR:
ING. BURGOS
SARMIENTO, TITO

FECHA:
JUNIO DEL 2016

PLANO:
ALCANTARILLADO
SANITARIO

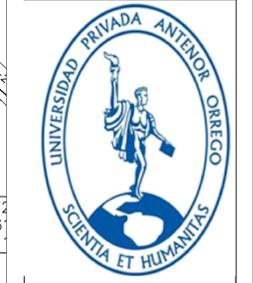
ESCALA:
1/1000



UNIVERSIDAD PRIVADA
ANTONOR ORREGO

FACULTAD DE
INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL
DE INGENIERIA CIVIL



MODELAMIENTO HIDRAULICO DE SISTEMA DE
ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DOMESTICAS DEL CENTRO POBLADO SAMINE -
OTUZCO - LA LIBERTAD, APLICANDO LA
NORMATIVIDAD DEL CEPIS

TESIS PARA OPTAR EL
TITULO DE INGENIERO CIVIL

AUTORES:
BR. BARRIGA RUIZ,
WILIAM JOSEPH
BR. SANCHEZ LUMBA,
HAROLD PAUL

ASESOR:
ING. BURGOS
SARMIENTO, TITO

FECHA:
JUNIO DEL 2016

PLANO:
ALCANTARILLADO
SANITARIO

ESCALA:
INDICADA

IS-04



MODELAMIENTO HIDRAULICO DE SISTEMA DE
ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DOMESTICAS DEL CENTRO POBLADO SAMIE -
OTUZZO - LA LIBERTAD, APLICANDO LA
NORMATIVIDAD DEL CEPIS

