



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS DE GRADO

“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL CONJUNTO  
HABITACIONAL HARÚ EN CONOCOTO”

AUTOR: BRAYAN EDUARDO CRUZ HERRERA

DIRECTOR: ING. GUILLERMO FLORES

QUITO, 2021

## DEDICATORIA

Para todo aquel que esta pequeña investigación le sirva de ayuda.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres, familiares, amigos y a la música.

## TABLA DE CONTENIDO

### ÍNDICE GENERAL

1. CAPÍTULO I: GENERALIDADES .....	15
INTRODUCCIÓN.....	15
Planteamiento del Problema .....	16
Objetivos General y Específicos .....	16
Objetivo General.....	16
Objetivos Específicos .....	16
1.1. Justificación .....	18
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL .....	19
2.1. Antecedentes .....	19
2.1.1. Ubicación y estado del proyecto.....	19
2.1.2. Datos de la descarga Sanitaria .....	19
2.2. Marco Teórico .....	19
2.2.1. Definiciones.....	20
2.2.2. Descripción de la normativa vigente para la descarga de agua residual en cuerpos de agua dulce.....	22
2.3. Marco Conceptual .....	24
2.3.1. Aguas residuales .....	24
2.3.1.1. Características.....	24
2.3.1.1.1. Características físicas .....	25
2.3.1.1.1.1 Sólidos suspendidos totales (SST) .....	25
2.3.1.1.1.2 Sólidos sedimentables.....	26
2.3.1.1.1.3 Sólidos disueltos (TDS) .....	27
2.3.1.1.1.4 Temperatura.....	27
2.3.1.1.1.5 Turbiedad y color.....	28
2.3.1.1.2. Características químicas.....	28
2.3.1.1.2.1 “Grasas y aceites” .....	29
2.3.1.1.2.2 DBO .....	29
2.3.1.1.2.3 DQO .....	30
2.3.1.1.2.4 pH .....	31
2.3.1.1.3. Características biológicas.....	32
2.3.1.1.3.1 Bacterias .....	33
2.3.1.1.3.2 Hongos.....	33
2.3.1.1.3.3 Protozoos .....	33

2.3.1.1.3.4	Organismos patógenos.....	33
2.3.1.2.	Tipos de aguas residuales .....	34
2.3.1.2.1.	Aguas residuales urbanas.....	34
2.3.1.2.2.	Aguas domésticas.....	34
2.3.1.2.3.	Aguas residuales industriales.....	34
2.3.1.2.4.	Aguas pluviales.....	34
2.3.1.2.5.	Aguas residuales agrícolas .....	35
2.3.2.	Tratamiento residual de las aguas.....	35
2.3.2.1.	Tratamiento de efluentes urbanos.....	35
2.3.2.1.1.	Tratamiento preliminar.....	35
2.3.2.1.2.	Tratamiento primario o físico – químico .....	35
2.3.2.1.3.	Tratamiento secundario biológico.....	36
2.3.2.1.4.	Tratamiento avanzado .....	37
2.3.2.2.	Procesos de tratamiento.....	37
2.3.2.2.1.	Filtro biológico percolador.....	37
2.3.2.2.2.	Filtro FAFA.....	38
2.3.2.2.3.	Reactor RAFA o UASB.....	39
2.3.2.2.4.	Lodos activados.....	40
2.3.2.2.5.	Lagunas de oxidación .....	41
2.3.2.2.6.	Lagunas Aerobias .....	41
2.3.2.2.7.	Lagunas Anaerobias .....	42
2.3.2.2.8.	Lagunas Facultativas .....	43
2.3.2.2.9.	Filtro medio granular con recirculación.....	44
2.3.2.3.	Procesos complementarios.....	44
2.3.2.3.1.	Rejillas de cribado .....	44
2.3.2.3.2.	Desinfección ultravioleta .....	44
2.3.3.	Límites de descarga para cuerpos de agua dulce.....	45
2.3.3.1.	Determinación de carga máxima permisible .....	45
2.3.3.2.	Límites de tipo descarga máxima .....	46
3.	CAPÍTULO III: SELECCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	48
3.1.	Criterios técnicos.....	48
3.1.1.	Caudal promedio de aguas residuales.....	48
3.1.1.1.	Caudal de diseño.....	48
3.1.1.2.	Caudal medio .....	48
3.1.1.3.	Caudal máximo diario .....	49
3.1.1.4.	Caudal máximo horario.....	49
3.1.1.5.	Caudal de aguas lluvias ilícitas.....	50
3.1.1.6.	Caudal de aguas de infiltración.....	51
3.1.2.	Calidad de aguas residuales.....	51
3.1.2.1.	Procedimiento para realizar la extracción de muestras.....	51
3.1.2.1.1.	Muestra simple o puntual.....	52
3.1.2.1.2.	Muestras compuestas.....	53
3.1.2.1.3.	Muestras integradas .....	54

3.1.2.1.4. Preparación previa .....	54
3.1.3. Condiciones climáticas.....	55
3.1.4. Tipo de reactor.....	56
3.1.5. Procesamiento de lodos .....	57
3.1.6. Normas ambientales.....	58
3.1.7. Operación y mantenimiento.....	58
3.1.7.1. Rejilla.....	58
3.1.7.2. Tanque séptico.....	58
3.1.7.3. Reactor anaerobio .....	59
3.1.8. Espacio físico para la implantación.....	59
4. CAPÍTULO IV: DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO .....	61
4.1. Población equivalente .....	61
4.2. Características del afluente y efluente.....	63
4.2.1. Afluente.....	63
4.2.2. Efluente.....	64
4.2.3. Caudal máximo diario .....	65
4.2.4. Caudal máximo horario.....	66
4.3. Rejilla para remoción de sólidos – tratamiento preliminar .....	67
4.3.1. Rejilla metálica de sólidos.....	67
4.3.1.1. Datos .....	67
4.3.1.2. Altura del canal .....	69
4.3.1.3. Radio hidráulico .....	69
4.3.1.4. Pendiente del canal.....	70
4.3.1.5. Número de barras.....	71
4.3.1.6. Longitud de barras .....	71
4.3.1.7. Pérdida de carga en la rejilla.....	71
4.3.1.8. Geometría .....	73
4.4. Trampa de grasas .....	74
4.5. Tanque séptico .....	78
4.5.1. Datos .....	78
4.5.2. Volumen útil.....	78
4.5.3. Volumen de líquido.....	79
4.5.4. Volumen de lodo.....	81
4.5.5. Volumen de natas .....	82
4.5.6. Volumen de ventilación .....	83
4.5.7. Geometría .....	83
4.6. Reactor UASB .....	86
4.6.1. Datos .....	86
4.6.2. Zona de expansión de lodo .....	87
4.6.2.1. Volumen total .....	87

4.6.2.2.	Carga orgánica volumétrica .....	88
4.6.2.3.	Caudal por unidad.....	88
4.6.2.4.	Caudal pico por unidad .....	89
4.6.2.5.	Área del reactor .....	89
4.6.2.6.	Velocidad ascendente para caudal pico .....	90
4.6.2.7.	Tiempo de retención hidráulica .....	91
4.6.3.	Zona de separación de sólidos.....	91
4.6.3.1.	Velocidad de abertura $Q_m$ .....	91
4.6.3.2.	Área de abertura .....	92
4.6.3.3.	Velocidad de abertura caudal pico .....	93
4.6.3.4.	Área de separador.....	93
4.6.3.4.1.	Número de separadores .....	94
4.6.4.	Zona de sedimentación.....	94
4.6.4.1.	Volumen de sedimentación .....	95
4.6.4.2.	Área disponible para sedimentación .....	95
4.6.4.3.	Altura mínima de sedimentación.....	96
4.6.4.4.	Velocidad con $Q_m$ .....	96
4.6.4.5.	Tiempo de retención $Q_{pico}$ para la zona de sedimentación .....	96
4.6.4.6.	Velocidad $Q_{pico}$ .....	97
4.6.5.	Distribución del afluente.....	97
4.6.5.1.	Número de boquillas.....	98
4.6.5.2.	Caudal por boquilla .....	99
4.6.5.3.	Velocidad en la tubería .....	99
4.7.	Lámpara Uv.....	102
4.8.	Conformación general .....	106
4.9.	Eficiencia .....	109
4.9.1.	Trampa de grasas .....	109
4.9.2.	Tanque séptico.....	109
4.9.3.	Reactor anaerobio de flujo ascendente.....	112
4.9.4.	Lámpara Uv .....	114
5.	CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	115
5.1.	Caudal .....	115
5.2.	pH.....	115
5.3.	Turbiedad y color .....	116
5.4.	Sólidos suspendidos totales .....	118
5.5.	DBO (Demanda biológica de oxígeno) .....	119
5.6.	DQO (Demanda química de oxígeno) .....	120
5.7.	Aceites y grasas.....	122

5.8.	Coliformes fecales -----	123
5.9.	Fósforo total -----	124
5.10.	Sólidos suspendidos totales -----	124
5.11.	Nitrógeno amoniacal y Kjeldahl -----	125
5.1	Resumen de resultados Postratamiento -----	126
6	CAPÍTULO VI: COSTOS DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LA PTAR .....	127
6.1	Costos de construcción -----	127
6.2	Análisis de costo – beneficio -----	128
6.3	Costos de operación y mantenimiento -----	129
7	CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	131
7.1	Conclusiones -----	131
7.2	Recomendaciones -----	134
ANEXOS	.....	140

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

DBO: Demanda biológica de oxígeno

DQO: Demanda química de oxígeno

FAFA: Filtro anaerobio de flujo ascendente

OD: Oxígeno disuelto

OMS: Organización mundial de la salud

pH: Potencial de hidrógeno

PTAR: Planta de tratamiento de aguas residuales

QMD: Caudal medio diario

QMI: Caudal máximo instantáneo

RAFA: Reactor anaerobio de flujo ascendente

RP: Residuos peligrosos

SEMARNAT: Secretaría de medio ambiente y recursos naturales

SENAGUA: Secretaría nacional del agua

SST: Sólidos suspendidos totales

TDS: Sólidos disueltos totales

TULSMA: Texto unificado de legislación secundaria del medio ambiente

UNT: Unidad nefelométrica de turbidez

WEFTA: Water engineers for the Americas

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Esquema de funcionamiento filtro percolador y decantación secundaria. ....	38
Figura 2. Conformación del reactor UASB .....	92
Figura 3. Electrobombas sumergibles curva de altura manométrica vs caudal. ....	105
Figura 4. Efecto del tiempo de tratamiento sobre la adsorción de color y DQO .....	117

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce .....	46
Tabla 2. Aporte máximo para conexiones ilícitas con sistema de alcantarillado pluvial .....	50
Tabla 3. Aporte máximo para conexiones ilícitas sin sistema de alcantarillado pluvial.....	50

Tabla 4. Dotaciones recomendadas.....	61
Tabla 5. Características del afluente.....	63
Tabla 6. Eficiencia de remoción .....	64
Tabla 7. Características del efluente, parámetros para un cuerpo de agua dulce .....	65
Tabla 8. Características de rejilla .....	67
Tabla 9. Criterios de diseño para el canal de entrada .....	68
Tabla 10. Unidades de gasto de los aparatos sanitarios que descargan a la trampa de grasa ....	74
Tabla 11. Unidades de gasto de los aparatos sanitarios del conjunto .....	74
Tabla 12. Tiempos de retención hidráulicos en función de la temperatura .....	87
Tabla 13. Velocidad ascendente recomendada de lodos .....	90
Tabla 14. Velocidad en la abertura del compartimiento de sedimentación .....	91
Tabla 15. Tiempo de retención en la zona de sedimentación .....	94
Tabla 16. Guía preliminar para dimensionar el área de cada punto de alimentación .....	97
Tabla 17. Diseño de la cámara de bombeo para la lámpara Uv .....	103
Tabla 18. Principales parámetros para calcular el caudal .....	115
Tabla 19. Caudales diarios y horarios .....	115
Tabla 20. Límite de descarga permisible para el potencial de hidrógeno.....	115
Tabla 21. Límite de descarga permisible para el color real .....	117
Tabla 22. Tiempo de tratamiento - % Adsorción del color .....	117
Tabla 23. Tiempo de tratamiento – Color real.....	118
Tabla 24. Eficiencia de sólidos suspendidos .....	118
Tabla 25. Límite de descarga para SST.....	119
Tabla 26. Eficiencia de la demanda biológica de oxígeno .....	120

Tabla 27. Límite de descarga para DBO .....	120
Tabla 28. Eficiencia de la demanda química de oxígeno .....	121
Tabla 29. Límite de descarga para DQO.....	121
Tabla 30. Eficiencia de aceites y grasas .....	122
Tabla 31. Límite de descarga para aceites y grasas .....	122
Tabla 32. Eficiencia de coliformes fecales .....	123
Tabla 33. Límite de descarga para aceites y grasas .....	123
Tabla 34. Eficiencia Fósforo total.....	124
Tabla 35. Límite de descarga para Fósforo total .....	124
Tabla 36. Eficiencia de Nitrógeno Kjeldahl .....	125
Tabla 37. Límite de descarga para Nitrógeno Kjeldahl .....	125
Tabla 38. Tabla de resumen Pretratamiento y Postratamiento .....	126

## **ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS**

Fotografía 1. Sólidos suspendidos, laboratorio químico Environovalab, Sector el Condado, 2022 .....	25
Fotografía 2. Zona de sólidos sedimentables y suspendidos totales, laboratorio químico Environovalab, Sector el Condado, 2022.....	27
Fotografía 3. Equipo espectrofotométrico UV-VIS, laboratorio químico Environovalab, Sector el Condado, 2022 .....	28
Fotografía 4. laboratorio químico Environovalab, Sector el Condado, 2022 .....	29
Fotografía 5. Reactor COD, laboratorio químico Environovalab, Sector el Condado, 2022.....	31
Fotografía 6. Calibración de potenciómetro, Environovalab, Conocoto, 2022 .....	32
Fotografía 7. Extracción de muestra simple, Conjunto habitacional HARU, 2022 .....	53

Fotografía 8. Preparación de equipo previo, Conjunto habitacional HARU, 2022.....	54
Fotografía 9. Zona de lavado, laboratorio químico Environovalab, Sector el Condado, 2022.....	54
Fotografía 10. Recipientes, laboratorio químico Environovalab, Sector el Condado, 2022.....	55
Fotografía 11. Zona de detallado de muestra, laboratorio químico Environovalab, Sector el Condado, 2022.....	55
Fotografía 12. Humedad y temperatura, Conjunto habitacional HARU, 2022.....	56
Fotografía 13. Selección de la muestra previo al análisis, laboratorio químico Environovalab, Sector el Condado, 2022.....	116

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Informe de resultados de conjunto HARU en Conocoto, laboratorio químico Environovalab, 2022 .....	142
Anexo 2. Cadena de custodia para monitoreo en campo, laboratorio químico Environovalab, 2022 .....	144
Anexo 3. Ficha técnica para la selección de la lámpara Uv, AquaUv, Sanitron (2019) .....	146
Anexo 4. Visita técnica al conjunto habitacional HARU, quebrada Dávalos y laboratorio químico .....	149
Anexo 5. Diseño de agua servidas y agua lluvias (Primera planta), 2019 .....	151
Anexo 6. Detalles de APUS.....	153

## RESUMEN

La siguiente investigación consiste en el análisis de factibilidad y la planificación de una instalación de tratamiento de aguas residuales en una casa para un conjunto habitacional con la finalidad de proveer un sistema de evacuación de aguas negras a razón de la inexistencia de un sistema de alcantarillado público para el sector.

Dentro de todo el diseño existen dos etapas fundamentales de tratamiento que son un filtro anaerobio y un reactor de flujo ascendente, los primeros capítulos proporcionarán una información general y conceptual de una planta, se evidenciará posteriormente las visitas a laboratorio de análisis de aguas residuales luego de tomar una muestra del conjunto.

Los criterios de diseño se caracterizarán por tomar como punto de partida las cargas hidráulicas, tiempos de retención y temperatura. Luego se analizará cada parámetro necesario para un fiel cumplimiento de la normativa de calidad ambiental y de descarga de efluentes, una tabla general presenta la remoción de cada variable.

Con un dimensionamiento y análisis de parámetros cumplidos aparece la fase de costos, el costo estimado para la planta de tratamiento será de \$29,740 con mantenimientos anuales de \$654.

Finalmente se concluye satisfactoriamente el trabajo realizado con recomendaciones adquiridas durante el transcurso de elaboración del proyecto.

## **ABSTRACT**

The following investigation consists of the feasibility analysis and design of a domestic wastewater treatment plant for a housing complex to provide a sewage evacuation system due to the lack of a public sewage system for the sector.

Within the entire design there are two fundamental stages of treatment that are an anaerobic filter and an up-flow reactor, the first chapters will provide general and conceptual information of a plant, visits to the analysis laboratory will be evidenced later. wastewater after taking a sample from the pool.

The design criteria will be characterized by taking hydraulic loads, retention times and temperature as a starting point. Then, each necessary parameter will be analyzed for faithful compliance with the environmental quality and effluent discharge regulations, a general table presents the removal of each variable.

With a dimensioning and analysis of parameters fulfilled, the cost phase appears, the estimated cost for the treatment plant will be \$29,740 with annual maintenance of \$654.

Finally, the work carried out with recommendations acquired during the development of the project is concluded satisfactorily.

## **1. CAPÍTULO I: GENERALIDADES**

### **INTRODUCCIÓN**

El conjunto habitacional HARU está ubicado en el sector de Conocoto entre las calles Sebastián de Benalcázar y Francisco de Orellana en el cantón Rumiñahui, cuenta con 20 unidades de vivienda y un promedio de 4 personas por casa dando como resultado un promedio estimado 80 personas en todo el conjunto. La constructora a cargo es SOLUAVITAT, tiene más de 30 años de experiencia en la construcción, el diseño de sus casas es minimalista con amplias áreas verdes, cada casa cuenta con dos plantas y una terraza.

La parroquia Conocoto está ubicada en la zona rural del Valle de Los Chillos, una región de 51,46 kilómetros cuadrados que forma parte del Distrito Metropolitano de Quito. La población de Conocoto es de 82.072 personas, y se encuentra a 11 km del centro de la Ciudad Capital. En el lado occidental de Conocoto existe la Loma de Puengasi; en el lado oriente opuesto de esta cordillera, se ubica en la vertiente oriental de la Columna del Truepehue. Considerada una de las 33 parroquias rurales dentro del distrito metropolitano de Quito, Conocoto se encuentra a 25 km al sur de la línea del equinoccio y a 11 km del centro de Quito.

A pesar de la heterogeneidad del territorio, sus problemas de gestión abarcan una amplia gama de complejidades. Estas dificultades se derivan del carácter urbano de muchas zonas y barrios rurales que sufren carencia de servicios básicos. Por el contrario, algunos barrios rurales incluso ofrecen servicios deficientes (Ramalho, 1996). Ecuador tiene el 49,88% de sus plantas de tratamiento de aguas residuales en la Región Sierra, que forma parte de un gobierno regional autónomo. El país cuenta con 421 plantas de tratamiento, según un informe de 2015 de la Comisión Nacional de Crisis Económica (Ramalho, 1996).

Las consecuencias de no tratar el agua residual ocasionarían una gran contaminación al medio ambiente. Elementos dañinos, tóxicos y malos olores se convirtieron en un problema a nivel global en las últimas décadas.

## **Planteamiento del Problema**

La necesidad de proponer la presente disertación es debido a la inexistencia de un sistema de alcantarillado público en el sector pues este proyecto daría solución a la descarga de aguas residuales generadas por el conjunto habitacional, cumpliendo con las normas ambientales ecuatorianas exigidas para este tipo de proyecto.

### **Objetivos General y Específicos**

#### **Objetivo General**

- Proponer una planta de tratamiento de aguas residuales, capaz de manejar los residuos orgánicos generados por el conjunto HARÚ para la descarga de efluentes al desfiladero que delimita los predios del conjunto habitacional, además de cumplir con la norma técnica ambiental del Texto Unificado De Legislación Ambiental.

#### **Objetivos Específicos**

- Revisión bibliográfica de información sobre una planta de tratamiento, características fundamentales, procesos del tratamiento y procesos complementarios.

- Identificar el sitio más adecuado para realizar la descarga de los efluentes al desfiladero.
- Aplicar las normas vigentes del medio ambiente como condiciones iniciales que servirá como base para el diseño de la planta de tratamiento.
- Determinar el caudal máximo horario probable considerando la condición más crítica que puede presentar el conjunto.
- Dimensionar elementos de la planta de tratamiento correspondiente a elementos necesarios para su funcionamiento.
- Seleccionar la alternativa más adecuada en función de su eficiencia, viabilidad de espacio, costo de inversión inicial y costo de funcionamiento.

## **1.1. Justificación**

La fuerte tendencia de proveer vivienda a los nuevos habitantes de Quito hace que los constructores tomen alternativas en los sectores rurales. Una problemática muy frecuente es la privación de los servicios básicos debido a la ubicación.

La situación actual en el conjunto habitacional Haru es la carencia de un sistema para las descargas sanitarias, sin embargo, esta construcción está delimitada por una quebrada que hace posible la liberación de residuos líquidos tratados pues la descarga directa al alcantarillado más próxima se encuentra a 1.2 km. Informes de construcción demuestran que no hay un plan de extensión de alcantarillado que llegue hasta el conjunto.

El artículo 215 de legislación secundaria, libro 6, párrafo c, impide la descarga de aguas residuales hacia un cuerpo de agua dulce sin previamente ser tratada, la autoridad nacional ambiental establecerá los criterios de capacidad de carga. La propuesta de tratamiento es una solución viable, pues el objetivo de una planta es proteger la salud, bienestar y crear un sistema de descarga sanitaria para todo el conjunto (Romero, 2004).

## **2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL**

### **2.1. Antecedentes**

El proyecto habitacional inició en el año 2019, cuenta con 20 unidades de vivienda de 170m<sup>2</sup> cada una y cuenta con dos baños completos más medio baño. La constructora encargada de la ejecución de la obra es SOLUAVITAT, la obra se encuentra finalizada, sin embargo, no cuenta con un permiso de habitabilidad.

Considerando la recopilación de datos de la descarga sanitaria del proyecto en mención, se planteará la mejor alternativa para la planta de tratamiento.

#### **2.1.1. Ubicación y estado del proyecto**

El proyecto del Conjunto Habitacional HARU consta con el número de predio 270451, ubicado en la calle N13 y Sebastián de Benalcázar, sector Poder Judicial de la parroquia Conocoto.

#### **2.1.2. Datos de la descarga Sanitaria**

Para calcular la descarga sanitaria en los capítulos correspondientes, se conoce el número de habitantes del conjunto conformado por 80 y la temperatura de 12 °C, con estos datos y la aplicación del SENAGUA CO. 10.7-601, se podrá obtener la dotación, caudales medios y máximos en el capítulo correspondiente.

### **2.2. Marco Teórico**

La salud y el ecosistema enfrentan un riesgo considerable debido a la contaminación del agua, malas prácticas que consisten en descargar agua residual en cuerpos de agua dulce se realizan todos los días. Agentes infecciosos como virus o bacterias circulan por el agua residual,

las principales causas de muertes y enfermedades son atribuidas a la contaminación del agua, cobrando anualmente la vida de 3 millones de personas (OMS, 2007).

La mayoría de las ciudades en el país no cuentan con alcantarillados separados tanto para aguas servidas como aguas lluvias, esta mala práctica dificulta el tratamiento del agua. La concentración poblacional produce grandes distancias de recorrido para el agua por tuberías de enorme diámetro, el agua negra se combina con el agua gris y se descarga de manera directa a los ríos matando y contaminando todos los afluentes que llegan al mar (Torske, 2019).

Las PTAR ayudan a purificar el agua que usamos al eliminar sólidos, plásticos, vísceras, arena y partículas más pequeñas que se encuentran en las aguas residuales. También reducen la materia orgánica y los contaminantes y las bacterias útiles. Por defecto, una PTAR es una parte importante del cuidado del suministro de agua de nuestro planeta (Spena, 2019).

Tratar el agua servida y descargarla en un cuerpo de agua dulce no es una opción generalizada en Ecuador. La producción de contaminantes y el uso intensivo energético es una problemática al momento de considerar la implantación de una planta, el recurso del agua incrementa su demanda con el paso del tiempo junto con la población en las ciudades o en el campo (Lahera, 2010). Fomentar la construcción de plantas de tratamiento en el país debe ser una prioridad inmediata.

### **2.2.1. Definiciones**

**Aerobio:** Organismo que necesita oxígeno para vivir y desarrollarse (Campos, 2003).

**Aguas negras:** Son guas que son la mezcla de orina y heces fecales (Tilley, 2008).

Aguas grises: Son aguas provenientes de lavadoras y lavabos, presentan bajo contenido de materia fecal (AQUA España, 2018).

Alícuota: Fragmento extraído de un volumen o masa inicial (Química analítica Alicante, 2012).

Anaerobio: Organismo capaz de vivir o desarrollarse en un medio sin oxígeno (Campos, 2003).

Biosólido: Residuos que pueden ser sólidos, semisólidos o líquidos. es resultante de un tratamiento de agua residuales (Campos, 2003).

Color real: Corresponde a los sólidos disueltos, puede ser apreciada como una muestra translúcida por lo sólidos en disolución, su color es únicamente el producto de sustancias disueltas (APHA, AWWA & WEF, 2012).

Color aparente: Corresponde a los sólidos disueltos más los sólidos en suspensión. Con menor frecuencia el color en cuerpos de agua puede provenir de iones de hierro o manganeso. En agua residual su color es producto de los residuos y colorantes industriales (APHA, AWWA & WEF, 2012).

Deflector: Dispositivos para desviar la corriente de un fluido (Oxford Languages, s/f).

Fotosintética: La materia inorgánica se transforma en materia orgánica gracias a la energía solar (Campos, 2003).

### **2.2.2. Descripción de la normativa vigente para la descarga de agua residual en cuerpos de agua dulce.**

Acuerdo ministerial 097-A: La norma tiene como objeto controlar y prevenir la contaminación ambiental referente al recurso del agua. Consideraciones como las tomas de muestras, protocolos, son extraídos de este texto. El mantenimiento y la calidad para su preservación es su principio básico, para controlar la contaminación de los cuerpos de agua dulce se necesita tener un plan de manejo ambiental (Tapia, 2015).

Los límites de descarga hacia cuerpos de agua dulce son especificados en esta normativa, las aguas que no cumplan con los parámetros solicitados necesitarán un tratamiento previo antes de ser descargadas (Tapia, 2015).

INEN 1 752: La norma establece los criterios de diseño para un sistema de eliminación de residuos líquidos en una urbanización. Las velocidades máximas, coeficientes de rugosidad y densidad poblacional serán extraídos de esta normativa para aplicarlas al conjunto habitacional. La normativa tiene como principal objetivo contemplar el código ecuatoriano especificado en obras sanitarias y depuración de residuos líquidos (INEN 1752, 1990).

Norma técnica del control de descargas NT002: La normativa se encargará de mantener la calidad del agua, mantener a las personas saludables y el medio ambiente intacto. Se establecen límites a los efluentes para proteger la integridad de los ecosistemas y el medio ambiente. La normativa contempla a los efluentes líquidos del agua residual que pueden generarse en asentamientos de servicios, comerciales o industriales (Echanique, 2008).

Se buscará además la reducción de la contaminación en la fuente, cuando las normas no se cumplan, se necesitará realizar un tratamiento (Echanique, 2008).

NEC 11 – Capítulo 16: La norma para instalaciones hidrosanitarias de interior exige unas especificaciones mínimas para la construcción y diseño de su funcionalidad. Requiere un diseño y una construcción óptimos para cumplir con estándares específicos (NEC 11, 2011).

Las instalaciones sanitarias necesitan garantizar su funcionalidad por lo cual es indispensable tener una normativa que describa su fiel cumplimiento (NEC 11, 2011). A pesar de que el criterio de dimensionamiento para la planta se basa en la población del conjunto, los aparatos sanitarios que se encuentra en el mismo no ayudan a estimar el número de habitantes en cada casa.

RAS 2000: Reglamento técnico enfocado en los estudios y diseños para sistemas de potabilización de agua, para la implementación de cualquier tipo de sistema la normativa requiere una justificación ambiental, bienestar social o salud pública. El diseño del tanque séptico está justificado con esta normativa (RAS, 2015).

SENAGUA NORMA CO 10.7-601: Normativa ecuatoriana redactada por la secretaría nacional del agua para el correcto diseño de sistemas de agua potable y agua residual, tiene como objetivo normar las especificaciones fundamentales para el abastecimiento del agua potable, las dotaciones de agua serán extraídas de esta normativa y el cálculo de los caudales medio, máximo diario y horario (SENAGUA, 2016).

TULAS Libro VI: Bajo la autoridad de las leyes y reglamentos nacionales de gestión ambiental, la legislación secundaria redacta un texto general que promulga el control de la

contaminación ambiental. El principal objetivo de esta ley es proteger la calidad del agua y restaurar la calidad de los recursos naturales (TULAS, 2015).

La normativa contempla responsabilidades, procesos y regulaciones involucrados con la calidad ambiental, los principios que describen la normativa son de obligatoria aplicación (TULAS, 2015). Una gran parte del diseño de la planta toma como punto de partida la presente normativa considerando la descarga de agua residual en cuerpos de agua dulce.

### **2.3. Marco Conceptual**

Dentro del marco conceptual se desarrollarán los conceptos más importantes desde el contexto teórico que se adoptará para los próximos capítulos.

#### **2.3.1. Aguas residuales**

El agua depurada se presenta en muchas variedades, como la industrial pública y privada, la agrícola, la ganadera o la municipal. Estos diversos líquidos han perdido algo de su calidad original debido a razones como la producción industrial, comercial y agrícola (TULAS, 2015).

La conducción de dichas aguas puede ser por el alcantarillado. En el uso doméstico las instalaciones más comunes por las que fluyen los líquidos son cocinas, baños, lavabos o lavanderías (TULAS, 2015).

##### **2.3.1.1. Características**

Las aguas residuales tienen una composición química, biológica y física única. Esto se debe a que proviene de lugares y fuentes específicas.

### 2.3.1.1.1. Características físicas

#### 2.3.1.1.1.1 Sólidos suspendidos totales (SST)

El contenido de sólidos totales es obtenido como resultado de un residuo luego que el agua se evapora, debido a la alta presión de vapor la materia que se pierde no es considerada como sólida (Metcalf & Eddy, 1995). La medición de los sólidos suspendidos totales corresponde a la determinación de la fracción de sólidos que es retenida por un filtro.

Previamente el filtro debe ser ambientado tres veces con 20 ml de agua, se lleva a una estufa para la evaporación del agua, se pesa y se coloca en un equipo de filtración, la muestra de agua residual pasa por el filtro, el proceso es repetido hasta llegar a la estufa para que el agua se evapore (EIB PUCV, 2020).



Fotografía 1. Sólidos suspendidos, laboratorio químico Environovalab, Sector el Condado, 2022

En cálculos el incremento del peso del filtro en miligramos se divide para el volumen de la muestra inicial de agua en litros.

$$SST = \frac{(mf - mi)}{Vsst}$$

(UTP, 2016)            (1)

SST: Sólidos suspendidos totales (mg/L)

mf: Masa final (mg)

mi: Masa inicial (mg)

Vsst: Volumen de sólidos suspendidos totales (L)

#### 2.3.1.1.1.2 Sólidos sedimentables

La determinación de sólidos sedimentables requiere medir con precisión la cantidad de sólidos en las aguas residuales. El peso del sedimento producido por la gravedad favorece su formación (Jaya, 2017).

Se necesitaba homogenizar la muestra antes de ser colocada en un cono Imhoff, la sedimentación tiene un tiempo aproximado de 45 minutos, posteriormente se realiza un registro del volumen de sólidos (Jaya, 2017).



Fotografía 2. Zona de sólidos sedimentables y suspendidos totales, laboratorio químico Environovalab, Sector el Condado, 2022

### 2.3.1.1.1.3 Sólidos disueltos (TDS)

La medición de los sólidos disueltos totales corresponde a la fase líquida denominada filtrado luego que los sólidos suspendidos son retenidos, se toma una muestra de agua residual que se filtra, de la muestra del filtrado evaporada se obtiene los sólidos disueltos totales (UPV, 2021).