TESIS PARA OPTAR EL
TITULO DE INGENIERO CIVIL

AUTORES:
BR. BARRIGA RUIZ,
WILIAM JOSEPH
BR. SANCHEZ LUMBA,
HAROLD PAUL

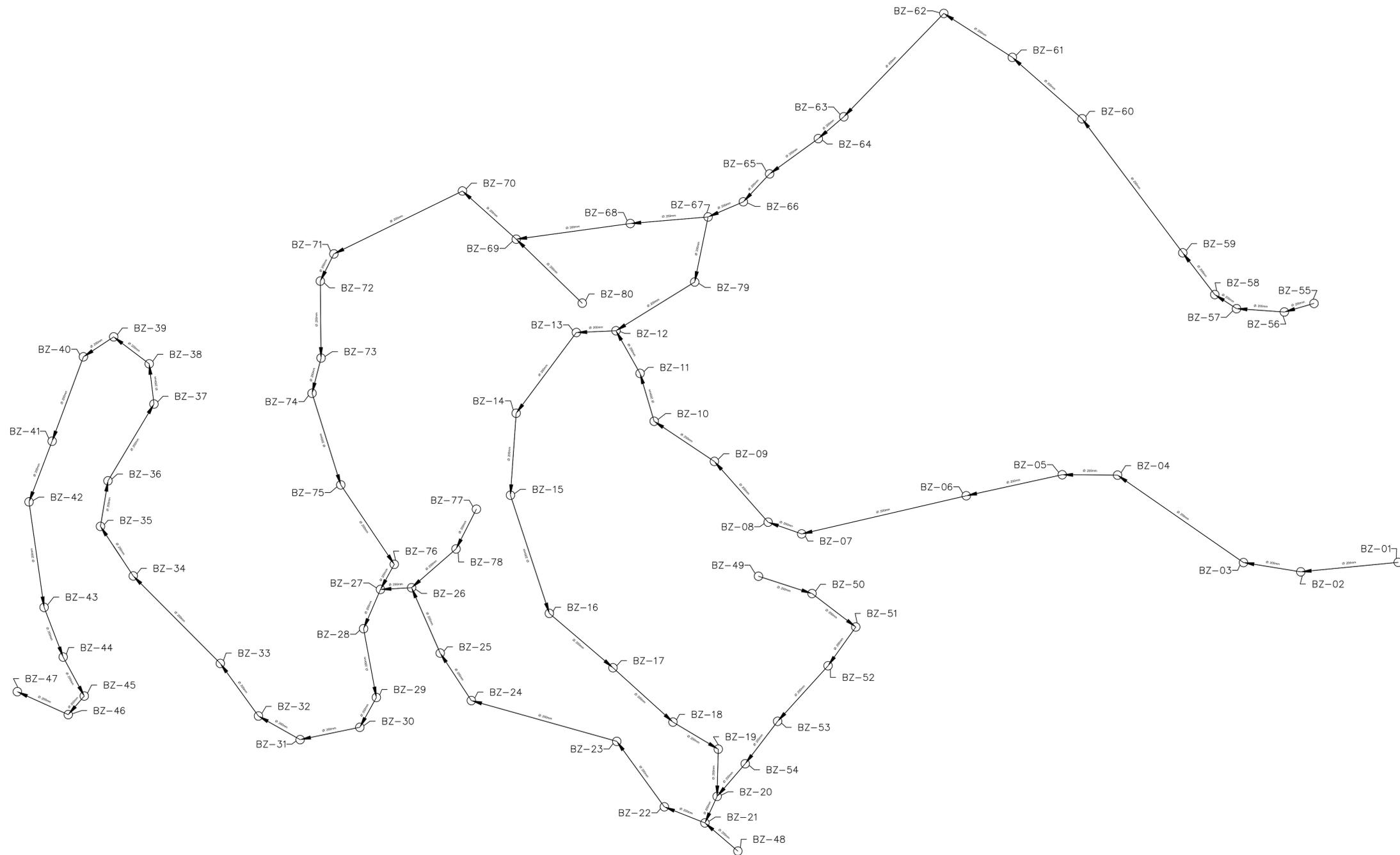
ASESOR:
ING. BURGOS
SARMIENTO, TITO

FECHA:
JUNIO DEL 2016

PLANO:
DIAGRAMA DE
FLUJO

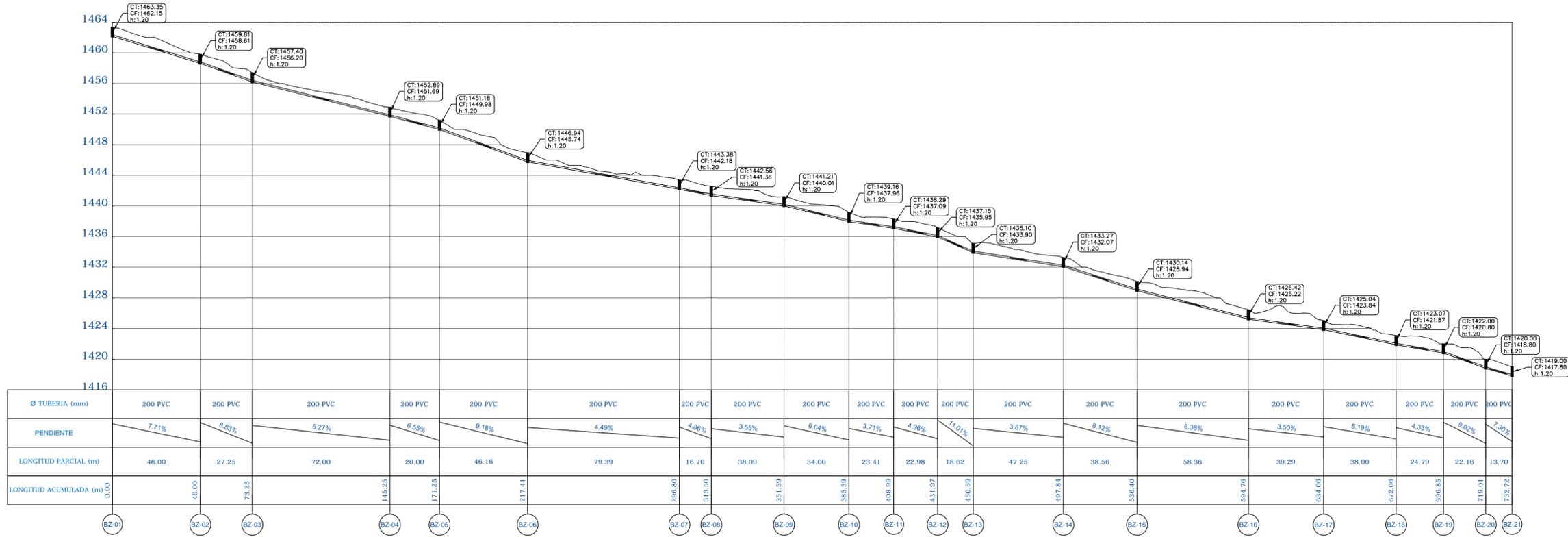
ESCALA:
1/1000

IS-05