En cálculos el incremento del peso de la placa en miligramos se divide para el volumen de la muestra tomada del filtrado en litros.

$$TDS = \frac{(mf - mi)}{Vtds}$$

(UTP, 2016)            (2)

TDS: Sólidos disueltos totales (mg/L)

mf: Masa final (mg)

mi: Masa inicial (mg)

Vtds: Volumen de sólidos disueltos totales (L)

### 2.3.1.1.1.4 Temperatura

El agua residual generalmente tiene una temperatura más elevada que la del suministro, el agua que procede de las casas o industrias son aguas calientes. Debido a la variación geográfica, la temperatura media anual residual se encuentra entre los 10 y 21 °C, el parámetro de la temperatura tiene gran influencia (Metcalf & Eddy, 1995).

#### **2.3.1.1.1.5 Turbiedad y color**

La turbiedad es el contenido de sólidos que obstruyen el paso de la luz en un cuerpo de agua, para medir la turbiedad (UNT) es la fotometría. Al intentar pasar un haz luminoso por medio de sólidos, el efecto de la turbiedad provoca la absorción de luz, mientras mayor absorción de luz se tiene también aumenta la turbiedad (Envirnovalab, 2020).

El color determina el contenido de sólidos que están disueltos y suspendidos generando cambios de pigmentación en el agua. Para determinar la edad histórica de un agua residual, es necesario conocer su color, mientras mayor es el tiempo de transporte por las redes del alcantarillado su color cambia (Metcalf & Eddy, 1995). El equipo espectrofotométrico UV-VIS es el utilizado para realizar la determinación del color en unidades platino cobalto, los colores obtenidos son reales y aparentes.



Fotografía 3. Equipo espectrofotométrico UV-VIS, laboratorio químico Envirnovalab, Sector el Condado, 2022

#### **2.3.1.1.2. Características químicas**

La materia orgánica, inorgánica y gases que están presentes forman parte de las características químicas que se encuentran en el agua residual. La separación de materia se justifica por la calidad de agua (Metcalf & Eddy, 1995).

#### **2.3.1.1.2.1 Grasas y aceites**

Las grasas son compuestos de carbono, oxígeno e hidrógeno, cuando las grasas sufren el ataque de ácidos minerales, forman glicerina y ácidos grasos. Los aceites por otro lado provienen de materia bituminosa derivada del petróleo, están compuestos por carbono e hidrógeno, ocasionalmente se encuentran en grandes cantidades al pasar por un sistema de alcantarillado (Metcalf & Eddy, 1995). Estos componentes interfieren en el normal desarrollo de la actividad biológica creando películas y acumulaciones de materia flotante indeseable.

#### **2.3.1.1.2.2 DBO**

La demanda bioquímica de oxígeno mide el oxígeno necesario para la respiración. que necesitan los microorganismos como las bacterias aerobias o anaerobias para poder descomponer toda la materia orgánica presente de una muestra, mientras más microorganismos contiene el efluente, mayor contaminación existirá (Olivares, 2020). Este parámetro es indispensable para poder calcular la eficiencia en una planta de tratamiento. El análisis estandarizado del DBO es registrar el oxígeno inicial y el oxígeno en 5 días para observar su consumo.



Fotografía 4. laboratorio químico Environovalab, Sector el Condado, 2022

Una alta concentración provoca bajas concentraciones de oxígeno en el agua en donde los microorganismos presentes deben consumir más oxígeno, la relación entre el DBO y OD es indispensable para determinar la calidad de un cuerpo de agua.

Las pruebas de DBO a menudo se usan para determinar la cantidad aproximada de oxígeno requerida para mantener estables los materiales orgánicos. También son útiles para tratar algunos tipos de aguas residuales y son importantes para determinar la efectividad de ciertos procesos (Metcalf & Eddy, 1995).

Cuando se requiere emplear los valores del DBO en 5 días para obtener el valor DBO último, se necesita conocer el valor  $k$ , es posible realizar el cálculo con el método de los mínimos cuadrados ajustando una curva con varios datos experimentales, la expresión es la siguiente:

$$\frac{dy}{dt} = k(L - Y_n)$$

(Metcalf & Eddy, 1995) (3)

$Y_n$ : Número de muestras DBO (mg/l)

$L$ : Diferencia de los cuadrados de los residuos

$K$ : Variante de estimación de DBO último

### **2.3.1.1.2.3 DQO**

Los productos químicos que exigen oxígeno lo utilizarán para oxidar materiales orgánicos. Cuanto mayor sea la DQO, mayor será la contaminación del agua. La materia orgánica es

sometida a un agente oxidante como el ácido sulfúrico que pasa por un catalizador el cual se encargará de acelerar la reacción para transformarse en CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O y otros compuestos (UPV, 2021).

El ensayo del DQO estiman el contenido de materia orgánica tanto en agua residual como natural, los agentes químicos que son empleados se caracterizan por ser fuertemente oxidantes colocándose en el reactor COD. Con el propósito de facilitar el proceso de oxidación se necesita utilizar un catalizador (Metcalf & Eddy, 1995).



Fotografía 5. Reactor COD, laboratorio químico Environovalab, Sector el Condado, 2022

#### 2.3.1.1.2.4 pH

El pH es la medida de concentración de iones de hidrógeno que están contenidos en una sustancia, al momento de medir la disolución se podrá clasificar en base a su nivel de acides o basicidad (Olivares, 2020).

Las sustancias ácidas tienen un pH menor a 7, las básicas un pH mayor y las neutras un valor de 7. Sustancias como el ácido clorhídrico están compuestas por una alta concentración de

acidez por tener un rango muy cercano al 0, por otro lado, el hidróxido de sodio que se aproxima al valor de 14 tiene un nivel alto de basicidad.

La medición del pH se ha realizado en campo con un potenciómetro por su exactitud con el fin de caracterizar la solución extraída de agua residual del conjunto.

La utilización de un electrodo de pH mide la diferencia de potencial que comprende un sistema sensible que tiene un bulbo de vidrio y un componente metálico de referencia, el equipo medidor de pH genera una carga. Cuando el bulbo es sumergido en una muestra los iones de hidrógeno penetran la capa, su comparación entra la parte interna y externa indica el tipo de solución de la muestra y su tendencia (Envirnovalab, 2020).



Fotografía 6. Calibración de potenciómetro, Envirnovalab, Conocoto, 2022

#### **2.3.1.1.3. Características biológicas**

Los microorganismos son tratados como características biológicas en el agua residual, organismos patógenos que se encuentra presentes en la toxicidad de las aguas (Metcalf & Eddy, 1995).

#### **2.3.1.1.3.1 Bacterias**

La importancia de las bacterias se da gracias a los procesos de estabilización y descomposición en la materia orgánica, su clasificación depende directamente de su tamaño, alguna alcanza longitudes muy grandes. Las coliformes fecales vienen de los desechos humanos y son un indicador de contaminación (Metcalf & Eddy, 1995).

#### **2.3.1.1.3.2 Hongos**

La descomposición del carbono en la atmósfera se da gracias a los hongos y bacterias, su desarrollo es producido en ambientes con poca humedad, la interrupción de la degradación de carbono es prologada debido a la anulación que los hongos aportan frente a la acumulación de materia orgánica (Metcalf & Eddy, 1995).

#### **2.3.1.1.3.3 Protozoos**

Su estructura se compone únicamente por una célula que está abierta, su alimentación consiste en la eliminación de microorganismos y bacterias muy pequeñas. Pueden llegar a causar infecciones mortales en paciente que han contraído el SIDA (Metcalf & Eddy, 1995).

#### **2.3.1.1.3.4 Organismos patógenos**

Son organismos presentes en cantidades pequeñas, son difíciles de aislar e identificar. El principal organismo indicador son las coliformes fecales, no son únicamente residuos de contaminación humano, tienen la capacidad de generar gas a temperaturas de incubación grandes (Metcalf & Eddy, 1995).

### **2.3.1.2. Tipos de aguas residuales**

#### **2.3.1.2.1. Aguas residuales urbanas**

Se puede encontrar dentro de las viviendas e industrias. Es agua compuesta por contaminantes domésticos como pueden ser lavamanos, duchas, inodoros, etc. Son transportadas por una red de alcantarillado independiente a las aguas lluvias (Ecointell, 2019).

#### **2.3.1.2.2. Aguas domésticas**

Son aguas residuales de viviendas, comercios, edificios públicos e instituciones (Metcalf, & Eddy, 2004).

#### **2.3.1.2.3. Aguas residuales industriales**

Son aguas que poseen componentes orgánicos e inorgánicos, estas aguas requieren un intenso tratamiento en donde se pueden encontrar aceites, amoniacos, sulfuros entre otras sustancias (Metcalf, & Eddy, 2004). Sin un tratamiento adecuado las aguas residuales industriales pueden ser considerablemente tóxicas.

#### **2.3.1.2.4. Aguas pluviales**

El agua pluvial proviene de la precipitación natural cuando llueve, el flujo desciende hasta el alcantarillado, es recomendable tener sistemas independientes tanto en aguas servidas como aguas lluvias (Ecointell, 2019). Son utilizadas además para la agricultura y para abastecer de agua al ganado. Con el aumento de plantas de tratamiento, la importancia de agua pluvial también incrementa, muchos ríos y lagos no cuentan con un control de descarga para el agua pluvial y agua procedente de fuentes que no son localizadas (Metcalf, & Eddy, 2004).

#### **2.3.1.2.5. Aguas residuales agrícolas**

Son producto de las actividades agrícolas que se descargan directamente en los ríos, su contaminación procede de los plaguicidas y fertilizantes. Un ejemplo son las aguas contaminadas con los pesticidas que los agricultores utilizan para matar las plagas que atacan sus cultivos (Ecointell, 2019).

#### **2.3.2. Tratamiento residual de las aguas**

Para tratar el agua residual es necesario una serie de procesos que consisten en eliminar los contaminantes considerando sus características químicas, físicas y biológicas. Una vez tratada el agua se descarga en un cuerpo de agua, desfiladero o es utilizado para riego, su finalidad es de reutilizar el agua, evitar la contaminación ambiental o mejorar la salud (Romero, 2004)

##### **2.3.2.1. Tratamiento de efluentes urbanos**

###### **2.3.2.1.1. Tratamiento preliminar**

Puede procesar tanto materiales sólidos como aguas residuales al mismo tiempo. Es por esto por lo que necesita ser separado en dos partes durante sus operaciones físicas y mecánicas. Una opción es usar barras o filtros giratorios, o dispositivos mecánicos de separación como pantallas o tamices (Hernández & Paz, 2011). La eliminación de los constituyentes del agua residual evita problemas posteriores domésticos o industriales.

###### **2.3.2.1.2. Tratamiento primario o físico – químico**

Esta fase se encarga de separar las partículas sólidas suspendidas y coloides. Este proceso se puede dividir en dos subgrupos diferentes. Uno consiste en filtrar o tamizar la sustancia para

separar los sólidos de las partículas suspendidas. Alternativamente, se puede utilizar la decantación para eliminar el peso y el grosor específicos de los materiales. Ambos métodos muestran una variación considerable en la aplicación práctica debido a las enormes diferencias de tamaño entre partículas (Degremont, 1979).

Un litro de agua limpia puede contener cientos de millones de partículas en suspensión que pesan menos de 0,1 mg. Por lo tanto, la noción de agua limpia es subjetiva y depende de cuántas impurezas haya en suspensión y qué tan turbia esté el agua (Degremont, 1979).

Los sólidos sedimentables y flotantes que se encuentra en el agua residual generalmente contienen grandes cantidades de materia orgánica y DBO (Metcalf, & Eddy, 2004). El tratamiento primario por sí solo no puede ser empleado como único método de tratamiento a menos que la ubicación de implantación dispense de disponer tratamiento secundario.

Otra manera de tratar el agua en la primera etapa son los reservorios que pueden servir para almacenar el agua residual, los tanques de sedimentación evacuan materia sólida, sus partículas se asientan en el fondo, el líquido excedente se denomina efluente primario encontrándose listo para pasar a la segunda fase de tratamiento (Belzona, 2010).

#### **2.3.2.1.3. Tratamiento secundario biológico**

El tratamiento secundario implica un proceso biológico en donde los sólidos en suspensión y compuestos orgánicos biodegradables buscan ser removidos (McGhee, 2001).

Después del tratamiento inicial de las aguas residuales se elimina la materia orgánica coloidal y soluble, el proceso del tratamiento secundario se enfoca en eliminar la mayor cantidad de contaminantes, proporcionando grandes cantidades de aire para potenciar el crecimiento de

los microorganismos que se encargarán de consumir la materia orgánica proveniente del agua residual (Belzona, 2010).

Mientras el tratamiento primario se encarga de eliminar gran parte de la demanda biológica de oxígeno suspendido, el tratamiento secundario removerá la demanda biológica de oxígeno soluble y los excedentes de la materia que se encuentra en suspensión que transitó el tratamiento primario y el preliminar (Lozano & Rivas, 2012).

#### **2.3.2.1.4. Tratamiento avanzado**

Se concentra en remover nutrientes y sustancias principalmente disueltas la cuales permanecen luego de las fases del tratamiento preliminar, primario y secundario (TULAS, 2015). Los constituyentes que necesitan mayor atención de remoción entran en esta fase, excesos de materia orgánica, compuestos tóxicos o sólidos que se mantienen en suspensión. Métodos específicos como el intercambio iónico o la osmosis inversa son llevados a cabo, procesos de tratamiento natural son equivalentes a los tratamientos avanzados con respecto a la calidad del efluente (Metcalf & Eddy, 1995).

Eliminar los microorganismos patógenos mediante la desinfección, nitrógeno orgánico y amoniacal que se encuentran presentes en las aguas residuales, agotar la demanda de oxígeno amoniacal mediante la nitrificación son potenciales soluciones como procesos complementarios (Lozano & Rivas, 2012).

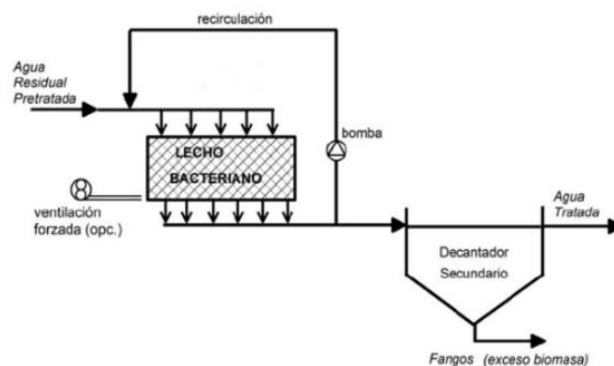
#### **2.3.2.2. Procesos de tratamiento**

##### **2.3.2.2.1. Filtro biológico percolador**

Este filtro es un equipo en donde las bacterias se degradan o intercambian sustancias contenidas por el agua, donde el sistema de tratamiento aeróbico se coloca sobre el medio de cultivo en lugar de sumergirlo (GEDAR, 2017). Antes de entrar en la fase de tratamiento secundario, las aguas residuales deben estar libres de objetos grandes que requieran un tratamiento primario.

El oxígeno que se proporciona permite a los microorganismos desarrollar degradación de la materia orgánica y crecer. La biomasa crece sobre el lecho bacteriano regulada por la cantidad de agua, el proceso consiste en impulsar el agua para generar un giro por medio de una bomba que regula la velocidad independientemente del caudal. Cuando los contaminantes del agua son retenidos por el lecho pasa a un decantador secundario que retiene el exceso de biomasa y finalmente el agua es tratada (GEDAR, 2017).

Figura 1. Esquema de funcionamiento filtro percolador y decantación secundaria.



**Fuente:** Tratamiento biológico Aerobio GEDAR (2017), Filtro Percolador, pág. 1.

#### 2.3.2.2.2. Filtro FAFA

Es un sistema eficiente en climas templados cuando se combina con tipos de tratamiento adicionales. Cuando se produce el proceso de filtración, los compuestos conformados por

materia orgánica cambian hasta transformarse en sustancias que llegan casi a su oxidación completa, las partículas de mayor tamaño son separadas por procesos mecánicos (CONAGUA, 2014). El Filtro anaerobio FAFA puede ser utilizado como un postratamiento para remover sólidos, materia orgánica o microorganismos patógenos. El filtro se puede utilizar en poblaciones pequeñas, en donde los efluentes son procesados por tratamientos primarios como un tanque séptico, Chernicharo menciona la conformación de filtros FAFA luego de la colocación de reactores anaerobios RAFA (CONAGUA, 2014).

La materia orgánica es retenida por el filtro, mientras que la materia soluble forma biopelículas que dependerán de la materia orgánica presente en el reactor RAFA. Se debe reducir además los riesgos de taponamiento que pueden ocurrir a la mitad del filtro (CONAGUA, 2014).

#### **2.3.2.2.3. Reactor RAFA o UASB**

El lodo microbiano en la parte superior del reactor eleva las partículas derivadas de la biomasa hacia el interior del reactor. Las aguas residuales se acumulan en un nivel inferior donde se mezclan con el lodo. En ambientes anaeróbicos, el dióxido de carbono y el metano reaccionan para formar lodos. Los gases arremolinados producen partículas biológicas. La exposición posterior a los microbios en fermentación hace que parte del gas se adhiera a las células vivas (SEMARNAT 25, 2019).

Las fisuras en el manto en la parte superior del reactor expulsan gas y partículas hacia el lodo. Una bóveda de gas situada en la parte superior del reactor alberga los gases liberados por las partículas; esto se mitiga mediante una cámara de separación donde los sólidos se tamizan y se eliminan del manto (BIOTIM, 2017). Lograr una separación adecuada del gas producido en el

proceso es necesario para separar los microbios y los lodos. Asimilado a través de la sedimentación, este lodo anaeróbico desempeñará un papel muy importante para determinar si las condiciones químicas y físicas de la floculación son favorables.

#### **2.3.2.2.4. Lodos activados**

Los lodos activados son mecanismos de remoción que actúan en el agua residual comprendiendo procesos físicos de adsorción, floculación y procesos biológicos para el consumo de la materia orgánica ocurriendo simultáneamente, pero actuando de manera lenta. La eficiencia de remoción es alta, además se considera que los procesos biológicos comprenden una inversión de grande, operación y mantenimiento. La caracterización completa del agua residual y variaciones del flujo garantizan una alta eficiencia, además del controlar su temperatura, salinidad y toxicidad (Ramírez, 2004). Los componentes que integran el sistema son:

Tanques de aeración: Los tanques de aireación contienen difusores de burbuja fina encargados de inducir aire en el agua con el objetivo de degradar la materia prima contaminante producida por las bacterias aeróbicas, existe además un clarificador que separa por sedimentación el agua tratada del lodo. Cuando el agua culmina su paso por el clarificador llega al área de cloración en donde se eliminan las bacterias patógenas de manera que el agua está lista para ser reutilizada (Ecosystems, 2020).

Fuente de aeración y sedimentador: La fuente permite transferir el oxígeno y brindar la mezcla que necesita el sistema. Puede funcionar a través de inyección de oxígeno puro o aireación mecánica, por otro lado, el sedimentador se encargará de separar los sólidos biológicos del agua tratada (Ramírez, 2004).

Tuberías y bomba: Se colocan tuberías y una bomba para la recirculación de los sólidos biológicos que se producen del sedimentador al reactor, tuberías adicionales para la purga de lodos también son colocada con la finalidad de evacuar los lodos activados que recircularon por el reactor (Ramírez, 2004).

Los lodos activados se consideran como un proceso muy utilizado en el tratamiento de las aguas residuales, aspectos como la concentración del efluente, exceso generado por los lodos, cantidad de biomasa en el reactor y cantidad de oxígeno utilizado son fundamentales (Ramírez, 2004).

#### **2.3.2.2.5.      Lagunas de oxidación**

La laguna de oxidación se encuentra construida específicamente para tratar las aguas residuales mediante procesos naturales. Sus embalses se crean compactando y excavando la tierra por un periodo de tiempo determinado, su manejo residual y eficiencia energética son sus principales características (González, 2008). El diseño del sistema separa los diversos componentes en varias cámaras. Estas cámaras albergan los diversos materiales inorgánicos que definen el diseño general del sistema. A continuación, el agua pasa por lagunas oxidantes en contacto directo con el aire. Finalmente, el agua sedimentada y finalmente purificada fluye a través de un sistema de canales (Mendonca, 2000).

#### **2.3.2.2.6.      Lagunas Aerobias**

La laguna anaerobia se encarga de recibir el agua residual que es sometida a un tratamiento con pocos sólidos en suspensión, puede ser de aireación natural o por oxígeno suministrado. Tiene poca presencia de sólidos en suspensión debido al tratamiento previo del

agua residual, la materia orgánica se degrada por las algas que se encuentran en la laguna, su tiempo de retención es de un mes (Gutiérrez, 2011). Los depósitos de las lagunas son grandes, sin embargo, la profundidad es pequeña, los microorganismos se encuentran suspendidos mientras el oxígeno es suministrado de manera natural por efecto de la aeración con la superficie o mediante fotosíntesis de plantas. El oxígeno que se libera de las plantas se utiliza para la degradación de materia orgánica por medio de las bacterias (CONAGUA, 2007).

Laguna aerobia de baja tasa: Son diseñadas para mantener la cantidad de oxígeno maximizada en toda la profundidad de la laguna, su función principal es tratar los residuos solubles y efluentes secundarios. No se recomiendan en climas fríos debido al congelamiento, la utilización de este tipo de laguna es poco convencional por el mantenimiento de oxígeno disuelto durante todo el año en todos los puntos (CONAGUA, 2007).

Laguna aerobia de alta tasa: La construcción de esta planta tiene la finalidad de conseguir altas producciones de material proteico y optimización de la producción de algas, la remoción de nutrientes y el tratamiento de material soluble es realizado con eficacia. El tiempo de retención es corto y el contenido de oxígeno disuelto alto, puede eliminar gran cantidad de coliformes fecales y bacterias patógenas (CONAGUA, 2007).

#### **2.3.2.2.7.      Lagunas Anaerobias**

Este tratamiento requiere bacterias aeróbicas que puedan sobrevivir y multiplicarse en ambientes libres de oxígeno la laguna pasa por etapas de formación de ácidos y metano.

Es la primera unidad de tratamiento luego del preliminar, su excavación es profunda para mantener las condiciones inexistentes de oxígeno (Gutiérrez, 2011). La liberación del gas y

producción de lodos son característicos del tipo de laguna y se compone por procesos de sedimentación sin actividad fotosintética. A diferencia de las lagunas aerobias, las anaerobias son profundas, las natas que se generan en la superficie evitan la presencia de alga por la ausencia de luz impidiendo la propagación del oxígeno. Las bacterias que se forman en las lagunas anaerobias son resultado de la formación de ácidos orgánicos, la materia se convierte en metano y dióxidos de carbono (CONAGUA, 2007).

#### **2.3.2.2.8.      Lagunas Facultativas**

Las lagunas facultativas se ubican después del tratamiento primario y tienen zonas aeróbicas y anaeróbicas en la superficie y en el fondo, respectivamente, con el objetivo de obtener la mayor calidad posible de efluentes con materia orgánica altamente estable y nutrientes reducidos en bacterias. La actividad fotosintética se da en base a la radiación solar por esta razón es importante disponer de una gran área que junto con el crecimiento de algas se encargará de remover el nitrógeno presente, por otro lado, la fotosíntesis en el día producirá oxígeno (Rosales, 2014).

Una laguna facultativa cuenta con tres zonas para tratar el agua residual, en la superficie las bacterias y plantas coexisten al igual que las lagunas aerobias, la zona inferior tiene la característica anaerobia en donde los sólidos son acumulados hasta su descomposición, finalmente la zona intermedia es en donde se realiza la descomposición de la materia orgánica por bacterias aerobia y anaerobias (CONAGUA, 2007). Existen lagunas facultativas controladas de descarga y completamente cerradas, la descarga se puede controlar mediante hidrogramas (Middlebrooks & Crites, 1988).

#### **2.3.2.2.9. Filtro medio granular con recirculación**

El filtro medio granular tiene como función la separación de sólidos en suspensión, los poros por los que pasan los sólidos son tipo de membrana, la filtración puede ser lenta o rápida (UDC, 2014). Mediante el proceso de recirculación la remoción de sólidos puede obstaculizar el filtro, para que la filtración sea eficaz los sólidos no deben bloquear la superficie.

#### **2.3.2.3. Procesos complementarios**

##### **2.3.2.3.1. Rejillas de cribado**

La rejilla de cribado es parte del sistema de pretratamiento en una planta, su objetivo es remover todos los sólidos gruesos que llegan por medio del alcantarillado para proteger los equipos del sistema de tratamiento (RAS, 2015). Es importante la implantación de la rejilla al ingreso de las estaciones de bombeo para evitar inundaciones al cerrar la compuerta que pueden generar problemas de sedimentación y obstrucción por los residuos. Para diseñar una rejilla de cribado, los criterios que se deben considerar son el tamaño de las barras, ángulo desde la vertical y el espaciamiento. Cuando las rejillas no se limpian con frecuencia los sólidos al momento de su liberación provocan oscilaciones toscas de flujo (SEMARNAT 25, 2019).

##### **2.3.2.3.2. Desinfección ultravioleta**

La desinfección ultravioleta utiliza la luz obtenida del sol que es intensificada por medio de bombillas, durante el proceso los microorganismos eliminan los patógenos existentes como resultado, el agua sale con pocas bacterias causantes de enfermedades. Mientras más clara es el agua que pasa por las bombillas ultravioletas, menos energía se requiere, ampliando el periodo de vida de las bombillas (WEFTA, 2020).

Gran parte de las plantas de tratamiento utilizan el cloro como un desinfectante, por otro lado, la gran desventaja es que genera productos secundarios denominados organoclorados. La luz ultravioleta es una alternativa para combatir los organismos patógenos, las coliformes fecales son propensas a la luz ultravioleta (Beltrán & Jiménez, 2000). Las partículas suspendidas forman una parte muy importante en este tipo de tratamiento debido a su efectividad, mientras menor es el contenido de sólidos mayor es su eficiencia (Beltrán & Jiménez, 2000).

### **2.3.3. Límites de descarga para cuerpos de agua dulce**

#### **2.3.3.1. Determinación de carga máxima permisible**

La carga máxima se determina como el límite de descarga aceptable al receptor o sistema de alcantarillado (TULAS, 2015). La determinación es desarrollada por medio de un balance de masas, el punto de descarga.

$$Q_e.C_e = (Q_e + Q_r)C_c - Q_r.C_r$$

(TULAS, LIBRO VI, 2015) (4)

En donde:

Cc: Carga contaminante diaria.

Ce: Concentración media diaria máxima permitida en la descarga.

Cr: La concentración de contaminantes en el tramo aguas arriba del vertido debe ser inferior a la concentración de la norma de calidad Ce.

Qr: El caudal crítico del receptor corresponde generalmente a un periodo de retorno de 7 días consecutivos en 10 años o un caudal garantizado del 85% antes del vertido o caudal ambiental.

Qe: Flujo de emisiones en condiciones futuras (generalmente se considera 25 años, el período de tiempo utilizado para el diseño de ingeniería de descontaminación).

### 2.3.3.2. Límites de tipo descarga máxima

Para definir los límites de vertido de agua dulce, el texto armonizado de legislación secundaria considera una tabla que contiene los parámetros de contenido y sus límites permisibles.

Tabla 1. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro Total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro Total	CN	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. Carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl-	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000
Color real	Color real	Unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	DBO	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro Total	Fe	mg/l	10,0

Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso Total	Mn	mg/l	2,0
Materia Flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio Total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendedos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos Totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos	SO <sub>4</sub>	mg/l	1000
Sulfuros	S-2	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición natural +-3
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

**Fuente:** TULSMA, Libro VI, Tabla 10, pág.98

### **3. CAPÍTULO III: SELECCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO**

#### **3.1. Criterios técnicos**

##### **3.1.1. Caudal promedio de aguas residuales**

###### **3.1.1.1. Caudal de diseño**

Corresponde a la generación de consumo de agua residual poblacional en un tiempo determinado, constituye los caudales de infiltración, aguas lluvias y el caudal máximo instantáneo (López Cualla, 2003).

Cualquier red de distribución será diseñada en base al caudal máximo instantáneo, por tanto, es la base sobre la que se construye el proceso de diseño (López Cualla, 2003).

$$Q_{dis} = Q_{All} + Q_{inf} + Q_{MI}$$

(López Cualla, 2003) (5)

Q<sub>dis</sub>: Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/día)

Q<sub>All</sub>: Caudal aguas lluvias (m<sup>3</sup>/día)

Q<sub>inf</sub>: Caudal de infiltración (m<sup>3</sup>/día)

Q<sub>MI</sub>: Caudal máximo instantáneo (m<sup>3</sup>/día)

###### **3.1.1.2. Caudal medio**

Es el promedio de los consumos de caudal anuales, son determinados para analizar la capacidad de una planta de tratamiento y sirven para el cálculo del caudal máximo instantáneo (EMAAP-Q, 2009).

$$Qmd = q * N * \frac{1}{86400}$$

(SENAGUA, 2016) (6)

Qmd: Caudal medio anual diario (L/s)

N: número de habitantes (Hab)

q: Dotación tomada del SENAGUA CO 10.7-601, tabla V3 (L/Hab/día)

### 3.1.1.3. Caudal máximo diario

$$QMD = KMD * Qmd$$

(SENAGUA, 2016) (7)

QMD: Caudal máximo diario (L/s)

Qmd: Caudal medio diario (L/s)

KMD: Factor de mayoración máximo diario

\*El factor de mayoración se recomienda de 1.3 – 1.5 (SENAGUA, 2016).

### 3.1.1.4. Caudal máximo horario

$$QMH = KMH * Qmd$$

(SENAGUA, 2016) (8)

QMH: Caudal máximo horario (L/s)

Qmd: Caudal medio diario (L/s)

KMH: Factor de mayoración máximo horario

\*El factor de mayoración se recomienda de 2 – 2.3 (SENAGUA, 2016).

### 3.1.1.5. Caudal de aguas lluvias ilícitas

Es la aportación de las aguas lluvias ilícitas proveniente de los patios o jardines, las aguas siguen su trayectoria hasta el alcantarillado, cuando el sistema de descarga es combinado el caudal de diseño aumenta (Metcalf, & Eddy, 2004).

Cuando no se realiza un control adecuado en las conexiones domiciliarios serán necesarios estudios del caudal producido en las diferentes estaciones del año (EMAAP-Q, 2009).

Los valores presentados por la EMMAP-Q indican los aportes máximos por conexión ilícita y sin conexión para un alcantarillado pluvial.

Tabla 2. Aporte máximo para conexiones ilícitas con sistema de alcantarillado pluvial

Nivel de complejidad del sistema	Aporte (L/s*ha
Bajo y medio	0.2 – 2.0
Medio alto y alto	0.1 – 1.0

**Fuente:** EMAAP-Q, 2009, pág. 33

Tabla 3. Aporte máximo para conexiones ilícitas sin sistema de alcantarillado pluvial

Nivel de complejidad del sistema	Aporte (L/s*ha
Bajo y medio	4.0 – 20.0
Medio alto y alto	2.0 – 20.0

### **3.1.1.6. Caudal de aguas de infiltración**

Es el caudal provocado por la presencia de aguas subterráneas o subsuelo y las imperfecciones de las juntas en las tuberías, uniones y conexiones entre las tuberías y pozos de revisión (Metcalf, & Eddy, 2004).

El caudal de infiltración adoptado basado en la norma INEN 1 752 que consiste en la eliminación de residuos líquidos tiene como requisito para el cálculo del caudal de diseño la utilización de  $14 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{día}$  para aguas de infiltración.

### **3.1.2. Calidad de aguas residuales**

El TULAS especifica en su libro de Calidad ambiental que la condición del agua va a depender del tipo de uso, si la planta de tratamiento tiene fines netos de descarga a un cuerpo de agua dulce entonces debe obedecer al límite permisible de sustancias que el agua tiene (tabla 1), para conocer su composición es necesario primero realizar una toma de muestra y llevarla al laboratorio.

#### **3.1.2.1. Procedimiento para realizar la extracción de muestras**

La toma de muestras en aguas residuales se extrae del vertedero, caja de revisión o el lugar destinado para la descarga (Environovalab, 2020).

El caudal es el primer dato extraído para el análisis de la muestra, es realizado mediante un método volumétrico manual en donde se reconoce la cantidad de flujo en el tiempo. Para este

procedimiento, es necesario un cronómetro que tomará el tiempo desde el momento que se llena el recipiente de 1,25 litros hasta que termina (Andrade, 2020).

$$Q = \frac{v}{t}$$

(McGraw-Hil, 1994) (9)

Q: Caudal tomado en campo (L/s)

t: Tiempo promedio empleado por el método volumétrico (s)

v: Volumen del recipiente (1,25 L)

Es importante que antes de realizar la toma de la muestra el flujo sea constante, los datos se registran en una cadena de custodia para monitoreo en campo (Anexo 5).

Existen muestras simples, compuestas o integradas, las tomas pueden ser manuales cuando su extracción no es a gran escala con sitios de acceso fácil y condiciones simples de operación, sin embargo, si la rutina es considerablemente grande es indispensable la toma de muestras automática con equipos de especialización (Envirnovalab, 2020).

Es importante tomar nota de las observaciones en el campo y los procesos de la planta de tratamiento como lodos activos, lagunas, etc.

#### **3.1.2.1.1. Muestra simple o puntual**

Cuando en un tiempo prolongado o en distancias relativamente considerables la composición del cuerpo de agua es constante se habla de una muestra simple o puntual, el tiempo de extracción de la muestra puede varias de 5 minutos hasta 1 hora (Envirnovalab, 2020).



Fotografía 7. Extracción de muestra simple, Conjunto habitacional HARU, 2022

### 3.1.2.1.2. Muestras compuestas

Si la extracción tiene varias muestras simples en un intervalo que no es contrastante se habla de una muestra compuesta, por esta razón se ha considerado como estándar este tipo de muestra en un periodo aproximado de 24 horas (Envirnovalab, 2020).

De acuerdo con el caudal instantáneo que se tiene, se debe calcular el volumen de alícuota considerando el volumen total que por lo general es de 2000 ml como mínimo, caudales promedio e instantáneo y número de muestras con la siguiente fórmula:

$$V_i = \frac{Q_i * V}{Q_p * n}$$

(IDEAM, 2007)

(10)

$V_i$ : Volumen para cada alícuota (m<sup>3</sup>)

$V$ : Volumen total (m<sup>3</sup>)

$Q_p$ : Caudal promedio (m<sup>3</sup>/día)

$Q_i$ : Caudal instantáneo (m<sup>3</sup>/día)

$N$ : Número de muestras (n)

### 3.1.2.1.3. Muestras integradas

Cuando las muestras son tomadas simultáneamente de diferentes puntos como un tratamiento combinado por varios efluentes residuales que están separados y su interacción tiene un efecto significativo en su composición se requiere una muestra integrada, se necesita conocer su volumen, movimiento y composición para realizar el estudio (Environovalab, 2020).

### 3.1.2.1.4. Preparación previa

1. Si la muestra requiere una conservación personalizada se utilizan neveras portátiles y se traslada la muestra al laboratorio.



Fotografía 8. Preparación de equipo previo, Conjunto habitacional HARU, 2022

2. Se realiza un lavado del material en el laboratorio con detergente libre de fosfato y se enjuaga con agua destilada.



Fotografía 9. Zona de lavado, laboratorio químico Environovalab, Sector el Condado, 2022

3. Se selecciona un recipiente adecuado acorde al tipo de muestra y su posterior análisis.



Fotografía 10. Recipientes, laboratorio químico Environovalab, Sector el Condado, 2022

4. Se etiqueta a la muestra con nombres y códigos.



Fotografía 11. Zona de detallado de muestra, laboratorio químico Environovalab, Sector el Condado, 2022

### 3.1.3. Condiciones climáticas

La variación del clima influye directamente con la alteración de olores, factores como la luz solar, viento, precipitación fluvial, humedad y temperatura alteran los procesos de la planta (Metcalf, & Eddy, 2004).

Para la toma de muestra simple se puede apreciar que la temperatura en el sector de Conocoto oscila 10 – 20 °C, mientras que la humedad es considerablemente alta aproximadamente 80 – 100%, por esta razón fenómenos atmosféricos como la lluvia son frecuentes.



Fotografía 12. Humedad y temperatura, Conjunto habitacional HARU, 2022

#### 3.1.4. Tipo de reactor

Se propone implementar un sistema anaeróbico múltiple con varios digestores cerrados sin contacto con la atmósfera, su razón se debe al bajo consumo energético, área de implantación y bajo costo de operación frente a un sistema aerobio (Aema, 2019). La conexión en serie de una rejilla de limpieza para materia mayor a 30mm, una trampa de grasas, un taque séptico conectado a un reactor de flujo ascendente y una lámpara UV ofrecen buenas condiciones para llevar un proceso de digestión anaeróbica debido a las 3 etapas que se encargarán de cumplir que son preliminar, física - química y biológica (Metcalf, & Eddy, 2004).

La zona de tratamiento preliminar se encargará de retener únicamente la materia mayor a los 30mm con el objetivo de facilitar el tratamiento de la siguiente etapa que es la trampa de grasas y el tanque séptico de la planta.

El tratamiento primario se llevará a cabo en el digestor de biomasa suspendida conformado por un tanque séptico que tiene las etapas físico – químicas y una trampa de grasas, se encontrará cerrado, con temperatura ambiente, por el reactor pasará un afluente con sólidos

solubles y coloidales, como productos finales del tratamiento se tendrán gases y sólidos biodegradables como humus. Se busca reducir DBO, DQO, sólidos suspendidos, fósforo, nitrógeno, aceites y grasas (Romero, 2004).

El tratamiento secundario comprende el proceso biológico de la planta que se lleva a cabo en el reactor, el afluente en el reactor contendrá a los sólidos solubles y coloides. En esta etapa se garantizará el cumplimiento de la mayoría de los parámetros necesarios para la descarga, sin embargo, para reducir las coliformes fecales será necesario un tratamiento UV luego del reactor (Romero, 2004).

#### **3.1.5. Procesamiento de lodos**

El procesamiento de los lodos depende del tipo de planta de tratamiento, son generados fundamentalmente en las etapas primaria y secundaria. En la etapa primaria la cantidad de lodos dependerá del tiempo de retención hidráulico y la carga superficial, en esta etapa la mayor cantidad de lodos son producidos por la sedimentación, por otro lado, en la etapa secundaria los residuos se convierten en biomasa (Limón, 2013).

Para procesar un lodo, los criterios fundamentales que se deben conocer son: la edad del lodo, densidad, producción y oxígeno, existen algunos procesos que pueden tratar al lodo dependiendo de sus características (SENAGUA, 2016).

Los requisitos para el oxígeno deben ser calculados en la estación de verano, en plantas de tratamiento pequeñas se puede considerar conveniente la implementación de un sistema de aireación, un sedimentador secundario que se encargue de concentrar a la biomasa o una zanja

de oxidación capaz de estabilizar al lodo, la eficiencia de remoción de DBO, DQO y nitratos es muy alta y tiene una aplicación general (SENAGUA, 2016).

### **3.1.6. Normas ambientales**

Gracias al Segundo capítulo teórico y conceptual descripción 2.2.2. se puede llegar a conocer las normativas ambientales vigentes para el diseño de la planta de tratamiento.

### **3.1.7. Operación y mantenimiento**

#### **3.1.7.1. Rejilla**

La limpieza del proceso de pretratamiento de la planta se la realiza con un operario diariamente, materiales no degradables como papeles, fundas, pueden circular por el sistema en las primeras etapas, el barrido de los residuos se genera en contra del flujo, el lodo acumulado se retiene en la rejilla y se retira. Si la limpieza de la rejilla no es realizada con frecuencia, los sólidos atrapados pueden producir turbulencia cuando la velocidad del flujo es alta (Unillanos, 2019).

#### **3.1.7.2. Tanque séptico**

El sistema necesita llenarse en un inicio hasta el orificio de salida, es necesario propiciar la presencia de bacterias para descomponer la materia orgánica, lodos relacionados con el mismo proceso pueden ser colocados en la parte inferior del tanque, para el primer arranque también se puede utilizar estiércol fresco, solución que será de dos kilogramos diluidos en un balde de 10 a 12 litros (Rosales, 2014).

Para la limpieza del tanque, el personal encargado necesita agitar el sistema hasta que pueda mezclarse de manera homogénea, los lodos que se quedan en el fondo del tanque son conservados en el mismo estado y posición en el que se encuentran. Los tanques necesitan ser limpiados antes que se acumulen grandes cantidades de lodos o natas, la inspección visual debe ser ocasional, gracias a una varilla de medición se puede conocer la altura del lodo, el volumen de acumulación de lodos digeridos (Rosales, 2014).

### **3.1.7.3. Reactor anaerobio**

La importancia de un tratamiento preliminar para el funcionamiento del reactor evita el ingreso de sólidos gruesos y arenas que ocuparían un volumen necesario para los lodos y biomasa activa (Lobato, 2018). La natas y espumas generadas en la parte superior son gestionadas al abrir una válvula, la carga hidráulica arrastra el contenido (Lobato, 2018).

El proceso de digestión anaerobia produce biogás con un potencial uso para calefacción o generación eléctrica, en caudales pequeños como el del conjunto es mejor quemarlo, debido al gas metano que se puede generar (Lobato, 2018).

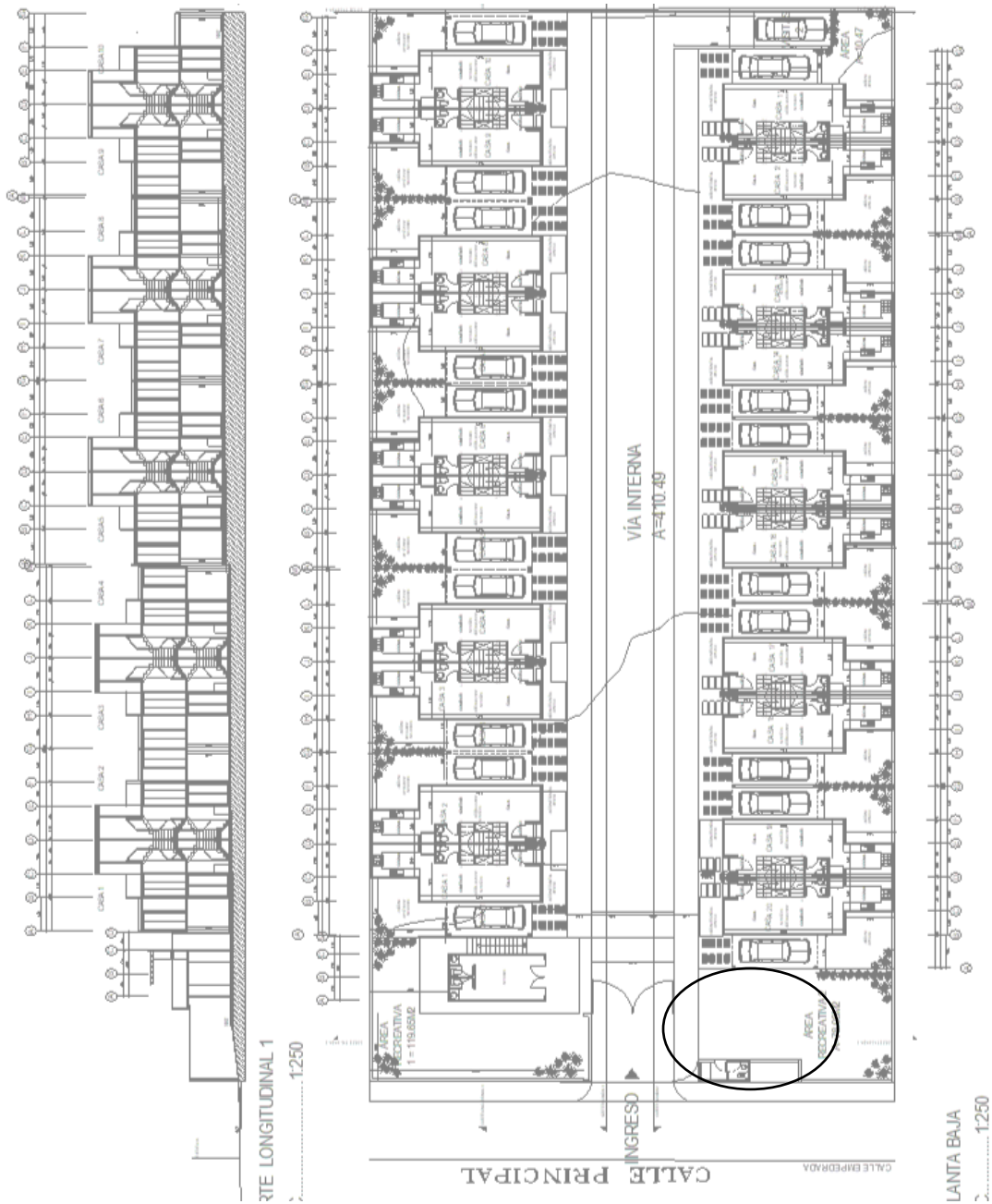
### **3.1.8. Espacio físico para la implantación**

Para adecuar la planta de tratamiento con el objetivo de encontrar un lugar cercano a la descarga, el sitio ideal es el área recreativa 2, con una superficie de 78,98 m<sup>2</sup>.

Gracias a la fase posterior correspondiente al diseño de la planta se puede apreciar que el espacio proporcionado es suficiente para colocar todo el sistema de tratamiento, terminando en una cámara de agua tratada. Con el propósito de eliminar los olores generados en toda la

planta se pretende utilizar una barrera física de absorción, el elemento se encargará de eliminar los compuestos orgánicos mediante un proceso de oxidación que se activa con luz ultravioleta, el tratamiento tiene el nombre de fotocatalisis heterogénea, eliminará los gases de metano, sulfhídricos y se ubicará en el reactor anaerobio de f(Ingeniería en aguas SAS, 2020).

Detalle 1. Posible ubicación de la planta en el conjunto habitacional HARU, 2022



#### 4. CAPÍTULO IV: DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

##### 4.1. Población equivalente

Un habitante equivalente es un estándar para conocer el límite de contaminación que emite una persona, el DBO 5 promedio que genera un individuo es de 60g de oxígeno al día (Butlerms, 2018).

En capítulo 3.1.3 se demuestra que las condiciones climáticas corresponden a un clima frío, para poder calcular la dotación del conjunto es necesario aplicar la normativa del SENAGUA CO 10.7-601, para poblaciones menores a 5000 habitantes la dotación mínima en climas fríos debe ser de 120 L/hab/día.

Tabla 4. Dotaciones recomendadas

Población (Habitantes)	Clima	Dotación media futura (L/Hab/día)
Hasta 5000	Frío	120-150
	Templado	130-160
	Cálido	170-200
5000 a 50000	Frío	180-200
	Templado	190-220
	Cálido	200-230
Más de 50000	Frío	>200
	Templado	>220
	Cálido	>230

Fuente: SENAGUA CO 10.7-601, Tabla V.3, pág. 65

$$Qmd = q * N * \frac{1}{86400}$$

(SENAGUA, 2016) (6)

Para el caudal medio en agua residuales se multiplicará por un fator de 0.8 (SENAGUA, 2016).

$$Qmd = q * N * \frac{1}{86400} * 0.8$$

(SENAGUA, 2016) (11)

Qmd: Caudal medio anual diario (L/s)

N: número de habitantes (Hab)

q: Dotación tomada del SENAGUA CO 10.7-601, tabla 6 (L/Hab/día)

$$Qmd = \frac{120 \frac{L}{Hab}}{día} * 80 hab * \frac{1 día}{86400s} * 0.8$$

$$Qmd = 0.088 \frac{L}{s}$$

$$Qmd = 0.088 \frac{L}{s} * \frac{1m^3}{1000L} * \frac{86400s}{1 día}$$

$$Qmd = 7.67 \frac{m^3}{día}$$

La población del conjunto es de 80 habitantes, posterior al cálculo del caudal medio se puede conocer la producción de agua residual por persona siendo de 120 L/hab/día.

$$Qvertido = 120 \frac{L}{hab} * 80hab$$

(Butlerms, 2018) (12)

$$Q_{vertido} = 9600 \frac{L}{día}$$

## 4.2. Características del afluente y efluente

### 4.2.1. Afluente

Para obtener los parámetros del agua residual del conjunto se realizó un análisis de aguas con el método de toma de muestra simple, la toma se realizó el día 16 de diciembre del 2022, la cadena de custodia fue proporcionada por el laboratorio Environovalab el mismo que se encargó de analizarla, el laboratorio tiene una acreditación del SAE, la muestra fue extraída frente al conjunto. Gracias al posterior informe de resultados las características del agua residual afluente fueron:

Tabla 5. Características del afluente

Parámetro	Resultados	Unidades
Aceites y grasas:	120	mg/l
Coliformes fecales:	1x10e6	NMP/100 ml
DBO5 Total:	142.6	mg/l
DBO5 Soluble:	86.9	mg/l
DBO5 Suspendida:	55.7	mg/l
DQO Total:	318.6	mg/l
DQO Soluble:	184.2	mg/l
DQO Suspendida:	134.4	mg/l
Fósforo total:	18.5	mg/l
Nitrógeno total Kjeldahl:	62	mg/l
Nitrógeno amoniacal:	28	mg/l
SST:	196	mg/l

Temperatura	12	°C
Color real	0.25	Pt-Co
Potencial de hidrógeno:	7.04	upH

#### 4.2.2. Efluente

Para cumplir con la normativa de descarga, se necesitan estimar las eficiencias que cada parámetro debe tener, la estimación se encuentra luego de cada diseño, Jairo Romero Rojas en su libro “Diseño de sistemas de tratamiento de aguas residuales” describe las siguientes eficiencias de remoción:

Tabla 6. Eficiencia de remoción

Unidades de tratamiento	DBO	DQO	SS	P	N Org	NH3-N	Patógenos
Rejilla	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.
Taque Séptico	30-40	30-40	50-65	10-20	10-20	0	Desp.
Reactor UASB	65-80	60-80	60-70	30-40	-	-	-
Ultravioleta	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.	Desp.	99.998-100

**Fuente:** Jairo Romero Rojas, Diseño de sistemas de tratamiento de aguas residuales, Tabla 2, pág.38

\*Para el parámetro de aceites y grasas se propone colocar una trampa de grasas.

De acuerdo con los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce los parámetros aceptables son:

Tabla 7. Características del efluente, parámetros para un cuerpo de agua dulce

Parámetro	Límites	Unidades
Aceites y grasas:	100	mg/l
Coliformes fecales:	2000	NMP/100 ml
DBO5 Total:	100	mg/l
DQO Total:	200	mg/l
Fosforo total:	10	mg/l
Nitrógeno total Kjeldahl:	50	mg/l
Nitrógeno amoniacal:	30	mg/l
SST:	130	mg/l
Potencial de hidrógeno:	6-9	upH

**Fuente:** TULSMA, Libro VI, Tabla 10, pág.98

El agua tratada no se va a reutilizar, por esta razón los resultados que se esperan luego del tratamiento simplemente buscan no sobrepasar el límite proporcionado por la tabla 1 referente a los límites de descarga para cuerpos de agua dulce.

#### 4.2.3. Caudal máximo diario

$$QMD = KMD * Qmd$$

(SENAGUA, 2016) (7)

QMD: Caudal máximo diario (L/s)

Qmd: Caudal medio diario (L/s)

KMD: Factor de mayoración máximo diario

\*El factor de mayoración se recomienda de 1.3 – 1.5 (SENAGUA, 2016).

$$QMD = 1.3 * 0.088 \frac{L}{s}$$

$$QMD = 0.114 \frac{L}{s}$$

$$QMD = 0.114 \frac{L}{s} * \frac{1m^3}{1000L} * \frac{86400s}{1 \text{ día}}$$

$$QMD = 9.88 \frac{m^3}{\text{día}}$$

#### 4.2.4. Caudal máximo horario

$$QMH = KMH * Qmd$$

(SENAGUA, 2016) (8)

QMH: Caudal máximo horario (L/s)

Qmd: Caudal medio diario (L/s)

KMH: Factor de mayoración máximo horario

\*El factor de mayoración se recomienda de 2 – 2.3 (SENAGUA, 2016).

$$QMH = 2 * 0.088 \frac{L}{s}$$

$$QMH = 0.176 \frac{L}{s}$$

$$QMH = 0.176 \frac{L}{s} * \frac{1m^3}{1000L} * \frac{86400s}{1 \text{ día}}$$

$$QMH = 15.20 \frac{m^3}{día}$$

#### 4.3. Rejilla para remoción de sólidos – tratamiento preliminar

Para dimensionar la rejilla se utilizan los criterios de diseño del SENAGUA CO 10.07-601, SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, se resume una tabla referente la sección 5 con los principales parámetros que se necesitan.

Tabla 8. Características de rejilla

Características	Unidad
Espesor de la barra, mm	5-15
Espaciamiento, mm	25-50
Separación entre barras, mm	30-75
Pendiente con respecto a la horizontal, grados	44-60
Velocidad de flujo en el canal, (m/s)	0.3-0.6

**Fuente:** SENAGUA CO 10.07-601, Sección 5.3.3.4, pág. 338

##### 4.3.1. Rejilla metálica de sólidos

###### 4.3.1.1. Datos

El criterio para el diseño de rejas se efectuará de acuerdo con el caudal máximo horario (SENAGUA, 2016).

QMH: 15.20 m<sup>3</sup>/día

Inclinación de la reja: 45 grados

Espesor de la barra: 7 mm

Separación entre barras: 30 mm

$$A = \frac{QMH}{v}$$

(McGraw-Hil, 1994) (13)

A: Área total proyectada (m<sup>2</sup>)

Q: Caudal máximo horario (m<sup>3</sup>/s)

v: Velocidad de flujo en el canal (m/s)

$$A = \frac{0.176 \frac{L}{s} * \frac{1 m^3}{1000L}}{0.45 \frac{m}{s}}$$

$$A = \frac{0.176 \frac{L}{s} * \frac{1 m^3}{1000L}}{0.45 \frac{m}{s}}$$

$$A = 3.91 \times 10^{-4} m^2$$

El área total proyectada es muy pequeña debido al valor del caudal máximo horario, la población es de 80 habitantes y su dotación de 120 L/hab/día, por esta razón se adoptarán los criterios de diseño para canales de entrada de la tabla 9, dimensionando una altura de 0.5 m de lámina de agua.

Tabla 9. Criterios de diseño para el canal de entrada

Parámetro	Valor o rango
Altura mínima de lámina de agua	0.3 m
Coefficiente de rugosidad de Manning	0.014 (independientemente del material de construcción)

**Fuente:** Lozano-Rivas, Tratamiento de aguas residuales, 2012, Tabla 12, pág. 49

$$L^2 = A$$

$$A = b * a$$

$$A = 0.5m * a$$

Se intentará lograr simetría en el diseño de cada cámara para la conformación de toda la planta, de esta manera existirá mejor facilidad constructiva para adecuar espacios y acomodarse al área disponible de la planta.

$$A = 0.5m * 0.5m$$

$$A = 0,25 m^2$$

#### **4.3.1.2. Altura del canal**

\*La h libre es una altura adicional considerada para evitar desbordamiento (0.2 – 0.25m)

$$h_{canal} = h + h \text{ libre}$$

$$(Lozano - Rivas, 2012) \quad (14)$$

$$h_{canal} = 0.5m + 0.25m$$

$$h_{canal} = 0.75 m$$

#### **4.3.1.3. Radio hidráulico**

$$Rh = \frac{Ac}{Pm}$$

$$(Lozano - Rivas, 2012) \quad (15)$$

Rh: Radio hidráulico (m)

Ac: Área de contacto (m<sup>2</sup>)

Pm: Perímetro mojado (m)

$$Rh = \frac{b * h}{b + 2 * h}$$

$$Rh = \frac{0.5m * 0.5m}{0.5m + 2 * 0.5m}$$

$$Rh = 0.16 m$$

#### 4.3.1.4. Pendiente del canal

$$S = \left[ \frac{v * n}{Rh^{\frac{2}{3}}} \right]^2$$

(Lozano & Rivas, 2012)

(16)

v: Velocidad (m/s)

n: Coeficiente de rugosidad de Manning

\*Gracias a la tabla de criterios de diseño para caudal de entrada el coeficiente de rugosidad de Manning adoptado será de 0.014 independientemente del material de construcción.

$$S = \left[ \frac{0.45 \frac{m}{s} * 0.014}{0.16 m^{\frac{2}{3}}} \right]^2$$

$$S = 4.327 \times 10^{-4} m$$

#### 4.3.1.5. Número de barras

$$\#Barras = \frac{LT \text{ Libre}}{L \text{ Barra}}$$

(Lozano & Rivas, 2012) (17)

$$\#Barras = \frac{b - Sep}{Espes + Sep}$$

Sep: Separación entre barras (m)

Esp: Espesor de cada barra (m)

$$\#Barras = \frac{0.5m - \frac{3cm}{100}}{\left(\frac{0.7cm + 3cm}{100}\right)}$$

$$\#Barras = 12.70 = 13$$

\*Aproximando al inmediato superior el número de barra es de 13

#### 4.3.1.6. Longitud de barras

$$\text{sen}\alpha = \frac{h}{L}$$

(Metcalf, & Eddy, 2004) (18)

$$L = \frac{h}{\text{sen}\alpha}$$

$$L = \frac{0.5 \text{ m}}{\text{sen}45}$$

$$L = 0.707 \text{ m}$$

#### 4.3.1.7. Pérdida de carga en la rejilla

$$hf = \frac{1}{C} * \frac{v^2 - v_{correg}^2}{2g}$$

(Lozano & Rivas, 2012) (19)

Hf: Pérdida de carga en la rejilla (m)

v: Velocidad de entrada a la rejilla (m/s)

v<sub>correg</sub>: Velocidad corregida por pérdida de carga (m/s)

C: Coeficiente de pérdida de carga (m/s)

g: Gravedad (m/s<sup>2</sup>)

$$v_{correg} = \frac{Q}{Ar}$$

(Lozano & Rivas, 2012) (20)

Ar: Área real considerando el choque del fluido con las barras (m<sup>2</sup>)

$$Ar = h * (b - \#barra * \text{espesor de la barra})$$

(Lozano - Rivas, 2012) (21)

$$Ar = 0.5m * (0.5m - 13 * \frac{0.7cm}{100})$$

$$Ar = 0.21 m^2$$

\*Es el área restringida por la libertad del movimiento

$$v_{correg} = \frac{Q}{Ar}$$

(Lozano & Rivas, 2012) (22)

$$v_{correg} = \frac{15.2 \frac{m^3}{día}}{86400} / 0.21 m^2$$

$$v_{correg} = 8.6 * 10^{-4} \frac{m}{s}$$

$$hf = \frac{1}{0.7} * \frac{v^2 - v_{correg}^2}{2g}$$

(Lozano & Rivas, 2012) (23)

$$hf = \frac{1}{0.7} * \frac{(0.45 \frac{m}{s})^2 - (8.6 \times 10^{-4} \frac{m}{s})^2}{2 * (9.81 \frac{m}{s^2})}$$

$$hf = 0.041 m$$

#### 4.3.1.8. Geometría

$$Vol = t * Qdis$$

(Lozano & Rivas, 2012) (24)

Vol: Volumen del canal (m<sup>3</sup>)

t: Tiempo de tratamiento (h)

Qdis: Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/día)

$$Vol = \frac{25 \text{ min} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}}{24} * 15.2 \frac{m^3}{\text{día}}$$

$$Vol = 0.25 m^3$$

El largo se relacionará directamente con las horas de tratamiento que se le va a dar mientras mayor es el tiempo, más grande será el volumen y por tanto el largo del canal.

$$Largo = \frac{Vol}{A}$$

(Lozano & Rivas, 2012) (25)

Vol: Volumen del canal (m3)

A: Área del canal (m2)

$$Largo = \frac{0.25 m^3}{0.25 m^2}$$

$$Largo = 1 m$$

#### 4.4. Trampa de grasas

Con el propósito de remover los aceites y grasas del agua residual además de evitar que circulen por las tuberías para tratamientos posteriores, se colocará una trampa de grasas especificadas por la unidad de apoyo técnico para saneamiento básico (OPS/CEPIS, 2003).

Tabla 10. Unidades de gasto de los aparatos sanitarios que descargan a la trampa de grasa

Aparato sanitario	Tipo	Unidad de gasto*
Lavaderos de cocina	Múltiple	2
Lavadero de repostería	Hotel – restaurante	4
Lavadero de ropa	Múltiple	3

\*Se deberá asumir el número de unidades de gasto por cada uno de los grifos que se instalen

**Fuente:** Especificaciones técnicas para el diseño de trampa de grasas, OPS/CEPIS, 2003, Tabla 1, pág. 7

El conjunto habitacional cuenta con 20 unidades de vivienda tipo, cada vivienda cuenta con una cocina, tres baños y una lavandería.