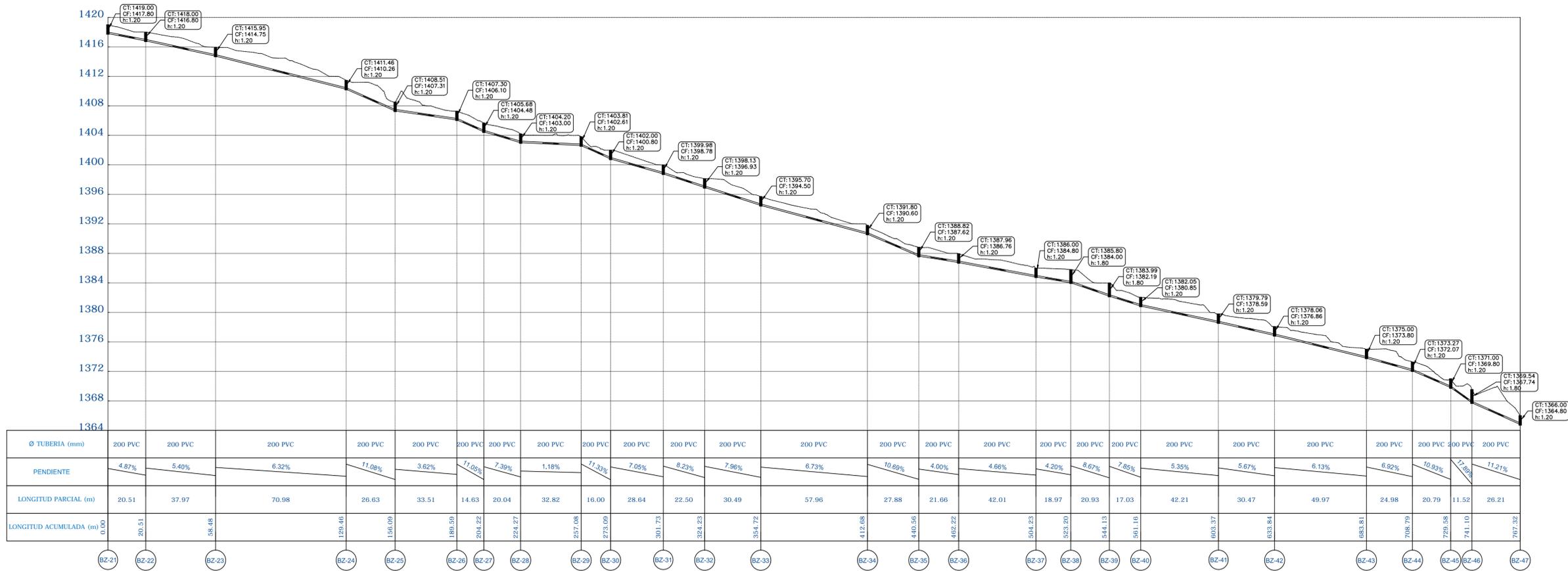


CASA ABANDONADA - BAÑO PUBLICO

0+000 - 0+732.715
ESCALA H: 1000 - V:250



0+000 - 0+767.317
ESCALA H: 1000 - V:250



MODELAMIENTO HIDRAULICO DE SISTEMA DE
ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DOMESTICAS DEL CENTRO POBLADO SAMINE -
OTUZCO - LA LIBERTAD, APLICANDO LA
NORMATIVA DEL CEPIS