Tabla 11. Unidades de gasto de los aparatos sanitarios del conjunto

Aparato	#Grifos	U gasto	U gasto*Vivienda	Total, U
---------	---------	---------	---------------------	----------

Cocina	1	2	2*20	40
Baños	3	NA	NA	NA
Lavandería	1	3	3*20	60
TOTAL ( $\sqrt{\sum u}$ )				100

$$Q = 0.3 \sqrt{\sum u}$$

(OPS/CEPIS, 2003) (26)

Q: Caudal máximo (L/s)

$\sqrt{\sum u}$ : Suma de todas las unidades de gasto para la trampa de grasas (u)

$$Q = 0.3 \sqrt{100 u}$$

$$Q = 3 \frac{L}{s}$$

$$V = Q * t$$

(McGraw-Hil, 1994) (9)

Q: Caudal máximo (L/s)

t: Periodo de retención (s)

V: Volumen de la cámara (L)

\* El volumen para la trampa de grasas se va a calcular para el periodo de retención de 3 minutos (OPS/CEPIS, 2003).

$$V = \frac{3 L}{s} * 3 \text{ min} * \frac{60 s}{1 \text{ min}}$$

$$V = 540 L$$

El volumen mínimo para una trampa de grasas debe ser mayor o igual a 300 L (OPS/CEPIS, 2003), el volumen calculado es de 540 L por tanto se adoptarán los 0.54 m<sup>3</sup>.

$$A = \frac{V}{H}$$

(McGraw-Hil, 1994) (27)

V: Volumen de la cámara (m<sup>3</sup>)

A: Área superficial de la trampa (m<sup>2</sup>)

H: Profundidad de la cámara (s)

\*La profundidad no deberá ser menor a los 80 cm y la relación largo: ancho deberá estar en el rango 1.5 – 2 (OPS/CEPIS, 2003).

$$A = \frac{0.54 \text{ m}^3}{1 \text{ m}}$$

$$A = 0.54 \text{ m}^2$$

$$A = L * a$$

(McGraw-Hil, 1994) (28)

A: Área superficial de la trampa (m<sup>2</sup>)

L: Longitud de la cámara (m)

a: Ancho de la cámara (m)

$$a = \frac{A}{L}$$

(McGraw-Hil, 1994) (29)

$$a = \frac{0.54 \text{ m}^2}{1 \text{ m}}$$

$$a = 0.54 \text{ m}$$

$$L: a = \frac{1 \text{ m}}{0.54 \text{ m}} = 1.85$$

(OPS/CEPIS, 2003) (30)

\*El valor se encuentra dentro del rango permitido 1.5 – 2

$$Tr = \frac{V}{Q}$$

(Romero, 2004) (31)

Tr: Tiempo de retención para la separación efectiva de la grasa (día)

V: Volumen de la cámara (m<sup>3</sup>)

Qmd: Caudal máximo (m<sup>3</sup>/día)

$$Tr = \frac{0.54 \text{ m}^3}{3 \frac{\text{L}}{\text{s}} * \frac{\text{m}^3}{1000\text{L}} * \frac{86400 \text{ s}}{\text{día}}}$$

$$Tr = 0.0021 \text{ día} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 3 \text{ min}$$

El porcentaje de eficiencia de remoción de aceites y grasas se encuentra en valores típico de 70% - 90% (Tingo, 2019), en base a el tiempo de retención hidráulico, su tiempo es instantáneo por tanto se calcula la eficiencia más desfavorable de 70%.

$$Aceites \text{ y } grasas = Aceites \text{ y } grasas * (1 - 0.7)$$

(Tingo, 2019) (32)

$$Aceites \text{ y } grasas = 120 \frac{\text{mg}}{\text{L}} * (1 - 0.7)$$

$$Aceites \text{ y } grasas = 36 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

#### 4.5. Tanque séptico

##### 4.5.1. Datos

Obtenido del cálculo del caudal medio diario del SENAGUA:

$$Q_{med} = q * N * \frac{1}{86400} * 0.8$$

$$(SENAGUA, 2016) \quad (11)$$

$Q_{md}$ : Caudal medio anual diario (L/s)

N: Número de habitantes (Hab)

q: Dotación tomada del SENAGUA CO 10.7-601, tabla 6 (L/Hab/día)

$$Q_{md} = \frac{120 \frac{L}{Hab}}{día} * 80 hab * \frac{1 día}{86400s} * 0.8$$

$$Q_{md} = 0.088 \frac{L}{s}$$

$$Q_{md} = 0.088 \frac{L}{s} * \frac{1m^3}{1000L} * \frac{86400s}{1 día}$$

$$Q_{md} = 7.67 \frac{m^3}{día}$$

##### 4.5.2. Volumen útil

Con el propósito de dimensionar el tanque séptico se necesita obtener el volumen útil para obtener la geometría de cada cámara (RAS, 2015).

$$V_u = V_{LQ} + V_d + V_N + V_V \quad (Romero, 2004) \quad (33)$$

$V_u$ : Volumen útil (m<sup>3</sup>)

VLQ: Volumen de líquido (m3)

Vd: Volumen de lodo (m3)

VN: Volumen de natas (m3)

Vv: Volumen de ventilación (m3)

#### 4.5.3. Volumen de líquido

El volumen de líquido dependerá del caudal medio diario, mediante las ecuaciones del SENAGUA se puede conocer que su valor es de 7.2 m3/día. Si el caudal sobrepasa los 5,68 m3/día la fórmula será:

$$V_{LQ} = 4.25 + 0.75 * Qmd \quad \text{(Romero, 2004)} \quad (34)$$

VLQ: Volumen de líquido (m3)

Qmd: Caudal medio diario (m3/día)

$$V_{LQ} = 4.25 + 0.75 * \left(7.67 \frac{m^3}{día}\right)$$
$$V_{LQ} = 10 m^3$$

El tiempo de retención en un tanque séptico sobrepasa de manera común el día y como tiempo mínimo no debe sobrepasar las 8 horas. (RAS, 2010)

$$Tr = \frac{V_{LQ}}{Qmd} \quad \text{(Romero, 2004)} \quad (31)$$

Tr: Tiempo de retención para volumen del líquido(día)

VLQ: Volumen de líquido (m3)

Qmd: Caudal medio diario (m3/día)

$$Tr = \frac{10 \text{ m}^3}{7.67 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}$$

$$Tr = 1.30 \text{ día} > 1 \text{ día}$$

La altura de líquidos es impuesta según Romero Rojas Jairo en su libro “Tratamiento de aguas residuales, principios para el diseño de un tanque séptico”, la sumatoria de alturas y el volumen útil servirán para obtener el área del tanque séptico. (Romero, 2004)

Dimensiones: Selecciono HLQ=1.10m

(Romero, 2004) (35)

$$A = \frac{V_{LQ}}{HLQ}$$

A: Área de superficie del tanque (m<sup>2</sup>)

VLQ: Volumen de líquido (m<sup>3</sup>)

HLQ: Altura del tanque (m)

(Romero, 2004) (36)

$$A = \frac{10 \text{ m}^3}{1.10\text{m}}$$

$$A = 9.09 \text{ m}^2$$

$$\text{Asumo: } \frac{L}{B} = 2$$

(Romero, 2004) (37)

$$L = 2 * B$$

L: Largo del tanque (m)

B: Ancho del tanque (m)

$$L * B = 9.09 \text{ m}^2$$

$$2 * B * B = 9.09 \text{ m}^2$$

$$B = \sqrt{\frac{9.09 \text{ m}^2}{2}}$$

$$B = 2.13 \text{ m}$$

$$L = 2 * 2.13 \text{ m}$$

$$L = 4.26 \text{ m}$$

#### 4.5.4. Volumen de lodo

$$V_d = TL * P * N \quad \text{(Romero, 2004)} \quad (38)$$

Vd: Volumen de lodo (m<sup>3</sup>)

P: Población aporte (Hab)

N: Número de años entre operaciones de limpieza (Hab)

TL: Tasa de acumulación de lodos (L/Hab\*día)

\* Para asumir el número de años entre operación de limpieza es recomendable tomar como mínimo 2 años y máximo hasta 6 años (RAS, 2015).

\* La tasa de acumulación depende del clima para ambientes fríos el valor es de 50 L/Hab\*año (RAS, 2010).

$$V_d = \frac{50L}{Hab * año} * 80 Hab * 3años * \frac{1m^3}{1000L}$$

$$V_d = 12 \text{ m}^3$$

$$HL = \frac{V_d}{L * B}$$

HL: Altura de lodos (m)

Vd: Volumen para lodos (m<sup>3</sup>)

L: Largo del tanque (m)

B: Ancho del tanque (m)

$$HL = \frac{12 \text{ m}^3}{4.26 \text{ m} * 2.13 \text{ m}}$$
$$HL = 1.32 \text{ m}$$

#### 4.5.5. Volumen de natas

$$V_N = TN * P * N$$

(Romero, 2004) (39)

VN: Volumen de natas (m3)

P: Población aporte (Hab)

N: Número de años entre operaciones de limpieza (Hab)

TN: Tasa de acumulación de natas (L/Hab\*día)

\* Se recomienda utilizar como tasa de acumulación de lodos 3.5 L/Hab\*día (RAS, 2010).

\* Para asumir el número de años entre operación de limpieza es recomendable tomar como mínimo 2 años y máximo hasta 6 años (RAS, 2015).

$$V_N = 3.5 \frac{L}{Hab * año} * 80 Hab * 3 años * \frac{1m^3}{1000L}$$
$$V_N = 0.84 \text{ m}^3 > 0.7 \text{ m}^3$$

$$HN = \frac{V_N}{A}$$

(Romero, 2004) (40)

$$HN = \frac{V_N}{L * B}$$

HL: Altura de natas (m)

Vd: Volumen para nastas(m3)

L: Largo del tanque (m)

B: Ancho del tanque (m)

$$HN = \frac{0.84 \text{ m}^3}{4.26 \text{ m} * 2.13 \text{ m}}$$

$$HN = 0.093 \text{ m}$$

$$HN_{Superficie} = 0.093 \text{ m} * 0.3 = 0.028 \text{ m}$$

$$HN_{Sumergida} = 0.093 \text{ m} * 0.7 = 0.065 \text{ m}$$

#### 4.5.6. Volumen de ventilación

El volumen de ventilación es el espacio por arriba del nivel del líquido destinado para el almacenamiento de espumas, es recomendable tener una altura mínima entre 0.10 - 0.15 m y un volumen de 0.3 m<sup>3</sup> (RAS, 2015).

#### 4.5.7. Geometría

$$Vu = V_{LQ} + V_d + V_N + V_V$$

(Romero, 2004) (41)

Vu: Volumen útil (m<sup>3</sup>)

VLQ: Volumen de líquido (m<sup>3</sup>)

Vd: Volumen de lodo (m<sup>3</sup>)

VN: Volumen de natas (m<sup>3</sup>)

Vv: Volumen de ventilación (m<sup>3</sup>)

$$Vu = 10 \text{ m}^3 + 12\text{m}^3 + 0.84\text{m}^3 + 0.3 \text{ m}^3$$

$$Vu = 23 \text{ m}^3$$

$$HT = HLQ + HL + HN + HV$$

(Romero, 2004) (42)

HT: Altura total (m)

HLQ: Altura del líquido (m)

HL: Altura de lodo (m)

HN: Altura de natas (m)

Hv: Altura de ventilación (m)

$$HT = 1.1 m + 1.32 m + 0.093 m + 0.1 m$$

$$HT = 2.61 m$$

$$V_T = HT * A$$

$$(Romero, 2004) \quad (43)$$

$$A = \frac{23 m^3}{2.61 m}$$

$$A = 8.80 m^2$$

La relación de largo y ancho debe encontrarse en las relaciones 1:2 – 1:4 (RAS, 2010).

$$L1: 2 m \text{ y } L: 4.5 m$$

$$L: L1 = \frac{4.5 m}{2 m}$$

$$(Romero, 2004) \quad (44)$$

$$L: L1 = 2.25 m$$

Para mejorar la eficiencia del tanque se divide en dos cámaras de relación 1:3 (RAS, 2010).

$$a: 3m \text{ y } b: 1.5m$$

Para obtener la eficiencia del tanque se extraen dos textos de los rendimientos más frecuentes en una fosa séptica, la eficiencia del DBO representa el 40% del DBO soluble y se suma al suspendido. Por otro lado, los sólidos totales tienen un porcentaje de remoción del 50% (Tchobanoglous, 2000).

$$DBO_{5 \text{ Soluble}^*} = DBO_{5 \text{ Soluble}} * 0.4$$

$$(Tchobanoglous, 2000) \quad (45)$$

$$DBO_{5\ soluble*} = 86.9 \frac{mg}{L} * 0.4$$

$$DBO_{5\ soluble*} = 34.76 \frac{mg}{L}$$

$$DBO_{soluble} - DBO_{soluble*} = 86.9 \frac{mg}{L} - 34.76 \frac{mg}{L} = 52.14 \frac{mg}{L}$$

$$DBO_5 = (DBO_{5\ soluble} - DBO_{5\ soluble*}) + DBO_{5\ suspendido}$$

(Tchobanoglous, 2000) (46)

$$DBO_5 = (86.9 \frac{mg}{L} - 34.76 \frac{mg}{L}) + 55.7 \frac{mg}{L}$$

$$DBO_5 = 107.9 \frac{mg}{L}$$

$$DQO_{soluble*} = DQO_{5\ soluble} * 0.4$$

(Tchobanoglous, 2000) (47)

$$DQO_{soluble*} = 184.2 \frac{mg}{L} * 0.4$$

$$DQO_{soluble*} = 73.68 \frac{mg}{L}$$

$$DQO_{soluble} - DQO_{soluble*} = 184.2 \frac{mg}{L} - 73.68 \frac{mg}{L} = 110.52 \frac{mg}{L}$$

$$DQO = (DQO_{soluble} - DQO_{soluble*}) + DQO_{suspendido}$$

(Tchobanoglous, 2000) (48)

$$DQO = (184.2 \frac{mg}{L} - 73.68 \frac{mg}{L}) + 134.4 \frac{mg}{L}$$

$$DQO = 244.92 \frac{mg}{L}$$

$$SST = SST * 0.5$$

(Romero, 2004) (49)

$$SST = 196 \frac{mg}{L} * 0.5$$

$$SST = 98 \frac{mg}{L}$$

$$P = P * 0.2$$

(Romero, 2004) (50)

$$P = 18.5 \frac{mg}{L} * (1 - 0.2)$$

$$P = 14.8 \frac{mg}{L}$$

$$N \text{ Kjeldahl} = N * 0.2$$

(Romero, 2004) (51)

$$N \text{ Kjeldahl} = 62 \frac{mg}{L} * (1 - 0.2)$$

$$N \text{ Kjeldahl} = 49.6 \frac{mg}{L}$$

#### 4.6. Reactor UASB

Las aguas residuales domésticas el conjunto son de baja carga por tanto se considera un criterio de diseño para carga hidráulica volumétrica (Chernicharo, 2007).

##### 4.6.1. Datos

Número de personas: 80

Producción per cápita de aguas residuales: 120 L/hab/día

Q diseño: 15.2 m<sup>3</sup>/día

DQO Afluente: 244.92 mg/L

DQO Soluble: 110.52 mg/L

DBO Afluente: 107.9 mg/L

DBO Soluble: 52.14 mg/L

SST Afluente: 259.45 mg/L

Temperatura: 12 °C

#### 4.6.2. Zona de expansión de lodo

Tabla 12. Tiempos de retención hidráulicos en función de la temperatura

Temperatura de aguas residuales (°C)	Tiempo de retención hidráulica	
	Promedio diario	Mínimo (durante 4 a 6 horas)
16 a 19	>10 a 14	>7 a 9
20 a 26	>6 a 9	>4 a 6
>26	>6	>4

**Fuente:** Chernicharo (adaptado de Lettinga and Hulshoff Pol, 1991, Tabla 5.3), 2007, pág. 89

El tiempo de retención hidráulico del caudal medio depende de la temperatura, siendo de 12 °C el tiempo de digestión debe ser largo, por tanto, se adoptan 14 horas.

##### 4.6.2.1. Volumen total

$$VT = Tr * Qdis$$

(Chernicharo, 2007) (52)

Vt: Volumen total (m3)

Qdis: Caudal de diseño (m3/día)

Tr: Tiempo de retención hidráulica (días)

$$VT = 15.20 \frac{m^3}{dia} * \frac{14 h}{24 h} * dia$$

$$VT = 8.9 m^3$$

#### 4.6.2.2. Carga orgánica volumétrica

$$So = \frac{Qdis * DQO}{VT}$$

(Chernicharo, 2007) (53)

So: Carga orgánica volumétrica (kg\*DQO/m3\*día)

Qdis: Caudal de diseño (m3/día)

DQO: Demanda química de oxígeno (kg/m3)

Vt: Volumen total (m3)

$$So = \frac{15.20 \frac{m^3}{dia} * 244.92 \frac{kg}{m^3}}{8.9 m^3 * 1000}$$

$$So = 0.42 \frac{kg * DQO}{m^3 * día}$$

#### 4.6.2.3. Caudal por unidad

$$Qpu = \frac{Qdis}{número de unidades}$$

(Chernicharo, 2007) (54)

$$Q_{pu} = \frac{15.20 \frac{m^3}{\text{día}}}{1 u} = 15.20 \frac{m^3}{\text{día}}$$

#### 4.6.2.4. Caudal pico por unidad

$$Q_{pu} = 15.20 \frac{m^3}{\text{día}} * k$$

(Chernicharo, 2007) (55)

K: Factor máximo de producción de agua diaria

$$Q_{pu} = 15.20 \frac{m^3}{\text{día}} * 2$$

$$Q_{pu} = 30.40 \frac{m^3}{\text{día}}$$

Se recomienda utilizar alturas de 3 a 6 metros para el manto de lodos (Chernicharo, 2007), se diseñará con un valor de 3 metros, Hld: 3m.

#### 4.6.2.5. Área del reactor

$$A_r = \frac{\frac{\text{Volumen cada unidad } V_t}{\text{número de unidades}}}{h_{ml}}$$

(Chernicharo, 2007) (56)

$A_r$ : Área del reactor (m<sup>2</sup>)

$h_{ml}$ : Altura del manto de lodos (m)

$$A_r = \frac{8.9 m^3}{3 m}$$

$$A_r = 3 m^2$$

#### 4.6.2.6. Velocidad ascendente para caudal pico

Tabla 13. Velocidad ascendente recomendada de lodos

Caudal afluente	Velocidad de flujo ascendente (m/hora)
Caudal medio	<0.5 a 0.7
Flujo máximo	<0.9 a 1.1
Caudales picos temporales (*)	<1.5

\* picos de caudal que duran de 2 a 4 horas

**Fuente:** Chernicharo (adaptado de Lettinga and Hulshoff Pol, 199q, Tabla 5.4), 2007, pág. 91

La velocidad ascendente en la zona de lodos para el caudal pico debe aproximarse a los límites recomendados sin sobre pasar 1.5 m/hora (Chernicharo, 2007).

$$V_{asc} = \frac{Q_{pu}}{A_r}$$

(Chernicharo, 2007) (57)

$A_r$ : Área del reactor (m<sup>2</sup>)

$Q_{pu}$ : Caudal pico por unidad (m<sup>3</sup>/h)

$$V_{asc} = \frac{30.40 \frac{m^3}{día} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}}}{3 \text{ m}^2}$$

$$V_{asc} = 0.43 \frac{m}{h}$$

\*La velocidad ascendente para la zona de lodos entra en la categoría baja

#### 4.6.2.7. Tiempo de retención hidráulica

$$t_{exp} = \frac{VT}{Q_{pu}}$$

(Chernicharo, 2007) (58)

$t_{exp}$ : Tiempo de retención hidráulico para la zona de expansión de lodos (h)

$Q_{pu}$ : Caudal pico por unidad (m<sup>3</sup>/h)

$V_t$ : Volumen total (m<sup>3</sup>)

$$t_{exp} = \frac{8.9 \text{ m}^3}{30.40 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}}}$$

$$t_{exp} = 7 \text{ h}$$

\* El tiempo mínimo de retención debe ser de 4 horas (Chernicharo, 2007).

#### 4.6.3. Zona de separación de sólidos

Se instalará un deflector debajo de la abertura del decantador (sobresaliendo 15 cm) para evitar la entrada de gas y 1.5m para la elevación de la separación de lodos,  $h_{sep}$ : 1.5m (Chernicharo, 2007).

##### 4.6.3.1. Velocidad de abertura $Q_m$

Tabla 14. Velocidad en la abertura del compartimiento de sedimentación

Caudal afluente	Velocidad (m/hora)
Caudal medio	<2.0 a 2.3

Flujo máximo	<4.0 a 4.2
Caudales picos temporales (*)	<5.5 a 6.0

\* picos de caudal que duran de 2 a 4 horas

**Fuente:** Chernicharo (adaptado de Lettinga and Hulshoff Pol, 1995, Tabla 5.8), 2007, pág. 101

Mientras mayor es la velocidad menor área de abertura existe, el caudal por unidad para una planta de tratamiento es de 80 habitantes, el tiempo de retención dura más de medio día, con este fundamento y con el fin de dimensionar un solo separador por unidad la velocidad de abertura será de 0.4 m/h.

#### 4.6.3.2. Área de abertura

$$Ab = \frac{Qpu}{Vb}$$

(Chernicharo, 2007) (59)

Ab: Área de abertura (m<sup>2</sup>)

Vb: Velocidad de abertura (m/h)

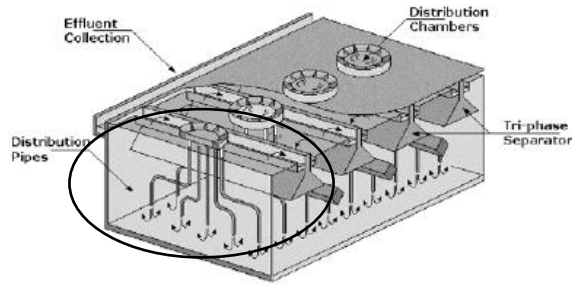
Qpu: Caudal por unidad (m<sup>3</sup>/día)

$$Ab = \frac{15.2 \frac{m^3}{día}}{0.4 \frac{m}{h} * 24 h * día}$$

$$Ab = 1.6 m^2$$

\*El área corresponde al rectángulo de la proyección frontal del reactor

Figura 2. Conformación del reactor UASB



**Fuente:** Figura 5.8, Chernicharo (adaptado de Lettinga and Hulshoff Pol, 1995), 2007, pág.86

#### 4.6.3.3. Velocidad de abertura caudal pico

$$V_{bp} = \frac{Q_{pu}}{A_b}$$

(Chernicharo, 2007) (60)

$A_b$ : Área de abertura (m<sup>2</sup>)

$V_{bp}$ : Velocidad de abertura caudal pico (m/h)

$Q_{pu}$ : Caudal por unidad (m<sup>3</sup>/h)

$$V_{bp} = \frac{15.20 \frac{m^3}{dia}}{1.6 m^2}$$

$$V_{bp} = 0.80 \frac{m}{h}$$

#### 4.6.3.4. Área de separador

$$A_s = \text{Ancho separador} * \text{Longitud}$$

(Chernicharo, 2007) (61)

\*El ancho del separador tiene un valor asignado de 0.53 m, con el propósito de generar únicamente un separador en el reactor.

$$A_s = 0.53m * 3m$$

$$A_s = 1.6 \text{ m}^2$$

#### 4.6.3.4.1. Número de separadores

$$\#Sep = \frac{A_b}{A_s}$$

(Chernicharo, 2007) (62)

As: Área del separador (m2)

Ab: Área de abertura (m2)

$$\#Sep = \frac{1.6 \text{ m}^2}{1.6 \text{ m}^2}$$

$$\#Sep = 1$$

\*Se utilizará un separador

#### 4.6.4. Zona de sedimentación

Tabla 15. Tiempo de retención en la zona de sedimentación

Caudal afluente	Tasa de carga superficial (m/hora)	Tiempo de retención hidráulica (hora)
Caudal medio	0.6 a 0.8	1.5 a 2.0
Flujo máximo	<1.2	>1.0
Caudales picos temporales (*)	<1.6	>0.6

\* picos de caudal que duran de 2 a 4 horas

**Fuente:** Chernicharo (adaptado de Lettinga and Hulshoff Pol, 1995, Tabla 5.7), 2007, pág. 101

\*El tiempo de retención hidráulica adoptada es de dos horas por la baja velocidad que tiene el fluido

#### 4.6.4.1. Volumen de sedimentación

$$V_s = Q_{pu} * Tr$$

(Chernicharo, 2007) (63)

Vs: Volumen de sedimentación (m<sup>3</sup>)

Qpu: Caudal por unidad (m<sup>3</sup>/h)

Tr: Tiempo de retención (h)

$$V_s = \frac{15.20 \frac{m^3}{dia}}{24 h} * 2 h * dia$$

$$V_s = 1.30 m^3$$

#### 4.6.4.2. Área disponible para sedimentación

$$A_{sd} = A_r - A_b$$

(Chernicharo, 2007) (64)

A<sub>sd</sub>: Área de sedimentación disponible (m<sup>2</sup>)

A<sub>r</sub>: Área del reactor (m<sup>2</sup>)

A<sub>b</sub>: Área de abertura (m<sup>2</sup>)

\*El área de abertura se tomará como el área de separación de los sólidos

$$A_{sd} = 3 m^2 - 1.6 m^2$$

$$A_{sd} = 1.4 m^2$$

#### 4.6.4.3. Altura mínima de sedimentación

$$h_{min} = \frac{V_s}{A_{sd}}$$

(Chernicharo, 2007) (65)

$h_{min}$ : Altura mínima de sedimentación (m)

$A_{sd}$ : Área de sedimentación disponible (m<sup>2</sup>)

$V_s$ : Volumen de sedimentación (m<sup>3</sup>)

$$h_{min} = \frac{0.9 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^2}$$

$$h_{min} = 0.9 \text{ m}$$

#### 4.6.4.4. Velocidad con Qm

$$V_{qm} = \frac{Q_{pu}}{A_{sd}}$$

(Chernicharo, 2007) (66)

$V_{qm}$ : Velocidad con Qm (m/h)

$A_{sd}$ : Área de sedimentación disponible (m<sup>2</sup>)

$Q_{pu}$ : Caudal por unidad (m<sup>3</sup>/h)

$$V_{qm} = \frac{15.20 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}}{1.4 \text{ m}^2 * 24 \text{ h}} * \text{dia}$$

$$V_{qm} = 0.50 \frac{\text{m}}{\text{h}}$$

#### 4.6.4.5. Tiempo de retención Qpico para la zona de sedimentación

$$Trp = \frac{Q_{pu}}{V_s}$$

(Chernicharo, 2007) (67)

Trp: Tiempo de retención caudal pico (h)

Vs: Volumen de sedimentación (m3)

Qpu: Caudal por unidad (m3/h)

$$Trp = \frac{21.60 \frac{m^3}{dia}}{1.80 m^3 * 24 h} * dia$$

$$Trp = 1 h$$

#### 4.6.4.6. Velocidad Qpico

$$Vqp = \frac{Qpu}{Asd}$$

(Chernicharo, 2007) (68)

Vqp: Velocidad con caudal pico (m/h)

Asd: Área de sedimentación disponible (m2)

Qpu: Caudal pico por unidad (m3/h)

$$Vqm = \frac{30.40 \frac{m^3}{dia}}{1.4 m^2 * 24 h} * dia$$

$$Vqm = 0.9 \frac{m}{h}$$

De acuerdo con la tabla 15 el tiempo y la velocidad de caudal pico se encuentran dentro de los límites permitidos.

#### 4.6.5. Distribución del afluente

Tabla 16. Guía preliminar para dimensionar el área de cada punto de alimentación

Tipo de lodo	Carga orgánica aplicada (kgCOD/m <sup>3</sup> *d)	Área de influencia de cada distribuidor (m <sup>2</sup> )
Densa y floculante ( concentración > 40 kgTSS/m <sup>3</sup> )	<1.0	0.5 a 1.0
	a 2.0	1.0 a 2.0
	>2.0	2.0 a 3.0
Relativamente denso y floculante (concentración de 20 a 40 kgTSS/m <sup>3</sup> )	<1.0 a 2.0	1.0 a 2.0
	>3.0	2.0 a 5.0
Granular	<2.0	0.5 a 1.0
	a 4.0	0.5 a 2.0
	>4.0	>2.0

**Fuente:** Chernicharo (adaptado de Lettinga and Hulshoff Pol, 1995, Tabla 5.5), 2007, pág. 98

Anteriormente se determinó una carga orgánica volumétrica de 0.48 kg\*DQO/ m<sup>3</sup>\*día es decir que el área de cada punto de alimentación se diseñará con 0.5 m<sup>2</sup> para tener mayor número de boquillas.

#### 4.6.5.1. Número de boquillas

$$\#boquillas = \frac{Ar}{Apa}$$

(Chernicharo, 2007) (69)

Ar: Área del reactor (m<sup>2</sup>)

Apa: Área para cada punto de alimentación (m<sup>2</sup>)

$$\#boquillas = \frac{3 \text{ m}^2}{0.5 \text{ m}^2}$$

$$\#boquillas = 6$$

\*Para tener mayor cobertura se colocarán dos diámetros con 4 boquillas cada uno

#### 4.6.5.2. Caudal por boquilla

$$Qpb = \frac{Qpu}{\#boquillas}$$

(Chernicharo, 2007) (70)

Qpb: Caudal por boquilla (m<sup>3</sup>/día)

Qpu: Caudal por unidad (m<sup>3</sup>/día)

$$Qpb = \frac{15.20 \frac{m^3}{día}}{6}$$

$$Qpb = 2.6 \text{ m}^3/\text{día}$$

\*Para favorecer la velocidad el diámetro de cada tubería será de 25 mm

#### 4.6.5.3. Velocidad en la tubería

$$Vtb = \frac{Qpb}{\pi * \frac{dim^2}{4}}$$

(Chernicharo, 2007) (71)

Vtb: Velocidad en la tubería (m/s)

dim: Diámetro de la tubería (m)

Qpb: Caudal por boquilla (m<sup>3</sup>/día)

$$V_{tb} = \frac{2.60 \frac{m^3}{día}}{\pi * \frac{(0.025 m)^2}{4} * 86400}$$

$$V_{tb} = 0.06 m/s$$

La velocidad debe ser menor a 0.2 m/s para evitar ingreso de aire al reactor.

El reactor de flujo ascendente reduce la cantidad de demanda química de oxígeno un 73% de la cantidad tomada del afluente siendo 318.6 mg/l, de esta manera se garantiza el cumplimiento de descarga y se optimiza la planta dosificando la remoción de componentes tóxicos y perjudiciales en diferentes procesos.

$$E_{DQO} = 100 * (1 - 0.68 * Tr^{-0.35})$$

(Chernicharo, 2007) (72)

E: Eficiencia del reactor de flujo ascendente en términos de DQO (%)

Tr: Tiempo de retención hidráulica (h)

Coefficiente empírico del sistema: 0.68

Coefficiente empírico medio: 0.35

$$E_{DQO} = 100 * (1 - 0.68 * 14 h^{-0.35})$$

$$E_{DQO} = 73\%$$

$$DQO_{Soluble} = DQO_{Soluble} * (1 - (\frac{E_{DQO}}{100}))$$

(Chernicharo, 2007) (73)

$$DQO_{Soluble} = 73.68 \frac{mg}{L} * (1 - (\frac{73\%}{100}))$$

$$DQO_{Soluble} = 19.89 \frac{mg}{L}$$

$$DQO = DQO_{Soluble} + DQO_{Suspendido}$$

(Chernicharo, 2007) (74)

$$DQO = 19.89 \frac{mg}{L} + 134,4 \frac{mg}{L}$$

$$DQO = 154,30 \frac{mg}{L}$$

$$E_{DBO} = 100 * (1 - 0.70 * Tr^{-0.50})$$

(Chernicharo, 2007) (75)

E: Eficiencia del reactor de flujo ascendente en términos de DBO (%)

Tr: Tiempo de retención hidráulica (h)

Coefficiente empírico del sistema: 0.70

Coefficiente empírico medio: 0.50

$$E_{DBO} = 100 * (1 - 0.70 * 14 h^{-0.50})$$

$$E_{DBO} = 81\%$$

$$DBO_{Soluble} = DBO_{Soluble} * (1 - (\frac{E_{DBO}}{100}))$$

(Chernicharo, 2007) (76)

$$DBO_{Soluble} = 52.14 \frac{mg}{L} * (1 - (\frac{81\%}{100}))$$

$$DBO_{Soluble} = 10 \frac{mg}{L}$$

$$DBO_5 = DBO_{5\ Soluble} + DBO_{5\ Suspendido}$$

(Chernicharo, 2007) (77)

$$DBO_5 = 10 \frac{mg}{L} + 55,7 \frac{mg}{L}$$

$$DBO_5 = 65,7 \frac{mg}{L}$$

$$SST = SST * (1 - 0.65)$$

(Romero, 2004) (78)

$$SST = 98 \frac{mg}{L} * (1 - 0.65)$$

$$SST = 34.3 \frac{mg}{L}$$

$$P = P * (1 - 0.4)$$

(Romero, 2004) (79)

$$P = 14.8 \frac{mg}{L} * (1 - 0.4)$$

$$P = 8.88 \frac{mg}{L}$$

#### 4.7. Lámpara Uv

Para remover el último parámetro de la planta que es el contenido de coliformes fecales, se propone colocar una lámpara Uv, el porcentaje de remoción de coliformes es del 99.99998 %

(Romero, 2004). La dimensión de la cámara dependerá de las horas de tratamiento que una bomba sumergible necesita para evacuar la mayor cantidad de agua tratada. Las condiciones de operación para el funcionamiento de la lámpara requieren una presión máxima de 125 psi, sólidos suspendidos menores o iguales a 50 mg/L y un caudal de salida de al menos 1.9 gpm (AquaUV Se., 2019).

$$v_c = \Delta Q * t \quad \text{(McGraw-Hil, 1994)} \quad (80)$$

Vc: Volumen de la cámara (m3)

ΔQ: Caudal de entrada – caudal de salida (m3/h)

t: Tiempo de encendido que necesita la bomba para funcionar (h)

Tabla 17. Diseño de la cámara de bombeo para la lámpara Uv

	m3/d	m3/h	gpm
<b>Qmd</b>	7,67	0,32	1,4
<b>QMH</b>	15,20	0,63	2,8
<b>Qsal</b>	52,12	2,17	9,6

t (h)	Qent (m3/h)	Qsal (m3/h)	ΔQ (m3/h)	ΔQ (gpm)	Vc (m3)
0	0,63		0,63	2,79	0,63
1	0,63		1,27	5,58	1,27
2	0,63		1,90	8,37	1,90
3	0,63		2,53	11,15	2,53
4	0,63	2,17	0,99	4,38	0,99
5	0,63		1,63	7,17	1,63
6	0,63		2,26	9,96	2,26
7	0,63	2,17	0,72	3,18	0,72
8	0,63		1,36	5,97	1,36
9	0,63		1,99	8,76	1,99
10	0,63		2,62	11,55	2,62
11	0,63	2,17	1,08	4,78	1,08
12	0,63		1,72	7,57	1,72

13	0,63		2,35	10,35	2,35
14	0,63	2,17	0,81	3,58	0,81
15	0,63		1,45	6,37	1,45
16	0,63		2,08	9,16	2,08
17	0,63	2,17	0,54	2,38	0,54
18	0,63		1,17	5,17	1,17
19	0,63		1,81	7,96	1,81
20	0,63		2,44	10,75	2,44
21	0,63	2,17	0,90	3,98	0,90
22	0,63		1,54	6,76	1,54
23	0,63	2,17	0,00	0,01	0,00
24	0,63		0,63	2,78	0,63

$$A = \frac{V}{H}$$

(McGraw-Hil, 1994) (26)

V: Volumen de la cámara (m<sup>3</sup>)

A: Área superficial de la cámara (m<sup>2</sup>)

H: Profundidad de la cámara (s)

$$A = \frac{3 \text{ m}^3}{1 \text{ m}}$$

$$A = 3 \text{ m}^2$$

$$A = L * a$$

(McGraw-Hil, 1994) (26)

A: Área superficial de la cámara (m<sup>2</sup>)

L: Longitud de la cámara (m)

a: Ancho de la ccámara (m)

$$a = \frac{A}{L}$$

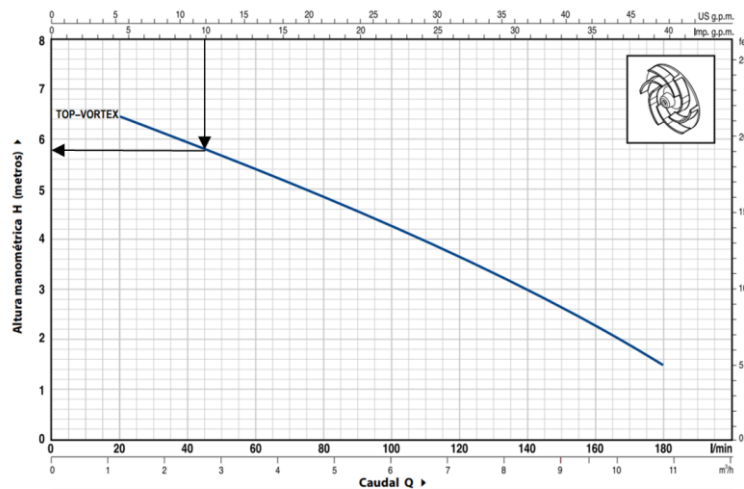
(McGraw-Hil, 1994) (26)

$$a = \frac{3 \text{ m}^2}{1 \text{ m}}$$

$$a = 3 \text{ m}$$

De acuerdo con la curva de altura manométrica vs caudal, la capacidad de la bomba funciona de manera correcta con el caudal de salida estimado (Pedrollo, 2020).