TESIS PARA OPTAR EL
TITULO DE INGENIERO CIVIL

AUTORES:
BR. BARRIGA RUIZ,
WILIAM JOSEPH
BR. SANCHEZ LUMBA,
HAROLD PAUL

ASESOR:
ING. BURGOS
SARMIENTO, TITO

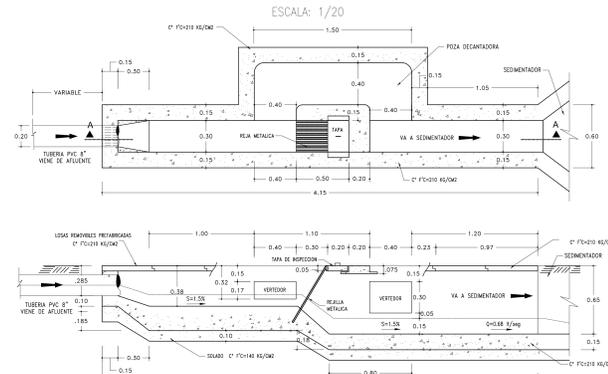
FECHA:
JUNIO DEL 2016

PLANO:
PERFIL
LONGITUDINAL

ESCALA:
INDICADA

P-01

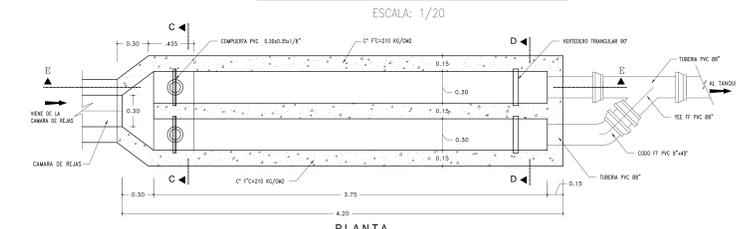
PLANTA CRIBA DE REJAS



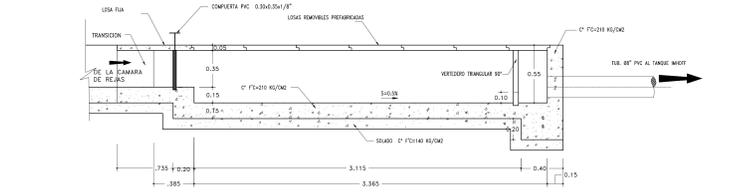
PLANTA CRIBA DE REJAS CORTE A-A



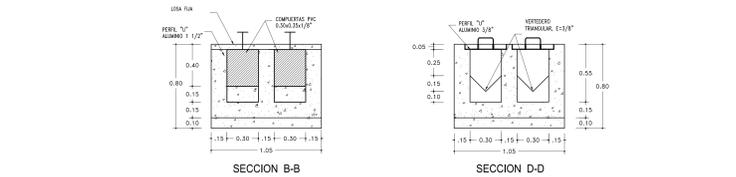
PLANTA DESARENADOR



PLANTA

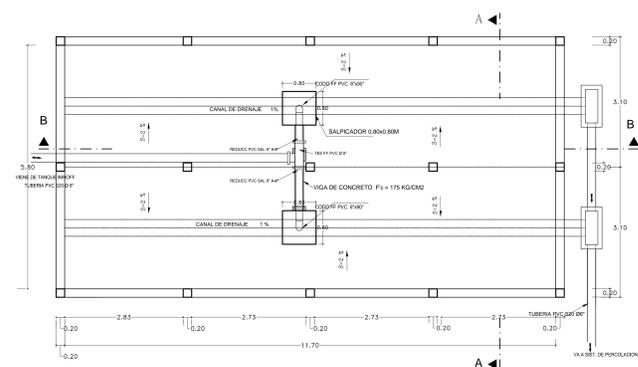


SECCION E-E



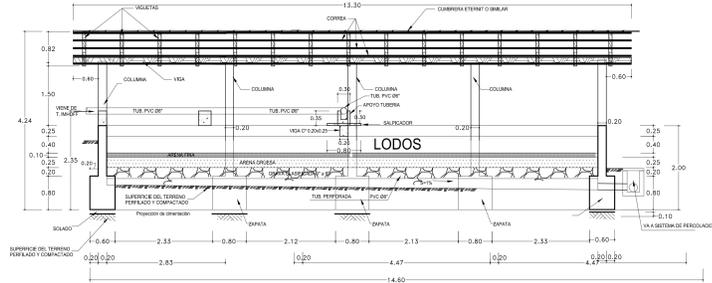
SECCION B-B

SECCION D-D



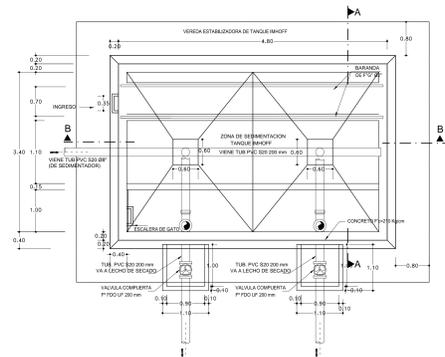
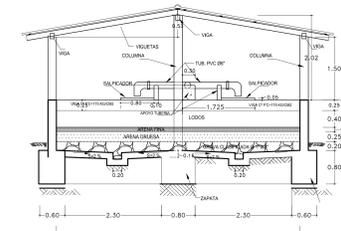
PLANTA LECHO DE SECADO

ESCALA: 1/20



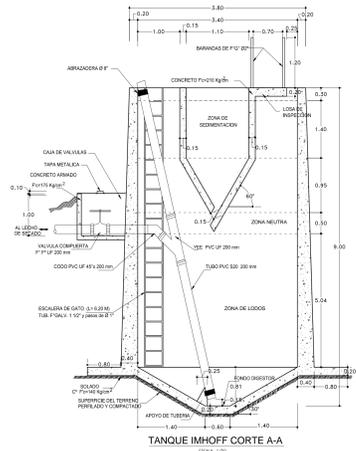
PLANTA LECHO DE SECADO CORTE B-B

ESCALA: 1/20



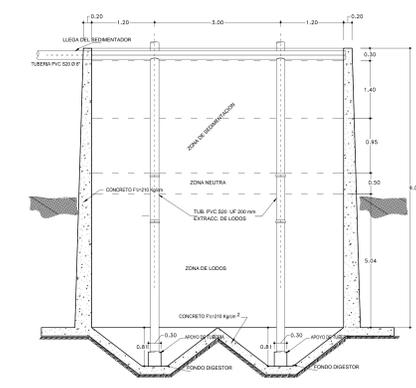
PLANTA TANQUE IMHOFF

ESCALA: 1/20



TANQUE IMHOFF CORTE A-A

ESCALA: 1/20



ELEMENTOS DEL TANQUE CORTE B-B

ESCALA: 1/20

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO ORRIGO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

MODELAMIENTO HIDRAULICO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ZONA DOMESTICA DEL CENTRO POBLADO SAMNE OTUZCO - LA LIBERTAD, APLICANDO LA NORMATIVAD DEL CEPIS

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

AUTORES:
BR. BARRIGA RUIZ, WILLIAM JOSEPH
BR. SANCHEZ LUMBA, HAROLD PAUL

ASESOR:
ING. BURGOS SARMIENTO, TITO

FECHA:
JUNIO DEL 2016

PLANO:
PLANTA DE TRATAMIENTO

ESCALA:
INDICADA

PT-01