Figura 3. Electrobombas sumergibles curva de altura manométrica vs caudal.



Fuente: Pedrollo Top-Vortex (2020), Electrobomba sumergible, pág. 2.

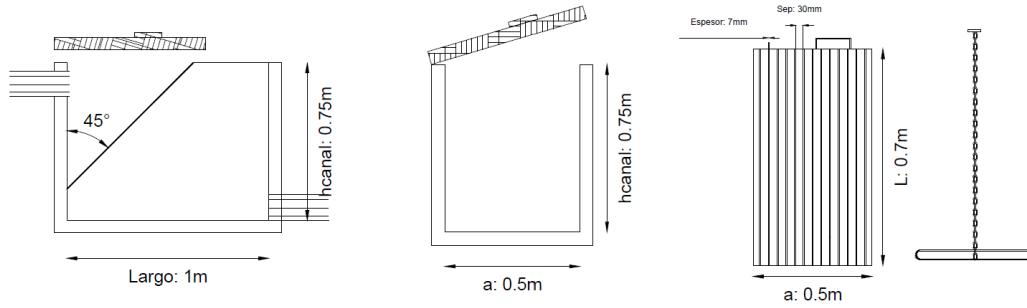
$$\text{Coliformes Fecales} = \text{Coliformes Fecales} * (1 - 0.9998) \quad (81)$$

(Romero, 2004)

$$\text{Coliformes Fecales} = 1 * 10^6 \text{ NMP} * (1 - 0.9998)$$

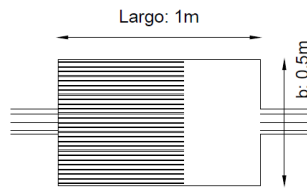
$$\text{Coliformes Fecales} = 200 \text{ NMP}$$

#### 4.8. Conformación general



Rejilla de sólidos

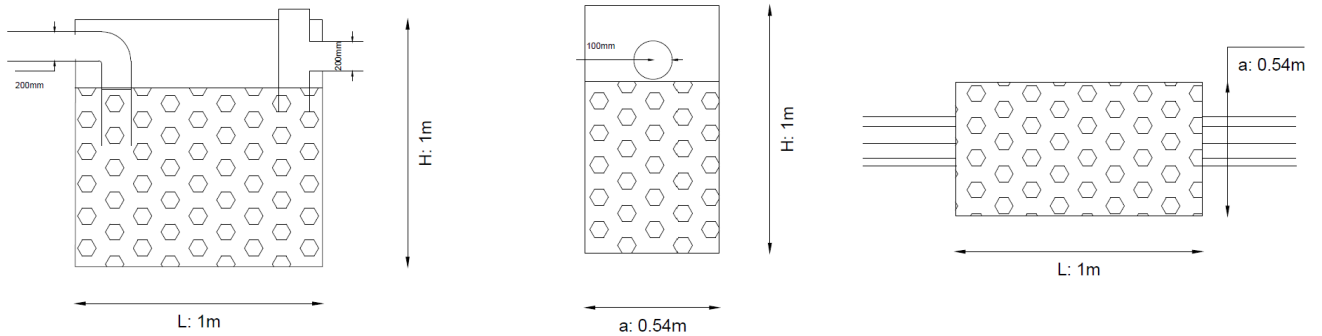
ESC. 1:100



Vista en planta Rejilla de sólidos

ESC. 1:100

#### Detalle 2. Dimensionamiento de la rejilla de sólidos



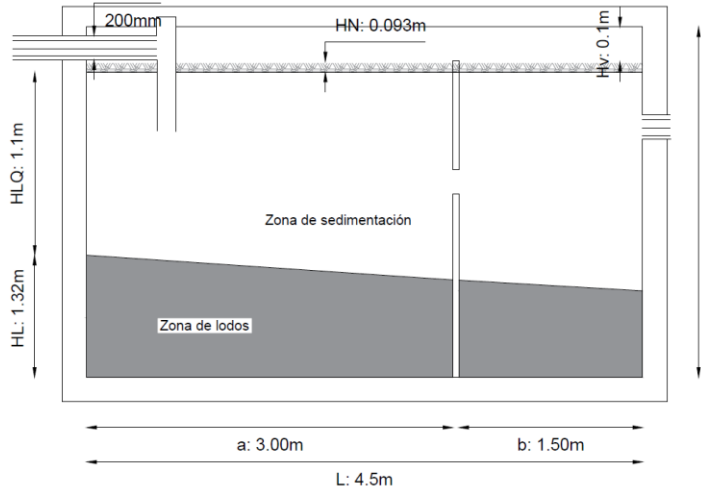
Trampa de grasas

ESC. 1:100

Vista en planta Trampa de grasas

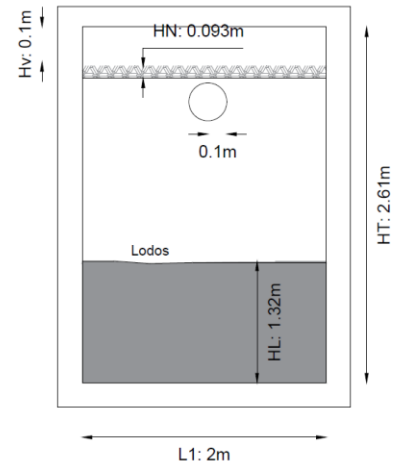
ESC. 1:100

#### Detalle 3. Dimensionamiento de la trampa de grasas



Tanque séptico

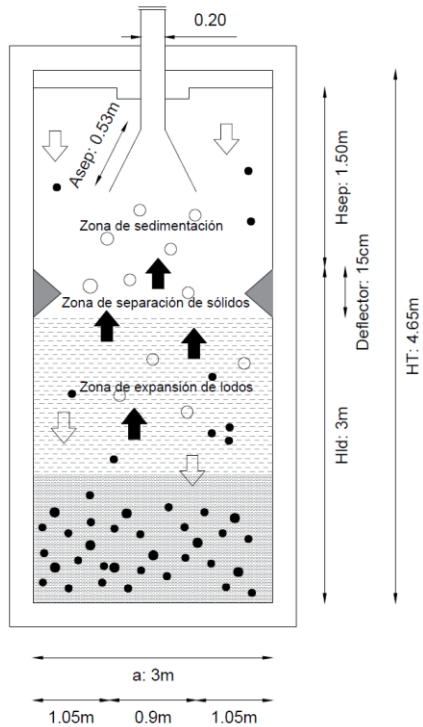
ESC. 1:100



Vista corte transversal

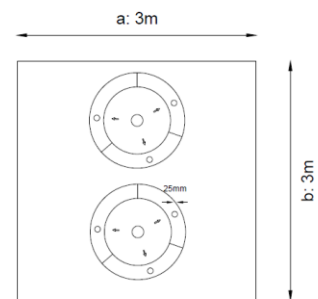
ESC. 1:100

#### Detalle 4. Dimensionamiento del tanque séptico



Reactor Anaeróbico

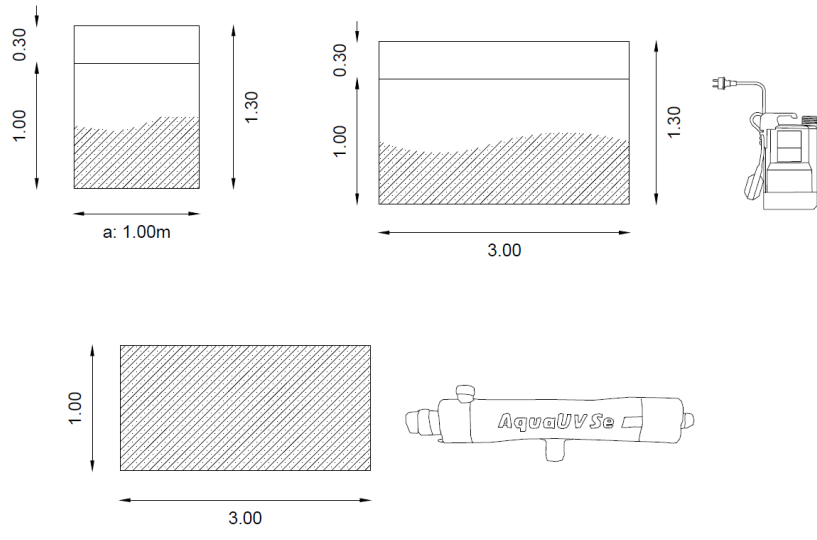
ESC. 1:100



Vista en planta Reactor Anaerobio

ESC. 1:100

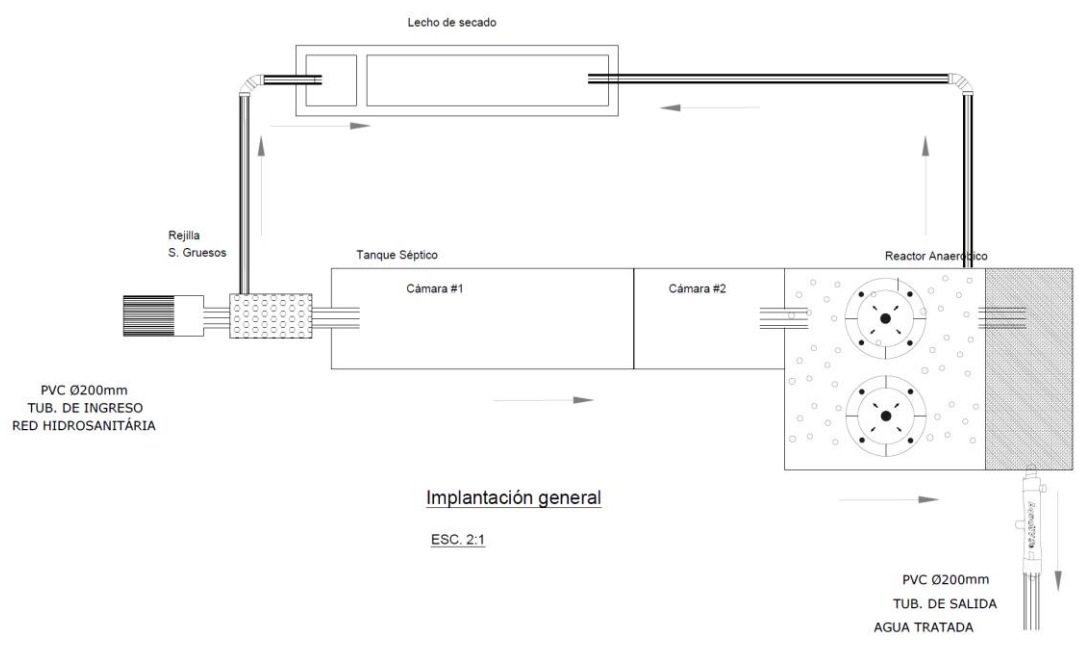
### Detalle 5. Dimensionamiento de reactor anaerobio



Lámpara Uv

ESC. 1:100

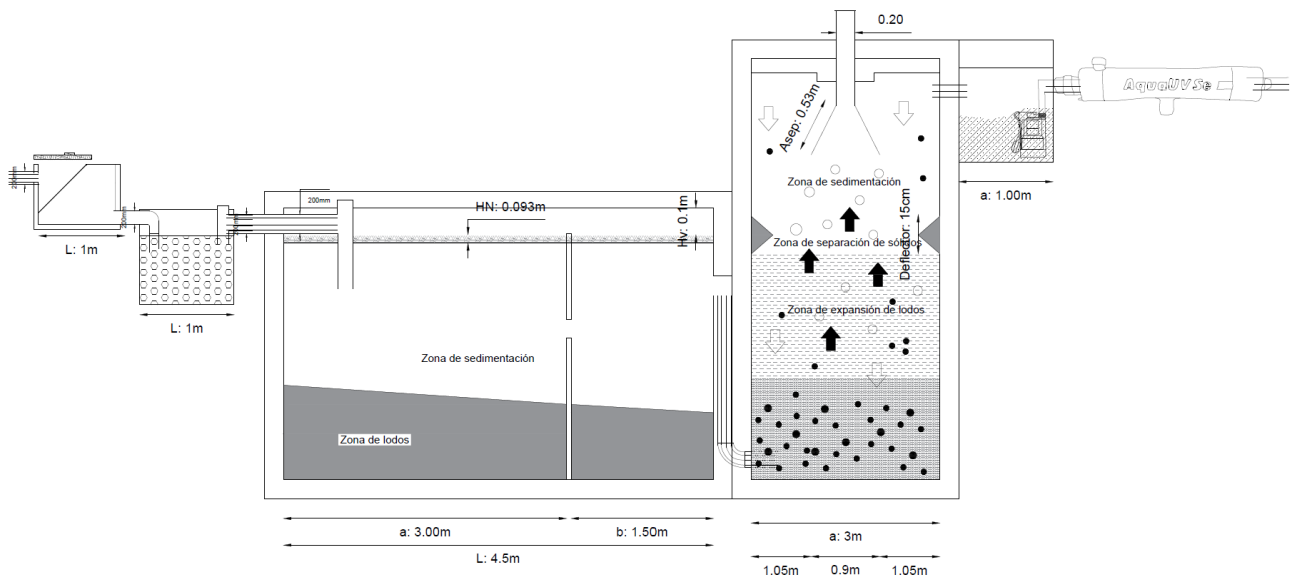
### Detalle 6. Dimensionamiento de la lámpara Uv



Implantación general

ESC. 2:1

### Detalle 7. Ptar vista en planta



Detalle 8. Ptar vista en corte

## 4.9. Eficiencia

### 4.9.1. Trampa de grasas

El porcentaje de eficiencia de remoción de aceites y grasas se encuentra en valores típico de 70% - 90% (Tingo, 2019), en base a el tiempo de retención hidráulico, su tiempo es instantáneo por tanto se calcula la eficiencia más desfavorable de 70%.

$$\text{Aceites y grasas} = \text{Aceites y grasas} * (1 - 0.7) \quad (22)$$

(Tingo, 2019)

$$\text{Aceites y grasas} = 120 \frac{mg}{L} * (1 - 0.7)$$

$$\text{Aceites y grasas} = 36 \frac{mg}{L}$$

### 4.9.2. Tanque séptico

Para obtener la eficiencia del tanque se extraen dos textos de los rendimientos más frecuentes en una fosa séptica, la eficiencia del DBO representa el 40% del DBO soluble y se suma

al suspendido. Por otro lado, los sólidos totales tienen un porcentaje de remoción del 50% (Tchobanoglous, 2000).

$$DBO_{5\ Soluble*} = DBO_{5\ Soluble} * 0.4$$

(Tchobanoglous, 2000) (45)

$$DBO_{5\ soluble*} = 86.9 \frac{mg}{L} * 0.4$$

$$DBO_{5\ soluble*} = 34.76 \frac{mg}{L}$$

$$DBO_{soluble} - DBO_{soluble*} = 86.9 \frac{mg}{L} - 34.76 \frac{mg}{L} = 52.14 \frac{mg}{L}$$

$$DBO_5 = (DBO_{5\ Soluble} - DBO_{5\ soluble*}) + DBO_{5\ Suspendido}$$

(Tchobanoglous, 2000) (46)

$$DBO_5 = (86.9 \frac{mg}{L} - 34.76 \frac{mg}{L}) + 55.7 \frac{mg}{L}$$

$$DBO_5 = 107.9 \frac{mg}{L}$$

$$DQO_{Soluble*} = DQO_{5\ Soluble} * 0.4$$

(Tchobanoglous, 2000) (47)

$$DQO_{soluble*} = 184.2 \frac{mg}{L} * 0.4$$

$$DQO_{soluble*} = 73.68 \frac{mg}{L}$$

$$DQO_{soluble} - DQO_{soluble*} = 184.2 \frac{mg}{L} - 73.68 \frac{mg}{L} = 110.52 \frac{mg}{L}$$

$$DQO = (DQO_{soluble} - DQO_{soluble*}) + DQO_{suspendido}$$

(Tchobanoglous, 2000) (48)

$$DQO = (184.2 \frac{mg}{L} - 73.68 \frac{mg}{L}) + 134.4 \frac{mg}{L}$$

$$DQO = 244.92 \frac{mg}{L}$$

$$SST = SST * 0.5$$

$$(Romero, 2004) \quad (49)$$

$$SST = 196 \frac{mg}{L} * 0.5$$

$$SST = 98 \frac{mg}{L}$$

$$P = P * 0.2$$

$$(Romero, 2004) \quad (50)$$

$$P = 18.5 \frac{mg}{L} * (1 - 0.2)$$

$$P = 14.8 \frac{mg}{L}$$

$$N \text{ Kjeldahl} = N * 0.2$$

$$(Romero, 2004) \quad (51)$$

$$N \text{ Kjeldahl} = 62 \frac{mg}{L} * (1 - 0.2)$$

$$N \text{ Kjeldahl} = 49.6 \frac{mg}{L}$$

#### 4.9.3. Reactor anaerobio de flujo ascendente

El reactor anaerobio de flujo ascendente reduce la cantidad de demanda química de oxígeno un 73% de la cantidad tomada del afluente siendo 318.6 mg/l, de esta manera se garantiza el cumplimiento de descarga y se optimiza la planta dosificando la remoción de componentes tóxicos y perjudiciales en diferentes procesos.

$$E_{DQO} = 100 * (1 - 0.68 * Tr^{-0.35})$$

(Chernicharo, 2007) (72)

E: Eficiencia del reactor de flujo ascendente en términos de DQO (%)

Tr: Tiempo de retención hidráulica (h)

Coefficiente empírico del sistema: 0.68

Coefficiente empírico medio: 0.35

$$E_{DQO} = 100 * (1 - 0.68 * 14 h^{-0.35})$$

$$E_{DQO} = 73\%$$

$$DQO_{Soluble} = DQO_{Soluble} * (1 - (\frac{E_{DQO}}{100}))$$

(Chernicharo, 2007) (73)

$$DQO_{Soluble} = 73.68 \frac{mg}{L} * (1 - (\frac{73\%}{100}))$$

$$DQO_{Soluble} = 19.89 \frac{mg}{L}$$

$$DQO = DQO_{Soluble} + DQO_{Suspendido}$$

(Chernicharo, 2007) (74)

$$DQO = 19.89 \frac{mg}{L} + 134,4 \frac{mg}{L}$$
$$DQO = 154,30 \frac{mg}{L}$$

$$E_{DBO} = 100 * (1 - 0.70 * Tr^{-0.50})$$

(Chernicharo, 2007) (75)

E: Eficiencia del reactor de flujo ascendente en términos de DBO (%)

Tr: Tiempo de retención hidráulica (h)

Coefficiente empírico del sistema: 0.70

Coefficiente empírico medio: 0.50

$$E_{DBO} = 100 * (1 - 0.70 * 14 h^{-0.50})$$

$$E_{DBO} = 81\%$$

$$DBO_{Soluble} = DBO_{Soluble} * (1 - (\frac{E_{DBO}}{100}))$$

(Chernicharo, 2007) (76)

$$DBO_{Soluble} = 52.14 \frac{mg}{L} * (1 - (\frac{81\%}{100}))$$

$$DBO_{Soluble} = 10 \frac{mg}{L}$$

$$DBO_5 = DBO_{5 Soluble} + DBO_{5 Suspendido}$$

(Chernicharo, 2007) (77)

$$DBO_5 = 10 \frac{mg}{L} + 55,7 \frac{mg}{L}$$

$$DBO_5 = 65,7 \frac{mg}{L}$$

$$SST = SST * (1 - 0.65)$$

(Romero, 2004) (78)

$$SST = 98 \frac{mg}{L} * (1 - 0.65)$$

$$SST = 34.3 \frac{mg}{L}$$

$$P = P * (1 - 0.4)$$

(Romero, 2004) (79)

$$P = 14.8 \frac{mg}{L} * (1 - 0.4)$$

$$P = 8.88 \frac{mg}{L}$$

#### 4.9.4. Lámpara Uv

La eficiencia de la lámpara ultravioleta se obtiene de la tabla 6, eficiencia de remoción de patógenos, el nivel de remoción de coliformes fecales se produce prácticamente en su totalidad (Romero, Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y principios de diseño, 2004).

$$Coliformes Fecales = Coliformes Fecales * (1 - 0.9998)$$

(Romero, 2004) (81)

$$Coliformes Fecales = 1 * 10^6 NMP * (1 - 0.9998)$$

$$Coliformes Fecales = 200 \frac{NMP}{100 ml}$$

## 5. CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1. Caudal

Para calcular los caudales se consideró como punto de partida la dotación, el número de habitantes y un factor para las aguas residuales, el cálculo es extraído de la normativa SENAGUA CO 10.07-601, SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Tabla 18. Principales parámetros para calcular el caudal

Dotación	120 L/hab/dia
Población	80 habitantes
#Casas	20
Temperatura	20 °C

Como resultado de los caudales se presenta la siguiente tabla de resumen:

Tabla 19. Caudales diarios y horarios

Caudal	(m <sup>3</sup> /d)
Qmd (caudal medio diario)	7.56
QMD (caudal máximo diario)	9.88
QMH (caudal máximo horario)	15.20

### 5.2. pH

Gracias a la cadena de custodia para monitoreo en campo y el uso de un potenciómetro in situ se puede llegar a conocer el valor del pH, los límites de descarga permisibles de potencial de hidrógeno para un cuerpo de agua dulce son de 6 a 9.

Tabla 20. Límite de descarga permisible para el potencial de hidrógeno

Parámetro	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Potencial de hidrógeno	pH	7.04	6-9

**Fuente:** TULSMA, Libro VI, Tabla 10, pág.98

El parámetro obtenido presenta un valor de 7.04, de esta manera la concentración de iones de hidrógeno tiende a catalogar la disolución como neutra.

El pH en la etapa final de tratamiento depende del tipo de microorganismos involucrados en el proceso de digestión, así como del tipo de sustrato sin embargo los parámetros proporcionados se encuentran dentro de los límites de descarga por tanto no necesitan ningún tratamiento para descargar al efluente.

### 5.3. Turbiedad y color

Al momento de analizar la muestra, el contenido de agua no cuenta con una restricción significativa de visibilidad por tanto la turbiedad es baja, los límites de turbiedad no se encuentran dentro de la normativa de descarga residual a cuerpos de agua dulce.



Fotografía 13. Selección de la muestra previo al análisis, laboratorio químico Environovalab, Sector el Condado, 2022

Por otro lado, el color real o verdadero de la muestra es de 0.25 unidades de platino cobalto, sin embargo, el factor dentro de los límites permisibles del color real es inapreciable en diluciones 1/20.

Tabla 21. Límite de descarga permisible para el color real

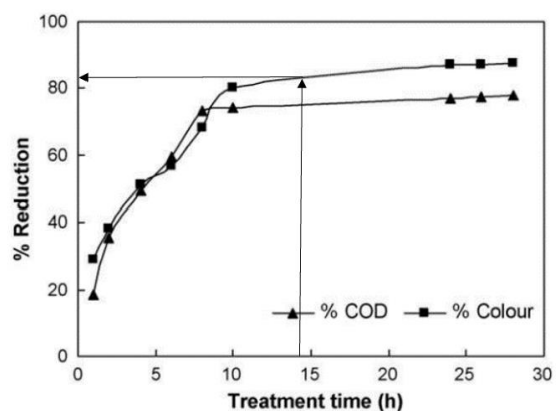
Parámetro	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Color real	Color real	Pt-Co	Inapreciable en dilución 1/20

**Fuente:** TULSMA, Libro VI, Tabla 10, pág.98

Para reducir el color real, Hammed concluye que el tiempo de tratamiento en un reactor anaerobio influye de manera directa con el porcentaje de adsorción del color.

Figura 4. Efecto del tiempo de tratamiento sobre la adsorción de color y DQO

**Fuente:** Figura 5, Hameed, B. H., 2016



El tiempo de tratamiento adoptado el reactor de flujo ascendente es de 14 horas, debido a la baja temperatura del sector.

Tabla 22. Tiempo de tratamiento - % Adsorción del color

	Tiempo de tratamiento (h)	% Adsorción
Reactor anaerobio	14	83

El valor del color real disminuye de 0.25 Pt-Co a 0.043 cumpliendo con la normativa para descargas en cuerpos de agua dulce.

Tabla 23. Tiempo de tratamiento – Color real

Tiempo (h)	Color real (Pa-Co)
0	0.25
14	0.043

#### 5.4. Sólidos suspendidos totales

Para reducir el contenido de sólidos en suspensión, las cámaras encargadas de este tratamiento fueron el tanque séptico y el reactor anaerobio. La eficiencia de remoción se fundamenta en el libro de Jaime Romero Rojas, diseño de sistemas de tratamiento de aguas residuales (Tabla 6).

El porcentaje de eficiencia de sólidos suspendidos removidos en el tanque séptico fue del 50% (fórmula 49), mientras que el reactor anaerobio tuvo un porcentaje del 65% (fórmula 78).

Tabla 24. Eficiencia de sólidos suspendidos

SST	mg/L
Tanque séptico	98
Reactor anaerobio	34.30

Para que el agua pueda descargarse con 34.30 mg/L de SST, el efluente debe cumplir con los límites de descarga establecidos por el TULSMA (TABLA 1), el parámetro es aceptable.

Tabla 25. Límite de descarga para SST

Parámetro	Límites	Unidades
SST:	130	mg/L

**Fuente:** TULSMA, Libro VI, Tabla 10, pág.98

El análisis de sólidos sedimentables y disueltos es despreciado, su razón se debe a no formar parte de los parámetros fundamentales para la descarga (Tabla 1).

#### **5.5. DBO (Demanda biológica de oxígeno)**

Los parámetros del afluente muestran 3 tipos de demanda biológica de oxígeno, el DBO total, el soluble y el suspendido, se utilizó el DBO soluble para estimar el porcentaje de eficiencia del tanque séptico y reactor anaerobio, posteriormente se sumó el DBO suspendido en cada proceso para obtener el valor total de DBO por cada tratamiento.

El tanque séptico considera una eficiencia de remoción del 40% (fórmula 45) del DBO soluble, el criterio de remoción se fundamenta en el libro de Jaime Romero Rojas, diseño de sistemas de tratamiento de aguas residuales (Tabla 6).

El reactor de flujo ascendente redujo la demanda química de oxígeno 81% (fórmula 76) de la cantidad suministrada por el tanque séptico, de esta manera se garantiza el cumplimiento

de descarga y se optimiza la planta dosificando la remoción de componentes tóxicos y perjudiciales en diferentes procesos.

Tabla 26. Eficiencia de la demanda biológica de oxígeno

DBO	mg/L
Tanque séptico	107.90
Reactor anaerobio	65.70

Para que el agua pueda descargarse con 65.70 mg/L de DBO, el efluente debe cumplir con los límites de descarga establecidos por el TULSMA (TABLA 1), el parámetro es aceptable.

Tabla 27. Límite de descarga para DBO

Parámetro	Límites	Unidades
DBO	100	mg/L

**Fuente:** TULSMA, Libro VI, Tabla 10, pág.98

#### 5.6. DQO (Demanda química de oxígeno)

Los parámetros del afluente muestran 3 tipos de demanda química de oxígeno, el DQO total, el soluble y el suspendido, se utilizó el DQO soluble para estimar el porcentaje de eficiencia del tanque séptico y reactor anaerobio, posteriormente se sumó el DQO suspendido en cada proceso para obtener el valor total de DQO por cada tratamiento.

El tanque séptico considera una eficiencia de remoción del 40% (fórmula 47) del DQO soluble, el criterio de remoción se fundamenta en el libro de Jaime Romero Rojas, diseño de sistemas de tratamiento de aguas residuales (Tabla 6).

El reactor de flujo ascendente redujo la demanda química de oxígeno 73% (fórmula 73) de la cantidad suministrada por el tanque séptico, de esta manera se garantiza el cumplimiento de descarga y se optimiza la planta dosificando la remoción de componentes tóxicos y perjudiciales en diferentes procesos.

Tabla 28. Eficiencia de la demanda química de oxígeno

DQO	mg/L
Tanque séptico	244.92
Reactor anaerobio	154.30

Para que el agua pueda descargarse con 164.40 mg/L de DQO, el efluente debe cumplir con los límites de descarga establecidos por el TULSMA (TABLA 1), el parámetro es aceptable.

Tabla 29. Límite de descarga para DQO

Parámetro	Límites	Unidades
DQO	200	mg/L

**Fuente:** TULSMA, Libro VI, Tabla 10, pág.98

## 5.7. Aceites y grasas

El informe de resultados A22-462 indica la cantidad de aceites y grasas está muy cerca de los límites admitidos para la descarga, con el propósito de remover la mayor cantidad de aceites y grasas se coloca una trampa de grasas como pretratamiento antes del tanque séptico.

El caudal de descarga se calculó por unidad de aparato sanitario en cocinas y lavandería de cada casa. El porcentaje de eficiencia de remoción de aceites y grasas se encuentra en valores típico de 70% - 90% (Tingo, 2019), proponiendo la condición más desfavorable para el diseño, se calcula con el valor del 70% (fórmula 31).

Tabla 30. Eficiencia de aceites y grasas

Aceites y grasas	mg/L
Trampa de grasas	36

Para que el agua pueda descargarse con 36 mg/L de aceites y grasas, el efluente debe cumplir con los límites de descarga establecidos por el TULSMA (TABLA 1), el parámetro es aceptable.

Tabla 31. Límite de descarga para aceites y grasas

Parámetro	Límites	Unidades
Aceites y grasas	120	mg/L

**Fuente:** TULSMA, Libro VI, Tabla 10, pág.98

## 5.8. Coliformes fecales

Para eliminar el contenido de coliformes fecales la implementación de un sistema anaerobio múltiple en serie no es suficiente, parámetros como el DBO, DQO o SST tienen un gran porcentaje de remoción, sin embargo, para eliminar las coliformes fecales se necesita tener una unidad de tratamiento de cloración, lagunas de oxidación o una lámpara ultravioleta (Romero, 2004). Procesos como la cloración son descartados por producir trihalometanos, la laguna de oxidación no cuenta con un espacio suficiente, por tanto, se decide colocar una lámpara Uv.

Luego del reactor anaerobio se instalará un tanque capaz de almacenar la suficiente cantidad de agua para elevarse por medio de una bomba sumergible (9 gpm, tabla 17) hacia la lámpara Uv, además de requerir un caudal superior al del afluente, se necesitará previamente remover parte del contenido de sólidos suspendidos totales (AquaUV Se., 2019). El porcentaje de eficiencia ultravioleta es del 99.9998% (fórmula 81).

Tabla 32. Eficiencia de coliformes fecales

Coliformes fecales	NMP/100 ml
Lámpara Uv	200

Para que el agua pueda descargarse con 200 mg/L de coliformes fecales, el efluente debe cumplir con los límites de descarga establecidos por el TULSMA (TABLA 1), el parámetro es aceptable.

Tabla 33. Límite de descarga para aceites y grasas

Parámetro	Límites	Unidades
Coliformes fecales	2000	NMP/100 ml

Fuente: TULSMA, Libro VI, Tabla 10, pág.98

### 5.9. Fósforo total

### 5.10. Sólidos suspendidos totales

Al igual que el contenido de SST, para reducir el porcentaje de fósforo presente en el agua, las cámaras encargadas tratar el parámetro son el tanque séptico y el reactor anaerobio. La eficiencia de remoción se fundamenta en el libro de Jaime Romero Rojas, diseño de sistemas de tratamiento de aguas residuales (Tabla 6).

El porcentaje de eficiencia de fósforo removido en el tanque séptico fue del 20% (fórmula 50), mientras que el reactor anaerobio tuvo un porcentaje del 40% (fórmula 79).

Tabla 34. Eficiencia Fósforo total

Fósforo total	mg/L
Tanque séptico	14.8
Reactor anaerobio	8.88

Para que el agua pueda descargarse con 8.88 mg/L de P, el efluente debe cumplir con los límites de descarga establecidos por el TULSMA (TABLA 1), el parámetro es aceptable.

Tabla 35. Límite de descarga para Fósforo total

Parámetro	Límites	Unidades
Fósforo total	10	mg/L

**Fuente:** TULSMA, Libro VI, Tabla 10, pág.98

### 5.11. Nitrógeno amoniacal y Kjeldahl

La unidad de tratamiento encargada de disminuir el contenido de nitrógeno es el tanque séptico, el porcentaje de eficiencia es del 20% (fórmula 51).

Tabla 36. Eficiencia de Nitrógeno Kjeldahl

Nitrógeno Kjeldahl	mg/L
Tanque séptico	49.6

Para que el agua pueda descargarse con 49.6 mg/L de Nitrógeno Kjeldahl, el efluente debe cumplir con los límites de descarga establecidos por el TULSMA (TABLA 1), el parámetro es aceptable.

Tabla 37. Límite de descarga para Nitrógeno Kjeldahl

Parámetro	Límites	Unidades
Fósforo total	50	mg/L

**Fuente:** TULSMA, Libro VI, Tabla 10, pág.98

Por otro lado, el nitrógeno amoniacal cumple desde un principio con los límites de descarga de esta manera no es necesario colocar una unidad de tratamiento para remover este parámetro.

## 5.1 Resumen de resultados Postratamiento

Luego de analizar cada parámetro que la planta de tratamiento necesita para descargar el afluente a la quebrada, se puede concluir que el agua puede ser descargada sin ningún problema, para apreciar el contenido de remoción, se tiene la siguiente tabla de resumen:

Tabla 38. Tabla de resumen Pretratamiento y Postratamiento

Parámetro	Agua cruda	Agua tratada	Límites	Unidades
Aceites y grasas:	120	36	100	mg/l
Coliformes fecales:	1x10e6	200	2000	NMP/100 ml
Fósforo total:	18.50	8.88	10	mg/l
Nitrógeno amoniacal:	28	28	30	mg/l
Nitrógeno total Kjeldahl:	62	49.6	50	mg/l
DBO5:	142.60	65.70	100	mg/l
DQO:	318.60	164.40	200	mg/l
SST:	196	34.30	130	mg/l
Color real:	0.25	0.043	Inapreciable en dilución 1/20	Pt-Co
Potencial de hidrógeno:	7.04	7.04	6-9	pH

Parámetros como el potencial de hidrógeno y nitrógeno amoniacal no necesitan una unidad de tratamiento por tanto el afluente es el mismo que el efluente.

## CAPÍTULO VI: COSTOS DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LA PTAR

### 6.1 Costos de construcción

#### Costos de la planta

Ubicación: Conocoto  
Fecha: 10/06/2022

PRESUPUESTO						
Ítem	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
<b>1</b>		<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>904,00</b>
1.1	574009	Replanteo manual y nivelación	m2	12,00	13,40	160,80
1.2	500008	Limpieza de terreno	m2	12,00	3,54	42,48
1.3	574008	Excavación mecánica	m3	24,00	24,30	583,20
1.4	5AE011	Carretilado manual de materiales	m3	3,00	9,84	29,52
1.5	5AE069	Compactación	m2	12,00	4,92	59,04
1.6	5AE058	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m3	8,00	3,62	28,96
<b>2</b>		<b>OBRA CIVIL</b>				<b>16.294,34</b>
<b>2.1</b>		<b>Cámara de tratamiento preliminar</b>				<b>909,65</b>
2.1.1	530003	Contrapiso hormigón simple f'c= 180kg/cm2, e= 7cm+acero, suministro y elaboración	m2	1,00	12,35	12,35
2.1.2	572002	Muro de hormigón simple, f'c= 210kg/cm2, producción con concretera, suministro y colocación	m3	0,25	104,33	26,08
2.1.3	508004	Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm2	kg	100,00	6,22	622,00
2.1.4	5AB090	Construcción de tableros de encofrar	u	10,00	16,04	160,40
2.1.5	545007	Encofrado y desencofrado de muros, suministro y colocación	m2	8,00	10,62	84,96
2.1.6	555003	Impermeabilizante para cámara de tratamiento, elaboración y vertido	m3	0,25	15,44	3,86
<b>2.2</b>		<b>Trampa de grasas</b>				<b>1.034,19</b>
2.2.1	530003	Contrapiso hormigón simple f'c= 180kg/cm2, e= 7cm+acero, suministro y elaboración	m2	1,00	12,35	12,35
2.2.2	572002	Muro de hormigón simple, f'c= 210kg/cm2, producción con concretera, suministro y colocación	m3	0,54	104,33	56,34
2.2.3	508004	Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm2	kg	110,00	6,22	684,20
2.2.4	5AB090	Construcción de tableros de encofrar	u	12,00	16,04	192,48
2.2.5	545007	Encofrado y desencofrado de muros, suministro y colocación	m2	8,00	10,62	84,96
2.2.6	555003	Impermeabilizante para cámara de tratamiento, elaboración y vertido	m3	0,25	15,44	3,86
<b>2.3</b>		<b>Tanque Septico</b>				<b>7.135,99</b>
2.3.1	530003	Contrapiso hormigón simple f'c= 180kg/cm2, e= 7cm+acero, suministro y elaboración	m2	4,50	15,44	69,48
2.3.2	572002	Muro de hormigón simple, f'c= 210kg/cm2, producción con concretera, suministro y colocación	m3	23,00	104,33	2.399,59
2.3.3	508004	Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm2	kg	500,00	6,22	3.110,00
2.3.4	5AB090	Construcción de tableros de encofrar	u	50,00	16,04	802,00
2.3.5	545007	Encofrado y desencofrado de muros, suministro y colocación	m2	35,00	10,62	371,70
2.3.6	555003	Impermeabilizante para cámara de tratamiento, elaboración y vertido	m3	23,00	15,44	355,12
2.3.7	5AF010	Colocación de abono en la parte inferior del tanque, 8kg	kg	1,00	12,66	12,66
<b>2.4</b>		<b>Reactor FAFA</b>				<b>3.863,76</b>
2.4.1	530003	Contrapiso hormigón simple f'c= 180kg/cm2, e= 7cm+acero, suministro y elaboración	m2	4,00	15,44	61,76
2.4.2	572002	Muro de hormigón simple, f'c= 210kg/cm2, producción con concretera, suministro y colocación	m3	8,90	104,33	928,54
2.4.3	508004	Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm2	kg	350,00	6,22	2.177,00
2.4.4	5AB090	Construcción de tableros de encofrar	u	18,00	16,04	288,72

2.4.5	545007	Encofrado y desencofrado de muros, suministro y colocación	m2	24,00	10,62	254,88
2.4.6	555003	Impermeabilizante para cámara de tratamiento, elaboración y vertido	m3	8,90	15,44	137,42
<b>2.5</b>		<b>Recolección de lodos y cámara de agua tratada</b>				<b>3.350,75</b>
2.5.1	530003	Contrapiso hormigón simple f'c= 180kg/cm2, e= 7cm+acero, suministro y elaboración	m2	6,00	15,44	92,64
2.5.2	572002	Muro de hormigón simple, f'c= 210kg/cm2, producción con concretera, suministro y colocación	m3	3,00	104,33	312,99
2.5.3	508004	Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm2	kg	400,00	6,22	2.488,00
2.5.4	5AB090	Construcción de tableros de encofrar	u	22,00	16,04	352,88
2.5.5	545007	Encofrado y desencofrado de muros, suministro y colocación	m2	4,00	10,62	42,48
2.5.6	555003	Impermeabilizante para cámara de tratamiento, elaboración y vertido	m3	3,00	15,44	46,32
<b>3</b>		<b>SISTEMAS MECANICOS</b>				<b>6.586,08</b>
3.1	5AF012	Tapa acero inoxidable	u	2,00	309,14	618,28
3.2	573003	Rejilla de acero para sólidos, suministro e instalación	u	1,00	366,64	366,64
3.3	5AF004	Campana de separacion de gases	u	1,00	3.320,53	3.320,53
3.4	5A8068	Tubería de distribución 25 mm, incluye accesorios	m	8,00	3,40	27,20
3.5	5AF014	Colector acero de efluentes inoxidable	u	1,00	1.026,40	1.026,40
3.6	5AF015	Boquilla	u	2,00	301,48	602,96
3.7	5AF008	Tubería perforada 200mm	mm	1,50	10,14	15,21
3.8	5A3013	Tubería pvc para desague E/C d= 160mm, suministro e instalación	m	20,00	8,20	164,00
3.9	5A3012	Tubería pvc para desague E/C d= 200mm, suministro e instalación	m	26,00	17,11	444,86
<b>4</b>		<b>EQUIPOS ESPECIALES</b>				<b>2.816,32</b>
4.1	5AA061	Bomba sumergible 0.5 hp	u	1,00	296,32	296,32
4.2	5AA066	Lámpara Uv	u	1,00	1.560,00	1.560,00
4.3	500008	Lámpara Uv-C Tio2	u	1,00	960,00	960,00
<b>SUBTOTAL</b>						<b>26.554,42</b>
					12 %	<b>3.186,53</b>
<b>TOTAL</b>						<b>29.740,95</b>

Son: VEINTE Y NUEVE MIL SETECIENTOS CUARENTA CON 95/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## 6.2 Análisis de costo – beneficio

El tanque séptico representa el mayor porcentaje de gasto en la construcción de la planta debido el extenso volumen que tiene, sin embargo, al momento de construir las cámaras, estas no generan dificultad constructiva, por lo contrario, el reactor anaerobio requiere un mayor detalle en donde entran sistemas mecánicos para crear elementos tales como los deflectores o separadores. El costo total de la planta se aproxima a los \$30,000 siendo una inversión significativa pero no exageradamente alta para todos los sistemas y equipos que están adecuados dentro de la planta.

A pesar de tener un tiempo promedio de funcionamiento que son 7 horas, la bomba sumergible puede bombear más metros de columna de agua del requerido, el costo de esta bomba es de 296 dólares, representando una gran inversión para el correcto funcionamiento de la lámpara Uv. La colocación de una lámpara Uv-C eliminará un 80% los malos olores que generan la planta de tratamiento (Ingeniería en aguas SAS, 2020), el costo de adquisición de este producto es de \$960, no requiere mantenimientos.

### 6.3 Costos de operación y mantenimiento

Los sólidos anaerobios necesitan ser trabajados con dos gramos de sólido volátil por litro efectivo del tanque, su volumen es de 23 m<sup>3</sup>.

$$\frac{2gSSV}{L} * 23 m^3 * 1000 L = 46000 gSSV$$

(Rosales, 2014) (82)

\*La fracción de sólidos volátiles por totales será considerada del 80% (Rosales, 2014).

$$Masa\ de\ estiercol = \frac{46000}{\frac{80\%}{100}} = 57500 g = 57.50 kg$$

(Rosales, 2014) (66)

Gracias a una varilla de medición se puede conocer la altura del lodo, el volumen de acumulación de lodos digeridos en el dimensionamiento del sistema es de 12 m<sup>3</sup> y el área estimada del tanque es de 4.5m\*2m.

$$H = V/A$$

(Rosales, 2014) (67)

$$H = \frac{12}{4.5\text{m} * 2\text{m}} = 1.33 \text{ m}$$

Cuando la altura del lodo alcance 1.3 m, llega el momento de limpieza del sistema.

Ubicación: Conocoto  
 Fecha: 10/06/2022

PRESUPUESTO						
Ítem	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
<b>1</b>		<b>MANTENIMIENTOS</b>				<b>584,42</b>
1.1	5A3015	Limpieza de rejilla	anual	1,00	87,26	87,26
1.2	5A3016	Limpieza de tanque séptico	anual	1,00	90,72	90,72
1.3	5A3017	Limpieza de la trampa de grasas	anual	1,00	93,72	93,72
1.4	5A3018	Quema de biogás en antorcha	anual	1,00	96,72	96,72
1.5	500009	Servicio de gestión de lodos	anual	1,00	216,00	216,00
<b>SUBTOTAL</b>						<b>584,42</b>
<b>IVA</b>					12 %	<b>70,13</b>
<b>TOTAL</b>						<b>654,55</b>

Son: SEISCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO CON 55/100 DÓLARES

## 7 CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 Conclusiones

Gestionar el agua residual es muy importante, múltiples enfermedades, contaminación y el impacto ambiental que puede generar la descarga directa del agua sin tratar, afecta directamente a la economía, salud y medio ambiente del país. El principal objetivo de la disertación es proponer una planta de tratamiento para que el conjunto habitacional HARU sea capaz de manejar los residuos orgánicos que se descargarán a un desfiladero, luego de múltiples unidades de tratamiento se concluye que el agua puede ser descargada a la quebrada.

Cada planta de tratamiento es diferente, el punto de partida para realizar un diseño es analizar los parámetros del informe de laboratorio y conocer los límites de descarga que el agua residual necesita, es importante además realizar una investigación amplia sobre el tema porque existen diferentes maneras de solucionar un problema, para cada parámetro hay una unidad de tratamiento que removerá un porcentaje del contenido, muchas veces un proceso por si solo no es suficiente y necesitará otro tratamiento posterior. Luego de una extensa revisión bibliográfica se puede concluir que:

1. Las normativas ecuatorianas son muy limitadas en el tema del tratamiento de las aguas residuales, para diseñar múltiples tratamientos se utilizan normas internacionales como el Ras 2000, Conagua, Ops, entre otros.
2. Unidades de tratamiento como la cloración no puede colocarse como fase final debido a la producción de trihalometanos.

3. Los procesos de tratamiento anaerobio tienen un menor consumo energético que los aerobios, sin embargo, generan malos olores.
4. Para la remoción de coliformes fecales los tratamientos más adecuados pueden ser la cloración, lagunas de oxidación o lámparas ultravioleta.
5. Los lodos activados son un tratamiento que remueve varios parámetros a la vez, por lo que es muy recomendable la colocación de uno si requiere tener pocas unidades de tratamiento.
6. El criterio para el diseño de una trampa de grasas son las unidades de gasto por aparato sanitario.
7. La rejilla de sólidos es un tratamiento preliminar que únicamente retendrá sólidos gruesos más no suspendidos, para remover este parámetro se necesitará un tratamiento primario o secundario.
8. El tiempo medio de retención hidráulica en un tanque séptico debe ser de al menos un día. Para mejorar la eficiencia de remoción el tanque se puede dividir en dos cámaras que ayuda a incrementar la obstrucción de sólidos.

El conjunto habitacional HARU cuenta con 20 unidades de vivienda, para adecuar el sistema de tratamiento completo la única alternativa ubicada a la entrada, colocar una planta de tratamiento de aguas residuales en esa posición genera un problema significativo para los habitantes por los malos olores que emanan la misma, con la colocación de una barrera física de absorción de olores, eliminando los compuestos orgánicos por medio de la oxidación al activar

una luz ultravioleta se garantiza la eliminación de los gases de metano y sulfhídricos que provocan estos malos olores, a este tratamiento se le denomina fotocatalisis heterogénea.

Las normativas aplicadas como condiciones iniciales fueron fundamentalmente dos, para conocer los parámetros de descarga en cuerpos de agua dulce se utilizó el Texto unificado de legislación secundaria y para conocer la dotación correspondiente al caso, el caudal medio diario, máximo diario y horario se utilizó la normativa del SENAGUA en áreas urbanas.

El caudal máximo horario presenta un valor de 15.20 m<sup>3</sup>/día, sus parámetros dependen de un factor de mayoración máximo horario y el caudal medio diario, el SENAGUA especifica que, para tratar un agua residual, el caudal medio se multiplicará por un factor de 0.8, además, debido a la reducida población del conjunto, la dotación recomendada para poblaciones menores a 5000 habitantes es de 120 L/hab/día.

Un punto importante para tener en cuenta es el clima del sector, al momento de realizar la toma de muestras, la temperatura se aproximaba a los 12 °C, parámetro que para los tiempos de digestión y la zona de expansión de lodos es baja, la razón se debe al tiempo que las bacterias tardan en digerir el lodo. La planta de tratamiento no considera una población futura significativa debido a que el incremento de habitantes tiene un límite máximo de 80 personas viviendo cuatro en cada casa.

Se decide colocar una bomba sumergible que incremente el caudal de salida para el correcto funcionamiento de la lámpara Uv, además de haber tratado posteriormente los sólidos suspendidos totales hasta llegar a una cantidad menor a los 50 mg/L.

Gracias al análisis de costos se concluye que la unidad de tratamiento más cara de construcción viene a ser el tanque séptico debido al gran volumen que tiene y la fase más económica son las obras preliminares y mantenimientos anuales.

## **7.2 Recomendaciones**

Al momento de diseñar una planta de tratamiento es recomendable considerar un espacio adecuado, tener en cuenta la posible generación de malos olores, buscar una alternativa económica tanto en costos de construcción como en mantenimientos anuales viable.

Para conocer qué tipo de tratamiento necesita un sistema, es indispensable analizar el agua residual, contando con capital suficiente se recomienda realizar tomas de muestras compuestas con el objetivo de tener mayor precisión en los resultados.

Para el diseño de la rejilla de sólidos es recomendable utilizar un espaciamiento pequeño para retener la mayor cantidad de sólidos gruesos, para tanques sépticos, se recomienda dividir el sistema en dos cámaras como mínimo buscando aumentar su eficiencia, tener un periodo de retención hidráulico de un día y dar mantenimiento cuando el nivel de lodos sobrepase la altura calculada.

Se recomienda actualizar las normativas ecuatorianas referentes a tratamiento de aguas residuales ya que son muy generales, cuando no se encuentra un diseño completo es necesario acudir a una normativa universal.

Cuando el caudal calculado con las unidades de gasto por aparato sanitario para una trampa de grasas es menor que el caudal de diseño, se recomienda tener una descarga independiente para la cámara de tratamiento antes de conectarse a la red principal.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aema. (2019). *Sistemas anaerobios: un paso Adelante hacia la sostenibilidad en la depuración*. España.
- Andrade, C. (2020). *Procedimiento para realizar la extracción de muestras*.
- AquaUV Se. (2019). *Productos de desinfección ultravioleta*. Obtenido de Sanitrón Ingeniería de purificación: <https://sanitronec.com/producto/lamparas-aquauv/>
- Beltrán & Jiménez. (2000). *Eficiencia de la luz ultravioleta para la desinfección de agua residual con alto contenido de patógenos*. Coyoacán.
- Belzona. (2010). *Tratamiento de Aguas Residuales* (Vol. 1). (A. Troconis, Ed.) Obtenido de [https://www.belzona.com/es/solution\\_maps/wastewater/money\\_map.pdf](https://www.belzona.com/es/solution_maps/wastewater/money_map.pdf).
- BIOTIM. (22 de Marzo de 2017). Manta de lodo anaeróbico de flujo ascendente.
- Butlerms. (2018). *Cálculo de la población equivalente, parámetros de alcantarillado*. Dublín, Irlanda.
- Campos, P. (2003). *Biología Volumen 1*. México: Limusa. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=gVvx46dJ9XQC&pg=PA97&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=gVvx46dJ9XQC&pg=PA97&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- Chernicharo, C. (2007). *Anaerobic Reactors* (Vol. 4). Obtenido de <https://www.iwapublishing.com/sites/default/files/ebooks/9781780402116.pdf>
- CONAGUA. (2007). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento, diseño de lagunas de estabilización*. Coyoacán, México.
- CONAGUA. (2014). *Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento 29*. Coyoacán: México.
- Degremont. (1979). *Manual técnico del agua, instalaciones sanitarias y alcantarillado* (Vol. 4). Bolivia: GRAFO, S.A.
- DIGESBA. (2001). *Instalaciones sanitarias – alcantarillado pluvial, sanitario y tratamiento de aguas residuales*. La Paz, Bolivia.

- Echanique, P. (2008). *Norma técnica para control de descargas líquidas*. Quito. Obtenido de <http://greensafe.com.ec/normasTecnicas/7.-NT002%20Control%20de%20descargas%20l%C3%ADquidas.pdf>
- Ecointell. (2019). *Tipos de aguas residuales*. Ciudad de México.
- Ecosystems. (2020). *Mantenimiento de lagunas, limpieza de lagos y lagos*. Buenos Aires.
- EIB PUCV. (2020). *Sólidos suspendidos totales, proceso de determinación de sólidos*. Chile.
- EMAAP-Q. (2009). *Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q*. Quito.
- Envirnovalab. (2020). *Manual para el procedimiento de tomas de muestras en aguas*. Quito.
- GEDAR. (2017). *Tratamiento de aguas, tratamiento biológico anaerobio, filtro percolador*. España. Obtenido de <https://www.gedar.com/residuales/tratamiento-biologico-aerobio/filtros-percoladores.html>
- González, M. (2008). *Remoción biológica de materia orgánica, nitrógeno y fósforo en un sistema tipo anaerobio-anóxico-Aerobio*. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-12372008000200005](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372008000200005)
- Gutiérrez, R. (2011). *Lagunas de estabilización*.
- Hernández & Paz. (23 de Enero de 2011). Tipos de tratamiento de efluentes, actividades preliminares.
- IDEAM. (2007). *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Toma de muestras de aguas residuales*. Obtenido de [http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38158/Toma\\_Muestras\\_AguasResiduales.pdf/f5baddf0-7d86-4598-bebd-0e123479d428](http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38158/Toma_Muestras_AguasResiduales.pdf/f5baddf0-7d86-4598-bebd-0e123479d428)
- INEN 1752. (1990). *Sistemas de eliminación de residuos líquidos, requisitos*. Quito.
- Ingeniería en aguas SAS. (2020). *Tecnología que elimina Olores*. Obtenido de <https://www.ingenieriaenaguas.com/aguas-residuales/cero-olores>
- Jaya, F. (2017). *Estudio de los sólidos suspendidos en el agua del río tabacay y su vinculación con la cobertura vegetal y usos del suelo en la microcuenca*. Cuenca.
- Lahera, R. (2010). *Infraestructura sustentable: las plantas de tratamiento de aguas residuales*. Ciudad de México, México: Quivera.

- Limón, J. (2013). *Los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, ¿problema o recurso?* Guadalajara.
- Lobato. (2018). *Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: Procesos anaerobios. Comisión nacional del agua.* Ciudad de México, México.
- López Cualla, R. (2003). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados.* Bogotá, Colombia.
- Lozano & Rivas. (2012). *Fundamentos de diseño de plantas depuradoras de aguas residuales. Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.* Bogotá.
- McGhee, T. (2001). *Abastecimiento de agua y alcantarillado: Ingeniería Ambiental (Vol. 6).* Santafé de Bogotá.
- McGraw-Hil. (1994). *Mecánica de los fluidos e hidráulica (Vol. 3).* Madrid, España.
- Mendonca, S. (2000). *Sistema de lagunas de estabilización.* Bogotá.
- Metcalf & Eddy. (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento vertido y reutilización.* Madrid.
- Metcalf, & Eddy. (2004). *Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery.* New York, United States.
- Middlebrooks & Crites. (1988). *Natural Systems for Waste Management and Treatment.* New York, United States.
- NEC 11. (2011). *Norma Ecuatoriana de la Construcción, Norma hidrosanitaria .* Quito: Cámara de la construcción Quito.
- Olivares, M. (2020). *Cálculo teórico de la demanda química de oxígeno y determinación de carga contaminante.* Ciudad de México.
- OMS. (2007). *Principales causas de muerte y discapacidad en el mundo, págs.*  
<https://www.who.int/es/news/item/09-12-2020-who-reveals-leading-causes-of-death-and-disability-worldwide-2000-2019>.
- OPS/CEPIS. (2003). *Especificaciones técnicas para el diseño de trampa de grasa, Unidad de apoyo técnico para el saneamiento básico del área rural.* Lima.

- Pedrollo. (2020). *Electrobombas sumergibles*. Obtenido de Drenaje de aguas sucias:  
[https://www.pedrollo.com/public/allegati/TOP-VORTEX\\_ES\\_60Hz.pdf](https://www.pedrollo.com/public/allegati/TOP-VORTEX_ES_60Hz.pdf)
- Ramalho, R. S. (1996). *Filtros percoladores*. Obtenido de  
<https://cidta.usal.es/cursos/etap/modulos/libros/PERCOLADORES.pdf>
- Ramírez, E. (2004). *Fundamentos del proceso de lodos activados*. Colombia.
- RAS. (2010). *Diseño de tanques septico y postratamiento para aguas servida*. Bogotá: Studocu.
- RAS. (2015). *Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y aguas lluvias* (Vol. 2). Bogotá.
- Romero, J. (2004). *Tratamiento de aguas residuales, teoría y principios de diseño* (Vol. 3). Bogotá, Colombia.
- Romero, J. (2004). *Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y principios de diseño* (Vol. 3). Bogotá, Colombia.
- Rosales, E. (1 de Enero de 2014). *Tanques sépticos: Conceptos teóricos base y aplicaciones*. Obtenido de <https://es.scribd.com/book/298957066/Tanques-septicos-Conceptos-teoricos-base-y-aplicaciones>
- SEMARNAT 25. (2019). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Introducción al Tratamiento de Aguas Residuales Municipales 25*. Ciudad de México.
- SENAGUA. (2016). *Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable y disposición de aguas residuales*. Quito: Secretaría del agua.
- SENAGUA. (2016). *Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural*. Quito: Secretaría del agua.
- SIPRASI. (2020). *El código CRETIB para residuos peligrosos, Seguridad industrial, salud ocupacional y medio ambiente*. Ciudad de México.
- Spena. (9 de Diciembre de 2019). *Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - PTAR*.
- Tapia, L. (2015). *Acuerdo ministerial 097-A. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua*. Quito.
- Tchobanoglous, C. &. (2000). *Sistemas de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados*. Bogotá: McGraw-Hill.

- Tingo, M. (2019). *Optimización de trampa de grasas y aceites con operación continua por efecto del calor en condiciones de laboratorio*. UAS.
- Torske, M. (2019). *La realidad de las aguas servidas en Ecuador – YAKUNINA*. Obtenido de <https://www.yakunina.com/la-realidad-de-las-aguas-servidas-en-ecuador/>
- TULAS. (2015). *Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua*. Quito, Ecuador: Lexis. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf>
- UDC. (2014). *Universidad de Coruña. Filtración En Medio Granular*. INDITEX. La Coruña, España. Obtenido de <https://xdoc.mx/documents/filtracion-en-medio-granular-5e1789dd7518d>
- Unillanos. (2019). *Universidad de los Llanos Villavicencio. Manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua residual doméstica*. Villavicencio, Colombia.
- UPV. (2021). *Sólidos disueltos totales*. Valencia.
- UTP. (2016). *Procedimiento para la Medición de Sólidos Totales. Centro de Investigaciones Hidráulicas*. Panamá.
- WEFTA. (21 de 3 de 2020). Desinfección ultravioleta. *Clean water and sanitation*, págs. <https://www.wefta.net/what-we-do/sanitation-environment/>.

# **ANEXOS**

**ANEXO 1**  
**Informe de resultados de conjunto HARU**



**INFORME DE RESULTADOS  
No. A22-462**

<b>Cliente:</b>	Conjunto Residencial Haru
<b>Representante legal:</b>	---
<b>Contacto/Solicitado por:</b>	Eduardo Cruz
<b>Teléfono:</b>	0959098149
<b>Dirección:</b>	Conocoto, Sebastián de Benalcazar y Autopista General Rumiñahui
<b>Fecha emisión de informe:</b>	27/12/2022
<b>Muestra tomada por:</b>	Environovalab Tec. Miryan Flores
<b>Procedimiento de Toma de muestras:</b>	Instructivo Toma de muestras IT-5.8-01
<b>Fecha y hora de recepción de muestras:</b>	16/12/2022 10:00
<b>Periodo de análisis:</b>	16/12/2022 - 27/12/2022
<b>Analizado por:</b>	Carlos Tituaña

CODIGO LABORATORIO	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	FECHA DE TOMA DE MUESTRA	INFORMACION DE LA MUESTRA			OBSERVACIONES
			HORA DE TOMA DE MUESTRA	UBICACION	COORDENADAS UTM	
A22-642	AGUA DESCARGA	16/12/2022	8:40	FRENTE AL CONJUNTO RESIDENCIAL	780095.7 9971353.7	Agua residual, muestra simple

PARAMETRO	METODO/REFERENCIA	RESULTADOS				INCERTIDUMBRE
		UNIDADES	RESULTADOS	LIMITE <sup>1</sup>		
ACEITES Y GRASAS	PE-08 SM 5520 B, Ed. 23, 2017	mg/l	120 <sup>E</sup>	100	---	
COLIFORMES FECALES*	SM 9221 B, E y F, Ed.23, 2017	NMP/ 100 ml	1.0 X 10 <sup>6</sup>	2000	---	
COLOR REAL	PE-26 SM 2120 C, Ed. 23, 2017	Pt-Co	0.25 <sup>E</sup>	Inapreciable en dilución 1/20	---	
DBO <sub>5</sub>	PE-17 SM 5210 B, Ed. 23, 2017	mg/l	142.6	100	±29 mg/l	
DBO <sub>5</sub> soluble*	PE-17 SM 5210 B, Ed. 23, 2017	mg/l	86.9	---	---	
DBO <sub>5</sub> suspendido*	Calculo	mg/l	55.7	---	---	
DQO	PE-13 SM 5220 D, Ed. 23, 2017	mg/l	318.6	200	±49 mg/l	
DQO soluble*	PE-13 SM 5220 D, Ed. 23, 2017	mg/l	184.2	---	---	
DQO suspendido*	Calculo	mg/l	134.4	---	---	
FOSFORO TOTAL	PE-09 SM 4500-E, Ed. 23, 2017	mg/l	18.5	10	±4.0 mg/l	
NITROGENO TOTAL KJELDAHL*	SM 4500-N <sub>org</sub> C, Ed. 23, 2017	mg/l	62.0	50	---	
NITROGENO AMONIAICAL*	SM 4500-NH <sub>3</sub> F, Ed. 23, 2017	mg/l	28.0	30	---	
pH	PE-01 SM 4500H+ B, Ed. 23, 2017	upH	7.04	6-9	±0.18 upH	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PE-05 SM 2540 D, Ed. 23, 2017	mg/l	196.0	130	±27 mg/l	
TEMPERATURA	PE-11 SM 2550 B, Ed. 23, 2017	°C	12.0	---	±1.1 °C	

**Notas:**

Environovalab, Laboratorio de Ensayo Acreditado por el SAE Acreditación No. SAE LEN 18-040

Los ensayos marcados con (\*) No están incluidos en el alcance de la acreditación de SAE

1: AM-097A TULSMA Anexo 1, Tabla 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

E: Valores fuera de rango de acreditación SAE para Aceites y grasas de 20 a 100, Color real de 10 a 168 Pt-Co

SM: Standard Methods

EPA: Environmental Protection Agency



Firmado digitalmente por:  
MIRYAN GABRIELA  
FLORES HERRERA


Anexo 1. Informe de resultados de conjunto HARU en Conocoto, laboratorio químico  
Environovalab, 2022

ANEXO 2  
Cadena de custodia para monitoreo en campo

	<b>CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA</b>	Código:	R-5.8-02 a
		Edición:	01
		Página:	1 de 1

Fecha de toma de muestra:	16/12/2022	Tiempo de descarga:	-
Cliente/ Razon Social:	Eduardo Cruz / HARU	Tratamiento aplicado antes de la descarga (físico, químico, biológico):	Noplica
Dirección:	Av. Sebastián de Benalcázar, Conocoto	Tiempo de funcionamiento del tratamiento:	-
Teléfono:			
Responsable del muestreo:	Miryam Flores		
Método de toma de muestra:	Simple		
		Rango Aceptación	
Verificación:	MR:	pH 7,01	
	MR:	pH 4,01	
Ajuste de equipo:	SI	pH 7,01	7,00
	NO	pH 4,01	
			SLOPEX 92 a 102

Codigo de laboratorio	Identificación de la muestra AR: Agua Residual AN: Agua Natural AG: Agua Riego AC: Agua Consumo	Hora de muestreo	Condiciones ambientales		Coordenadas	Localización	Temperatura (°C)	pH	Volumen/Tiempo Caudal	Oxígeno Disuelto (mg/l), % Sat	Cloro libre (mg/l)	Ausencia: - Escaso: + / Medio: ++ / Abundante: +++						Cantidad de muestra (l)	Número de Envases		Conservante	Observaciones
			T, °C	% HR								Turbiedad	Capa aceite	Olor	Sólidos	Espuma	Plástico		Vidrio			
A22-642	AR	8:40	12	95	7800451,7 9971353,7	Fuente al conjunto	12	7,04	1/135	-	-	-	+	-	+	-		1	-	Si	-	

supervisado:		Responsable de Recepción en el laboratorio:	MR
Persona de la empresa:	Eduardo Cruz	Fecha de ingreso:	16/12/2022
Firma:		Hora de ingreso:	10:00
Correo electrónico:	cruz.maria.b46@gmail.com		

Anexo 2. Cadena de custodia para monitoreo en campo, laboratorio químico Environoalab, 2022

ANEXO 3  
Ficha técnica para la selección de la lámpara Uv

## LÁMPARAS AQUAUV



La tecnología UV es ideal para garantizar la inactivación de virus, bacterias y/o microorganismos presentes en el agua. Contamos con lámparas UV para diferentes tasas de flujo con la integración de un sensor UV (opcional) que detecta el porcentaje de intensidad de luz, lo que permite garantizar la eficiencia de los equipos, el sistema es versátil y de fácil mantenimiento. Con una vida útil de 8.000 a 10.000 horas. Es una excelente opción para mejorar la calidad del agua.

		Lámparas AquaUV						
		Modelo						
		(Llámanos para especificaciones detalladas sobre unidades específicas)						
	Tipo	St	Se	St	Se	Se	Se	Se
		Estándar	Sensor	Estándar	Sensor	Sensor	Sensor	Sensor
Tasa de Flujo	30 mJ/cm <sup>2</sup>	2 GPM 7.5 LPM 0.5 m <sup>3</sup> /h	2 GPM 7.5 LPM 0.5 m <sup>3</sup> /h	6 GPM 22.7 LPM 1.4 m <sup>3</sup> /h	6 GPM 22.7 LPM 1.4 m <sup>3</sup> /h	12 GPM 45.4 LPM 3 m <sup>3</sup> /h	24 GPM 90.8 LPM 5.5 m <sup>3</sup> /h	52 GPM 196.8 LPM 11.8 m <sup>3</sup> /h
	*NSF 40 mJ/cm <sup>2</sup>	1.5 GPM 5.5 LPM 0.3 m <sup>3</sup> /h	1.5 GPM 5.5 LPM 0.3 m <sup>3</sup> /h	4.5 GPM 17 LPM 1 m <sup>3</sup> /h	4.5 GPM 17 LPM 1 m <sup>3</sup> /h	9 GPM 32.1 LPM 1.9 m <sup>3</sup> /h	18 GPM 64.3 LPM 3.8 m <sup>3</sup> /h	39 GPM 147.6 LPM 8.8 m <sup>3</sup> /h
Fuentes de poder 50-60Hz, LED Falla Audible	Características							
	Diámetro Entrada/Salida (plg)	1/4" MNPT	1/2" MNPT	3/4" MNPT	3/4" MNPT	1" MNPT	1" MNPT	1-1/2" MNPT
	Watts lámpara	14W	14W	28W	28W	39W	50W	100W
	Dimensiones Largo x diámetro (cm)	42X8.5	44.5X18.5	62.5X9	66.5X18.5	102X20	68X23	121X23
	110 VAC Analógica	X	X	X	X	X		
	110-220 VAC Digital, 365 días	X	X	X	X	X	X	X
	110-220 VAC Digital Sensor 365 días		X		X	X	X	X
<b>Condiciones de operación:</b> Temperatura ambiente 2-40°C (36-104°F) - Presión máxima 8.6 bar (125 psi) - Sólidos suspendidos <50 mg/l								

Anexo 3. Ficha técnica para la selección de la lámpara Uv, AquaUv, Sanitron (2019)

## ANEXO 4

Visita técnica al conjunto habitacional HARU, quebrada Dávalos  
y laboratorio químico



Ubicación de la planta de tratamiento



Ubicación de la quebrada Dávalos



Vía de ingreso al conjunto



Vista desde la quebrada



Vista desde el ingreso al conjunto 1



Caja de revisión sanitaria



Casas modelo del conjunto HARU



Conjunto habitacional vista desde el ingreso



Vista desde el ingreso al conjunto 2



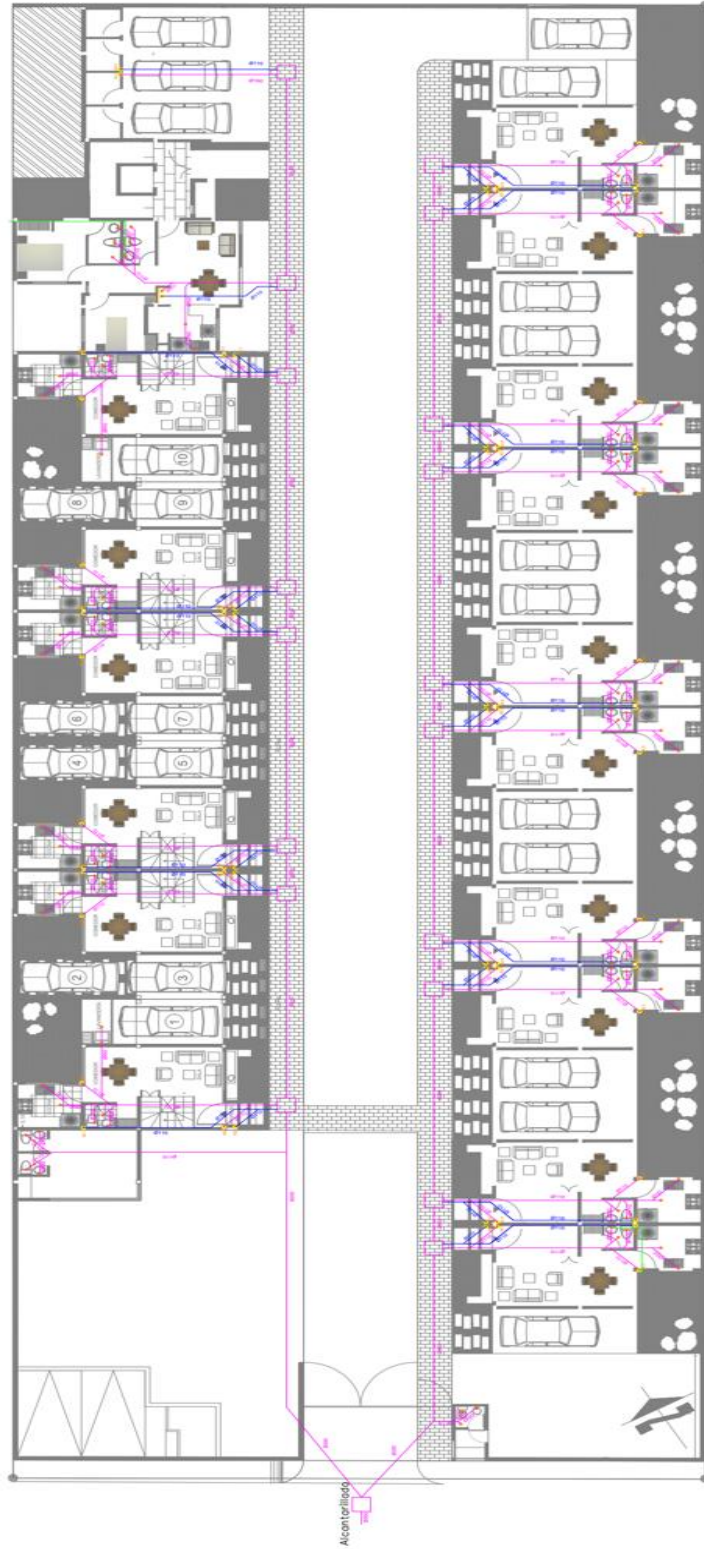
Laboratorio químico Environovalab 1



Laboratorio químico Environovalab 2

Anexo 4. Visita técnica al conjunto habitacional HARU, quebrada Dávalos y laboratorio químico

ANEXO 5  
Diseño de agua servidas y agua lluvias



Anexo 5. Diseño de agua servidas y agua lluvias (Primera planta), 2019

ANEXO 6  
Detalles de APUS

## Anexo 6. Detalles de APUS

### Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 574009  
**Descrip.:** Replanteo manual y nivelación  
**Unidad:** m2

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	1%MO			0,06	0,54%
101003	Cinta métrica	Hora	1,00000	0,20	1,00000	0,20	1,79%
100001	Maguera para niveles	Horas	1,00000	0,20	1,00000	0,20	1,79%
Subtotal de Equipo:						0,46	4,12%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
2JV005	Estaca de madera (0.50x0.08) m	u	1,00000	0,20		0,20	1,79%
211048	Pirola	kg	1,00000	2,40		2,40	21,49%
239001	Clavo multiuso con cabeza l= 1 1/4in, d= 16mm	kg	1,00000	1,95		1,95	17,46%
211014	Yeso	kg	1,00000	0,65		0,65	5,82%
Subtotal de Materiales:						5,20	46,55%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
401002	Ayudante general	0,50	3,51	1,00000	1,76	15,76%	
402003	Albañil	0,50	3,55	1,00000	1,78	15,94%	
403002	Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,50	3,93	1,00000	1,97	17,64%	
Subtotal de Mano de Obra:						5,51	49,33%

Costo Directo Total: 11,17

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
--------------------------

20 % 2,23

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>13,40</b>
------------------------------------	--------------

**Son:** TRECE CON 40/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

### Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 500008  
**Descrip.:** Limpieza de terreno  
**Unidad:** m2

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	1%MO			0,03	1,02%
103009	Carretilla	Hora	1,00000	0,10	1,00000	0,10	3,39%
Subtotal de Equipo:						0,13	4,41%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
Subtotal de Materiales:						0,00	0,00%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
401002	Ayudante general	0,40	3,51	1,00000	1,40	47,46%	
402003	Albañil	0,40	3,55	1,00000	1,42	48,14%	
Subtotal de Mano de Obra:						2,82	95,59%

Costo Directo Total: 2,95

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>		20 %	0,59
--------------------------	--	------	------

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>3,54</b>
------------------------------------	-------------

**Son:** TRES CON 54/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 574008  
**Descrip.:** Excavación mecánica  
**Unidad:** m3

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
100_01	Retroexcavadora	Hora	0,70000	25,00	1,00000	17,50	86,42%
Subtotal de Equipo:						17,50	86,42%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
Subtotal de Materiales:						0,00	0,00%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
400_02	Operador de retroexcavadora	0,70	3,93	1,00000	2,75	13,58%	
Subtotal de Mano de Obra:						2,75	13,58%

Costo Directo Total: 20,25

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
--------------------------

20 % 4,05

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>24,30</b>
------------------------------------	--------------

**Son:** VEINTE Y CUATRO CON 30/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

### Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 5AE011  
**Descrip.:** Carretillado manual de materiales  
**Unidad:** m3

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,39	4,76%
Subtotal de Equipo:						0,39	4,76%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
Subtotal de Materiales:						0,00	0,00%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
401002	Ayudante general	2,00	3,51	1,00000	7,02	85,61%	
403002	Maestro mayor en ejecución de obras civiles	2,00	3,93	0,10000	0,79	9,63%	
Subtotal de Mano de Obra:						7,81	95,24%

Costo Directo Total: 8,20

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
--------------------------

20 % 1,64

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>9,84</b>
------------------------------------	-------------

**Son:** NUEVE CON 84/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 5AE069  
**Descrip.:** Compactación  
**Unidad:** m2

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
100002	Compactador Tipo Sapo	Hora	1,00000	3,00	1,00000	3,00	73,17%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,05	1,22%
Subtotal de Equipo:						3,05	74,39%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
Subtotal de Materiales:						0,00	0,00%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
401002	Ayudante general	0,30	3,51	1,00000	1,05	25,61%	
Subtotal de Mano de Obra:						1,05	25,61%

Costo Directo Total: 4,10

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
--------------------------

20 % 0,82

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>4,92</b>
------------------------------------	-------------

**Son:** CUATRO CON 92/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 5AE058  
**Descrip.:** Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera  
**Unidad:** m3

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
110015	Volqueta m3	Hora	0,12000	25,00	1,00000	3,00	99,34%
Subtotal de Equipo:						3,00	99,34%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
Subtotal de Materiales:						0,00	0,00%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
413001	Conducir. Para transporte escolar - Personal y turismo. Hasta 45 pasajeros (Estr. De C2)	0,12	5,10	0,04000	0,02	0,66%	
Subtotal de Mano de Obra:						0,02	0,66%

Costo Directo Total: 3,02

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
--------------------------

20 % 0,60

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>3,62</b>
------------------------------------	-------------

**Son:** TRES CON 62/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 530003  
**Descrip.:** Contrapiso hormigón simple f'c= 180kg/cm2, e= 7cm+acero, suministro y elaboración  
**Unidad:** m2

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,07	0,68%
105001	Concretera 1 saco	Hora	1,00000	3,75	0,50000	1,88	18,27%
Subtotal de Equipo:						1,95	18,95%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
223001	Arena puesta en obra	m3	0,05600	12,00		0,67	6,51%
224001	Ripio puesto en obra	m3	0,05600	15,50		<b>0,87</b>	8,45%
200020	Alambre de amarre #18	kg	0,05000	1,60		<b>0,08</b>	0,78%
2K6001	Malla electrosoldada (6.25x2.40) m, d= 4.50mm, separación (15x15) cm	plancha	0,06600	27,10		<b>1,79</b>	17,40%
237004	Tabla dura de encofrado 0.30m	u	0,10000	2,58		<b>0,26</b>	2,53%
222001	Cemento portland tipo I	saco (50kg)	0,45000	7,34		<b>3,30</b>	32,07%
Subtotal de Materiales:						6,97	67,74%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
401002	Ayudante general	0,25	3,51	0,50000	0,44	4,28%	
403002	Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,25	3,93	0,50000	0,49	4,76%	
402003	Albañil	0,25	3,55	0,50000	0,44	4,28%	
Subtotal de Mano de Obra:						1,37	13,31%

Costo Directo Total: 10,29

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
--------------------------

20 % 2,06

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>12,35</b>
------------------------------------	--------------

**Son:** DOCE CON 35/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 572002

**Descripción:** Muro de hormigón simple, f'c= 210kg/cm2, producción con concreteira, suministro y colocación

**Unidad:** m3

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,20	0,23%
105001	Concreteira 1 saco	Hora	0,82400	3,75	1,00000	3,09	3,55%
103014	Parihuelas	Hora	0,82400	0,15	1,00000	0,12	0,14%
105002	Vibrador para concreto, potencia 5.50HP	Hora	1,00000	2,50	1,00000	2,50	2,88%
Subtotal de Equipo:						5,91	6,80%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
223001	Arena puesta en obra	m3	0,60770	12,00		7,29	8,39%
222001	Cemento portland tipo I	saco (50kg)	6,30360	7,34		46,27	53,22%
211009	Agua en obra (incluye instalaciones provisionales)	lt	169,95000	0,05		8,50	9,78%
224001	Ripio puesto en obra	m3	0,81370	15,50		12,61	14,50%
230003	Aditivo para hormigón superplastificante 190cc	u	1,85400	1,31		2,43	2,80%
Subtotal de Materiales:						77,10	88,68%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total	%
401002	Ayudante general		0,50	3,51	1,00000	1,76	2,02%
403002	Maestro mayor en ejecución de obras civiles		0,10	3,93	1,00000	0,39	0,45%
402003	Albañil		0,50	3,55	1,00000	1,78	2,05%
Subtotal de Mano de Obra:						3,93	4,52%

Costo Directo Total: 86,94

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
--------------------------

20 % 17,39

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>104,33</b>
------------------------------------	---------------

**Son:** CIENTO CUATRO CON 33/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

### Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 508004  
**Descrip.:** Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm2  
**Unidad:** kg

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,09	1,74%
Subtotal de Equipo:						0,09	1,74%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
2N9001	ACERO DE REFUERZO FC=4200KG/CM2	kg	1,00000	1,55		1,55	29,92%
2N9007	FIBRA DE ACERO	kg	1,00000	1,47		<b>1,47</b>	28,38%
Subtotal de Materiales:						3,02	58,30%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
301001	Transporte general	m3/km	1,00000	0,30	1,00	0,30	5,79%
Subtotal de Transporte:						0,30	5,79%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
402003	Albañil	0,25	3,55	1,00000	0,89	17,18%	
401002	Ayudante general	0,25	3,51	1,00000	0,88	16,99%	
Subtotal de Mano de Obra:						1,77	34,17%

Costo Directo Total: 5,18

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>		20 %	1,04
--------------------------	--	------	------

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>6,22</b>
------------------------------------	-------------

**Son:** SEIS CON 22/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 5AB090  
**Descrip.:** Construcción de tableros de encofrar  
**Unidad:** u

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,01	0,07%
105011	Sierra circular	Hora	1,00000	0,75	0,25000	0,19	1,42%
Subtotal de Equipo:						0,20	1,50%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
2N7002	Clavo 1 1/2 x 16 (25kg/caja)	kg	0,30000	2,30		0,69	5,16%
2NL001	Sika Cola Blanca	Plástico 4 kg	0,07000	10,50		<b>0,74</b>	5,53%
237010	Tira de copal (4x5) cm	m	2,10000	2,31		<b>4,85</b>	36,28%
2JW002	Tablero plywood de 15mm, clase industrial	u	0,25000	26,79		<b>6,70</b>	50,11%
Subtotal de Materiales:						12,98	97,08%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
401002	Ayudante general	0,10	3,51	0,25000	0,09	0,67%	
402006	Carpintero	0,10	3,55	0,25000	0,09	0,67%	
403002	Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,10	3,93	0,02500	0,01	0,07%	
Subtotal de Mano de Obra:						0,19	1,42%

Costo Directo Total: 13,37

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>		20 %	2,67
<b>Precio Unitario Total .....</b>			<b>16,04</b>

**Son:** DIECISEIS CON 04/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 545007  
**Descrip.:** Encofrado y desencofrado de muros, suministro y colocación  
**Unidad:** m2

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,11	1,24%
Subtotal de Equipo:						0,11	1,24%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
239001	Clavo multiuso con cabeza l= 1 1/4in, d= 16mm	kg	0,10000	1,95		0,20	2,26%
237004	Tabla dura de encofrado 0.30m	u	1,67000	2,58		<b>4,31</b>	48,70%
237009	Puntales de eucalipto h= 3m	u	0,50000	1,50		<b>0,75</b>	8,47%
2JV003	Listón	u	0,66000	2,00		<b>1,32</b>	14,92%
Subtotal de Materiales:						6,58	74,35%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
401002	Ayudante general	0,25	3,51	1,00000	0,88	9,94%	
402007	Encofrador	0,25	3,55	1,00000	0,89	10,06%	
403002	Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,10	3,93	1,00000	0,39	4,41%	
Subtotal de Mano de Obra:						2,16	24,41%

Costo Directo Total: 8,85

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>		20 %	1,77
--------------------------	--	------	------

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>10,62</b>
------------------------------------	--------------

**Son:** DIEZ CON 62/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 555003  
**Descrip.:** Impermeabilizante para cámara de tratamiento, elaboración y vertido  
**Unidad:** m3

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,03	0,23%
103014	Parihuelas	Hora	0,86667	0,15	1,00000	0,13	1,01%
Subtotal de Equipo:						0,16	1,24%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
230003	Aditivo para hormigón superplastificante 190cc	u	2,08060	1,31		2,73	21,21%
2KQ001	Impermeabilizante integral para hormigón	kg	0,88580	1,64		1,45	11,27%
230004	Fibra de polipropileno para refuerzo secundario del concreto	kg	1,00000	7,97		7,97	61,93%
Subtotal de Materiales:						12,15	94,41%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
401002	Ayudante general	0,05	3,51	1,00000	0,18	1,40%	
403002	Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,05	3,93	1,00000	0,20	1,55%	
402003	Albañil	0,05	3,55	1,00000	0,18	1,40%	
Subtotal de Mano de Obra:						0,56	4,35%

Costo Directo Total: 12,87

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
--------------------------

20 % 2,57

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>15,44</b>
------------------------------------	--------------

**Son:** QUINCE CON 44/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 530003  
**Descrip.:** Contrapiso hormigón simple f'c= 180kg/cm2, e= 7cm+acero, suministro y elaboración  
**Unidad:** m2

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,07	0,68%
105001	Concretera 1 saco	Hora	1,00000	3,75	0,50000	1,88	18,27%
Subtotal de Equipo:						1,95	18,95%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
223001	Arena puesta en obra	m3	0,05600	12,00		0,67	6,51%
224001	Ripio puesto en obra	m3	0,05600	15,50		<b>0,87</b>	8,45%
200020	Alambre de amarre #18	kg	0,05000	1,60		<b>0,08</b>	0,78%
2K6001	Malla electrosoldada (6.25x2.40) m, d= 4.50mm, separación (15x15) cm	plancha	0,06600	27,10		<b>1,79</b>	17,40%
237004	Tabla dura de encofrado 0.30m	u	0,10000	2,58		<b>0,26</b>	2,53%
222001	Cemento portland tipo I	saco (50kg)	0,45000	7,34		<b>3,30</b>	32,07%
Subtotal de Materiales:						6,97	67,74%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
401002	Ayudante general	0,25	3,51	0,50000	0,44	4,28%	
403002	Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,25	3,93	0,50000	0,49	4,76%	
402003	Albañil	0,25	3,55	0,50000	0,44	4,28%	
Subtotal de Mano de Obra:						1,37	13,31%

Costo Directo Total: 10,29

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
--------------------------

20 % 2,06

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>12,35</b>
------------------------------------	--------------

**Son:** DOCE CON 35/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 530003  
**Descrip.:** Contrapiso hormigón simple f'c= 180kg/cm2, e= 7cm+acero, suministro y elaboración  
**Unidad:** m2

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,07	0,68%
105001	Concretera 1 saco	Hora	1,00000	3,75	0,50000	1,88	18,27%
Subtotal de Equipo:						1,95	18,95%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
223001	Arena puesta en obra	m3	0,05600	12,00		0,67	6,51%
224001	Ripio puesto en obra	m3	0,05600	15,50		<b>0,87</b>	8,45%
200020	Alambre de amarre #18	kg	0,05000	1,60		<b>0,08</b>	0,78%
2K6001	Malla electrosoldada (6.25x2.40) m, d= 4.50mm, separación (15x15) cm	plancha	0,06600	27,10		<b>1,79</b>	17,40%
237004	Tabla dura de encofrado 0.30m	u	0,10000	2,58		<b>0,26</b>	2,53%
222001	Cemento portland tipo I	saco (50kg)	0,45000	7,34		<b>3,30</b>	32,07%
Subtotal de Materiales:						6,97	67,74%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
401002	Ayudante general	0,25	3,51	0,50000	0,44	4,28%	
403002	Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,25	3,93	0,50000	0,49	4,76%	
402003	Albañil	0,25	3,55	0,50000	0,44	4,28%	
Subtotal de Mano de Obra:						1,37	13,31%

Costo Directo Total: 10,29

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>		20 %	2,06
--------------------------	--	------	------

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>12,35</b>
------------------------------------	--------------

**Son:** DOCE CON 35/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 572002

**Descripción:** Muro de hormigón simple, f'c= 210kg/cm2, producción con concreteira, suministro y colocación

**Unidad:** m3

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,20	0,23%
105001	Concreteira 1 saco	Hora	0,82400	3,75	1,00000	3,09	3,55%
103014	Parihuelas	Hora	0,82400	0,15	1,00000	0,12	0,14%
105002	Vibrador para concreto, potencia 5.50HP	Hora	1,00000	2,50	1,00000	2,50	2,88%
Subtotal de Equipo:						5,91	6,80%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
223001	Arena puesta en obra	m3	0,60770	12,00		7,29	8,39%
222001	Cemento portland tipo I	saco (50kg)	6,30360	7,34		46,27	53,22%
211009	Agua en obra (incluye instalaciones provisionales)	lt	169,95000	0,05		8,50	9,78%
224001	Ripio puesto en obra	m3	0,81370	15,50		12,61	14,50%
230003	Aditivo para hormigón superplastificante 190cc	u	1,85400	1,31		2,43	2,80%
Subtotal de Materiales:						77,10	88,68%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total	%
401002	Ayudante general		0,50	3,51	1,00000	1,76	2,02%
403002	Maestro mayor en ejecución de obras civiles		0,10	3,93	1,00000	0,39	0,45%
402003	Albañil		0,50	3,55	1,00000	1,78	2,05%
Subtotal de Mano de Obra:						3,93	4,52%

Costo Directo Total: 86,94

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
--------------------------

20 % 17,39

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>104,33</b>
------------------------------------	---------------

**Son:** CIENTO CUATRO CON 33/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

### Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 508004  
**Descrip.:** Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm2  
**Unidad:** kg

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,09	1,74%
Subtotal de Equipo:						0,09	1,74%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
2N9001	ACERO DE REFUERZO FC=4200KG/CM2	kg	1,00000	1,55		1,55	29,92%
2N9007	FIBRA DE ACERO	kg	1,00000	1,47		<b>1,47</b>	28,38%
Subtotal de Materiales:						3,02	58,30%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
301001	Transporte general	m3/km	1,00000	0,30	1,00	0,30	5,79%
Subtotal de Transporte:						0,30	5,79%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
402003	Albañil	0,25	3,55	1,00000	0,89	17,18%	
401002	Ayudante general	0,25	3,51	1,00000	0,88	16,99%	
Subtotal de Mano de Obra:						1,77	34,17%

Costo Directo Total: 5,18

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>		20 %	1,04
--------------------------	--	------	------

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>6,22</b>
------------------------------------	-------------

**Son:** SEIS CON 22/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 5AB090  
**Descrip.:** Construcción de tableros de encofrar  
**Unidad:** u

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,01	0,07%
105011	Sierra circular	Hora	1,00000	0,75	0,25000	0,19	1,42%
Subtotal de Equipo:						0,20	1,50%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
2N7002	Clavo 1 1/2 x 16 (25kg/caja)	kg	0,30000	2,30		0,69	5,16%
2NL001	Sika Cola Blanca	Plástico 4 kg	0,07000	10,50		<b>0,74</b>	5,53%
237010	Tira de copal (4x5) cm	m	2,10000	2,31		<b>4,85</b>	36,28%
2JW002	Tablero plywood de 15mm, clase industrial	u	0,25000	26,79		<b>6,70</b>	50,11%
Subtotal de Materiales:						12,98	97,08%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
401002	Ayudante general	0,10	3,51	0,25000	0,09	0,67%	
402006	Carpintero	0,10	3,55	0,25000	0,09	0,67%	
403002	Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,10	3,93	0,02500	0,01	0,07%	
Subtotal de Mano de Obra:						0,19	1,42%

Costo Directo Total: 13,37

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>		20 %	2,67
--------------------------	--	------	------

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>16,04</b>
------------------------------------	--------------

**Son:** DIECISEIS CON 04/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 545007  
**Descrip.:** Encofrado y desencofrado de muros, suministro y colocación  
**Unidad:** m2

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,11	1,24%
Subtotal de Equipo:						0,11	1,24%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
239001	Clavo multiuso con cabeza l= 1 1/4in, d= 16mm	kg	0,10000	1,95		0,20	2,26%
237004	Tabla dura de encofrado 0.30m	u	1,67000	2,58		<b>4,31</b>	48,70%
237009	Puntales de eucalipto h= 3m	u	0,50000	1,50		<b>0,75</b>	8,47%
2JV003	Listón	u	0,66000	2,00		<b>1,32</b>	14,92%
Subtotal de Materiales:						6,58	74,35%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
401002	Ayudante general	0,25	3,51	1,00000	0,88	9,94%	
402007	Encofrador	0,25	3,55	1,00000	0,89	10,06%	
403002	Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,10	3,93	1,00000	0,39	4,41%	
Subtotal de Mano de Obra:						2,16	24,41%

Costo Directo Total: 8,85

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>		20 %	1,77
--------------------------	--	------	------

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>10,62</b>
------------------------------------	--------------

**Son:** DIEZ CON 62/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 555003  
**Descrip.:** Impermeabilizante para cámara de tratamiento, elaboración y vertido  
**Unidad:** m3

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,03	0,23%
103014	Parihuelas	Hora	0,86667	0,15	1,00000	0,13	1,01%
Subtotal de Equipo:						0,16	1,24%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
230003	Aditivo para hormigón superplastificante 190cc	u	2,08060	1,31		2,73	21,21%
2KQ001	Impermeabilizante integral para hormigón	kg	0,88580	1,64		<b>1,45</b>	11,27%
230004	Fibra de polipropileno para refuerzo secundario del concreto	kg	1,00000	7,97		<b>7,97</b>	61,93%
Subtotal de Materiales:						12,15	94,41%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
401002	Ayudante general	0,05	3,51	1,00000	0,18	1,40%	
403002	Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,05	3,93	1,00000	0,20	1,55%	
402003	Albañil	0,05	3,55	1,00000	0,18	1,40%	
Subtotal de Mano de Obra:						0,56	4,35%

Costo Directo Total: 12,87

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
20 % 2,57

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>15,44</b>
------------------------------------	--------------

**Son:** QUINCE CON 44/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 555003  
**Descripción:** Contrapiso hormigón simple f'c= 180kg/cm2, e= 7cm+acero, suministro y elaboración  
**Unidad:** m2

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,03	0,23%
103014	Parihuelas	Hora	0,86667	0,15	1,00000	0,13	1,01%
Subtotal de Equipo:						0,16	1,24%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
230003	Aditivo para hormigón superplastificante 190cc	u	2,08060	1,31		2,73	21,21%
2KQ001	Impermeabilizante integral para hormigón	kg	0,88580	1,64		1,45	11,27%
230004	Fibra de polipropileno para refuerzo secundario del concreto	kg	1,00000	7,97		7,97	61,93%
Subtotal de Materiales:						12,15	94,41%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
401002	Ayudante general	0,05	3,51	1,00000	0,18	1,40%	
403002	Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,05	3,93	1,00000	0,20	1,55%	
402003	Albañil	0,05	3,55	1,00000	0,18	1,40%	
Subtotal de Mano de Obra:						0,56	4,35%

Costo Directo Total: 12,87

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
--------------------------

20 % 2,57

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>15,44</b>
------------------------------------	--------------

**Son:** QUINCE CON 44/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 572002

**Descripción:** Muro de hormigón simple, f'c= 210kg/cm2, producción con concreteira, suministro y colocación

**Unidad:** m3

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,20	0,23%
105001	Concreteira 1 saco	Hora	0,82400	3,75	1,00000	3,09	3,55%
103014	Parihuelas	Hora	0,82400	0,15	1,00000	0,12	0,14%
105002	Vibrador para concreto, potencia 5.50HP	Hora	1,00000	2,50	1,00000	2,50	2,88%
Subtotal de Equipo:						5,91	6,80%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
223001	Arena puesta en obra	m3	0,60770	12,00		7,29	8,39%
222001	Cemento portland tipo I	saco (50kg)	6,30360	7,34		46,27	53,22%
211009	Agua en obra (incluye instalaciones provisionales)	lt	169,95000	0,05		8,50	9,78%
224001	Ripio puesto en obra	m3	0,81370	15,50		12,61	14,50%
230003	Aditivo para hormigón superplastificante 190cc	u	1,85400	1,31		2,43	2,80%
Subtotal de Materiales:						77,10	88,68%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total	%
401002	Ayudante general		0,50	3,51	1,00000	1,76	2,02%
403002	Maestro mayor en ejecución de obras civiles		0,10	3,93	1,00000	0,39	0,45%
402003	Albañil		0,50	3,55	1,00000	1,78	2,05%
Subtotal de Mano de Obra:						3,93	4,52%

Costo Directo Total: 86,94

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
--------------------------

20 % 17,39

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>104,33</b>
------------------------------------	---------------

**Son:** CIENTO CUATRO CON 33/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 508004  
**Descrip.:** Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm2  
**Unidad:** kg

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,09	1,74%
Subtotal de Equipo:						0,09	1,74%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
2N9001	ACERO DE REFUERZO FC=4200KG/CM2	kg	1,00000	1,55		1,55	29,92%
2N9007	FIBRA DE ACERO	kg	1,00000	1,47		<b>1,47</b>	28,38%
Subtotal de Materiales:						3,02	58,30%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
301001	Transporte general	m3/km	1,00000	0,30	1,00	0,30	5,79%
Subtotal de Transporte:						0,30	5,79%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
402003	Albañil	0,25	3,55	1,00000	0,89	17,18%	
401002	Ayudante general	0,25	3,51	1,00000	0,88	16,99%	
Subtotal de Mano de Obra:						1,77	34,17%

Costo Directo Total: 5,18

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>		20 %	1,04
--------------------------	--	------	------

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>6,22</b>
------------------------------------	-------------

**Son:** SEIS CON 22/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 5AB090  
**Descrip.:** Construcción de tableros de encofrar  
**Unidad:** u

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,01	0,07%
105011	Sierra circular	Hora	1,00000	0,75	0,25000	0,19	1,42%
Subtotal de Equipo:						0,20	1,50%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
2N7002	Clavo 1 1/2 x 16 (25kg/caja)	kg	0,30000	2,30		0,69	5,16%
2NL001	Sika Cola Blanca	Plástico 4 kg	0,07000	10,50		<b>0,74</b>	5,53%
237010	Tira de copal (4x5) cm	m	2,10000	2,31		<b>4,85</b>	36,28%
2JW002	Tablero plywood de 15mm, clase industrial	u	0,25000	26,79		<b>6,70</b>	50,11%
Subtotal de Materiales:						12,98	97,08%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
401002	Ayudante general	0,10	3,51	0,25000	0,09	0,67%	
402006	Carpintero	0,10	3,55	0,25000	0,09	0,67%	
403002	Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,10	3,93	0,02500	0,01	0,07%	
Subtotal de Mano de Obra:						0,19	1,42%

Costo Directo Total: 13,37

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>		20 %	2,67
--------------------------	--	------	------

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>16,04</b>
------------------------------------	--------------

**Son:** DIECISEIS CON 04/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 545007  
**Descrip.:** Encofrado y desencofrado de muros, suministro y colocación  
**Unidad:** m2

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,11	1,24%
Subtotal de Equipo:						0,11	1,24%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
239001	Clavo multiuso con cabeza l= 1 1/4in, d= 16mm	kg	0,10000	1,95		0,20	2,26%
237004	Tabla dura de encofrado 0.30m	u	1,67000	2,58		<b>4,31</b>	48,70%
237009	Puntales de eucalipto h= 3m	u	0,50000	1,50		<b>0,75</b>	8,47%
2JV003	Listón	u	0,66000	2,00		<b>1,32</b>	14,92%
Subtotal de Materiales:						6,58	74,35%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
401002	Ayudante general	0,25	3,51	1,00000	0,88	9,94%	
402007	Encofrador	0,25	3,55	1,00000	0,89	10,06%	
403002	Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,10	3,93	1,00000	0,39	4,41%	
Subtotal de Mano de Obra:						2,16	24,41%

Costo Directo Total: 8,85

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>		20 %	1,77
--------------------------	--	------	------

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>10,62</b>
------------------------------------	--------------

**Son:** DIEZ CON 62/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 555003  
**Descrip.:** Impermeabilizante para cámara de tratamiento, elaboración y vertido  
**Unidad:** m3

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,03	0,23%
103014	Parihuelas	Hora	0,86667	0,15	1,00000	0,13	1,01%
Subtotal de Equipo:						0,16	1,24%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
230003	Aditivo para hormigón superplastificante 190cc	u	2,08060	1,31		2,73	21,21%
2KQ001	Impermeabilizante integral para hormigón	kg	0,88580	1,64		1,45	11,27%
230004	Fibra de polipropileno para refuerzo secundario del concreto	kg	1,00000	7,97		7,97	61,93%
Subtotal de Materiales:						12,15	94,41%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
401002	Ayudante general	0,05	3,51	1,00000	0,18	1,40%	
403002	Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,05	3,93	1,00000	0,20	1,55%	
402003	Albañil	0,05	3,55	1,00000	0,18	1,40%	
Subtotal de Mano de Obra:						0,56	4,35%

Costo Directo Total: 12,87

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
20 %
2,57

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>15,44</b>
------------------------------------	--------------

**Son:** QUINCE CON 44/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

### Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 5AF010  
**Descrip.:** Colocación de abono en la parte inferior del tanque, 8kg  
**Unidad:** kg

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	1%MO			0,04	0,38%
Subtotal de Equipo:						0,04	0,38%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
211046	Abono	saco (45kg)	1,00000	7,00		7,00	66,35%
Subtotal de Materiales:						7,00	66,35%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
401002	Ayudante general	1,00	3,51	1,00000	3,51	33,27%	
Subtotal de Mano de Obra:						3,51	33,27%

Costo Directo Total: 10,55

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
--------------------------

20 % 2,11

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>12,66</b>
------------------------------------	--------------

**Son:** DOCE CON 66/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 555003  
**Descripción:** Contrapiso hormigón simple f'c= 180kg/cm2, e= 7cm+acero, suministro y elaboración  
**Unidad:** m2

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,03	0,23%
103014	Parihuelas	Hora	0,86667	0,15	1,00000	0,13	1,01%
Subtotal de Equipo:						0,16	1,24%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total	%
230003	Aditivo para hormigón superplastificante 190cc	u	2,08060	1,31		2,73	21,21%
2KQ001	Impermeabilizante integral para hormigón	kg	0,88580	1,64		1,45	11,27%
230004	Fibra de polipropileno para refuerzo secundario del concreto	kg	1,00000	7,97		7,97	61,93%
Subtotal de Materiales:						12,15	94,41%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.		Total	%
401002	Ayudante general	0,05	3,51	1,00000		0,18	1,40%
403002	Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,05	3,93	1,00000		0,20	1,55%
402003	Albañil	0,05	3,55	1,00000		0,18	1,40%
Subtotal de Mano de Obra:						0,56	4,35%

Costo Directo Total: 12,87

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
20 %
2,57

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>15,44</b>
------------------------------------	--------------

**Son:** QUINCE CON 44/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 572002

**Descrip.:** Muro de hormigón simple, f'c= 210kg/cm2, producción con concretera, suministro y colocación

**Unidad:** m3

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,20	0,23%
105001	Concretera 1 saco	Hora	0,82400	3,75	1,00000	3,09	3,55%
103014	Parihuelas	Hora	0,82400	0,15	1,00000	0,12	0,14%
105002	Vibrador para concreto, potencia 5.50HP	Hora	1,00000	2,50	1,00000	2,50	2,88%
Subtotal de Equipo:						5,91	6,80%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
223001	Arena puesta en obra	m3	0,60770	12,00		7,29	8,39%
222001	Cemento portland tipo I	saco (50kg)	6,30360	7,34		46,27	53,22%
211009	Agua en obra (incluye instalaciones provisionales)	lt	169,95000	0,05		8,50	9,78%
224001	Ripio puesto en obra	m3	0,81370	15,50		12,61	14,50%
230003	Aditivo para hormigón superplastificante 190cc	u	1,85400	1,31		2,43	2,80%
Subtotal de Materiales:						77,10	88,68%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
401002	Ayudante general	0,50	3,51	1,00000	1,76	2,02%	
403002	Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,10	3,93	1,00000	0,39	0,45%	
402003	Albañil	0,50	3,55	1,00000	1,78	2,05%	
Subtotal de Mano de Obra:						3,93	4,52%

Costo Directo Total: 86,94

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
--------------------------

20 % 17,39

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>104,33</b>
------------------------------------	---------------

**Son:** CIENTO CUATRO CON 33/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

### Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 508004  
**Descrip.:** Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm2  
**Unidad:** kg

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,09	1,74%
Subtotal de Equipo:						0,09	1,74%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
2N9001	ACERO DE REFUERZO FC=4200KG/CM2	kg	1,00000	1,55		1,55	29,92%
2N9007	FIBRA DE ACERO	kg	1,00000	1,47		<b>1,47</b>	28,38%
Subtotal de Materiales:						3,02	58,30%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
301001	Transporte general	m3/km	1,00000	0,30	1,00	0,30	5,79%
Subtotal de Transporte:						0,30	5,79%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
402003	Albañil	0,25	3,55	1,00000	0,89	17,18%	
401002	Ayudante general	0,25	3,51	1,00000	0,88	16,99%	
Subtotal de Mano de Obra:						1,77	34,17%

Costo Directo Total: 5,18

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>		20 %	1,04
--------------------------	--	------	------

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>6,22</b>
------------------------------------	-------------

**Son:** SEIS CON 22/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 5AB090  
**Descrip.:** Construcción de tableros de encofrar  
**Unidad:** u

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,01	0,07%
105011	Sierra circular	Hora	1,00000	0,75	0,25000	0,19	1,42%
Subtotal de Equipo:						0,20	1,50%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
2N7002	Clavo 1 1/2 x 16 (25kg/caja)	kg	0,30000	2,30		0,69	5,16%
2NL001	Sika Cola Blanca	Plástico 4 kg	0,07000	10,50		<b>0,74</b>	5,53%
237010	Tira de copal (4x5) cm	m	2,10000	2,31		<b>4,85</b>	36,28%
2JW002	Tablero plywood de 15mm, clase industrial	u	0,25000	26,79		<b>6,70</b>	50,11%
Subtotal de Materiales:						12,98	97,08%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
401002	Ayudante general	0,10	3,51	0,25000	0,09	0,67%	
402006	Carpintero	0,10	3,55	0,25000	0,09	0,67%	
403002	Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,10	3,93	0,02500	0,01	0,07%	
Subtotal de Mano de Obra:						0,19	1,42%

Costo Directo Total: 13,37

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>		20 %	2,67
--------------------------	--	------	------

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>16,04</b>
------------------------------------	--------------

**Son:** DIECISEIS CON 04/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 545007  
**Descrip.:** Encofrado y desencofrado de muros, suministro y colocación  
**Unidad:** m2

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,11	1,24%
Subtotal de Equipo:						0,11	1,24%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
239001	Clavo multiuso con cabeza l= 1 1/4in, d= 16mm	kg	0,10000	1,95		0,20	2,26%
237004	Tabla dura de encofrado 0.30m	u	1,67000	2,58		<b>4,31</b>	48,70%
237009	Puntales de eucalipto h= 3m	u	0,50000	1,50		<b>0,75</b>	8,47%
2JV003	Listón	u	0,66000	2,00		<b>1,32</b>	14,92%
Subtotal de Materiales:						6,58	74,35%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
401002	Ayudante general	0,25	3,51	1,00000	0,88	9,94%	
402007	Encofrador	0,25	3,55	1,00000	0,89	10,06%	
403002	Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,10	3,93	1,00000	0,39	4,41%	
Subtotal de Mano de Obra:						2,16	24,41%

Costo Directo Total: 8,85

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>		20 %	1,77
--------------------------	--	------	------

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>10,62</b>
------------------------------------	--------------

**Son:** DIEZ CON 62/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 555003  
**Descrip.:** Impermeabilizante para cámara de tratamiento, elaboración y vertido  
**Unidad:** m3

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,03	0,23%
103014	Parihuelas	Hora	0,86667	0,15	1,00000	0,13	1,01%
Subtotal de Equipo:						0,16	1,24%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
230003	Aditivo para hormigón superplastificante 190cc	u	2,08060	1,31		2,73	21,21%
2KQ001	Impermeabilizante integral para hormigón	kg	0,88580	1,64		1,45	11,27%
230004	Fibra de polipropileno para refuerzo secundario del concreto	kg	1,00000	7,97		7,97	61,93%
Subtotal de Materiales:						12,15	94,41%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
401002	Ayudante general	0,05	3,51	1,00000	0,18	1,40%	
403002	Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,05	3,93	1,00000	0,20	1,55%	
402003	Albañil	0,05	3,55	1,00000	0,18	1,40%	
Subtotal de Mano de Obra:						0,56	4,35%

Costo Directo Total: 12,87

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
20 %
2,57

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>15,44</b>
------------------------------------	--------------

**Son:** QUINCE CON 44/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 555003

**Descripción:** Contrapiso hormigón simple f'c= 180kg/cm2, e= 7cm+acero, suministro y elaboración

**Unidad:** m2

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,03	0,23%
103014	Parihuelas	Hora	0,86667	0,15	1,00000	0,13	1,01%
Subtotal de Equipo:						0,16	1,24%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
230003	Aditivo para hormigón superplastificante 190cc	u	2,08060	1,31		2,73	21,21%
2KQ001	Impermeabilizante integral para hormigón	kg	0,88580	1,64		1,45	11,27%
230004	Fibra de polipropileno para refuerzo secundario del concreto	kg	1,00000	7,97		7,97	61,93%
Subtotal de Materiales:						12,15	94,41%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
401002	Ayudante general	0,05	3,51	1,00000	0,18	1,40%	
403002	Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,05	3,93	1,00000	0,20	1,55%	
402003	Albañil	0,05	3,55	1,00000	0,18	1,40%	
Subtotal de Mano de Obra:						0,56	4,35%

Costo Directo Total: 12,87

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>		20 %	2,57
--------------------------	--	------	------

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>15,44</b>
------------------------------------	--------------

**Son:** QUINCE CON 44/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 572002

**Descrip.:** Muro de hormigón simple, f'c= 210kg/cm2, producción con concreteira, suministro y colocación

**Unidad:** m3

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,20	0,23%
105001	Concreteira 1 saco	Hora	0,82400	3,75	1,00000	3,09	3,55%
103014	Parihuelas	Hora	0,82400	0,15	1,00000	0,12	0,14%
105002	Vibrador para concreto, potencia 5.50HP	Hora	1,00000	2,50	1,00000	2,50	2,88%
Subtotal de Equipo:						5,91	6,80%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
223001	Arena puesta en obra	m3	0,60770	12,00		7,29	8,39%
222001	Cemento portland tipo I	saco (50kg)	6,30360	7,34		46,27	53,22%
211009	Agua en obra (incluye instalaciones provisionales)	lt	169,95000	0,05		8,50	9,78%
224001	Ripio puesto en obra	m3	0,81370	15,50		12,61	14,50%
230003	Aditivo para hormigón superplastificante 190cc	u	1,85400	1,31		2,43	2,80%
Subtotal de Materiales:						77,10	88,68%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	S.R.H.	Rendim.	Total	%
401002	Ayudante general		0,50	3,51	1,00000	1,76	2,02%
403002	Maestro mayor en ejecución de obras civiles		0,10	3,93	1,00000	0,39	0,45%
402003	Albañil		0,50	3,55	1,00000	1,78	2,05%
Subtotal de Mano de Obra:						3,93	4,52%

Costo Directo Total: 86,94

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
--------------------------

20 % 17,39

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>104,33</b>
------------------------------------	---------------

**Son:** CIENTO CUATRO CON 33/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

### Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 508004  
**Descrip.:** Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm2  
**Unidad:** kg

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,09	1,74%
Subtotal de Equipo:						0,09	1,74%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
2N9001	ACERO DE REFUERZO FC=4200KG/CM2	kg	1,00000	1,55		1,55	29,92%
2N9007	FIBRA DE ACERO	kg	1,00000	1,47		<b>1,47</b>	28,38%
Subtotal de Materiales:						3,02	58,30%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
301001	Transporte general	m3/km	1,00000	0,30	1,00	0,30	5,79%
Subtotal de Transporte:						0,30	5,79%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
402003	Albañil	0,25	3,55	1,00000	0,89	17,18%	
401002	Ayudante general	0,25	3,51	1,00000	0,88	16,99%	
Subtotal de Mano de Obra:						1,77	34,17%

Costo Directo Total: 5,18

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>		20 %	1,04
--------------------------	--	------	------

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>6,22</b>
------------------------------------	-------------

**Son:** SEIS CON 22/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 5AB090  
**Descrip.:** Construcción de tableros de encofrar  
**Unidad:** u

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,01	0,07%
105011	Sierra circular	Hora	1,00000	0,75	0,25000	0,19	1,42%
Subtotal de Equipo:						0,20	1,50%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
2N7002	Clavo 1 1/2 x 16 (25kg/caja)	kg	0,30000	2,30		0,69	5,16%
2NL001	Sika Cola Blanca	Plástico 4 kg	0,07000	10,50		<b>0,74</b>	5,53%
237010	Tira de copal (4x5) cm	m	2,10000	2,31		<b>4,85</b>	36,28%
2JW002	Tablero plywood de 15mm, clase industrial	u	0,25000	26,79		<b>6,70</b>	50,11%
Subtotal de Materiales:						12,98	97,08%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
401002	Ayudante general	0,10	3,51	0,25000	0,09	0,67%	
402006	Carpintero	0,10	3,55	0,25000	0,09	0,67%	
403002	Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,10	3,93	0,02500	0,01	0,07%	
Subtotal de Mano de Obra:						0,19	1,42%

Costo Directo Total: 13,37

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>		20 %	2,67
--------------------------	--	------	------

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>16,04</b>
------------------------------------	--------------

**Son:** DIECISEIS CON 04/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 545007  
**Descrip.:** Encofrado y desencofrado de muros, suministro y colocación  
**Unidad:** m2

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,11	1,24%
Subtotal de Equipo:						0,11	1,24%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
239001	Clavo multiuso con cabeza l= 1 1/4in, d= 16mm	kg	0,10000	1,95		0,20	2,26%
237004	Tabla dura de encofrado 0.30m	u	1,67000	2,58		<b>4,31</b>	48,70%
237009	Puntales de eucalipto h= 3m	u	0,50000	1,50		<b>0,75</b>	8,47%
2JV003	Listón	u	0,66000	2,00		<b>1,32</b>	14,92%
Subtotal de Materiales:						6,58	74,35%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
401002	Ayudante general	0,25	3,51	1,00000	0,88	9,94%	
402007	Encofrador	0,25	3,55	1,00000	0,89	10,06%	
403002	Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,10	3,93	1,00000	0,39	4,41%	
Subtotal de Mano de Obra:						2,16	24,41%

Costo Directo Total: 8,85

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>		20 %	1,77
--------------------------	--	------	------

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>10,62</b>
------------------------------------	--------------

**Son:** DIEZ CON 62/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 555003  
**Descrip.:** Impermeabilizante para cámara de tratamiento, elaboración y vertido  
**Unidad:** m3

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,03	0,23%
103014	Parihuelas	Hora	0,86667	0,15	1,00000	0,13	1,01%
Subtotal de Equipo:						0,16	1,24%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
230003	Aditivo para hormigón superplastificante 190cc	u	2,08060	1,31		2,73	21,21%
2KQ001	Impermeabilizante integral para hormigón	kg	0,88580	1,64		<b>1,45</b>	11,27%
230004	Fibra de polipropileno para refuerzo secundario del concreto	kg	1,00000	7,97		<b>7,97</b>	61,93%
Subtotal de Materiales:						12,15	94,41%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
401002	Ayudante general	0,05	3,51	1,00000	0,18	1,40%	
403002	Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,05	3,93	1,00000	0,20	1,55%	
402003	Albañil	0,05	3,55	1,00000	0,18	1,40%	
Subtotal de Mano de Obra:						0,56	4,35%

Costo Directo Total: 12,87

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
--------------------------

20 % 2,57

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>15,44</b>
------------------------------------	--------------

**Son:** QUINCE CON 44/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 5AF012  
**Descrip.:** Tapa acero inoxidable  
**Unidad:** u

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
105007	Soldadora electrica 300A	Hora	1,00000	2,54	1,00000	2,54	0,99%
109015	Dobladora	Hora	1,00000	0,50	1,00000	0,50	0,19%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,28	0,11%
Subtotal de Equipo:						3,32	1,29%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
200027	Plancha acero inoxidable 304, espesor 3mm	kg	42,00000	5,50		231,00	89,67%
214003	Electrodo 7010 3/16in	kg	1,00000	2,64		2,64	1,02%
Subtotal de Materiales:						233,64	90,69%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
301002	Transporte en camión capacidad de 200 qq	Flete hasta 6km	1,00000	15,00	1,00	15,00	5,82%
Subtotal de Transporte:						15,00	5,82%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
412001	Soldador eléctrico y/o acetileno (Estr.Oc.C1)	0,50	3,93	1,00000	1,97	0,76%	
400002	Perfilero	0,50	3,86	1,00000	1,93	0,75%	
401002	Ayudante general	0,50	3,51	1,00000	1,76	0,68%	
Subtotal de Mano de Obra:						5,66	2,20%

Costo Directo Total: 257,62

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
--------------------------

20 % 51,52

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>309,14</b>
------------------------------------	---------------

**Son:** TRESCIENTOS NUEVE CON 14/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 573003  
**Descrip.:** Rejilla de acero para sólidos, suministro e instalación  
**Unidad:** u

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,05	0,02%
Subtotal de Equipo:						0,05	0,02%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
2LT001	Rejilla acero 1x1.41 espesor 7mm	u	1,00000	300,00		300,00	98,19%
2NJ009	Cadena acero 3m	u	1,00000	4,50		<b>4,50</b>	1,47%
Subtotal de Materiales:						304,50	99,66%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
401002	Ayudante general	0,50	3,51	0,25000	0,44	0,14%	
402003	Albañil	0,50	3,55	0,25000	0,44	0,14%	
403002	Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,10	3,93	0,25000	0,10	0,03%	
Subtotal de Mano de Obra:						0,98	0,32%

Costo Directo Total: 305,53

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
--------------------------

20 % 61,11

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>366,64</b>
------------------------------------	---------------

**Son:** TRESCIENTOS SESENTA Y SEIS CON 64/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 5AF004  
**Descrip.:** Campana de separacion de gases  
**Unidad:** u

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
105007	Soldadora electrica 300A	Hora	1,00000	2,54	1,00000	2,54	0,09%
109015	Dobladora	Hora	1,00000	0,50	1,00000	0,50	0,02%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			5,07	0,18%
Subtotal de Equipo:						8,11	0,29%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
200027	Plancha acero inoxidable 304, espesor 3mm	kg	480,00000	5,50		2.640,00	95,41%
214003	Electrodo 7010 3/16in	kg	1,00000	2,64		2,64	0,10%
Subtotal de Materiales:						2.642,64	95,50%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
301002	Transporte en camión capacidad de 200 qq	Flete hasta 6km	1,00000	15,00	1,00	15,00	0,54%
Subtotal de Transporte:						15,00	0,54%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
400_01	Peón	20,00	3,51	1,00000	70,20	2,54%	
400002	Perfilero	4,00	3,86	1,00000	15,44	0,56%	
412001	Soldador eléctrico y/o acetileno (Estr.Oc.C1)	4,00	3,93	1,00000	15,72	0,57%	
Subtotal de Mano de Obra:						101,36	3,66%

Costo Directo Total: 2.767,11

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
--------------------------

20 % 553,42

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>3.320,53</b>
------------------------------------	-----------------

**Son:** TRES MIL TRESCIENTOS VEINTE CON 53/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 5A8068  
**Descrip.:** Tubería de distribución 25 mm, incluye accesorios  
**Unidad:** m

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
100003	Cortadora de tubo	Hora	1,00000	0,20	1,00000	0,20	7,07%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,02	0,71%
Subtotal de Equipo:						0,22	7,77%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
200_02	Tubo pvc 25mm	m	1,50000	1,50		2,25	79,51%
Subtotal de Materiales:						2,25	79,51%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
402002	Plomero	0,10	3,55	1,00000	0,36	12,72%	
Subtotal de Mano de Obra:						0,36	12,72%

Costo Directo Total: 2,83

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
--------------------------

20 % 0,57

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>3,40</b>
------------------------------------	-------------

**Son:** TRES CON 40/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 5AF014  
**Descrip.:** Colector acero de efluentes inoxidable  
**Unidad:** u

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
105007	Soldadora electrica 300A	Hora	1,00000	2,54	1,00000	2,54	0,30%
109015	Dobladora	Hora	1,00000	0,50	1,00000	0,50	0,06%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			1,83	0,21%
Subtotal de Equipo:						4,87	0,57%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
200027	Plancha acero inoxidable 304, espesor 3mm	kg	145,00000	5,50		797,50	93,24%
214003	Electrodo 7010 3/16in	kg	0,50000	2,64		1,32	0,15%
Subtotal de Materiales:						798,82	93,39%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
301002	Transporte en camión capacidad de 200 qq	Flete hasta 6km	1,00000	15,00	1,00	15,00	1,75%
Subtotal de Transporte:						15,00	1,75%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
412001	Soldador eléctrico y/o acetileno (Estr.Oc.C1)	2,00	3,93	1,00000	7,86	0,92%	
400002	Perfilero	2,00	3,86	1,00000	7,72	0,90%	
401002	Ayudante general	6,00	3,51	1,00000	21,06	2,46%	
Subtotal de Mano de Obra:						36,64	4,28%

Costo Directo Total: 855,33

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>		20 %	171,07
--------------------------	--	------	--------

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>1.026,40</b>
------------------------------------	-----------------

**Son:** UNO MIL VEINTE Y SEIS CON 40/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

### Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 5AF015  
**Descrip.:** Boquilla  
**Unidad:** u

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
105007	Soldadora electrica 300A	Hora	1,00000	2,54	1,00000	2,54	1,01%
109015	Dobladora	Hora	1,00000	0,50	1,00000	0,50	0,20%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,57	0,23%
Subtotal de Equipo:						3,61	1,44%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
200027	Plancha acero inoxidable 304, espesor 3mm	kg	40,00000	5,50		220,00	87,57%
214003	Electrodo 7010 3/16in	kg	0,50000	2,64		1,32	0,53%
Subtotal de Materiales:						221,32	88,09%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
301002	Transporte en camión capacidad de 200 qq	Flete hasta 6km	1,00000	15,00	1,00	15,00	5,97%
Subtotal de Transporte:						15,00	5,97%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
412001	Soldador eléctrico y/o acetileno (Estr.Oc.C1)	1,00	3,93	1,00000	3,93	1,56%	
400002	Perfilero	1,00	3,86	1,00000	3,86	1,54%	
401002	Ayudante general	1,00	3,51	1,00000	3,51	1,40%	
Subtotal de Mano de Obra:						11,30	4,50%

Costo Directo Total: 251,23

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
--------------------------

20 % 50,25

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>301,48</b>
------------------------------------	---------------

**Son:** TRESCIENTOS UNO CON 48/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

### Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 5AF008  
**Descrip.:** Tubería perforada 200mm  
**Unidad:** mm

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
100003	Cortadora de tubo	Hora	1,00000	0,20	1,00000	0,20	2,37%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,04	0,47%
Subtotal de Equipo:						0,24	2,84%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
2LW001	Tubo pvc 200mm perforado	m	1,00000	7,50		7,50	88,76%
Subtotal de Materiales:						7,50	88,76%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
402002	Plomero	0,20	3,55	1,00000	0,71	8,40%	
Subtotal de Mano de Obra:						0,71	8,40%

Costo Directo Total: 8,45

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
--------------------------

20 % 1,69

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>10,14</b>
------------------------------------	--------------

**Son:** DIEZ CON 14/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 5A3013  
**Descrip.:** Tubería pvc para desague E/C d= 160mm, suministro e instalación  
**Unidad:** m

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,01	0,15%
Subtotal de Equipo:						0,01	0,15%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
2KG002	Tubería de pvc e/c, d= 160mm desague	m	1,05000	6,25		6,56	96,05%
211006	Pegamento para tuberías pvc	u	0,00200	40,00		<b>0,08</b>	1,17%
211002	Limpiador para tuberías pvc	lt	0,00400	6,26		<b>0,03</b>	0,44%
Subtotal de Materiales:						6,67	97,66%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
401002	Ayudante general	0,20	3,51	0,08000	0,06	0,88%	
402002	Plomero	0,20	3,55	0,08000	0,06	0,88%	
403002	Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,10	3,93	0,08000	0,03	0,44%	
Subtotal de Mano de Obra:						0,15	2,20%

Costo Directo Total: 6,83

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
--------------------------

20 % 1,37

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>8,20</b>
------------------------------------	-------------

**Son:** OCHO CON 20/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 5A3012  
**Descrip.:** Tubería pvc para desague E/C d= 200mm, suministro e instalación  
**Unidad:** m

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			0,02	0,14%
Subtotal de Equipo:						0,02	0,14%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
2KG003	Tubería de pvc e/c, d= 200mm desague	m	1,00000	13,50		13,50	94,67%
211006	Pegamento para tuberías pvc	u	0,00600	40,00		<b>0,24</b>	1,68%
211002	Limpiador para tuberías pvc	lt	0,00600	6,26		<b>0,04</b>	0,28%
Subtotal de Materiales:						13,78	96,63%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
402002	Plomero	0,20	3,55	0,25000	0,18	1,26%	
401002	Ayudante general	0,20	3,51	0,25000	0,18	1,26%	
403002	Maestro mayor en ejecución de obras civiles	0,10	3,93	0,25000	0,10	0,70%	
Subtotal de Mano de Obra:						0,46	3,23%

Costo Directo Total: 14,26

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>		20 %	2,85
--------------------------	--	------	------

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>17,11</b>
------------------------------------	--------------

**Son:** DIECISIETE CON 11/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

### Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 5AA061  
**Descrip.:** Bomba sumergible 0.5 hp  
**Unidad:** u

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
103001	Herramienta manual y menor de construcción	%MO	5%MO			1,66	0,67%
103004	Teclé 1t	Hora	1,00000	1,00	12,00000	12,00	4,86%
Subtotal de Equipo:						13,66	5,53%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
2NH003	Bomba sumergible 0.5 hp	u	1,00000	200,00		200,00	80,99%
Subtotal de Materiales:						200,00	80,99%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
401002	Ayudante general	5,00	3,51	1,00000	17,55	7,11%	
412002	Mecánico de equipo pesado caminero (Estr. Oc. C1)	4,00	3,93	1,00000	15,72	6,37%	
Subtotal de Mano de Obra:						33,27	13,47%

Costo Directo Total: 246,93

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
--------------------------

20 % 49,39

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>296,32</b>
------------------------------------	---------------

**Son:** DOSCIENTOS NOVENTA Y SEIS CON 32/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 5AA066  
**Descrip.:** Lámpara Uv  
**Unidad:** u

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
101003	Cinta métrica	Hora	1,00000	0,20	1,00000	0,20	100,00%
Subtotal de Equipo:						0,20	100,00%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
Subtotal de Materiales:						0,00	0,00%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
Subtotal de Mano de Obra:						0,00	0,00%

Costo Directo Total: 0,20

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
--------------------------

20 % 0,04

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>0,24</b>
------------------------------------	-------------

**Son:** CERO CON 24/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

## Análisis de Precios Unitarios

**Código:** 500008  
**Descrip.:** Lámpara Uv-C Tio2  
**Unidad:** u

<b>COSTOS DIRECTOS</b>
------------------------

Equipo y herramienta							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
100002	Redox Plus	u	1,00000	800,00	1,00000	800,00	100,00%
Subtotal de Equipo:						800,00	100,00%

Materiales							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total	%
Subtotal de Materiales:						0,00	0,00%

Transporte							
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total	%
Subtotal de Transporte:						0,00	0,00%

Mano de Obra							
Código	Descripción	Número	S.R.H.	Rendim.	Total	%	
Subtotal de Mano de Obra:						0,00	0,00%

Costo Directo Total: 800,00

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
--------------------------

20 % 160,00

<b>Precio Unitario Total .....</b>	<b>960,00</b>
------------------------------------	---------------

**Son:** NOVECIENTOS SESENTA CON 00/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA