



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERA CIVIL**

**TEMA:**

---

**“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO  
DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE  
PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**

---

**AUTORA: Myrka Estefanía Guevara Lavayen**

**TUTOR: Ing. Mg. Galo Wilfrido Núñez Aldás**

**AMBATO - ECUADOR**

**Marzo – 2023**

## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniera Civil, con el tema: **“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por la Srta. Myrka Estefanía Guevara Lavayen, portadora de la cédula de ciudadanía: C.I. 2150044044, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente trabajo experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, marzo 2023



---

**Ing. Mg. Galo Wilfrido Núñez Aldás**

**TUTOR**

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Myrka Estefanía Guevara Lavayen, con C.I. 2150044044 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Trabajo Experimental con el tema **“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autora del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, marzo 2023



---

**Myrka Estefanía Guevara Lavayen**

**C.I. 2150044044**

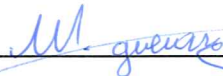
**AUTORA**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, marzo 2023



---

**Myrka Estefanía Guevara Lavayen**

**C.I: 2150044044**

**AUTORA**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por la estudiante Myrka Estefanía Guevara Lavayen de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: “**EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA**”.

Ambato, marzo 2023

Para constancia firman:



Ing. Fabián Rodrigo Morales Fiallos, Mg.

**MIEMBRO CALIFICADOR**



Ing. Dilon Germán Moya Medina M. Sc.

**MIEMBRO CALIFICADOR**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo lo dedico a mi madre Jenny por brindarme todo su amor y apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida, para superarme y cumplir este objetivo de vida.

A mis hermanos Sisi y Geomer, por todo su cariño y apoyo.

Al ingeniero Geomer Cartuche por ser fuente de inspiración para elegir la carrera de ingeniería civil.

A mi abuelita Maximiliana (†) por ser un ejemplo de humildad y perseverancia.

**Myrka Estefanía Guevara Lavayen**

## AGRADECIMIENTO

El presente trabajo lo dedico a mi madre Jenny por ser mi pilar fundamental a lo largo de mi vida, por inculcarme valores que me guiarán como persona y profesional, por su apoyo incondicional en todos los objetivos que me he propuesto. A mis hermanos Sisi y Geomer, por ser un motivo para seguir adelante y ser cada día una mejor persona, a mi padre Rubén cuyo apoyo fue muy importante a lo largo de mi etapa universitaria, agradezco también a todos mis familiares quiénes me acompañaron en este largo camino.

Al ingeniero Geomer Cartuche (†) por haber sido como un padre para mí, por haberme apoyado incondicionalmente y lograr cumplir un objetivo más en mi vida.

A mis amigos Andrea, Alexander, Gabriel, Damaris, Freddy y Jazmina por hacer que mi etapa universitaria haya sido una de las mejores etapas de mi vida y por su complicidad con las tareas de la universidad. A mis amigas Karol e Itati por su amistad incondicional, y mis demás amigos que directa e indirectamente aportaron para que este objetivo sea cumplido.

A mi tutor el Ing. Galo Núñez, al Ing. Fabián Morales e Ing. Dilon Moya por sus conocimientos impartidos a lo largo de mi carrera como estudiante y al final como tesista guiándome para culminar este trabajo de titulación.

A la Universidad Técnica de Ambato, a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica; y todos los docentes de esta prestigiosa facultad por el tiempo, esfuerzo y dedicación al compartir sus conocimientos y experiencias para formarme ética y profesionalmente.

**Myrka Estefanía Guevara Lavayen**

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

### A. PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	iii
DERECHOS DE AUTOR .....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
ÍNDICE DE IMÁGENES .....	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xviii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT.....	xx
CAPÍTULO I.....	1
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedes investigativos.....	1
1.1.1. Antecedentes .....	1
1.1.2. Justificación .....	3
1.1.3. Fundamentación teórica .....	5
1.1.3.1. Aguas residuales.....	5
1.1.3.2. Tipos de aguas residuales.....	5
1.1.3.2.1. Aguas residuales domésticas: .....	5
1.1.3.2.2. Aguas residuales industriales: .....	6
1.1.3.2.3. Aguas residuales pluviales: .....	6



1.1.3.2.4.	Aguas residuales agrícolas .....	6
1.1.3.2.5.	Aguas residuales pecuarias.....	7
1.1.3.3.	Características de las aguas residuales.....	8
1.1.3.3.1.	Características físicas .....	8
1.1.3.3.2.	Características químicas .....	10
1.1.3.3.3.	Características biológicas .....	12
1.1.3.4.	Parámetros de las aguas residuales .....	13
1.1.3.5.	Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) .....	14
1.1.3.6.	Procesos unitarios de las plantas de tratamiento de aguas residuales	14
1.1.3.6.1.	Cajón con rejilla .....	14
1.1.3.6.2.	Tanque repartidor .....	15
1.1.3.6.3.	Desarenador.....	15
1.1.3.6.4.	Trampas de grasa.....	15
1.1.3.6.5.	Tanque séptico.....	15
1.1.3.6.6.	Filtro biológico aerobio .....	16
1.1.3.6.7.	Lecho de secado de lodos .....	17
1.1.3.7.	Tipo de tratamientos de aguas residuales.....	17
1.1.3.7.1.	Pretratamiento.....	18
1.1.3.7.2.	Tratamiento primario.....	18
1.1.3.7.3.	Tratamiento secundario .....	18
1.1.3.7.4.	Tratamiento terciario .....	19
1.1.3.8.	Procesos para el tratamiento de aguas residuales.....	19
1.1.3.8.1.	Procesos físicos .....	19
1.1.3.8.2.	Procesos químicos .....	20
1.1.3.8.3.	Procesos biológicos .....	21
1.1.3.9.	Procesos empleados en cada etapa.....	22

1.1.3.10. Marco normativo del agua residual tratada .....	23
1.1.4. Hipótesis.....	27
1.2. Objetivos .....	27
1.2.1. Objetivo general .....	27
1.2.2. Objetivos específicos .....	27
CAPÍTULO II .....	28
2. METODOLOGÍA .....	28
2.1. Metodología .....	28
2.1.1. Plan de recolección de datos .....	29
2.1.1.1. Etapa I: Levantamiento de información de la PTAR.....	29
2.2.1.1.1. Ubicación .....	30
2.1.1.2. Etapa II: Investigación de campo.....	37
<b>2.2.1.2.1. Medición de caudales</b> .....	39
2.1.1.3. Etapa III: Análisis de laboratorio del agua residual .....	47
2.1.1.4. Etapa IV: Evaluación y verificación del funcionamiento de la PTAR .....	51
2.2. Equipo y material empleado.....	58
CAPÍTULO III.....	60
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	60
3.1. Análisis y discusión de los resultados obtenidos .....	60
3.1.1. Análisis de los resultados de las muestras de agua residual.....	60
3.1.2. Procesos unitarios de la PTAR y su dimensionamiento .....	61
3.1.2.1. Tanque de entrada .....	62
3.1.2.2. Tanque de cribado .....	63
3.1.2.3. Trampa de grasas.....	65
3.1.2.4. Tanque repartidor de caudales .....	66
3.1.2.5. Tanque séptico .....	67

3.1.2.6. Filtro biológico aerobio.....	69
3.1.2.7. Tanque de secado de lodos.....	71
3.1.3. Diagnóstico técnico de los procesos unitarios de la PTAR .....	73
3.1.3.1. Tanque de cribado .....	73
3.1.3.2. Trampa de grasas.....	75
3.1.3.3. Tanque séptico .....	77
3.1.3.4. Filtro biológico aeróbico .....	80
3.1.3.4. Lecho de secado de lodos.....	86
3.2. Verificación de la hipótesis .....	89
3.3. Propuesta del plan de operación y mantenimiento de la PTAR:.....	91
3.3.1. Medida 1: Limpieza del tanque de cribado .....	91
3.3.2. Medida 2: Limpieza de la trampa de grasas.....	92
3.3.3. Medida 3: Limpieza del tanque séptico .....	92
3.3.4. Medida 4: Limpieza del filtro biológico aerobio .....	94
3.3.5. Medida 5: Limpieza del tanque de secado de lodos.....	95
3.3.6. Medida 6: Estabilización del talud que colinda con la PTAR. ....	95
3.3.7. Medida 7: Construcción de bordillos alrededor de las unidades de tratamiento de la PTAR.....	97
3.3.8. Medida 8: Limpieza y desbroce de la vegetación alrededor de las unidades de tratamiento de la PTAR.....	99
3.3.9. Medida 9: Pintura en las unidades de tratamiento. ....	100
3.3.10. Medida 10: Colocación de señalética dentro de la PTAR.....	102
3.3.11. Medida 11: Construcción de cubierta en estructura metálica sobre el tanque de secado de lodos de la PTAR. ....	103
CAPÍTULO IV.....	105
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	105
4.1. Conclusiones .....	105

4.2. Recomendaciones.....	106
BIBLIOGRAFÍA .....	107
ANEXOS .....	114
ANEXO A: RESULTADOS LABORATORIO AGUA RESIDUAL.....	114
ANEXO B: PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS.....	115
ANEXO C: PLANOS .....	116

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contaminantes presentes en las aguas residuales domésticas.....	6
Tabla 2. Efectos de la temperatura en las aguas residuales.....	9
Tabla 3. Porcentaje de remoción de contaminantes del agua residual por los procesos unitarios de la PTAR.....	17
Tabla 4. Procesos físicos para el tratamiento de aguas residuales .....	19
Tabla 5. Procesos químicos para el tratamiento de aguas residuales.....	20
Tabla 6. Procesos biológicos para el tratamiento de aguas residuales.....	22
Tabla 7. Procesos empleados en cada tratamiento .....	22
Tabla 8. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público .....	23
Tabla 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce .....	24
Tabla 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua marina.....	26
Tabla 11. Resumen de medición de caudales de entrada a la PTAR (l/s).....	41
Tabla 12. Estadística descriptiva caudales de entrada a la PTAR del lunes (l/s).....	41
Tabla 13. Estadística descriptiva caudales de entrada a la PTAR del martes (l/s)....	41
Tabla 14. Estadística descriptiva caudales de entrada a la PTAR del miércoles (l/s)	42
Tabla 15. Estadística descriptiva caudales de entrada a la PTAR del jueves (l/s).....	42
Tabla 16. Estadística descriptiva caudales de entrada a la PTAR del viernes (l/s)....	42
Tabla 17. Estadística descriptiva caudales de entrada a la PTAR del sábado (l/s) ....	42
Tabla 18. Estadística descriptiva caudales de entrada a la PTAR del domingo (l/s) .	43
Tabla 19. Resumen de medias diarias de caudales de entrada a la PTAR.....	43
Tabla 20. Estadística descriptiva-medición de caudales de entrada a la PTAR Infiernillo .....	43
Tabla 21. Resumen de medición de caudales de salida a la PTAR (l/s) .....	44
Tabla 22. Estadística descriptiva caudales de salida de la PTAR del lunes (l/s) .....	44
Tabla 23. Estadística descriptiva caudales de salida de la PTAR del martes (l/s).....	44
Tabla 24. Estadística descriptiva caudales de salida de la PTAR del miércoles (l/s)	45
Tabla 25. Estadística descriptiva caudales de salida de la PTAR del jueves (l/s) .....	45
Tabla 26. Estadística descriptiva caudales de salida de la PTAR del viernes (l/s) ....	45
Tabla 27. Estadística descriptiva caudales de salida de la PTAR del sábado (l/s).....	45
Tabla 28. Estadística descriptiva caudales de salida de la PTAR del domingo (l/s) .	45
Tabla 29. Resumen de medias diarias de caudales de salida de la PTAR .....	46

Tabla 30. Estadística descriptiva-medición de caudales de salida de la PTAR -PTAR Infiernillo .....	46
Tabla 31. Parámetros analizados en la muestra de agua residual. ....	50
Tabla 32. Materiales empleados.....	58
Tabla 33. Equipo de seguridad.....	59
Tabla 34. Resultados del análisis del agua residual .....	60
Tabla 35 Medidas del tanque de entrada.....	62
Tabla 36. Medidas del tanque de cribado.....	64
Tabla 37. Medidas de la trampa de grasas .....	65
Tabla 38. Medidas del tanque repartidor de caudales .....	66
Tabla 39. Medidas del tanque séptico – compartimento 1 .....	68
Tabla 40. Medidas del tanque séptico – compartimento 2.....	68
Tabla 41. Medidas del filtro biológico 1 .....	70
Tabla 42. Medidas del filtro biológico 2.....	70
Tabla 43. Medidas del tanque de secado de lodos .....	72
Tabla 44.- Tamaño de apertura de rejas y rejillas .....	73
Tabla 45. Datos para el análisis de la trampa de grasas .....	75
Tabla 46. Datos para el análisis del tanque séptico.....	78
Tabla 47. Datos para el análisis del filtro biológico aerobio.....	80
Tabla 48. Datos reales para el análisis del filtro biológico aerobio .....	83
Tabla 49. Datos reales vs datos calculados del filtro biológico aerobio .....	85
Tabla 50. Datos para el análisis del lecho de secado de lodos.....	86
Tabla 51. Tiempo requerido para la digestión de lodos .....	87
Tabla 52. Comparación entre valores reales y calculados de los procesos unitarios. ....	90
Tabla 53. Actividades, frecuencia, herramientas y responsable de la limpieza del tanque de cribado .....	91
Tabla 54. Actividades, frecuencia, herramientas y responsable de la limpieza de la trampa de grasas.....	92
Tabla 55. Actividades, frecuencia, herramientas y responsable de la limpieza del tanque séptico.....	92
Tabla 56. Actividades, frecuencia, herramientas y responsable de la limpieza del filtro biológico aerobio.....	94

Tabla 57. Actividades, frecuencia, herramientas y responsable de la limpieza del tanque de secado de lodos ..... 95

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Isometría de un filtro FAFA.....	16
Imagen 2. Entrevista a encargado del mantenimiento de la PTAR del sector Infiernillo. .....	30
Imagen 3. Sector Infiernillo – actividad ganadera .....	33
Imagen 4. Sector Infiernillo – actividad agrícola.....	33
Imagen 5. Deslizamientos del talud sobre la infraestructura de la PTAR .....	34
Imagen 6. Talud inestable en la PTAR. ....	35
Imagen 7. Procesos unitarios en la PTAR del sector Infiernillo.....	35
Imagen 8. Dimensionamiento de los componentes de la PTAR.....	37
Imagen 9. Dimensionamiento de los componentes de la PTAR.....	37
Imagen 10. Dimensionamiento de los componentes de la PTAR.....	38
Imagen 11. Levantamiento topográfico de la PTAR. ....	38
Imagen 12. Medición del caudal de ingreso a la PTAR.....	47
Imagen 13. Medición del caudal de salida de la PTAR. ....	47
Imagen 14. Recolección de muestras de agua residual del efluente de la PTAR. ....	48
Imagen 15. Recolección de muestras de agua residual del afluente de la PTAR. ....	49
Imagen 16. Conservación y transporte de muestras obtenidas de la PTAR.....	50
Imagen 17. Tanque de entrada de la PTAR. ....	52
Imagen 18. Rejilla ubicada de forma correcta. ....	53
Imagen 19. Sistema de rejillas de la PTAR, rejilla mal colocada. ....	53
Imagen 20. Trampa de grasas cubierta de vegetación.....	54
Imagen 21. Trampa de grasas después de la limpieza. ....	54
Imagen 22. Tanque séptico de la PTAR.....	55
Imagen 23. Daño de enlucido del tanque séptico de la PTAR y presencia de lodo por desestabilización de talud.....	55
Imagen 24. Filtros aerobios de flujo ascendente de la PTAR.....	56
Imagen 25. Lecho de secado de lodos de la PTAR.....	57
Imagen 26. Salida de la PTAR.....	57
Imagen 27. Caseta de descanso con material producto de deslizamiento del talud inestable .....	96
Imagen 28. Losa de tanque séptico con material del deslizamiento de suelo .....	96
Imagen 29. Geomalla Bx 3030 / Geotextil no tejido NT - 1600.....	97



Imagen 30. Unidades de tratamiento de la PTAR con bordillo a nivel de terreno ....	98
Imagen 31. Trampa de grasas invadido de vegetación .....	99
Imagen 32. Tanque repartidor de caudales con abundante vegetación.....	100
Imagen 33. Infraestructura en obra gris .....	101
Imagen 34. Señalética existente .....	102
Imagen 35. Lecho de secado de lodos a la intemperie.....	103

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del sector Infiernillo .....	31
Figura 2. Ubicación PTAR Infiernillo .....	31
Figura 3. Perfil longitudinal de elevación de la PTAR. ....	36
Figura 4. Perfil transversal de elevación de la PTAR. ....	36
Figura 5. Proceso de tratamiento actual de la PTAR. ....	51
Figura 6. Proceso de tratamiento actual de la PTAR. ....	61
Figura 7. Vista en planta - tanque de entrada.....	63
Figura 8. Vista corte longitudinal – tanque de entrada .....	63
Figura 9. Vista en planta – tanque de cribado.....	64
Figura 10 Vista corte longitudinal – tanque de cribado .....	65
Figura 11. Vista en planta - trampa de grasas .....	66
Figura 12. Vista corte longitudinal - trampa de grasas .....	66
Figura 13. Vista en planta – tanque repartidor de caudales .....	67
Figura 14. Vista corte longitudinal - tanque repartidor de caudales .....	67
Figura 15. Vista en planta - tanque séptico .....	69
Figura 16. Vista corte longitudinal - tanque séptico .....	69
Figura 17. Vista en planta - filtro biológico.....	71
Figura 18. Vista corte longitudinal – filtro biológico .....	71
Figura 19. Vista en planta - tanque de secado de lodos .....	72
Figura 20. Vista corte transversal - tanque de secado de lodos .....	73

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Relación entre los diferentes tipos de aguas residuales .....	7
Gráfico 2. Porcentaje de remoción de contaminantes del agua residual .....	61

## RESUMEN

El presente trabajo experimental tiene como el principal objetivo la evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Infiernillo, ubicada en el cantón Santiago de Píllaro, provincia de Tungurahua para determinar si actualmente sus procesos unitarios trabajan eficientemente en la depuración del agua residual proveniente del alcantarillado sanitario.

Para la evaluación, en campo, se realizó el levantamiento de información del estado actual de sus unidades de tratamiento y se procedió a medir con el método volumétrico los caudales del afluente y efluente de la PTAR con el fin de determinar el valor del caudal máximo, mismo que se empleó en el cálculo de las dimensiones mínimas requeridas para el correcto tratamiento del agua residual empleando normas y guías internacionales de diseño de plantas de tratamiento, además se recolectó muestras del agua residual cruda y el agua residual tratada, que fueron analizadas en el laboratorio acreditado de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), con estos resultados se verificó el porcentaje de remoción de los contaminantes, través de la comparación con los límites máximos permitidos de descarga de agua residual a un cuerpo de agua dulce normados en el TULSMA

Los procesos unitarios actuales de la PTAR son: tanque de entrada, tanque de cribado, trampa de grasas, tanque repartidor, tanque séptico, filtro biológico y lecho de secado de lodos los cuáles cumplen con las dimensiones mínimas, funcionando de forma correcta, de la misma manera después del análisis de laboratorio del agua residual se obtuvo que el porcentaje de remoción de contaminantes es de más del 80%, sin embargo a pesar de que el agua está siendo tratada adecuadamente, existen otros factores que a corto o largo plazo pueden reducir la eficiencia de la PTAR, por lo que se propuso un plan de operación y mantenimiento, para mantener la vida útil de la infraestructura hidráulica.

**Palabras claves:** Planta de tratamiento, Agua residual, PTAR, Depuración, Afluente, Efluente, Procesos unitarios, Unidades de tratamiento.

## ABSTRACT

The present experimental work has as its main objective the evaluation of the wastewater treatment plant of the Infiernillo sector, located in the Santiago de Píllaro canton, Tungurahua province to determine if its unitary processes currently work efficiently in the purification of wastewater from of the sanitary sewer.

For the evaluation, in the field, information was collected on the current state of its treatment units and the volumetric method of the influent and effluent flows from the WWTP was measured in order to determine the value of the maximum flow. same that was used in the calculation of the minimum dimensions required for the correct treatment of wastewater using international standards and guides for the design of treatment plants, in addition samples of raw wastewater and treated wastewater were collected, which were analyzed in the accredited laboratory of the National University of Chimborazo (UNACH), with these results the percentage of pollutant removal was verified, through the comparison with the maximum limits allowed for the discharge of residual water to a body of fresh water regulated in the TULSMA

The current unit processes of the WWTP are: inlet tank, screening tank, grease trap, distribution tank, septic tank, biological filter and sludge drying bed, which meet the minimum dimensions, functioning correctly, of the In the same way, after the laboratory analysis of the residual water, it was obtained that the percentage of contaminant removal is more than 80%, however, despite the fact that the water is being adequately treated, there are other factors that in the short or long term can reduce the efficiency of the WWTP, for which an operation and maintenance plan was proposed, to maintain the useful life of the hydraulic infrastructure.

**Keywords:** Wastewater Treatment plant, Residual water, WWTP, Purification, Inffluent, Effluent, Unit processes, Treatment units.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO

#### 1.1. Antecedes investigativos

##### 1.1.1. Antecedentes

Las comunidades pequeñas se enfrentan a diversos inconvenientes con relación al tratamiento de aguas residuales, debido a la carencia de planificación, inapropiada gestión de los GADS municipales y parroquiales; y la deficiencia de personal técnico especialista, como resultado se tiene la contaminación de las fuentes hídricas de descarga del efluente tratado, para evitar estos problemas ambientales es necesario que las aguas residuales sean vertidas de manera adecuada, cumpliendo con los parámetros ambientales impuestos por la normativa TULSMA y asegurando que no se convertirá en un riesgo para la vida de sus usuarios [1].

Para conocer si el agua tratada en una PTAR cumple con la norma TULSMA 2015 de calidad de vertido de agua del cuerpo receptor, es necesario evaluar el funcionamiento, como en el trabajo de titulación según [1] es imprescindible adaptar la planta de tratamiento a las nuevas condiciones que se generan como es el incremento en el consumo de agua potable debido al crecimiento demográfico, por ende mayor cantidad de agua residual a tratar entra a la PTAR [1].

En el trabajo investigativo realizado por [2] se identificó que en la actualidad el efluente de la PTAR “Río Seco” no cumple con los parámetros requeridos para ser vertido directamente en los cultivos como estaba estipulado en su diseño inicial, ya que la PTAR evaluada representa un riesgo para la salud de los agricultores que emplean el agua tratada como agua de regadío, por su deficiente condición, una evaluación pertinente de la PTAR es primordial para mejorar el proceso de descontaminación y corregir la calidad del agua residual tratada [2].

En el trabajo relacionado con la evaluación del funcionamiento de la PTAR de Llimpe Grande, se determina que es de gran importancia contar con manuales de operación y mantenimiento de los componentes del sistema de la planta de

tratamiento para que el sistema funcione de manera eficiente cumpliendo con la función de la PTAR [3].

Una variedad de factores entre ellos la sobrepoblación humana han generado que se desarrollen políticas de sustentabilidad medioambientales enfocadas en el ahorro, preservación y reutilización del agua; una de las principales es el tratamiento de aguas residuales. En los lugares donde existe la industria textil se generan mayores volúmenes de efluentes con gran cantidad de contaminación, presentando altas concentraciones de Demanda Química de Oxígeno (DQO), de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Sólidos Suspendidos (SS), Sólidos Totales (ST), Metales Pesados, Sales y además de esto, bajos niveles de Biodegradabilidad, por lo que estos afluentes obligatoriamente deben ser tratados previo a su descarga [4].

El número de vehículos que circulan ha incrementado con el pasar de los años, por ende, se emite mayor cantidad de sustancias tóxicas y peligrosas al ambiente, a consecuencia de los automóviles surgen pequeñas industrias de lavado de autos lo cual genera contaminación hídrica al emitir contaminantes al agua residual tales como los aceites, grasas, detergentes y otros hidrocarburos [5].

En Ecuador, son conocidos los altos grados de contaminación en varios sectores del país, en especial el nivel de contaminación de los efluentes evacuados de forma directa al alcantarillado público, en la actualidad existen proyectos para el mejoramiento de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua en las ciudades de Cuenca, Ambato, Otavalo, entre otras, pero aún resultan insuficientes [5], por lo que en las universidades del país se siguen realizando trabajos de investigación y estudios de materiales que sirvan como filtros para la reducción de contaminantes de efluentes.

### **1.1.2. Justificación**

La gestión adecuada de servicios de saneamiento de aguas residuales reduce la presencia de enfermedades infecciosas y diarreicas cuyos afectados son principalmente los infantes, las personas de escasos recursos económicos, y a quienes viven en áreas marginales o dispersas. Según la Organización Mundial de la Salud, en los países en vías de desarrollo, 1,5 millones de personas mueren al año a causa de enfermedades diarreicas y de éstos, aproximadamente, la mitad corresponden a niños menores de 5 años; siendo las enfermedades diarreicas la tercera causa de muerte de los infantes en los países menos desarrollados [6].

En 2020 en Ecuador, el 73,8% de Gobiernos autónomos descentralizados municipales realizaron tratamientos de aguas residuales, previo a su descarga final; mientras que el 23% de municipios no realizan tratamiento alguno. Entre 2018 y 2020, se observa un incremento de municipios que han implementado procesos de tratamiento de agua residual, pasando del 66,5% en 2018 al 73,8% en 2020. En 2020, el 44,9% de las plantas de tratamiento de agua residual, disponen el agua tratada en ríos, el 33,7% en quebradas y el restante en otros sitios tales como, acequias de riego, cajón de riego, canal, mar, entre otros. Entre 2018 y 2020, se observa una disminución en la disposición final del agua residual tratada en suelos, pasando del 13,2% en 2018 al 9,6% en 2020. De igual forma, se evidencia un incremento de plantas de tratamiento, que disponen el agua residual tratada en quebradas, pasando del 28,6% al 33,7% [7].

En la disposición final del agua residual no tratada, en 2020, el 56,7% de sitios de disposición final, corresponde a ríos, el 36,1% a quebradas, y el restante tiene de uno o varios sitios de disposición final dentro del mismo cantón, entre el año 2018 a 2020, se incrementó el porcentaje de disposición final de agua residual no tratada, en la categoría otros sitios, como acequias, esteros, canal, mar, entre otros, pasando del 1,6% al 7,2%.

En 2020, del total de agua distribuida a nivel nacional por los GADM, el 22,4% ingresa a plantas de tratamiento. A nivel regional, la Amazonía presenta el

porcentaje más alto de agua residual captada por las plantas de tratamiento, con el 34,3% en relación con el total de agua distribuida en la red pública [7].

La provincia de Tungurahua centra su desarrollo económico en la agricultura, razón por la cual sus aguas deben ser aptas para regadío y consumo humano, motivo por el cual, los sistemas de alcantarillado se los construye en conjunto con una planta de tratamiento de aguas residuales para así, no descargar las aguas residuales sin tratamiento en las fuentes de agua [8].

Según la encuesta realizada en el año 2020 a los moradores de la parroquia San Andrés, cantón Santiago de Píllaro, se tiene como resultado que el 74% de los participantes determinan que existe alcantarillado en sus lugares de residencia, esto cubre las viviendas que están más cercanas a la red principal y que debido a su condición de relieve pueden acceder a este servicio, sin embargo, no todas las viviendas disponen de este por la condición del relieve antes mencionado [9], y por ende estas aguas reciben tratamiento en las PTAR que según la norma TULSMA deben ser aptas para ser vertidas en alguna fuente hídrica y el agua residual del 26% de las viviendas de los participantes va directamente a una fuente de agua.

Para garantizar que el agua residual sea tratada de manera adecuada cumpliendo con la normativa TULSMA, se debe realizar una evaluación del funcionamiento de la planta de tratamiento, con esto se puede determinar mantenimiento preventivo, correctivo y en caso de ser requerido; también reparación, para así cumplir con el objetivo de la PTAR [10]. Existen muchos beneficios de realizar el correcto tratamiento de las aguas residuales, y el principal es la reutilización del agua tratada para fines agrícolas. Los cultivos que predominan en la parroquia son los cultivos de ciclo corto en la zona alta como papas, maíz, melloco, frejol, habas, entre otros y en los sectores más bajos se tiene los cultivos legumbres y hortalizas [9].

Por este motivo es de vital importancia realizar la presente investigación, en esta se evaluará el funcionamiento de la planta de tratamiento que procesa las aguas residuales provenientes del sector Infiernillo, de la parroquia San Andrés del cantón Santiago de Píllaro, provincia de Tungurahua y a la vez concientizar a los GADs que deben priorizar la atención de las PTAR para garantizar a los moradores beneficiarios, que según la



Constitución de la República de Ecuador en el art. 14 tienen derecho a vivir en un ambiente sano y equilibrado, que asegure la sostenibilidad y el buen vivir.

### **1.1.3. Fundamentación teórica**

#### **1.1.3.1. Aguas residuales**

Se denomina agua residual a la mezcla de residuos líquidos una vez que el agua ha sido utilizada para distintos propósitos. El agua residual tiene varios orígenes, tales como: viviendas, industrias, hospitales, camales, etc., en ciertas ocasiones existen sistemas combinados de alcantarillado donde se recolecta las aguas sanitarias y pluviales [11].

En los últimos años, las descargas de aguas residuales han causado grandes daños a los recursos hídricos. La contaminación del agua no solo provoca un desequilibrio en el entorno ecológico, sino que también afecta directamente a la salud humana. Por lo tanto, existe una necesidad urgente de que se desarrolle una manera eficaz de purificación de aguas residuales para resolver estos importantes problemas [12] con esto surgen los sistemas de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

#### **1.1.3.2. Tipos de aguas residuales**

##### **1.1.3.2.1. Aguas residuales domésticas:**

Están conformadas por las aguas empleadas en zonas residenciales, comerciales, recreacionales y edificios institucionales [13]. La composición de este tipo de agua residual por lo general tiene características similares entre sí, con algunas diferencias basadas en las actividades económicas y otros factores como el tamaño, densidad poblacional, presencia de red de saneamiento unitaria o separativa, en la tabla 1 se muestran los contaminantes presentes en las aguas residuales [14].

*Tabla 1. Contaminantes presentes en las aguas residuales domésticas*

Contaminantes de las aguas residuales	
<b>Microorganismos</b>	Bacterias, virus y huevos de helminto
<b>Materia orgánica biodegradable</b>	Disminución del oxígeno disuelto en ríos, lagos y fiordos
<b>Otros compuestos orgánicos</b>	Detergentes, plaguicidas, grasas y aceites, colorantes, solventes, fenoles, cianuro
<b>Nutrientes</b>	Nitrógeno, fósforo y amoníaco
<b>Metales</b>	Hg, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni
<b>Otros compuestos inorgánicos</b>	Sulfuro de hidrógeno, bases
<b>Efectos térmicos</b>	Agua caliente
<b>Olor y gusto</b>	Sulfuro de hidrógeno
<b>Radioactividad</b>	Sulfuro de hidrógeno

*Fuente: [15].*

#### **1.1.3.2.2. Aguas residuales industriales:**

Son aguas utilizadas durante procesos industriales tales como enfriamiento, procesamiento, limpieza, transporte y lavado. La concentración y composición de las aguas residuales del sector industrial puede variar mucho y su tratamiento es más complicado que las aguas residuales domésticas. El desarrollo del sector industrial ha producido contaminantes como los metales pesados que van directamente a las aguas superficiales y subterráneas [16].

#### **1.1.3.2.3. Aguas residuales pluviales:**

Son aguas procedentes de la escorrentía superficial de las precipitaciones, se caracterizan por la presencia de: polvo de ladrillo y cemento, hollín, esporas, polvo orgánico e inorgánico, restos de animales y vegetales, hidrocarburos y partículas sólidas [17].

#### **1.1.3.2.4. Aguas residuales agrícolas**

Este tipo de agua es contaminada por todos los pesticidas que se emplean para erradicar plagas que atacan a los cultivos [18]. Se han caracterizado por provenir de la escorrentía superficial de las zonas de regadío agrícola [19].

### 1.1.3.2.5. Aguas residuales pecuarias

Son de procedencia de la actividad ganadera, si la actividad es desarrollada de forma intensiva los vertidos van directamente a los cauces, y si el ganado se encuentra de forma libre, los vertidos son difusos y es difícil el control [20].

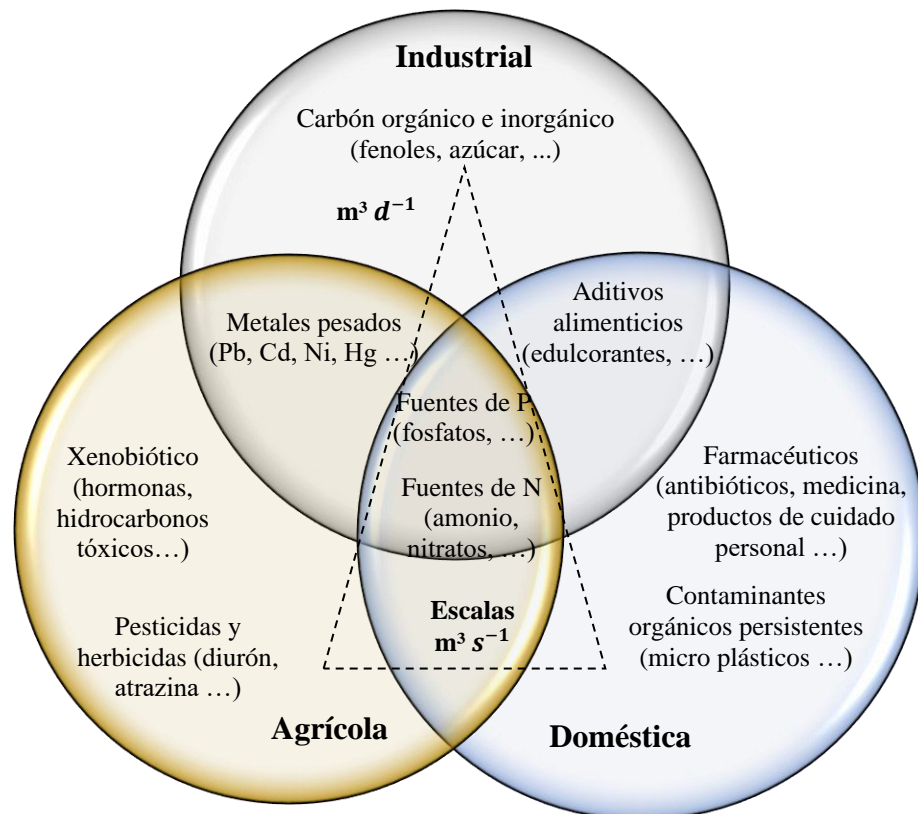


Gráfico 1. Relación entre los diferentes tipos de aguas residuales  
Fuente: [21]

### **1.1.3.3. Características de las aguas residuales**

#### **1.1.3.3.1. Características físicas**

##### *Color:*

Se debe a las partículas que se encuentran en suspensión y disueltas, la presencia de color en las aguas residuales indica una calidad deficiente de la misma [22]. La mayoría de las veces se asocia el color con la turbidez, debido a la presencia de varios tipos de ácidos y la descomposición de la materia orgánica [23].

##### *Olor y sabor:*

Los olores y sabores son producidos por la descomposición de la materia orgánica presente en las aguas residuales y también por compuestos inorgánicos como cloro, amoníaco y en especial el sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) que tiene un olor a huevos podridos [22].

Los compuestos productores de olor incluyen:

- Compuestos de azufre como es el sulfuro de hidrógeno, sulfuros y disulfuros de alquilo;
- Compuestos de nitrógeno, es decir, amoníaco y aminas alifáticas;
- Compuestos orgánicos, incluidos aldehídos, cetonas y ácidos grasos (fenol, cresol, ácido butírico, ácido acético y ácido valérico) [24].

##### *Temperatura:*

La temperatura del agua residual es más elevada que la del agua potable debido a que se incorpora agua caliente de viviendas e industrias, está directamente influenciada por la temperatura ambiental dependiendo del régimen climático, latitud y altitud.

La temperatura afecta al desarrollo de la vida acuática al existir determinadas especies de microorganismos que viven en ciertos rangos de temperatura, de forma general la tabla 2 provee información sobre el efecto de la temperatura en las aguas residuales [17]

*Tabla 2. Efectos de la temperatura en las aguas residuales*

Temperatura (°C)	Efectos
5	Cesan su actividad las bacterias nitrificantes autótrofas
15	Detiene su actividad las bacterias productoras de metano
25 – 35	Desarrollo óptimo de la actividad bacteriana
50	Se detiene los procesos de digestión aerobia y de nitrificación

**Fuente:** [17]

#### *Turbidez:*

Es la medida de la capacidad del agua para dispersar la luz, e indica posible contaminación por materia orgánica y microorganismos, la turbidez se debe a la presencia de materia en suspensión o coloidal. Los valores altos de turbidez suelen relacionarse con la presencia de bacterias y virus. Es necesario tener en cuenta que, si el agua tratada es reutilizada para riego agrícola y posee turbidez excesiva, puede ocasionar obstrucción por deposición en los sistemas de regadío [22].

#### *Conductividad:*

Se define como la capacidad de las sales inorgánicas disueltas para conducir la electricidad. Las aguas residuales tienen una conductividad eléctrica que oscila aproximadamente entre 2000 y 4000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Si el agua es destinada para uso agrícola hay que tener en cuenta que, a mayor conductividad, menor producción del cultivo [22], existe una relación específica entre la conductancia del agua y los electrolitos que contiene [25].

#### *Salinidad:*

Es un parámetro sin unidad de medida que da información sobre la cantidad de sales disueltas en el agua residual. representa el contenido iónico total del agua, alta concentración de sales en el suelo puede llegar a tal punto de volverlo infértil [22].

*Sólidos sedimentables (S<sub>s</sub>):*

Los sólidos de sedimentación se expresen en unidades de ml/l, representan una medida aproximada de la cantidad de lodo obtenido en la decantación inicial del agua residual. [13].

*Sólidos suspendidos (S<sub>S</sub>):*

Pueden eliminarse física o mecánicamente mediante procesos de filtración o sedimentación [13].

*Sólidos disueltos (S<sub>D</sub>):*

Son aquellos que están compuestos de moléculas orgánicas e inorgánicas e iones en disolución en el agua, y constan de una parte coloidal y otra en estado disuelto. Los sólidos disueltos contienen materia en un 40% orgánica y un 60% de inorgánica [13].

*Dureza:*

La dureza del agua está constituida por los cationes polivalentes disueltos, se la asocia con el contenido de sales cálcicas y magnésicas. Según su dureza se clasifican en aguas blandas, semiduras, duras y muy duras [25].

#### **1.1.3.3.2. Características químicas**

*pH:*

El rango de pH adecuado para el desarrollo de la vida se encuentra entre pH 5 y 9, y los efluentes con valores inferiores a 5 y superiores a 9 requieren un tratamiento más complejo con agentes biológicos. Si el valor de pH de las aguas residuales tratadas no se ajusta antes de devolverlas al cuerpo de agua, el valor de pH de este cuerpo de agua receptor cambiará. Por lo tanto, los efluentes de las plantas de tratamiento deber estar dentro de ciertos límites para su descarga en los cuerpos de agua receptores [26].

### *Alcalinidad:*

Esto se refiere a la capacidad del agua para neutralizar los compuestos ácidos. Esto generalmente se define como el contenido en bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos en el agua. Cierta grado de alcalinidad origina al efecto tampón o buffer porque permite la estabilidad del pH frente a la adición de un compuesto ácido [25].

### *Nitrógeno*

El nitrógeno total es una combinación de nitrógeno orgánico e inorgánico y amoníaco en las aguas residuales. Existe como nitratos, nitritos, amonio y compuestos orgánicos disueltos como aminoácidos, urea y compuestos orgánicos nitrogenados [27].

### *Fósforo*

Este elemento está asociado con el crecimiento y desarrollo de varios organismos en los cuerpos de agua, pero en cantidades excesivas provoca el crecimiento de algas y otros organismos nocivos [26]. En los ecosistemas acuáticos, el fósforo también está presente en forma de fosfatos, como los ortofosfatos, los fosfatos condensados y los fosfatos ligados orgánicamente [27].

El nitrógeno y el fósforo en las aguas residuales provocan la eutrofización de las masas de agua y pueden provocar la muerte de los hábitats acuáticos si se descargan sin tratar [21].

### *Cloruros:*

En las aguas residuales los cloruros son añadidos como consecuencia del uso, las heces humanas tienen un aporte aproximado de 6g de cloruros por persona / día.

El cloruro en las aguas residuales es un parámetro importante relacionado con su reciclaje. Como consecuencia del uso de cloruros, estos se agregan a las aguas residuales. Las heces humanas contienen aproximadamente 6 g de cloruro por persona por día [26].

### *Metales pesados*

Los metales pesados provienen generalmente de las industrias manufactureras, mineras y textiles. Los metales como el arsénico, el hierro, el cromo, el plomo, el

cobre, el estaño, el sodio, el potasio, el mercurio, el aluminio y el níquel son contaminantes comunes en las aguas residuales industriales y causan diversos problemas ambientales, inhibición del crecimiento de plantas, crecimiento de algas, muerte de biota acuática, formación de desechos y sedimentación [28].

Los metales pesados se pueden eliminar de los medios acuosos utilizando varios métodos convencionales como la precipitación química, la extracción con disolventes, la filtración por membrana, el intercambio iónico, la eliminación electroquímica, coagulación, etc. Sin embargo, estas técnicas tienen algunas desventajas tales como eliminación incompleta, requisitos de alta energía y disponibilidad de lodos tóxicos, baja eficiencia, condiciones de operación delicadas y eliminación costosa [29].

#### **1.1.3.3.3. Características biológicas**

##### *Bacterias:*

Se pueden clasificar como eubacterias procariotas unicelulares. En función de su forma se clasifican en: bastón, esferoides, bastón curvado y filamentosos [13].

##### *Hongos:*

Los hongos son protistas eucariotas aerobios, multicelulares, no fotosintéticos y quimio heterótrofos, muchos de los hongos basan su alimentación en materia orgánica muerta [13].

##### *Virus:*

Son partículas parasíticas formadas por un cordón de material genético ADN o ARN con una capa de recubrimiento proteínico. Los virus excretados por los seres humanos pueden representar un importante peligro para la salud pública [13].



### *Microorganismos*

Los principales grupos de organismos presentes tanto en aguas residuales como superficiales se clasifican en organismos eucariotas, eubacterias y arqueobacterias [13].

#### **1.1.3.4. Parámetros de las aguas residuales**

La biodegradabilidad y la toxicidad de las aguas residuales se determinan en función de la relación entre la demanda biológica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO). La información obtenida con los parámetros de las aguas residuales se puede emplear para el mejoramiento de la eficiencia y la eficacia de las (PTAR) [30]. Esta investigación hizo énfasis en identificar las condiciones de los parámetros y clasificar la relación entre la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO) de las aguas residuales de la planta de tratamiento del sector Infiernillo.

#### *Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)*

Es un parámetro de calidad que sirve para determinar el estado en que se encuentran las aguas residuales [31] usa como la medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación de materia orgánica biodegradable que se encuentra en la muestra de agua residual y se tiene como resultado de la acción de oxidación bioquímica aerobia [32], la determinación de la DBO se origina para el control de efluentes y el ensayo estándar dura 5 días (**DBO<sub>5</sub>**) [15].

#### *Demanda química de oxígeno (DQO)*

Corresponde al volumen de oxígeno que se requiere para oxidar la fracción orgánica de una muestra de agua residual susceptible a la oxidación del dicromato o permanganato, en medio ácido [32]. La determinación de DQO se necesita para los balances de masa en el tratamiento de aguas residuales [15]

#### *Sólidos totales (ST)*

Se componen de materia orgánica e inorgánica; sólidos suspendidos y disueltos; contenido de sólidos sedimentables y volátiles de las aguas residuales. Las técnicas

de separación física eliminan fácilmente la mayoría de los sólidos en suspensión, pero algunos aún permanecen en el medio ambiente [27].

### **1.1.3.5. Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR)**

El sistema de las plantas de tratamiento de aguas residuales puede definirse como la recolección, tratamiento y vertimiento o reutilización de aguas residuales provenientes de hogares, conjuntos residenciales, comunidades en general, industrias o instituciones, así como también de sectores de comunidades existentes cerca del punto de generación de residuos [13].

Las operaciones de tratamiento de aguas residuales se enfocan en eliminar los contaminantes de las aguas residuales para cumplir con los estándares de calidad del agua para la salud pública y la protección ambiental [33]. La misión de la PTAR es purificar agua sin tratar, proveniente de una amplia gama de fuentes, como son: hogares, oficinas, laboratorios e instalaciones sanitarias para que pueda ser reutilizada o vertida de manera segura a fuentes hídricas. Existen varios procesos como son los primarios y secundarios en la PTAR, y de ser necesarios procesos terciarios o avanzados [34].

El tratamiento de aguas residuales es un proceso ecológico porque protege el medioambiente al liberar en menor cantidad contaminación; emplea recursos sostenibles; y gestiona los desechos sobrantes de una manera biológicamente más aceptable [16].

### **1.1.3.6. Procesos unitarios de las plantas de tratamiento de aguas residuales**

#### **1.1.3.6.1. Cajón con rejilla**

Es un cajón de hormigón que se encuentra en la entrada de la PTAR, contiene una rejilla para realizar el proceso de cribado y retener los materiales más gruesos y que el tratamiento que sigue a continuación se pueda realizar de manera eficaz.

#### **1.1.3.6.2. Tanque repartidor**

Como su nombre lo indica es una infraestructura de hormigón que se encarga de dividir o repartir los caudales dentro de la PTAR.

#### **1.1.3.6.3. Desarenador**

La función de este componente es la eliminación de arenas, gravas, cenizas y otros materiales que tengan una velocidad de sedimentación o pesos específicos superiores a los sólidos orgánicos. Con esto se consigue proteger a los distintos elementos de instalación dentro de la PTAR de la abrasión, la reducción de formación de depósitos en las conducciones y la disminución de la frecuencia en la limpieza de los digestores [17].

#### **1.1.3.6.4. Trampas de grasa**

Los separadores de grasas son opcionales en el diseño de PTAR, permitiendo la separación y recolección de grasas y aceites de las aguas residuales, evitando que ingresen al sistema de depuración y minimizando la carga. Estos se colocan entre las líneas de drenaje de la fuente o en el punto de generación de residuos líquidos [35].

#### **1.1.3.6.5. Tanque séptico**

La fosa séptica es una estructura de separación de sólidos para facilitar la permeación de las aguas residuales y la adecuada estabilización en el sistema de percolación que necesariamente debe instalarse después [36].

Uno de los propósitos de un tanque séptico es crear condiciones de estabilidad hidráulica que permitan que las partículas pesadas se asienten por gravedad. La materia sedimentada se acumula en el fondo de la fosa séptica como una capa de lodo que debe ser removida periódicamente, mientras que la grasa, el aceite y otras materias livianas tienden a acumularse en la parte superior como una capa de espuma flotante [37]. La materia orgánica contenida en las capas de lodo y espuma es descompuesta por las bacterias anaeróbicas, que en su mayoría se convierte en agua y gases más estables como el dióxido de carbono, el metano y el sulfuro de hidrógeno.

La eliminación de sólidos por sedimentación puede ser muy eficiente, pero los resultados se ven influenciados en gran medida del tiempo de retención, el equipo

de entrada y salida y la frecuencia de eliminación de lodos (período de limpieza del tanque séptico) [38].

#### 1.1.3.6.6. Filtro biológico aerobio

Es una estructura de concreto altamente permeable (imagen 1) que retiene microorganismos y bacterias de las aguas residuales y reduce la concentración de materia orgánica. Está compuesto por una capa permeable que contiene microorganismos adheridos al material filtrante, por lo que es altamente efectivo en la remoción de materia orgánica, da como resultado, lodos sin olor, más estables, menor consumo de energía [35].

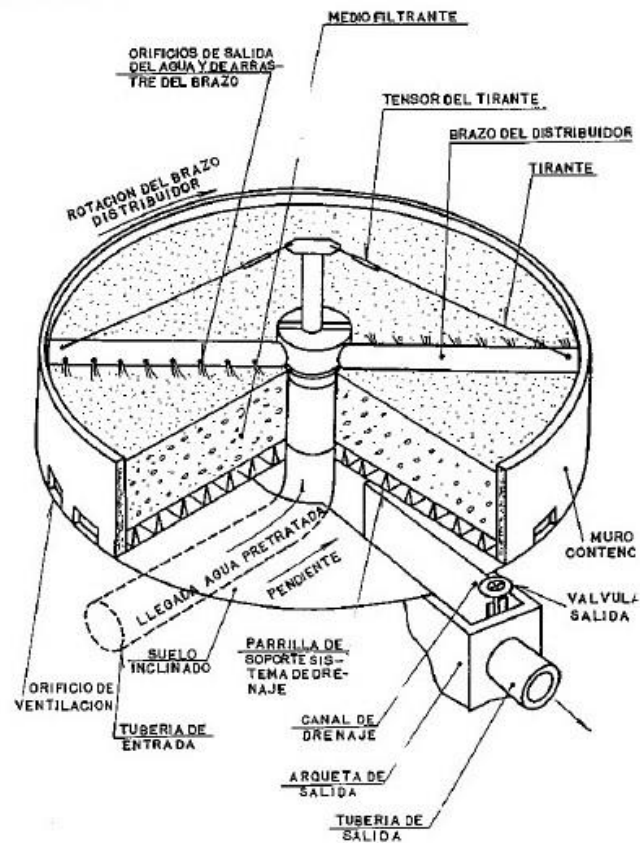


Imagen 1. Isometría de un filtro FFAA

Fuente: <http://www.miliarium.com/Proyectos/depuradoras/tratamientos/blandos/disen06.gif>

El medio filtrante puede ser piedra triturada o un medio plástico manufacturado especialmente para tal fin, debe ser durable, resistente al resquebrajamiento, insoluble, y no debe aportar sustancias indeseables al agua tratada [39].

### 1.1.3.6.7. Lecho de secado de lodos

El tratamiento de aguas residuales da como resultado la formación de lodos. Estos deben ser trasladados a un lecho secado para su disposición final o utilizados como fertilizante del suelo. El secado de lodos en lechos de arena con drenaje inferior es el método más simple y económico, por lo que es una técnica popular para infraestructuras de pequeña escala como el presente proyecto. Sin embargo, se debe considerar una cubierta para que el agua lluvia no interfiera con el proceso de secado [40].

La tabla 3 proporciona información sobre el porcentaje de contaminación removido en cada etapa del tren de tratamiento de la PTAR:

*Tabla 3. Porcentaje de remoción de contaminantes del agua residual por los procesos unitarios de la PTAR*

UNIDADES DE TRATAMIENTO	RENDIMIENTO DE ELIMINACIÓN DEL CONSTITUYENTE (%)					
	DBO	DQO	SS	Pb	N org	NH3 - N
Rejas de barras	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo
Desarenadores	0 - 5 d	0 - 5 d	0 - 10 d	nulo	nulo	nulo
Sedimentación primaria	30 - 40	30 - 40	50 - 65	10 - 20	10 - 20	0
Fangos activados						
Proceso convencional	80 - 95	80 - 85	80 - 90	10 - 25	15 - 50	8 - 15
Filtros percoladores						
Alta carga - medio pétreo	65 - 80	60 - 80	60 - 85	8 - 12	15 - 50	8 - 15
Carga muy alta - medio sintético	65 - 85	65 - 85	65 - 85	8 - 12	15 - 50	8 - 15
Biodiscos (rbcs)	80 - 85	80 - 85	80 - 85	10 - 25	15 - 50	8 - 15
Cloración	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo

*Fuente: Metcalf & Eddy [13].*

### 1.1.3.7. Tipo de tratamientos de aguas residuales

Las características y tipos de contaminantes contenidos en el agua, así como el uso previsto del agua tratada, influyen en la elección de la técnica de tratamiento. Los mecanismos de lodos activados y la digestión anaeróbica son métodos centenarios

que continúan funcionando bien y se han convertido en el tratamiento de elección [41].

El tratamiento de aguas residuales es un proceso que protege la salud humana al retirar las aguas residuales de las áreas pobladas y transformarlas en una forma inofensiva. Las aguas residuales debidamente tratadas se pueden descargar de nuevo en el medio ambiente acuoso o se pueden reciclar para uso doméstico e industrial para aliviar la demanda de agua dulce. El tratamiento de aguas residuales se considera una forma eficaz de reducir la huella hídrica humana. Sin embargo, la eficacia del reciclaje y la reutilización de aguas residuales dependerá en gran medida de las tecnologías y de su fiabilidad y eficacia para convertir las aguas residuales en agua utilizable segura [16].

#### **1.1.3.7.1. Pretratamiento**

Es el conjunto de operaciones físicas a las que se va a estar sometida el agua residual bruta a la llegada a la PTAR, esta etapa es fundamental porque brinda protección mecánica a los equipos, reduce el riesgo de obstrucciones en las líneas y canales de la planta, previene la deposición de materiales en las conducciones y equipos; y evita la presencia de sólidos inertes de gran tamaño [14].

#### **1.1.3.7.2. Tratamiento primario**

El objetivo principal de este tratamiento es la eliminación, mediante el cribado y la sedimentación, de residuos grandes y sólidos orgánicos o inorgánicos gruesos para proteger los equipos de la planta, como bombas de aguas residuales, tuberías en el proceso de tratamiento aguas abajo. Por lo tanto, este tratamiento es para producir agua de calidad adecuada para el tratamiento en las etapas secundaria y terciaria, evitando bloqueos y fallas en el proceso. La basura filtrada se desecha en vertederos [16].

#### **1.1.3.7.3. Tratamiento secundario**

Está principalmente direccionado a la eliminación de los sólidos en suspensión y de los compuestos orgánicos biodegradables [13], el objetivo principal del proceso es eliminar la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) mediante la eliminación de materia orgánica biodegradable disuelta y suspendida de las aguas residuales en un

ambiente controlado donde los microbios son los principales agentes de eliminación [16]. Consiste en un tanque, cilíndrico o rectangular, que contiene un lecho (relleno) de material grueso, compuesto en la gran mayoría de los casos de piedras de diversas formas o materiales sintéticos, de alta relación área/volumen [42].

#### 1.1.3.7.4. Tratamiento terciario

Última fase que consiste en tratamientos adicionales para la eliminación de nutrientes, excesos de materia orgánica o de sólidos en suspensión y compuestos tóxicos [43] y mejorar la calidad microbiana de procesos del tratamiento secundario, este tratamiento se emplea especialmente si el agua tratada va a ser reutilizada [15].

#### 1.1.3.8. Procesos para el tratamiento de aguas residuales

Para reducir el impacto potencial de las descargas de aguas residuales y favorecer la recuperación de las fuentes de agua, es necesario emplear el tratamiento de aguas residuales por medio de procesos físicos, químicos o biológicos, esto puede ser posible con la combinación de varios procesos físicos (cribado, sedimentación, filtración, etc.), químicos (coagulación, oxidación, etc.), térmicos (secado, incineración) y biológicos (en sistema de biomasa suspendida o fija) [15].

##### 1.1.3.8.1. Procesos físicos

*Tabla 4. Procesos físicos para el tratamiento de aguas residuales*

<b>Tecnología</b>	<b>Proceso</b>
<b>Cribado</b>	Se realiza con un equipo que tiene aberturas para separar los materiales flotantes y suspendidos [12], su finalidad es eliminar los residuos sólidos de las aguas residuales, como sólidos fecales, basura de cocina, madera, etc. [44].
<b>Filtración</b>	El agua se filtra a través de finas barreras físicas que tienen un tamaño de poro fino de aproximadamente 0,1 a 0,5 $\mu\text{m}$ para eliminar sólidos, virus, bacterias y otras moléculas no deseadas. Puede remover sólidos de tamaño menor a 100 $\text{mg l}^{-1}$ , restos de grasas de 25 $\text{mg l}^{-1}$ [16].
<b>Sedimentación</b>	Este proceso elimina las partículas suspendidas, la arena y los sedimentos al dejar el agua sin perturbar en tanques durante intervalos de tiempo variados. Por la acción de la gravedad, los sólidos en suspensión se asientan [44]. Puede eliminar sólidos en suspensión hasta en un 60 %.

<b>Tecnología</b>	<b>Proceso</b>
<b>Coagulación</b>	Se aplica antes de la sedimentación y la filtración para mejorar la capacidad de un proceso de tratamiento [16]. Los parámetros más esenciales en este proceso son la temperatura, el pH y el tiempo de contacto. Se agregan coagulantes específicos a las unidades de tratamiento biológico para eliminar bacterias y otros compuestos orgánicos que puedan estar flotando en el agua [44].
<b>Flotación</b>	Elimina sólidos en suspensión, aceites, grasas, sólidos biológicos, etc. flotándolos con aire o gas para que formen aglomerados que puedan eliminarse. Eficaz en aguas residuales con alto contenido de grasas y aceites. Elimina hasta el 75 % de los sólidos en suspensión y hasta el 99 % del aceite y la grasa [16].
<b>Centrifugación</b>	Elimina sólidos en suspensión no coloidales de hasta 1 $\mu\text{m}$ . Usa la fuerza centrífuga y la gravedad debido a la rotación de alta velocidad, los componentes con diferentes densidades se separan y las partículas más grandes y densas se asientan más rápido [16].
<b>Tecnología de membranas</b>	Las membranas se emplean como filtros en procesos de separación en una variedad de aplicaciones en esta tecnología. La adsorción, los filtros de arena y los intercambiadores de iones son solo algunas de las tecnologías que pueden reemplazar [44].

*Elaborado por: Myrka Guevara*

### 1.1.3.8.2. Procesos químicos

Un proceso químico es aquel en el que han ocurrido una o varias reacciones químicas y da como resultado sustancias con propiedades fisicoquímicas con naturaleza distintas a las exhibidas debido a las sustancias reactantes, en la tabla 5 se describe los procesos químicos que pueden ser empleados en la depuración de aguas residuales [45].

*Tabla 5. Procesos químicos para el tratamiento de aguas residuales*

<b>Tecnología</b>	<b>Proceso</b>
<b>Neutralización</b>	La adición de agentes alcalinos para la neutralización eleva el valor del pH y simultáneamente precipita los metales [12].
<b>Precipitación química</b>	Se emplea para remediar las aguas residuales de la industria del cromado y el niquelado. Se aplica para la eliminación de metales pesados y fosfatos del agua. Las sustancias más utilizadas para esta función son el cloruro férrico, la cal, el sulfato ferroso, el bicarbonato sódico y el alumbre [46].



<b>Tecnología</b>	<b>Proceso</b>
<b>Intercambio iónico</b>	Los intercambiadores de iones reemplazan los iones peligrosos en las aguas residuales con iones no tóxicos, son resinas con sitios activos en su superficie, ya sean naturales o sintéticas. Los más utilizados son las resinas metacrílicas, las zeolitas, las resinas acrílicas, el ácido poliestireno sulfónico y el silicato de sodio. Existen dos tipos: intercambiadores de aniones y de cationes [47].
<b>Oxidación-reducción</b>	La tecnología de oxidación se utiliza en el tratamiento de aguas residuales para eliminar los químicos biodegradables problemáticos. Estos procesos oxidativos avanzados (POA) destruyen antibióticos, citostáticos, hormonas y otras sustancias traza antropogénicas. El Proceso de Oxidación Avanzada (AOP) es un método eficiente para eliminar contaminantes orgánicos no degradables a través de procesos biológicos [47].
<b>Electrodiálisis</b>	Las membranas semipermeables selectivas de iones permiten el paso de iones solubles en agua cuando pasa una corriente eléctrica a través de ellas, Este proceso utiliza dos electrodos que se alimentan en modo continuo o por lotes. Las membranas se disponen en serie o en paralelo para lograr el grado de desalinización requerido [48].
<b>Desinfección</b>	Tiene como objetivo limitar la cantidad de microorganismos en el agua, que luego se libera al medio ambiente para su uso posterior, como el agua de riego. La calidad del agua tratada, el tipo de desinfección utilizada, la dosis de desinfectante y otras condiciones externas afectan la efectividad de la desinfección [44].
<b>Adsorción</b>	Se presenta como una técnica robusta, fácil de implementar y eficaz para eliminar los contaminantes prioritarios de las aguas residuales. Se ha encontrado que los compuestos ácidos y lipofílicos (hormonas, agentes antiinflamatorios, fluoroquinolonas, etc.) se eliminan de manera muy eficiente mediante este procedimiento [49].

*Elaborado por: Myrka Guevara*

### **1.1.3.8.3. Procesos biológicos**

Este proceso se basa en la función natural de las bacterias que cierran ciclos elementales (por ejemplo, de carbono, nitrógeno y fósforo) en la tierra, en las plantas de tratamiento se emplean bacterias que de forma natural proliferan en el medio ambiente, en la tabla 6 se exponen los procesos biológicos a aplicarse en el tratamiento de aguas residuales [15].

**Tabla 6. Procesos biológicos para el tratamiento de aguas residuales**

Microorganismos	Ubicación de los microorganismos	Nombre del tratamiento
<b>Aerobio</b>	Cultivo en suspensión	Lagunas aireadas
		Digestión aerobia (fangos activados)
		Zanjones de oxidación
		Reactor aerobio secuencial
	Cultivo fijo	Filtros percoladores
		Reactores de lecho compacto
		Sistemas biológicos rotativos
Combinados	Biofiltros activados	
<b>Anóxicos</b>	Cultivo en suspensión	Desnitrificación
	Cultivo fijo	
<b>Anaerobios</b>	Cultivo en suspensión	Lagunaje
		Reactor anaerobio de flujo ascendente (UASB)
		Contactores anaerobios
		Digestores anaerobios (fangos activados)
	Cultivo fijo	Filtros percoladores
		Reactores de lecho fijo
		Reactor de lecho fluidizado
Combinados	Sistemas mixtos	
<b>Combinados</b>	Cultivo en suspensión	Lagunas facultativas

*Fuente: la autora, con base en [45] y [13]*

### 1.1.3.9. Procesos empleados en cada etapa

**Tabla 7. Procesos empleados en cada tratamiento**

	Etapa	Función	Proceso	Operación
<b>Línea de agua</b>	Pretratamiento	Eliminación de sólidos de gran tamaño y densidad	Físico	Desbaste Dilaceración Desarenador Desengrasado
	Tratamiento primario	Eliminación de sólidos en suspensión de pequeño tamaño y densidad	Físico Químico	Coagulación/ Floculación Sedimentación
	Tratamiento secundario	Disminución de la concentración de materia orgánica	Físico Biológico	Degradación materia orgánica Sedimentación

	<b>Etapas</b>	<b>Función</b>	<b>Proceso</b>	<b>Operación</b>
	Tratamiento terciario	Eliminación de patógenos Reducción de nitrógeno y fósforo	Químico Biológico	Desinfección Precipitación química Degradación de nutrientes
<b>Línea de fango</b>	Espesamiento	Separación fangos primarios y secundarios	Físico	Sedimentación Flotación
	Digestión	Mineralización materia orgánica	Biológico	Digestión aerobia y anaerobia
	Deshidratación	Eliminación de agua	Físico	Filtración Centrifugación

Fuente: [17]

### 1.1.3.10. Marco normativo del agua residual tratada

El vertido en aguas superficiales es el método de evacuación de aguas residuales más empleado en el país, con el fin de proteger el medio ambiente acuático se ha desarrollado una normativa para los cuerpos receptores de agua en el Ecuador como es el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) establecida en el año 2015 donde impone los requerimientos de descarga del agua tratada en diferentes cuerpos de agua, los cuales se detallan en la tabla 8,9 y 10.

*Tabla 8. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público*

<b>Parámetro</b>	<b>Expresado como:</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
<b>Aceites y grasas</b>	Sust. Solubles en hexano	mg/l	70
<b>Explosivos inflamables</b>	Sustancias	mg/l	0
<b>Alkil mercurio</b>	-	mg/l	No detectable
<b>Aluminio</b>	Al	mg/l	5
<b>Arsénico total</b>	As	mg/l	0.1
<b>Cadmio</b>	Cd	mg/l	0.02
<b>Cianuro total</b>	CN	mg/l	1
<b>Cinc</b>	Zn	mg/l	10
<b>Cloro activo</b>	Cl	mg/l	0.5
<b>Cloroformo</b>	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0.1
<b>Cobalto total</b>	Co	mg/l	0.5
<b>Cobre</b>	Cu	mg/l	1
<b>Compuestos fenólicos</b>	Expresado como fenol	mg/l	0.2
<b>Compuestos organoclorados</b>	Organoclorados totales	mg/l	0.05
<b>Cromo hexavalente</b>	Cr +6	mg/l	0.5

Parámetro	Expresado como:	Unidad	Límite máximo permisible
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	250
Demanda Química de oxígeno	DQO	mg/l	50
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1
Fósforo total	P	mg/l	5
Hidrocarburos totales de petróleo	TPH	mg/l	20
Hierro total	Fe	mg/l	25
Manganeso total	Mn	mg/l	10
Mercurio total	Hg	mg/l	0.01
Níquel	Ni	mg/l	2
Nitrógeno total	N	mg/l	60
Organofosforados	Especies totales	mg/l	0.1
Plata	Ag	mg/l	0.5
Plomo	Pb	mg/l	0.5
Potencial de hidrógeno	pH		6 - 9
Selenio	Se	mg/l	0.5
Sólidos sedimentables	SD	mg/l	20
Sólidos suspendidos totales	SST	mg/l	220
Sólidos totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos	$SO_4^{-2}$	mg/l	400
Sulfuros	s	mg/l	1
Temperatura	°C	mg/l	< 40
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	2
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1

Fuente: TULSMA 2015 [50].

Tabla 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetro	Expresado como:	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/l	30
Alkil mercurio	-	mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5
Arsénico total	As	mg/l	0.1
Bario	Ba		2
Boro total	B	mg/l	2
Cadmio	Cd	mg/l	0.02
Cianuro total	CN	mg/l	0.1
Cinc	Zn	mg/l	5
Cloro activo	Cl	mg/l	0.5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0.1
Cloruros	$Cl^{-1}$	mg/l	1000
Cobalto total	Co	mg/l	0.5

Parámetro	Expresado como:	Unidad	Límite máximo permisible
Cobre	Cu	mg/l	1
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 <sup>+6</sup>	mg/l	0.5
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	100
Demanda Química de oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5
Fluoruros	F	mg/l	5
Fósforo total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe		10
Hidrocarburos totales de petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	2
Materia flotante	Visibles	mg/l	Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0.005
Níquel	Ni	mg/l	2
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30
Nitrógeno total	N	mg/l	50
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0.05
Organofosforados	Organofosforados totales	µg/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 suspendidos totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/l	1000
Sulfuros	S	mg/l	0.5
Temperatura	°C	mg/l	Condición neutral ±3
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0.5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1

Fuente: TULSMA 2015 [50].

Tabla 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua marina

Parámetro	Expresado como:	Unidad	Límite máximo permisible	
			Zona de rompientes	Mediante emisarios submarinos
Aceites y grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/l	30	30
Arsénico total	As	mg/l	0.5	0.5
Aluminio	Al	mg/l	5	5
Cianuro total	CN-	mg/l	0.2	0.2
Cinc	Zn	mg/l	10	10
Cobre	Cu	mg/l	1	1
Cobalto	Co	mg/l	0.5	0.5
Coliformes fecales	NMP	NMP/100 ml	2000	2000
Color	Color verdadero	Unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0.2	0.2
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0.5	0.5
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	200	400
Demanda Química de oxígeno	DQO	mg/l	400	600
Hidrocarburos totales de petróleo	TPH	mg/l	20	20
Materia flotante	Visibles	mg/l	Ausencia	Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0.01	0.01
Nitrógeno total	N	mg/l	40	40
Potencial de hidrógeno	pH	mg/l	6 - 9	6 - 9
Sólidos suspendidos totales	SST	mg/l	250	250
Sulfuros	S	mg/l	0.5	0.5
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	50	50
Organofosforados	Organofosforados totales	µg/l	100	100
Carbonatos	Especie totales	mg/l	0.25	0.25
Temperatura	°C	mg/l	<35	<35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0.5	0.5

Fuente: TULSMA 2015 [50].

#### **1.1.4. Hipótesis**

##### **Hipótesis de trabajo**

La planta de tratamiento de aguas residuales del sector Infiernillo de la parroquia San Andrés del cantón Santiago de Píllaro, provincia de Tungurahua está operando de forma ineficiente en su condición actual respecto al inicio de operaciones cuándo se inauguró la PTAR.

##### **Hipótesis nula**

La planta de tratamiento de aguas residuales del sector Infiernillo de la parroquia San Andrés del cantón Santiago de Píllaro, provincia de Tungurahua está operando de forma eficiente en su condición actual cumpliendo con el correcto funcionamiento de sus elementos.

#### **1.2.Objetivos**

##### **1.2.1. Objetivo general**

- Evaluar el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Infiernillo de la parroquia San Andrés, del cantón Santiago de Píllaro, provincia de Tungurahua.

##### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Realizar el levantamiento de información de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Infiernillo.
- Analizar el afluente y efluente de la planta de tratamiento en cuestión.
- Examinar el proceso de depuración y funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales en base a la normativa vigente TULSMA 2015.
- Proponer un rediseño para el mejoramiento y optimización de la planta de tratamiento de aguas residuales según el análisis realizado, en caso de ser necesario.
- Generar un plan de operación de mantenimiento para la planta de tratamiento.

## CAPÍTULO II

### 2. METODOLOGÍA

#### 2.1. Metodología

En este trabajo experimental se realizó la con el objetivo de determinar si está funcionando o no de forma correcta la PTAR y proponer rediseños o mejoras para solucionar su mal funcionamiento en caso de ser necesario; para ello la metodología se divide en 4 etapas fundamentales:

##### **Etapa I: Levantamiento de información de la PTAR**

En esta etapa involucra la recopilación de la información concerniente a la planta de tratamiento de aguas residuales Infiernillo y del sector donde está implantada, incluyendo datos de: datos de su ubicación geográfica, tiempo de construcción y funcionamiento de la PTAR, y actividades socioeconómicas de los habitantes de la zona.

##### **Etapa II: Investigación de campo**

Esta etapa incluye las visitas técnicas de campo, y se prosigue a la medición de caudales de entrada y salida de la planta de tratamiento de aguas residuales tomando en consideración los horarios de mayor o menor demanda. También se tomarán muestras del afluente y efluente que servirán para la siguiente etapa.

##### **Etapa III: Análisis de laboratorio del agua residual**

Las muestras recogidas en la etapa II se envían a un laboratorio certificado y especializado para analizarlas e identificar sus características más preponderantes como: pH, DQO, DBO5, sólidos suspendidos y sólidos totales, análisis que servirán para determinar la calidad del agua residual tanto del afluente como del efluente y el porcentaje de remoción de contaminantes.



## **Etapa IV: Evaluación y verificación del funcionamiento de la PTAR**

Consecuentemente, los resultados del laboratorio serán comparados con los valores límites de descarga de un cuerpo de agua dulce según lo estipulado en la normativa TULSMA, libro VI, Anexo 1-Tabla 9” para su respectiva verificación de cumplimiento. Se calculará también, el porcentaje de eficiencia de remoción de los parámetros en cuestión que facilitará el proceso de evaluación de la PTAR, su diagnóstico técnico y el estado actual de los componentes hidráulicos existentes.

### **2.1.1. Plan de recolección de datos**

#### **2.1.1.1. Etapa I: Levantamiento de información de la PTAR.**

En esta sección se ha utilizado el método documental ya que se recopiló toda la información teórica y bibliográfica que describe el área de estudio, incluida la ubicación, los límites y las principales actividades socioeconómicas de los residentes del sector. También proporciona datos detallados sobre el funcionamiento, monitoreo y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

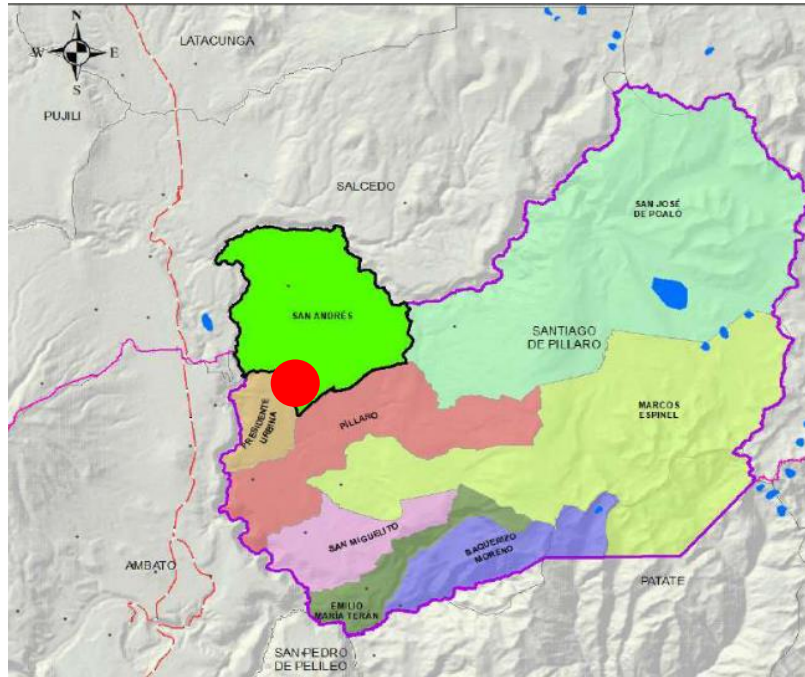
Las entrevistas se utilizaron como herramienta de recopilación de información por las condiciones específicas de la zona, incluida la dispersión de la población del asentamiento (característica de las zonas rurales), y por su carácter personal y directo con los habitantes del sector (Imagen 2). Los datos de primera mano obtenidos son de gran importancia para entender por qué la planta de tratamiento de aguas residuales estaba funcionando en estas condiciones, ya que la población generaba un mayor flujo de ingreso en ciertas horas a la planta de tratamiento de aguas residuales a través de sus actividades diarias. Fue muy importante para conocer los horarios pico.



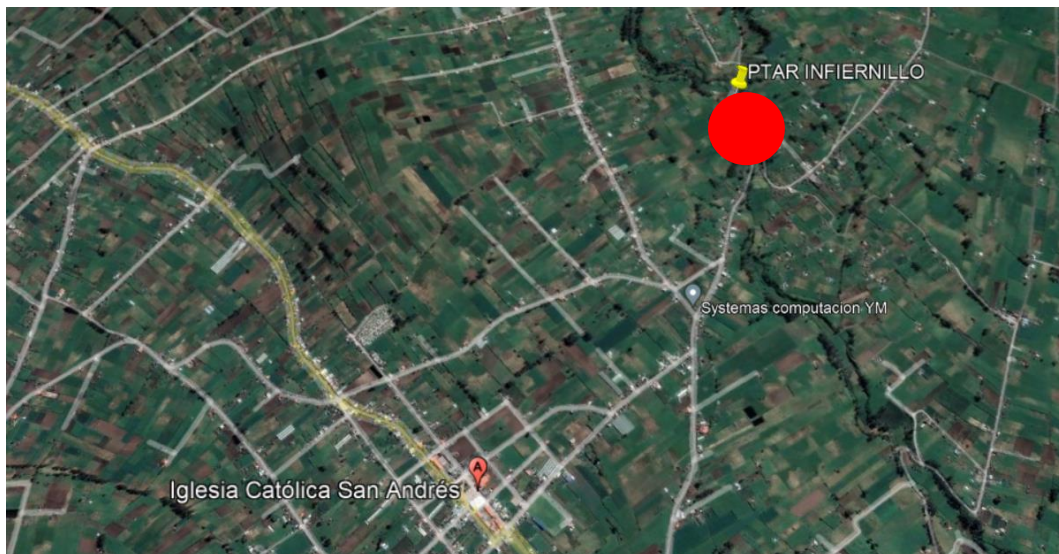
*Imagen 2. Entrevista a encargado del mantenimiento de la PTAR del sector Infiernillo.  
Fuente: Autora*

#### **2.2.1.1.1. Ubicación**

El sector de Infiernillo se encuentra asentado en la Parroquia Rural de San Andrés perteneciente al cantón Píllaro en la provincia de Tungurahua como se muestra en la figura 1. Sus coordenadas de ubicación geográfica son 775301.79 latitud Sur, 9874999.21 de longitud Este, y altura aproximadamente de 2948 m.s.n.m. Al norte limita con el cantón San Miguel de Salcedo separado por los ríos Huapante o Yanayacu, el sur con la parroquia Presidente Urbina y Píllaro, al este con la parroquia San José de Poaló y al oeste con Panzaleo separado por el río Culapachán. Cuenta con una superficie aproximada de 53.16 km<sup>2</sup>, su clima varía entre los 8 y 13 °C y se halla a una altura comprendida entre los 2400 y 3400 msnm. La parroquia está conformada por 38 asentamientos y están ubicados en la parte central y sur de la parroquia [9].



**Figura 1. Ubicación del sector Infiernillo**  
*Fuente: PDOT 2020 Píllaro*



**Figura 2. Ubicación PTAR Infiernillo**  
*Fuente: Google Earth Pro*

De acuerdo del Censo 2010, la parroquia San Andrés tiene 11200 habitantes y una población proyectada para el año 2020 de aproximadamente 12664 habitantes, el 84.01% de la población se identifica como mestiza y el 13.95% como indígena [9].

Según datos del Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador SIISE 2011 la parroquia tiene un índice de pobreza de Incidencia de pobreza por Necesidades

Básicas Insatisfechas de 88.68% y el porcentaje de Incidencia de la extrema pobreza por Necesidades Básicas Insatisfecha es del 48.77% [9].

En el sector el 90% de la población acude a los servicios públicos de salud y sólo el 10% a los centros de salud privados. Las enfermedades más comunes de la población son infecciones respiratorias, infecciones estomacales, parásitos en los niños y desnutrición [9].

Las principales fuentes de ingresos de la población según el censo de 2010 en general son las principales actividades a las que se dedica la población; la primera es agricultura y ganadería con un 56.97%, la segunda es la construcción que representa el 19.20%, la tercera es la industria manufacturera con 5.18%, estas actividades son las más importantes. El 85% de las familias que conforman esta zona tienen pocos recursos económicos debido a que la agricultura no alcanza para el sustento familiar [9].

Los productos agrícolas producidos en la parroquia se comercializan principalmente en los mercados de Píllaro, Salcedo y Ambato. Los principales cultivos son: el pasto, seguido de la papa, el maíz, las habas, las hortalizas, la cebada, la cebolla blanca, el chocho y la arveja. La mayoría de los productos de ciclo corto se consumen principalmente en el hogar, a excepción de las papas y las hortalizas que en mayor porcentaje se venden [9].

En cuanto a la producción de leche, el 90% de la leche se entrega a distribuidores de leche (intermediarios) que abastecen a grandes industrias como El Ranchito, Parmalat y Alpen Swiss, y el 10% se destina al consumo familiar [9].



*Imagen 3. Sector Infiernillo – actividad ganadera*  
*Fuente: Autora*



*Imagen 4. Sector Infiernillo – actividad agrícola*  
*Fuente: Autora*

La población también se dedica a la crianza de especies menores como son los cuyes, conejos, chanchos, ovejas y aves de corral, esta actividad la consideran como caja chica ya que para cualquier emergencia se venden estas especies para suplirla.

Según el Censo 2010, la cobertura de servicio básicos de la parroquia San Andrés es de 90.78% de acceso al agua potable, el 93.25% tienen acceso al servicio de energía eléctrica y el 34.32% al servicio de recolección de basura, solamente el 25.54% de acceso al alcantarillado sanitario y 2455 viviendas no cuentan con el servicio de alcantarillado lo que representa aproximadamente el 74.46% de viviendas sin cobertura, las cuales direccionan el agua residual a pozos sépticos, letrinas o directamente en ríos o quebradas cercanas.

La PTAR del sector Infiernillo se mantiene en funcionamiento desde el año 2018 cuando fue construida por el GADM del cantón Santiago de Píllaro, el mismo que se encarga de dar el mantenimiento respectivo.

El municipio dispone de los planos de la PTAR Infiernillo, pero no están actualizados a como está construida la planta de tratamiento en la realidad, ya que al momento de la construcción se han efectuado cambios, y por el momento no cuenta con un manual de operaciones.

Por la topografía existente en la ubicación de la PTAR, uno de sus lados es un talud inestable que por las fuertes lluvias que ocurren en el sector, existen avalanchas de material orgánico entrando a los tanques FAFA por lo que se ve comprometida la desinfección del agua residual.



*Imagen 5. Deslizamientos del talud sobre la infraestructura de la PTAR  
Fuente: Autora*



*Imagen 6. Talud inestable en la PTAR.*

*Fuente: Autora*

La planta de tratamiento de aguas residuales del sector Infiernillo abarca un área aproximada de 1016.52 m<sup>2</sup> y dispone sus componentes como se observa en la imagen 7. Se identifican los siguientes procesos unitarios: tanque medidor/repartidor de caudales, rejilla de cribado, trampa de grasas, tanque séptico, filtro biológico aerobio 1, filtro biológico aerobio 2, lecho de secado de lodos y un pozo de salida.



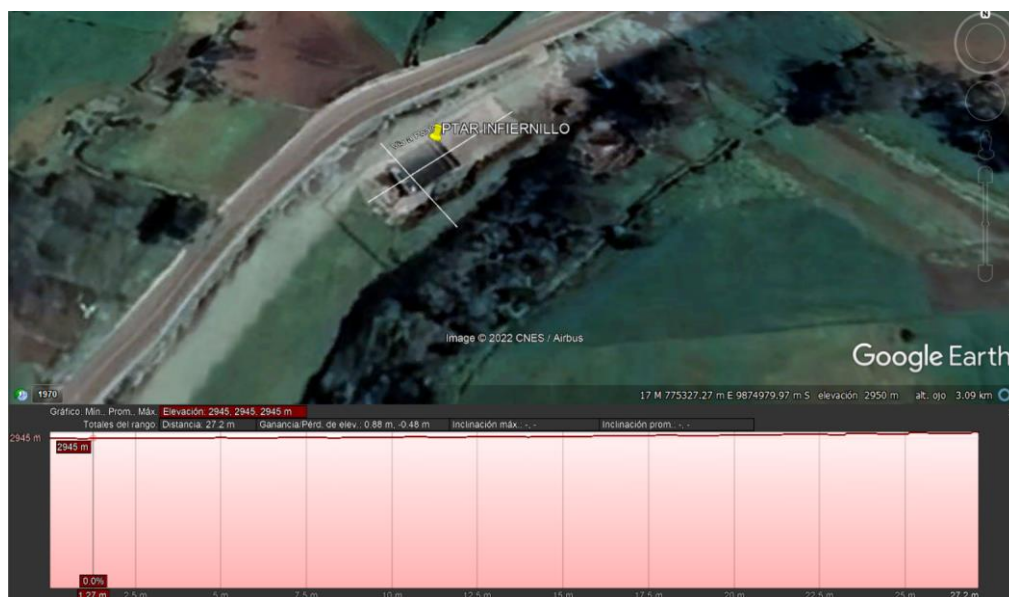
*Imagen 7. Procesos unitarios en la PTAR del sector Infiernillo.*

*Fuente: Autora*

De la misma manera, se observa el corte longitudinal del predio en la siguiente imagen. El perfil de elevación presenta una pendiente de 6.42% y con una diferencia de cota igual a 4 metros en el perfil longitudinal debido a las condiciones topográficas del predio y en el perfil transversal la pendiente es de 0%. El punto más alto se ubica al ingreso de la PTAR en el tanque medidor/repartidor de caudales a una elevación de 2941 metros sobre el nivel del mar y la cota más baja corresponde a 2937 m.s.n.m. en el pozo de descarga.



**Figura 3. Perfil longitudinal de elevación de la PTAR.**  
Fuente: Google Earth Pro



**Figura 4. Perfil transversal de elevación de la PTAR.**  
Fuente: Google Earth Pro



### 2.1.1.2. Etapa II: Investigación de campo

Se hace la aplicación de un método de medición para obtener información sobre las dimensiones (largo, ancho, alto y espesor) de los procesos unitarios del tratamiento de aguas residuales, como se muestra en la imagen 8. Este punto fue fundamental para obtener datos precisos como base para diagnosticar y determinar los parámetros de diseño de la propuesta en la etapa final.



*Imagen 8. Dimensionamiento de los componentes de la PTAR*  
*Fuente: Autora*



*Imagen 9. Dimensionamiento de los componentes de la PTAR*  
*Fuente: Autora*



*Imagen 10. Dimensionamiento de los componentes de la PTAR*  
*Fuente: Autora*

A continuación, se llevó a cabo el levantamiento topográfico con GPS del sitio donde está construida la planta de tratamiento y sus respectivos detalles, como se aprecia en la imagen 11. Se georreferenció puntos clave de las unidades existentes que fueron plasmados en el plano de implantación actual de la PTAR en cuestión.



*Imagen 11. Levantamiento topográfico de la PTAR.*  
*Fuente: Autora*

El caudal de entrada y salida de la planta de tratamiento de aguas residuales se midió con base a estudios de campo. Para ello se utilizó un método volumétrico, que consiste en medir el tiempo en que el recipiente se llena con un volumen determinado (0,5 litros debido a la difícil medición con otros volúmenes) para el caudal de entrada y 5 litros para el caudal de salida. De igual manera, los resultados resumidos del procedimiento anterior permitieron identificar los días en que la planta tuvo mayor demanda para lograr muestreos representativos del agua residual mediante metodología experimental.

Según Metcalf & Eddy mencionan que el grado de fluctuación del flujo determina el tiempo de muestreo”, es decir, el lugar y el tiempo determinado para tomar una muestra con una determinada característica está determinado por la capacidad de la planta de tratamiento de aguas residuales [13].

#### **2.2.1.2.1. Medición de caudales**

Para el diagnóstico de ciertas unidades descontaminantes de las plantas de tratamiento es necesario basarse en el caudal máximo horario, es decir, en el máximo valor de caudal en una hora por un año. Por tanto, la medición del caudal de ingreso y salida de la planta de tratamiento debe registrar datos representativos en un periodo de 365 días. Para determinar el tamaño muestral correspondiente al número de mediciones del aforo de la PTAR se empleó un análisis estadístico mediante el muestreo probabilístico.

Se utilizó una selección aleatoria por su alta representatividad de la muestra y aplicación sencilla. El modelo de estimación de la muestra correspondió al de poblaciones finitas menores a mil, puesto que la población de estudio abarca 365 días del año. Se ha determinado un 17,5% de error en la generalización de los resultados (Debido a que en días lluviosos los moradores no salen a realizar sus actividades diarias y permanecen en sus viviendas).

Con la ecuación 1 se determina el tamaño de la muestra referida al número de mediciones del caudal de la PTAR del sector de Infiernillo del presente proyecto.

$$n = \frac{N}{1 + N(E)^2} \text{ (Ec. 1)}$$

Donde:

$N = \text{población} = 365 \text{ días}$

$n = \text{tamaño de la muestra}$

$R = \text{índice de error que generalice resultados} = 0.175\% (0.175)$

$$n = \frac{365}{1 + 365(0.175)^2}$$

$$n = 29,97$$

$$n = \mathbf{30 \text{ días}}$$

En cuanto a los cálculos realizados, Metcalf & Eddy mencionan que, en la mayoría de los casos prácticos, para obtener resultados realistas y tener en cuenta variables como el clima, vegetación y actividad humana, se utilizan datos de caudal obtenidos de las emisiones durante un período de registro de 30 días. Esto confirma los resultados obtenidos y mejora la precisión [13].

De igual forma, la información recabada en la fase anterior encontró que la población iniciaba sus actividades diarias a las 8:00 am. Luego se retiran al trabajo agrícola/ganadero y regresan aproximadamente a las 12 a.m. a casa para hacer su almuerzo y otras actividades. Su día termina cuando van a cenar por la tarde y finalmente se van a dormir.

Por lo tanto, la medición de caudales del afluente y efluente de la PTAR se realizó durante 30 días consecutivos en un lapso de cada hora, del 04 de agosto al 04 de septiembre del 2022 en un horario de 8h00 a.m. hasta las 16h00 p.m. y se obtuvieron un total de 9 valores diarios.

Este intervalo de tiempo se eligió para obtener datos más precisos y de acuerdo con la realidad de la zona.

## Caudales de entrada a la PTAR

*Tabla 11. Resumen de medición de caudales de entrada a la PTAR (l/s)*

PERÍODO:	Desde jueves 04 de agosto hasta domingo 04 de septiembre de 2022							
HORA	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Promedio
8:00	0.503	0.773	0.394	0.433	0.489	0.598	0.573	0.538
9:00	0.352	0.577	0.344	0.364	0.371	0.475	0.438	0.417
10:00	0.328	0.367	0.325	0.328	0.321	0.363	0.357	0.341
11:00	0.337	0.367	0.391	0.333	0.321	0.353	0.343	0.349
12:00	0.683	0.984	0.598	0.668	0.589	0.642	0.654	0.688
13:00	0.660	0.719	0.518	0.592	0.590	0.656	0.571	0.615
14:00	0.365	0.435	0.354	0.348	0.362	0.416	0.395	0.382
15:00	0.319	0.367	0.324	0.314	0.301	0.373	0.347	0.335
16:00	0.307	0.339	0.313	0.300	0.284	0.352	0.324	0.317

*Fuente: Autora*

Según la tabla 11 que muestra los valores de la medición de caudales tomados en un período de 30 días, se observa que los mayores caudales se dan en la hora del medio día en el horario de 12:00 a 13:00, los martes y jueves, debido a que en estos días no hay feria y los moradores almuerzan en sus respectivos hogares. Lo días de feria se realizan en el mercado mayorista del cantón Píllaro son: lunes, miércoles y viernes. A continuación, las tablas 12 -18 se centran en los resultados estadísticos descriptivos los cuáles señalan en valor promedio por día de los caudales medidos:

*Tabla 12. Estadística descriptiva caudales de entrada a la PTAR del lunes (l/s)*

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDALES DE ENTRADA PTAR - (l/s)			
<i>lunes</i>			
Media	0.428	Rango	0.376
Mediana	0.352	Mínimo	0.307
Desviación estándar	0.14959	Máximo	0.683
Varianza de la muestra	0.02237	Suma	3.853
		Cuenta	9

*Fuente: Autora*

*Tabla 13. Estadística descriptiva caudales de entrada a la PTAR del martes (l/s)*

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDALES DE ENTRADA PTAR - (l/s)			
<i>martes</i>			
Media	0.548	Rango	0.645
Mediana	0.435	Mínimo	0.339
Desviación estándar	0.23063	Máximo	0.984
Varianza de la muestra	0.05319	Suma	4.928
		Cuenta	9

*Fuente: Autora*

**Tabla 14. Estadística descriptiva caudales de entrada a la PTAR del miércoles (l/s)**

<b>ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDALES DE ENTRADA PTAR - (l/s)</b>			
<i>miércoles</i>			
Media	0.396	Rango	0.285
Mediana	0.354	Mínimo	0.313
Desviación estándar	0.09829	Máximo	0.598
Varianza de la muestra	0.00966	Suma	3.562
		Cuenta	9

*Fuente: Autora*

**Tabla 15. Estadística descriptiva caudales de entrada a la PTAR del jueves (l/s)**

<b>ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDALES DE ENTRADA PTAR - (l/s)</b>			
<i>jueves</i>			
Media	0.409	Rango	0.368
Mediana	0.348	Mínimo	0.300
Desviación estándar	0.13235	Máximo	0.668
Varianza de la muestra	0.01751	Suma	3.679
		Cuenta	9

*Fuente: Autora*

**Tabla 16. Estadística descriptiva caudales de entrada a la PTAR del viernes (l/s)**

<b>ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDALES DE ENTRADA PTAR - (l/s)</b>			
<i>viernes</i>			
Media	0.403	Rango	0.306
Mediana	0.362	Mínimo	0.284
Desviación estándar	0.12128	Máximo	0.590
Varianza de la muestra	0.01470	Suma	3.628
		Cuenta	9

*Fuente: Autora*

**Tabla 17. Estadística descriptiva caudales de entrada a la PTAR del sábado (l/s)**

<b>ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDALES DE ENTRADA PTAR - (l/s)</b>			
<i>sábado</i>			
Media	0.470	Rango	0.304
Mediana	0.416	Mínimo	0.352
Desviación estándar	0.12844	Máximo	0.656
Varianza de la muestra	0.01649	Suma	4.228
		Cuenta	9

*Fuente: Autora*

**Tabla 18. Estadística descriptiva caudales de entrada a la PTAR del domingo (l/s)**

<b>ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDALES DE ENTRADA PTAR - (l/s)</b>			
<b>Domingo</b>			
Media	0.445	Rango	0.330
Mediana	0.395	Mínimo	0.324
Desviación estándar	0.12292	Máximo	0.654
Varianza de la muestra	0.01511	Suma	4.002
		Cuenta	9

*Fuente: Autora*

**Tabla 19. Resumen de medias diarias de caudales de entrada a la PTAR**

<b>DIA</b>	<b>MEDIA (l/s)</b>
<b>Lunes</b>	0.428
<b>Martes</b>	0.548
<b>Miércoles</b>	0.396
<b>Jueves</b>	0.409
<b>Viernes</b>	0.403
<b>Sábado</b>	0.470
<b>Domingo</b>	0.445

*Fuente: Autora*

**Tabla 20. Estadística descriptiva-medición de caudales de entrada a la PTAR Infiernillo**

<b>ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA - MEDICIÓN DE CAUDALES - PTAR</b>	
Media	0.443
Error típico	0.02009
Desviación estándar	0.05314
Rango	0.152
Mínimo	0.396
Máximo	0.548
Suma	3.099
Cuenta	7

*Fuente: Autora*

De acuerdo con la investigación de campo y a los datos tabulados se puede observar que el mayor caudal se da el martes de 12:00 a 13:00 con un valor de 0.984 l/s; además se observa que la media de la muestra es de 0.443 l/s. Estos valores se consideran para la evaluación de las unidades de la planta de tratamiento.

## Caudales de salida a la PTAR

*Tabla 21. Resumen de medición de caudales de salida a la PTAR (l/s)*

PERÍODO:	Desde jueves 04 de agosto hasta domingo 04 de septiembre de 2022							
HORA	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Promedio
8:00	0.375	0.704	0.389	0.359	0.525	0.601	0.648	0.515
9:00	0.376	0.591	0.375	0.346	0.505	0.542	0.609	0.478
10:00	0.345	0.507	0.361	0.332	0.488	0.532	0.578	0.449
11:00	0.322	0.853	0.329	0.398	0.486	0.507	0.667	0.509
12:00	0.593	1.524	0.931	0.539	0.473	1.204	1.129	0.913
13:00	0.607	1.314	0.871	0.475	0.483	1.041	0.867	0.808
14:00	0.525	0.957	0.544	0.400	0.460	0.925	0.768	0.654
15:00	0.470	0.696	0.454	0.367	0.452	0.814	0.700	0.565
16:00	0.420	0.609	0.396	0.344	0.446	0.600	0.560	0.482

*Fuente: Autora*

Según la tabla 21, se observa que los mayores caudales se dan en la hora del medio día en el horario de 12:00 a 13:00, los martes y jueves, debido a que en estos días no hay feria y los moradores almuerzan en sus respectivos hogares. Lo días de feria se realizan en el mercado mayorista del cantón Píllaro son: lunes, miércoles y viernes. A continuación, se detalla la estadística descriptiva en las tablas 22 – 30 de los datos de campo:

*Tabla 22. Estadística descriptiva caudales de salida de la PTAR del lunes (l/s)*

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDALES DE SALIDA PTAR - (l/s)			
<i>lunes</i>			
Media	0.448	Rango	0.285
Mediana	0.420	Mínimo	0.322
Desviación estándar	0.10636	Máximo	0.607
Varianza de la muestra	0.01131	Suma	4.033
		Cuenta	9

*Fuente: Autora*

*Tabla 23. Estadística descriptiva caudales de salida de la PTAR del martes (l/s)*

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDALES DE SALIDA PTAR - (l/s)			
<i>martes</i>			
Media	0.862	Rango	1.017
Mediana	0.704	Mínimo	0.507
Desviación estándar	0.34778	Máximo	1.524
Varianza de la muestra	0.12096	Suma	7.755
		Cuenta	9

*Fuente: Autora*



**Tabla 24. Estadística descriptiva caudales de salida de la PTAR del miércoles (l/s)**

<b>ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDALES DE SALIDA PTAR - (l/s)</b>			
<i>miércoles</i>			
Media	0.517	Rango	0.602
Mediana	0.396	Mínimo	0.329
Desviación estándar	0.22701	Máximo	0.931
Varianza de la muestra	0.05153	Suma	4.650
		Cuenta	9

Fuente: Autora

**Tabla 25. Estadística descriptiva caudales de salida de la PTAR del jueves (l/s)**

<b>ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDALES DE SALIDA PTAR - (l/s)</b>			
<i>jueves</i>			
Media	0.396	Rango	0.207
Mediana	0.367	Mínimo	0.332
Desviación estándar	0.06911	Máximo	0.539
Varianza de la muestra	0.00477	Suma	3.560
		Cuenta	9

Fuente: Autora

**Tabla 26. Estadística descriptiva caudales de salida de la PTAR del viernes (l/s)**

<b>ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDALES DE SALIDA PTAR - (l/s)</b>			
<i>viernes</i>			
Media	0.480	Rango	0.079
Mediana	0.483	Mínimo	0.446
Desviación estándar	0.02536	Máximo	0.525
Varianza de la muestra	0.00064	Suma	4.317
		Cuenta	9

Fuente: Autora

**Tabla 27. Estadística descriptiva caudales de salida de la PTAR del sábado (l/s)**

<b>ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDALES DE SALIDA PTAR - (l/s)</b>			
<i>sábado</i>			
Media	0.752	Rango	0.697
Mediana	0.601	Mínimo	0.507
Desviación estándar	0.25495	Máximo	1.204
Varianza de la muestra	0.06500	Suma	6.765
		Cuenta	9

Fuente: Autora

**Tabla 28. Estadística descriptiva caudales de salida de la PTAR del domingo (l/s)**

<b>ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDALES DE SALIDA PTAR - (l/s)</b>			
<i>Domingo</i>			
Media	0.725	Rango	0.569
Mediana	0.667	Mínimo	0.560
Desviación estándar	0.17938	Máximo	1.129
Varianza de la muestra	0.03217	Suma	6.526
		Cuenta	9

Fuente: Autora

**Tabla 29. Resumen de medias diarias de caudales de salida de la PTAR**

<b>DÍA</b>	<b>MEDIA (l/s)</b>
<b>Lunes</b>	0.448
<b>Martes</b>	0.862
<b>Miércoles</b>	0.517
<b>Jueves</b>	0.396
<b>Viernes</b>	0.480
<b>Sábado</b>	0.752
<b>Domingo</b>	0.725

*Fuente: Autora*

**Tabla 30. Estadística descriptiva-medición de caudales de salida de la PTAR -PTAR Infiernillo**

<b>ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA - MEDICIÓN DE CAUDALES - PTAR</b>	
Media	0.597
Rango	0.466
Mínimo	0.396
Máximo	0.862
Suma	4.178
Cuenta	7

*Fuente: Autora*

La tabla 21 presenta los datos de caudal obtenidos a la salida de la PTAR, la misma que indica un valor máximo de 1.524 l/s correspondiente al martes en horario de 12:00 a 13:00. Esto coincide singularmente con la información de caudales de ingreso mostrados en la tabla anterior. Por consiguiente, se denota que el tiempo de retención en los componentes hidráulicos es medianamente baja al conseguir datos promedio muy aproximados de caudales de ingreso y descarga de la PTAR en cuestión de cada día de la semana. A continuación, se presenta evidencia fotográfica de la medición de caudales:



*Imagen 12. Medición del caudal de ingreso a la PTAR.  
Fuente: Autora*



*Imagen 13. Medición del caudal de salida de la PTAR.  
Fuente: Autora*

### **2.1.1.3. Etapa III: Análisis de laboratorio del agua residual**

#### **Toma de muestras**

Se utilizó la metodología de tipo experimental porque se recogieron las muestras de agua residual el martes 11 de octubre de 2022 a las 08h00 (día y hora con mayor caudal obtenido en la medición del aforo de la PTAR) cumpliendo con principios establecidos por el Instituto Ecuatoriano de Normalización en su norma NTE INEN 2 169:1998 (Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras) que menciona que las muestras de agua residual deben ser recolectadas en un envase de preferencia de vidrio oscuro o ámbar y NTE INEN 2 176:1998 (Agua, calidad de agua, muestreo, técnicas de muestreo), se tomó las muestras del caudal de entrada y de salida de la PTAR Infiernillo.



*Imagen 14. Recolección de muestras de agua residual del efluente de la PTAR.  
Fuente: Autora*



*Imagen 15. Recolección de muestras de agua residual del afluente de la PTAR.  
Fuente: Autora*

A continuación, los especímenes recolectado (imagen 16) s se transportaron al Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH para analizarlas e identificar sus características más preponderantes cumpliendo con lo estipulado en la normativa NTE INEN 2169:98 Agua, calidad de agua, muestreo, manejo y conservación de las muestras [51].



*Imagen 16. Conservación y transporte de muestras obtenidas de la PTAR  
Fuente: Autora*

Metcalf y Eddy afirman que el contaminante más importante en el tratamiento de aguas residuales son los sólidos en suspensión. Esto se debe a que se forman depósitos de lodo cuando se descarga líquido al medio ambiente, materia orgánica biodegradable medida por DBO y DQO, nitrógeno, que favorece el crecimiento de organismos acuáticos no deseados al igual que el fósforo.

Lo anterior establece que los principales parámetros utilizados para estudiar y determinar la efectividad del funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas son los mostrados en la tabla 31:

*Tabla 31. Parámetros analizados en la muestra de agua residual.*

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO
pH	-	PE-LSA-01
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 – D
DBO5	mgO2/l	STANDARD METHODS 5210 – B
Sólidos totales	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - B
Sólidos suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - D

*Fuente: Laboratorio de servicios ambientales de la UNACH.*

#### 2.1.1.4. Etapa IV: Evaluación y verificación del funcionamiento de la PTAR

En la actualidad, la planta de tratamiento de aguas residuales recoge las aguas provenientes del sistema de alcantarillado del sector Infiernillo que comprende a los barrios: Andahualo Bajo, Corazón de Jesús, el Infiernillo, el Porvenir y la Unión. Está en funcionamiento y sus componentes están en buenas condiciones debido a que se le da mantenimiento cada 8 días según información recolectada de los encargados de la PTAR.

La PTAR está conformada por los siguientes procesos unitarios: tanque repartidor de caudales, tanque de cribado, trapa de grasas, 2 filtros anaerobios de flujo ascendente (FAFA), tanque séptico, lecho de secado de lodos y un pozo de salida, que se detallarán posteriormente. La planta de tratamiento cuenta con cerramiento de malla hexagonal para proteger los componentes de esta. En la figura 5 se muestra un esquema gráfico con el funcionamiento actual de la planta de tratamiento.

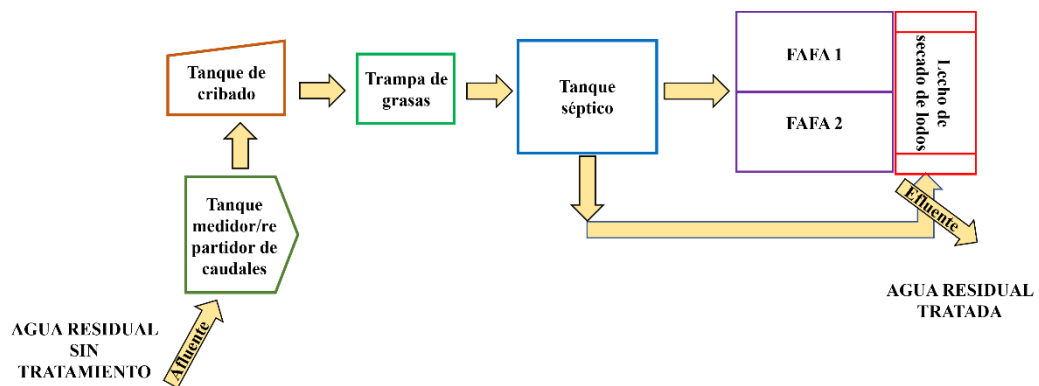


Figura 5. Proceso de tratamiento actual de la PTAR.  
Fuente: Autora

#### Tanque de entrada

La infraestructura se encuentra en condiciones favorables cumpliendo con su funcionamiento, sin embargo, necesita limpieza y desbroce de la vegetación que rodea la entrada.



*Imagen 17. Tanque de entrada de la PTAR.  
Fuente: Autora*

### **Tanque de cribado**

Consiste en un tanque en donde ingresa el caudal de aguas residuales proveniente del sistema de alcantarillado direccionando el fluido hacia la trampa de grasas. Se encuentra en buenas condiciones y consta de una rejilla que cumple con el objetivo de atrapar sólidos de gran tamaño para evitar que crucen a los demás procesos unitarios de la PTAR y causen un mal funcionamiento, pero el ángulo de inclinación en ocasiones después de la limpieza no es el correcto el cuál debería estar entre 45 – 60 grados, y como se puede observar en la imagen 16 está mayor a 60°, al igual que en todas las unidades básicas requiere desbroce de la vegetación.





*Imagen 18. Rejilla ubicada de forma correcta.  
Fuente: Autora*



*Imagen 19. Sistema de rejillas de la PTAR, rejilla mal colocada.  
Fuente: Autora*

## **Trampa de grasas**

Se encuentra en buen estado la infraestructura, sin presentar grietas ni fisuras, sin embargo, es necesario retirar la vegetación que crece alrededor; el material orgánico a su alrededor en fuertes lluvias cae dentro del tanque, irrumpiendo en el proceso de desinfección.



*Imagen 20. Trampa de grasas cubierta de vegetación.  
Fuente: Autora*



*Imagen 21. Trampa de grasas después de la limpieza.  
Fuente: Autora*

## **Tanque séptico**

El tanque séptico está formado por cuatro cajas de revisión, dos compartimentos en serie, y cuatro ductos de aireación; se encuentra en funcionamiento y está operando de manera correcta, su infraestructura y demás componentes están en buenas condiciones a excepción del descascaramiento del enlucido. La limpieza se realiza una vez cada 15 días según información proporcionada por los encargados de mantenimiento para evitar la propagación de olores fuertes y no incomode a los moradores del sector.



*Imagen 22. Tanque séptico de la PTAR.  
Fuente: Autora*



*Imagen 23. Daño de enlucido del tanque séptico de la PTAR y presencia de lodo por desestabilización de talud.  
Fuente: Autora*

### **Filtro aerobio de flujo ascendente**

La PTAR del sector Infiernillo consta de 2 filtros aerobios ascendentes de forma rectangular, los cuales se encargan de recoger el agua residual en proceso de tratamiento que proviene del tanque séptico a través de tubería de PVC de 160 mm y lo transporta hasta una caja de revisión; posteriormente al pozo de salida. La estructura se encuentra físicamente en buen estado y en funcionamiento, y se realiza 1 vez al año la desinfección del material filtrante, encargada por los bomberos del cantón Píllaro, los tanques no emanan mal olor debido a que la limpieza es continua.



*Imagen 24. Filtros aerobios de flujo ascendente de la PTAR.  
Fuente: Autora*

### **Lecho de secado de lodos**

La infraestructura del lecho de secado de lodos se encuentra en buenas condiciones, sin embargo a los lados, el nivel del tanque está a nivel del terreno por lo que cuando llueve, entra material orgánico arrastrado por el agua lluvia.



*Imagen 25. Lecho de secado de lodos de la PTAR.  
Fuente: Autora*

#### **Estructura de descarga (salida)**



*Imagen 26. Salida de la PTAR.  
Fuente: Autora*

No presenta ninguna novedad en su funcionamiento, pero como se observa en la imagen 26, la vegetación está próxima a cubrir la infraestructura.

En esta fase se presentó un diagnóstico del funcionamiento de cada componente hidráulico existente de la planta de tratamiento de aguas residuales utilizando una

metodología descriptiva. Se ha detallado la situación actual y se ha revisado la unidad para ver si está operativa. Luego, en la parte de resultados, se empleó la metodología tipo analítica porque se compararon y analizaron los resultados de los análisis de laboratorio de las muestras de aguas residuales los que deberán remitirse a la normativa “TULSMA, Libro VI, Anexo 1-Tabla 9” para confirmar su respectivo cumplimiento. La eficiencia de eliminación calculada en porcentaje para los parámetros analizados se determinó usando la Ecuación 2 [52].

$$E = \frac{Co - Cf}{Co} * 100 \quad (Ec. 2)$$

Donde:

*E = eficiencia del parámetro (%)*

*Co = Valor inicial del parámetro*

*Cf = Valor final del parámetro*

## 2.2. Equipo y material empleado

Se caracterizarán los materiales empleados en dos grupos significativos, el primero corresponde a los insumos que han sido empleados para la medición de caudales y recolección de muestras de agua residual (tabla 32) y el siguiente listado incluye los equipos de seguridad que necesariamente se utilizaron durante el trabajo de campo, evitando la proliferación de bacterias y enfermedades provenientes de la planta de tratamiento en estudio (tabla 33).

*Tabla 32. Materiales empleados*

<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>
<b>Frasco ámbar de 850 ml</b>	4.00	u
<b>Cámara fotográfica</b>	1.00	u
<b>Computadora</b>	1.00	u
<b>Cronómetro</b>	1.00	u

<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>
<b>Cuaderno</b>	1.00	u
<b>Flexómetro</b>	1.00	u
<b>Hojas de papel bond</b>	5.00	u
<b>Impresora</b>	1.00	u
<b>Balde de 5 lt</b>	1.00	u
<b>Recipiente de 0.5 Lt</b>	1.00	u

*Fuente: Autora*

*Tabla 33. Equipo de seguridad*

<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>
<b>Guantes de látex</b>	30.00	par
<b>Mandil</b>	1.00	unidad
<b>Mascarilla</b>	30.00	unidad
<b>Zapatos de seguridad</b>	1.00	par

*Fuente: Autora*

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Análisis y discusión de los resultados obtenidos

##### 3.1.1. Análisis de los resultados de las muestras de agua residual

La tabla 34 presenta un resumen de los resultados del análisis de la muestra del agua residual de la entrada y salida de la PTAR (los resultados del laboratorio se encuentran en el anexo 2); y la comparación del efluente con los límites máximo de acuerdo con la norma TULSMA (Tabla 10, Anexo I).

*Tabla 34. Resultados del análisis del agua residual*

Parámetros	Unidades	Entrada (afluente)	Salida (efluente)	Límite máximo TULSMA	Cumplimiento
pH	-	8.31	7.09	6 - 9	SÍ
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	727	122	200	SÍ
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	368	66	100	SÍ
Sólidos suspendidos	mg/L	881	38	130	SÍ
Sólidos totales	mg/L	1843	250	1600	SÍ

*Elaborado por: Myrka Guevara*

Se puede observar que todos los parámetros están por debajo del límite máximo del estándar TULSMA, en el gráfico 2 se presenta la eficiencia de remoción de cada parámetro calculada con la ecuación 1. Los valores de sólidos suspendidos y sólidos totales son los que sus contaminantes se han removido en mayor porcentaje, sin embargo, todos los parámetros muestran una disminución significativa en sus valores.

La planta de tratamiento ha cumplido con su objetivo eliminando los contaminantes del agua residual, pese a ello se debe verificar el estado actual de cada proceso unitario.



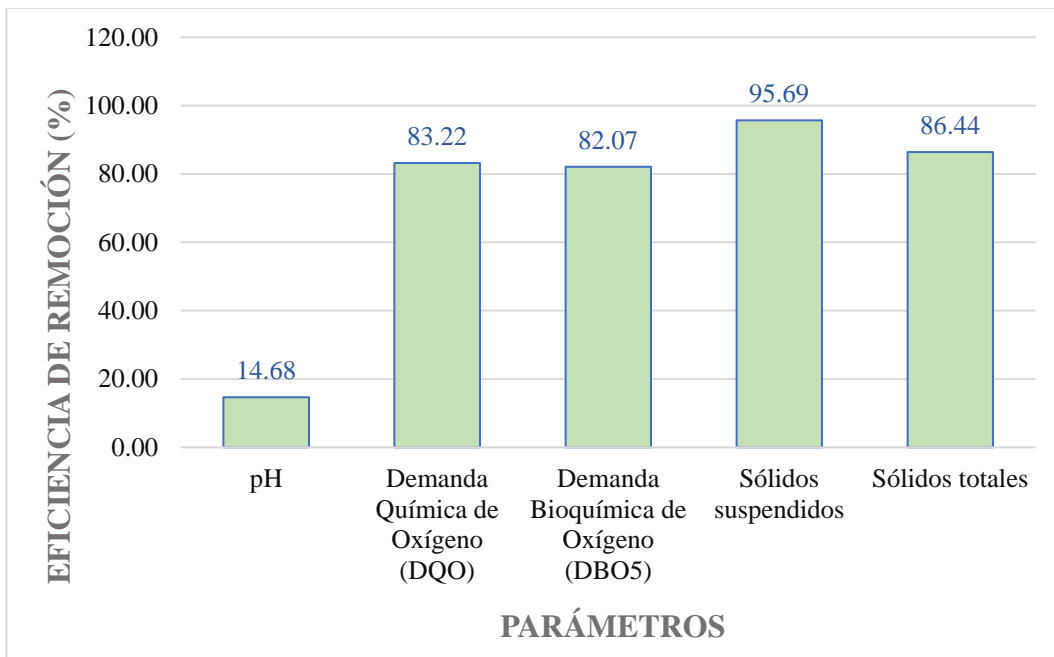


Gráfico 2. Porcentaje de remoción de contaminantes del agua residual  
Elaborado por: Myrka Guevara

### 3.1.2. Procesos unitarios de la PTAR y su dimensionamiento

La PTAR cuenta con el tren de tratamiento de la figura 6, una vez que el agua residual ingresa a la planta, esta pasa por una serie de procesos unitarios hasta que el agua es depositada a una acequia ubicada junto a la PTAR sirviendo como agua de riego.

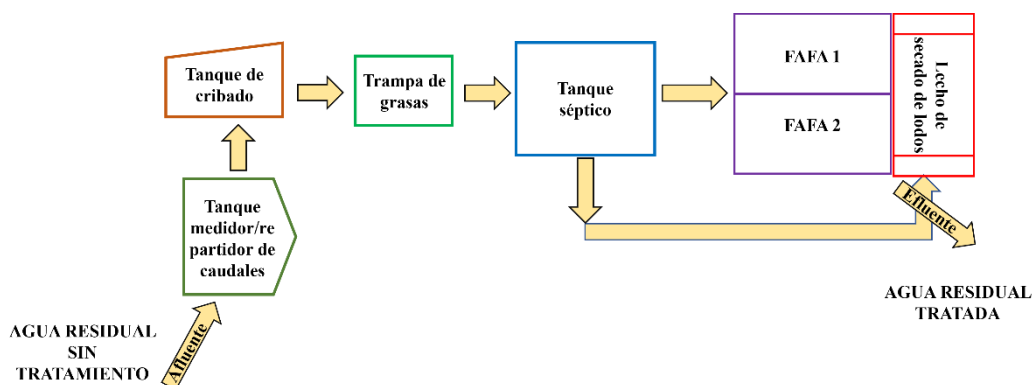


Figura 6. Proceso de tratamiento actual de la PTAR.  
Fuente: Autora

### 3.1.2.1. Tanque de entrada

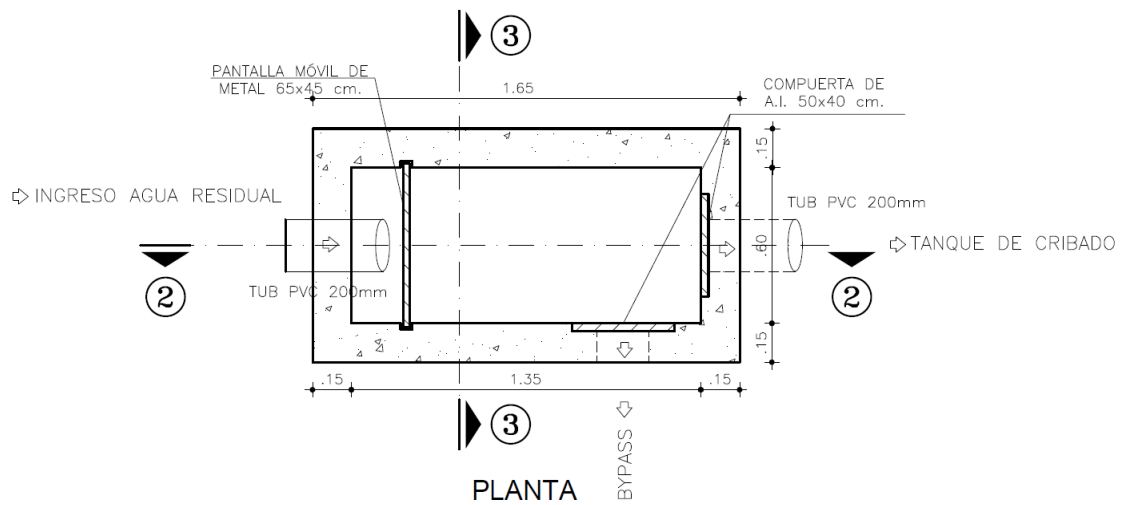
En la figura 7 y 8 se presenta al tanque de entrada de la planta de tratamiento, el cual es una estructura de hormigón armado de forma rectangular con paredes de espesor de 15 cm, la entrada del volumen de agua residual está regulada por una pantalla móvil de metal de 95 x 45 cm, ingresa con una tubería PVC de 200 mm de diámetro que recoge el agua proveniente del alcantarillado sanitario del sector Infiernillo, el tanque presenta dos salidas controladas por una compuerta de metal de 50 x 30 cm: la primera es hacia un Bypass que va directo a la descarga (desagüe) con una tubería PVC de 200 mm de diámetro y la otra salida redirige el agua residual hasta el desarenador por medio de una tubería de PVC de 200 mm, para más detalles ver plano (lámina 1 de 4).

A continuación, en la tabla 35 se presenta las medidas del tanque de la PTAR Infiernillo y el diseño de este en una vista en planta y longitudinal:

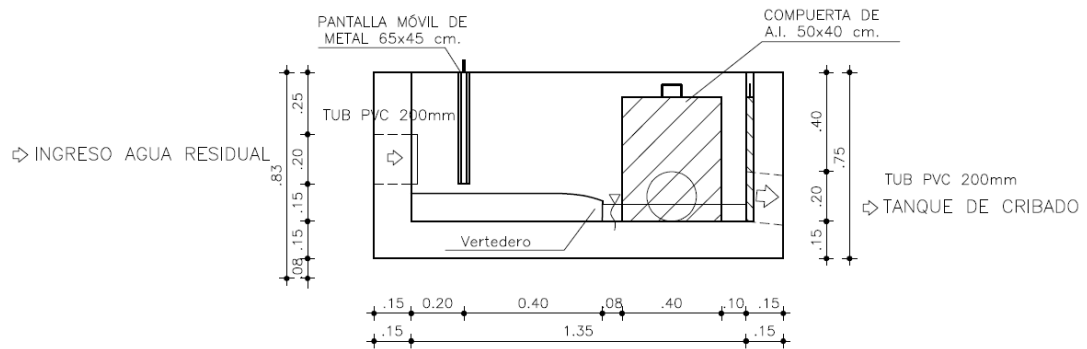
*Tabla 35 Medidas del tanque de entrada*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR (m)</b>
Ancho	0.90
Largo	1.65
Altura	0.75
Espesor de la pared	0.15

*Elaborado por: Myrka Guevara*



**Figura 7. Vista en planta - tanque de entrada**  
*Elaborado por: Myrka Guevara*



**Figura 8. Vista corte longitudinal - tanque de entrada**  
*Elaborado por: Myrka Guevara*

### 3.1.2.2. Tanque de cribado

Este proceso unitario es de forma rectangular de hormigón armado, en su interior contiene una rejilla de acero de refuerzo de 12 mm de diámetro en donde son retenidos los sólidos de mayor tamaño, de igual manera contiene una cernidera de hormigón armado de 8 cm de espesor para drenar el agua residual de los sólidos retenidos por la rejilla. El agua residual por tratar viene directamente del tanque de entrada a través de una tubería PVC de 200 mm de diámetro, cuenta con 2 salidas; la primera se dirige hacia la trampa de grasas (figura 11) mediante tubería PVC de

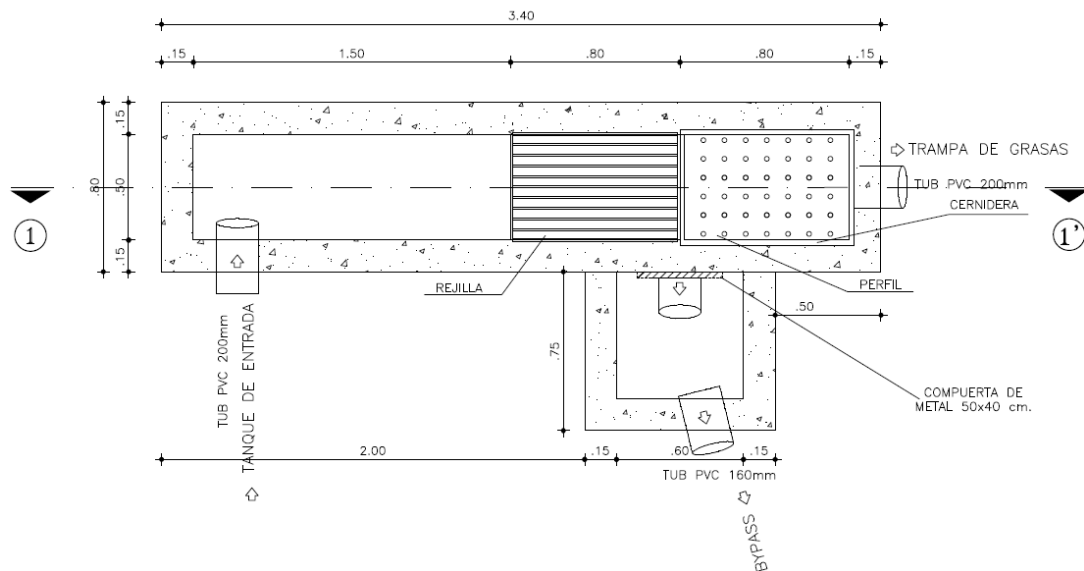
200 mm, y la segunda salida se dirige a un Bypass con tubería PVC de 160 mm de diámetro, directo a la descarga, regulado por una compuerta de metal de 50 x 40 cm, para más detalles ver plano (lámina 1 de 4).

En la tabla 36 se presenta las medidas de este elemento, y en la figura 9 y 10, la vista en planta y longitudinal.

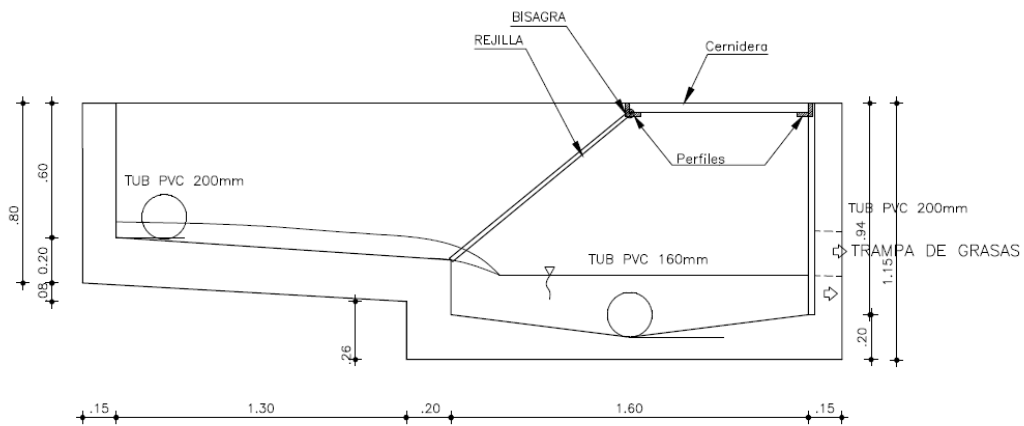
**Tabla 36. Medidas del tanque de cribado**

PARÁMETRO	VALOR (m)
Ancho	0.80
Largo	3.40
Altura 1	0.80
Altura 2	1.15
Espesor de la pared	0.15

*Elaborado por: Myrka Guevara*



**Figura 9. Vista en planta – tanque de cribado**  
*Elaborado por: Myrka Guevara*



**Figura 10 Vista corte longitudinal – tanque de cribado**  
*Elaborado por: Myrka Guevara*

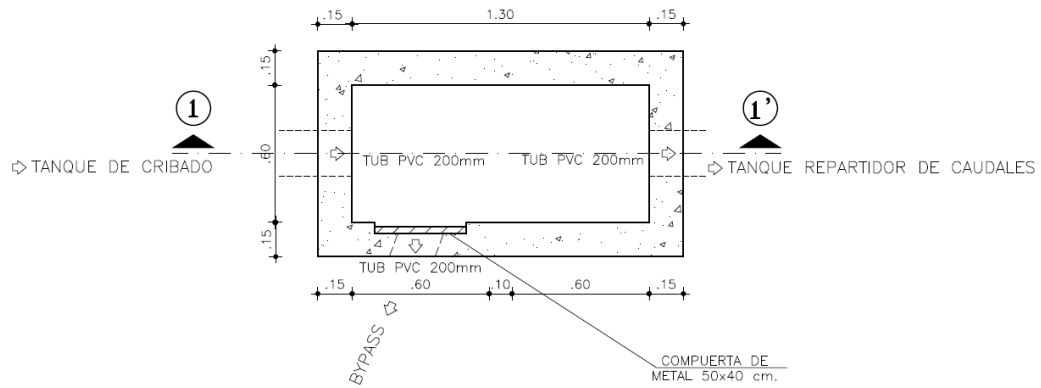
### 3.1.2.3. Trampa de grasas

Es una estructura de hormigón armado que recibe el agua a tratarse directamente del tanque se cribado por medio de una tubería PVC de 200 mm de diámetro y se conecta al tanque séptico con una tubería de la misma dimensión, tiene una segunda salida con tubería de igual diámetro hacia un Bypass que dirige el agua hacia la descarga, para más detalles ver plano (lámina 1 de 4), siendo regulado el volumen de salida con una compuerta metálica de 50 x 40 cm como se evidencia en la figura 11 y 12, a continuación en la Tabla 37, se muestran sus dimensiones:

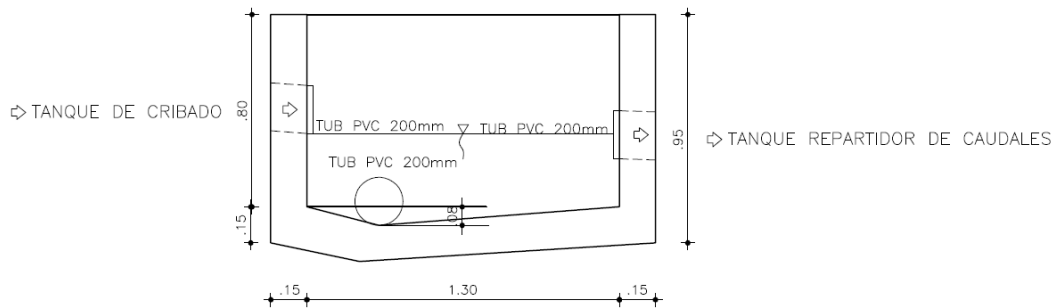
**Tabla 37. Medidas de la trampa de grasas**

PARÁMETRO	VALOR (m)
Ancho	0.60
Largo	1.30
Altura	0.80
Espesor de la pared	0.15

*Elaborado por: Myrka Guevara*



**Figura 11. Vista en planta - trampa de grasas**  
 Elaborado por: Myrka Guevara



**Figura 12. Vista corte longitudinal - trampa de grasas**  
 Elaborado por: Myrka Guevara

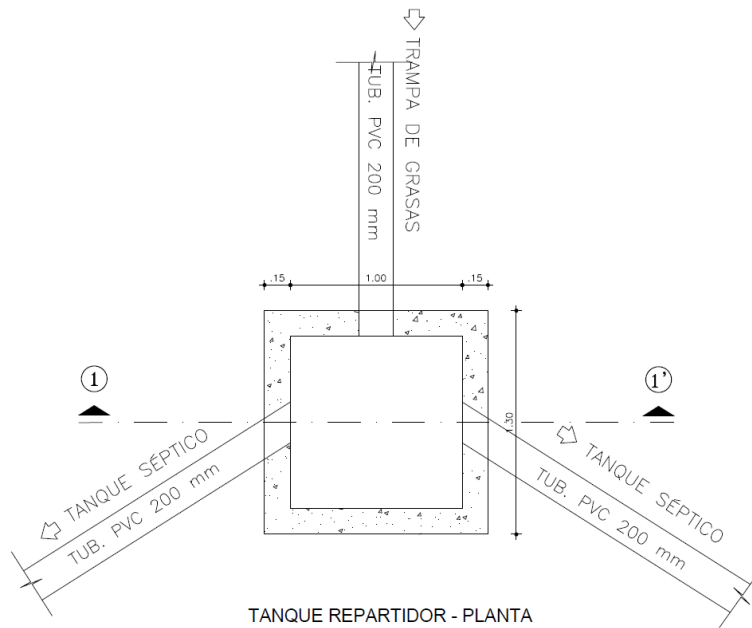
### 3.1.2.4. Tanque repartidor de caudales

La infraestructura está construida en hormigón armado, recibe agua residual desde la trampa de grasas dirigiéndola por dos salidas, cada una hacia una caja de revisión mediante tubería PVC de 200 mm conduciendo el volumen de agua al tanque séptico, para más detalles ver plano (lámina 2 de 4), en la tabla 38 se muestran sus dimensiones, en la figura 13 y 14, vista en planta y corte, respectivamente:

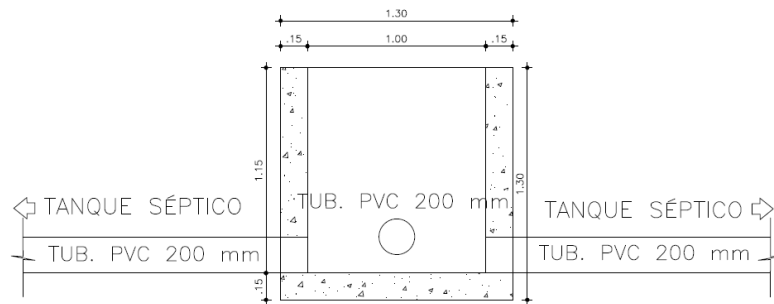
**Tabla 38. Medidas del tanque repartidor de caudales**

PARÁMETRO	VALOR (m)
Ancho	1.00
Largo	1.00
Altura	1.15
Espesor de la pared	0.15

Elaborado por: Myrka Guevara



**Figura 13. Vista en planta – tanque repartidor de caudales**  
 Elaborado por: Myrka Guevara



**Figura 14. Vista corte longitudinal - tanque repartidor de caudales**  
 Elaborado por: Myrka Guevara

### 3.1.2.5. Tanque séptico

Esta estructura hidráulica es de hormigón armado de forma rectangular, recibe el agua a tratarse por dos entradas cada una de estas conectada a una caja de revisión reguladas por válvulas de control, derivadas del tanque repartidor de caudales a través de tubería PVC de 200 mm conduciendo el agua residual hacia cada uno de los dos compartimentos de los que está constituido el tanque séptico (figura 15 y 16), conectados entre sí por una tubería PVC de 200 mm de diámetro y una Tee de igual diámetro, desde los compartimentos el agua se dirige hacia el filtro biológico con tubería PVC de 160 mm de diámetro para continuar su tratamiento, con respecto

al desecho de los lodos sedimentados se lo realiza mediante dos tuberías PVC de 160 mm que salen de cada compartimento y el flujo es regulado con válvulas de control hacia el tanque de secado de lodos, también cuenta con 4 tuberías de ventilación de hierro negro redondo de 2 pulgadas de diámetro para así evacuar los gases producidos por la descomposición de la materia orgánica, para más detalles ver plano (lámina 2 de 4), las dimensiones del tanque séptico se las encuentra en la tabla 39 y 40.:

**Tabla 39. Medidas del tanque séptico – compartimento 1**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR (m)</b>
Ancho	5.00
Largo	12.50
Altura	3.50
Espesor de la pared	0.25

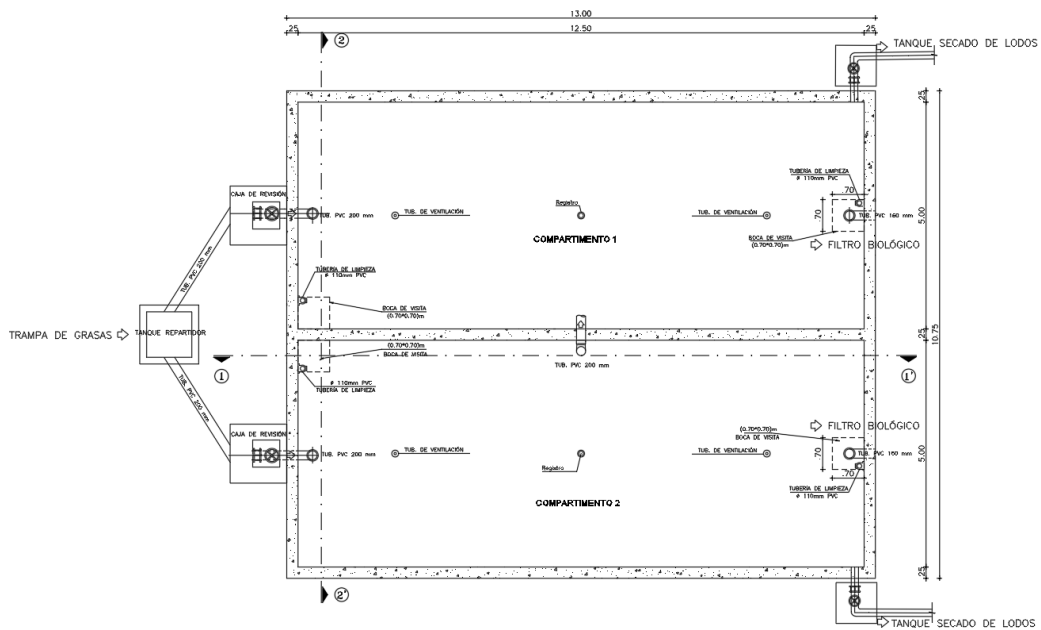
*Elaborado por: Myrka Guevara*

**Tabla 40. Medidas del tanque séptico – compartimento 2**

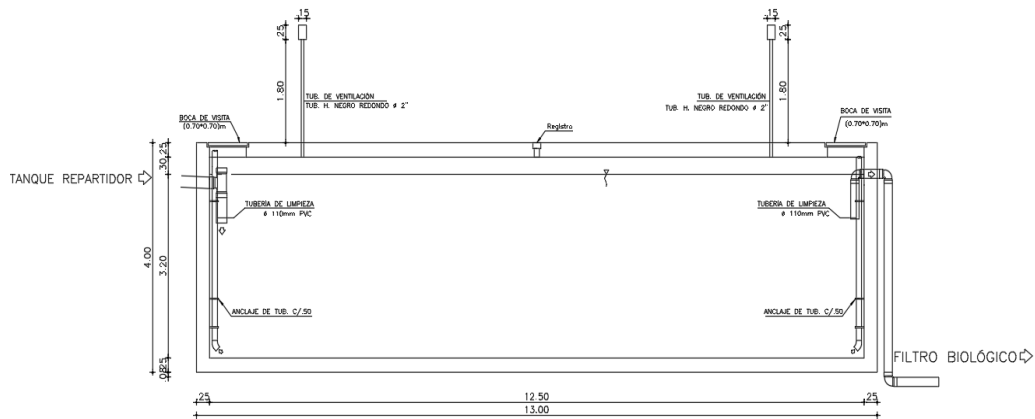
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR (m)</b>
Ancho	5.00
Largo	12.50
Altura	3.50
Espesor de la pared	0.25

*Elaborado por: Myrka Guevara*





**Figura 15. Vista en planta - tanque séptico**  
 Elaborado por: Myrka Guevara



**Figura 16. Vista corte longitudinal - tanque séptico**  
 Elaborado por: Myrka Guevara

### 3.1.2.6. Filtro biológico aerobio

La PTAR del sector Infiernillo consta de dos filtros biológicos, de dimensiones detalladas en la Tabla 41 y Tabla 42, como material filtrante contiene grava de

tamaño comprendido entre 2.5 a 7.5 cm, las tuberías de entrada y salida son de PVC de 160 mm de diámetro, recibe el agua desde el tanque séptico siendo esta etapa el último tratamiento del agua residual pasando de forma directa al pozo de salida y posteriormente a la acequia que es el cuerpo de agua receptor, para más detalles ver plano (lámina 3 de 4).

En la tabla 41 y 42 se encuentran los valores de las dimensiones, y las figuras 17 y 18 las vistas de planta y corte longitudinal.

**Tabla 41. Medidas del filtro biológico 1**

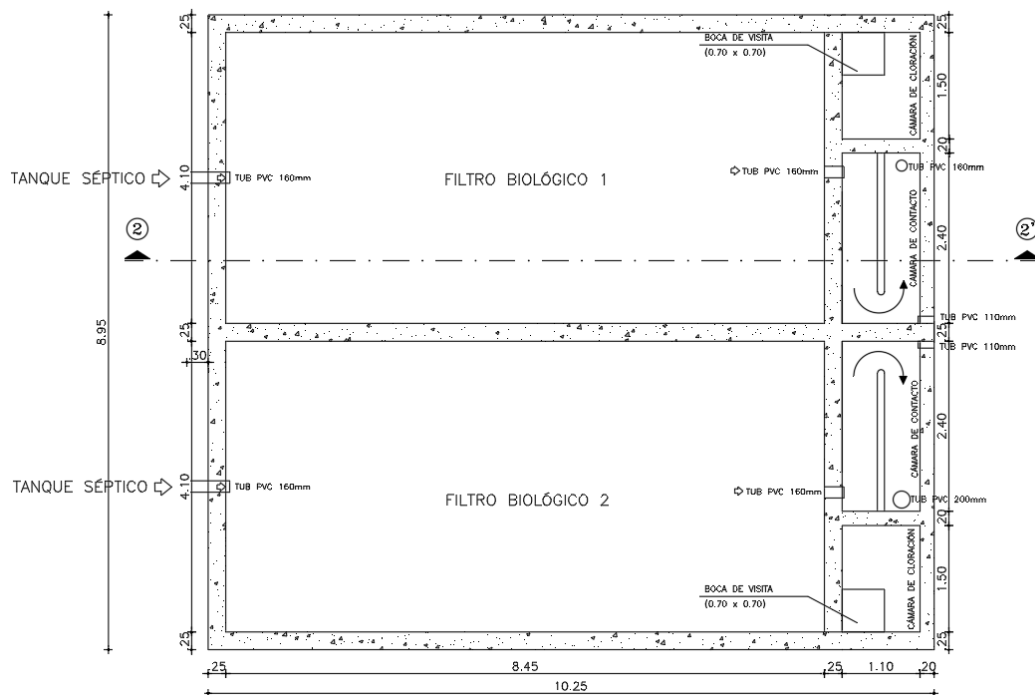
<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR (m)</b>
Ancho	4.10
Largo	8.45
Altura	2.40
Espesor de la pared	0.25

*Elaborado por: Myrka Guevara*

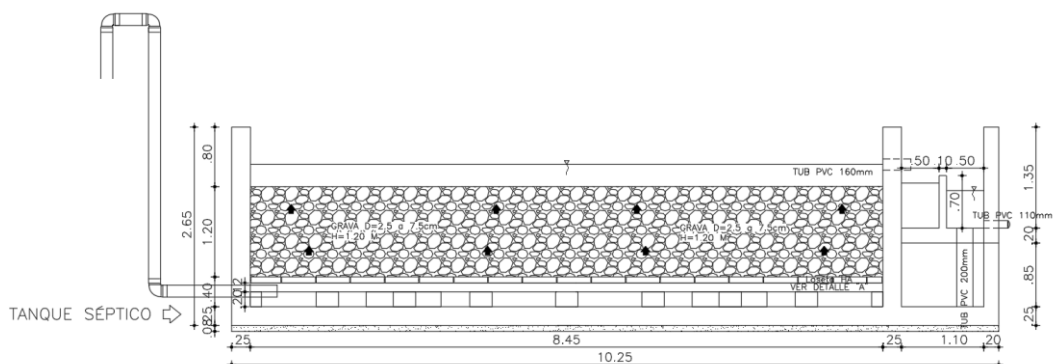
**Tabla 42. Medidas del filtro biológico 2**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR (m)</b>
Ancho	4.10
Largo	8.45
Altura	2.40
Espesor de la pared	0.25

*Elaborado por: Myrka Guevara*



**Figura 17. Vista en planta - filtro biológico**  
 Elaborado por: Myrka Guevara



**Figura 18. Vista corte longitudinal – filtro biológico**  
 Elaborado por: Myrka Guevara

### 3.1.2.7. Tanque de secado de lodos

Es una estructura rectangular que se conecta con cada uno de los compartimentos del tanque séptico mediante tubería PVC de 160 mm de diámetro, para acceder a este hay una rampa y gradas. El lodo resultante es colocado sobre las losetas de

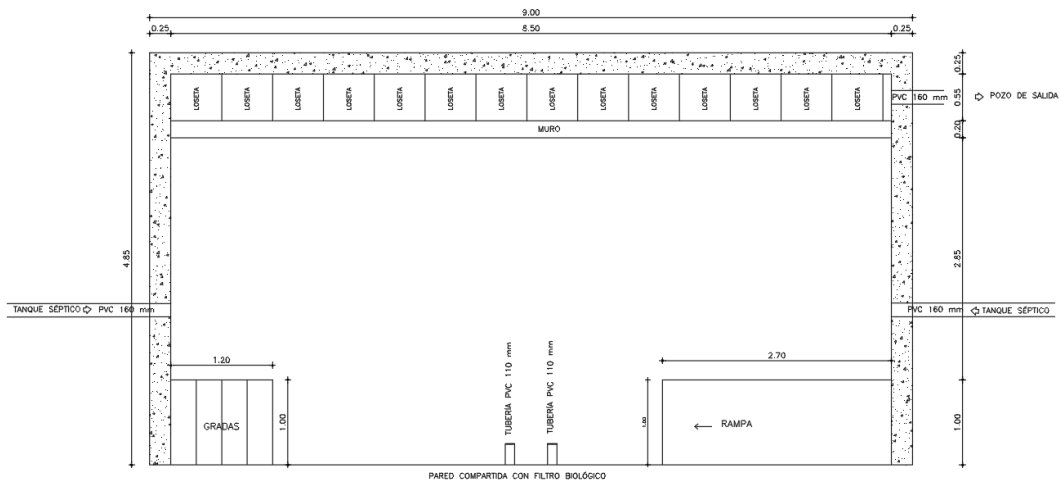
hormigón para que el agua escurra hacia el pozo de salida por medio de una tubería de PVC de 160 mm, una vez que el agua se evapora y el lodo es secado, este es colocado dentro del área de terreno de la PTAR, para más detalles ver plano (lámina 4 de 4).

En la tabla 43 se muestran las medidas del tanque, y en las figuras 19 y 20, la vista en planta y corte transversal:

**Tabla 43. Medidas del tanque de secado de lodos**

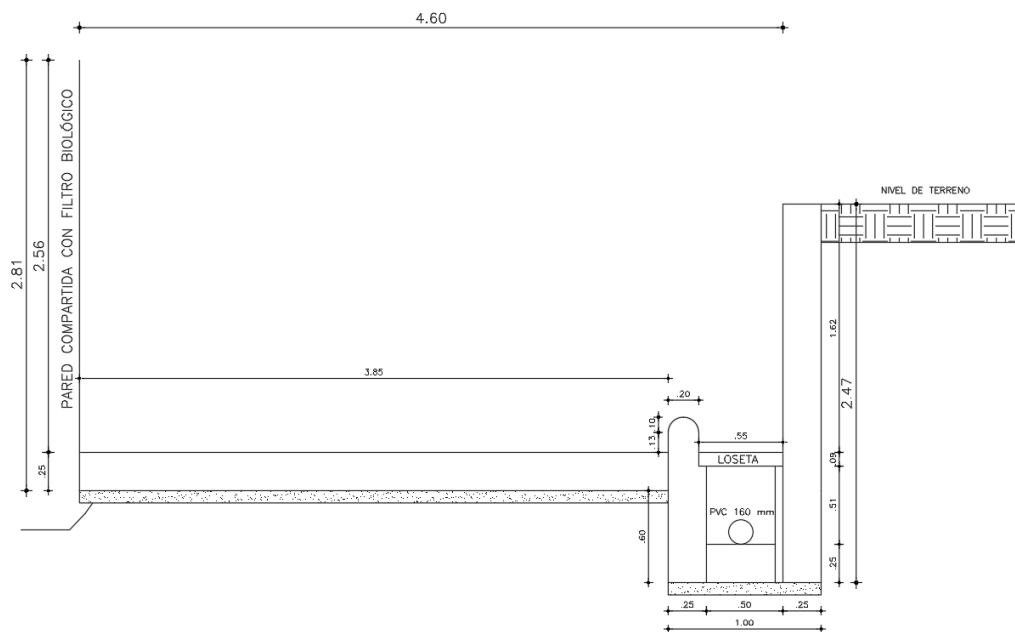
PARÁMETRO	VALOR (m)
Largo	8.50
Ancho	4.60
Altura	1.00
Espesor de la pared	0.25

*Elaborado por: Myrka Guevara*



**Figura 19. Vista en planta - tanque de secado de lodos**

*Elaborado por: Myrka Guevara*



*Figura 20. Vista corte transversal - tanque de secado de lodos  
Elaborado por: Myrka Guevara*

### 3.1.3. Diagnóstico técnico de los procesos unitarios de la PTAR

#### 3.1.3.1. Tanque de cribado

Para la evaluación del sistema de cribado de la planta de tratamiento, se tomó la información del manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la CONAGUA 2015, libro 26 [53].

En en la tabla 1.1. del manual antes mencionado se detalla la información sobre el tamaño de apertura de rejas y rejillas del proceso de cribado de las PTAR, información expuesta a continuación en la tabla 44:

*Tabla 44.- Tamaño de apertura de rejas y rejillas*

CONCEPTO	RANGO	COMENTARIOS
Aperturas de rejas retenedoras de basura	38 – 150 mm	Se usa frecuentemente en combinación con otros sistemas, el tamaño de las aperturas depende del equipo.

CONCEPTO	RANGO	COMENTARIOS
<b>Apertura de rejillas manuales</b>	25 – 50 mm	Se usan en plantas pequeñas o en canales bypass
Velocidad de aproximación	0.30 – 0.60 m/s	
<b>Rejillas de limpieza mecánica</b>	6 – 38 mm	La apertura de 18 mm de considera satisfactoria para la protección d ellos equipos de los procesos siguientes Velocidad necesaria para evitar la acumulación de arenas
Velocidad de aproximación máxima	0.60 – 1.20 m/s	
Velocidad de aproximación mínima	0.30 – 0.60 m/s	
<b>Rejillas continuas</b>	6 – 38 mm	Este tipo de rejilla es conveniente con aperturas de 6 a 18 mm
Velocidad de aproximación máxima	0.30 – 1.20 m/s	
Velocidad de aproximación mínima	0.30 – 0.60 m/s	
Pérdida de carga admisible	0.15 – 0.60 m	
<b>Triturador (reducción de tamaño solamente)</b>	6 – 13 mm	Apertura de una función de la capacidad hidráulica de la unidad
<b>Molino (reducción de tamaño solamente)</b>	6 – 13 mm	En canal abierto
<b>Pérdidas típicas</b>	300 – 450 mm	
<b>Tamiz fijo estático (rejilla fina)</b>	2.3 – 6.4 mm	Aperturas menores a 2.3 mm son usadas en pretratamiento o tratamiento primario
<b>Tamiz ajustable</b>	0.02 – 0.3 mm	Poco utilizado en plantas municipales, solo en el efluente secundario

*Fuente: Conagua 2015 [53]*

Al compararse las condiciones reales de la PTAR con el manual en cuestión, cumple con los requerimientos del segundo ítem, de tener la rejilla de cribado de tipo manual y que la planta de tratamiento es pequeña, el rango de la apertura es de 25 – 50 mm, siendo la apertura real de 30 mm entre barras, por lo tanto, está cumpliendo con el objetivo de remoción de sólidos de gran tamaño.

El manual menciona que para una fácil remoción de basura y que no hayan obstrucciones frecuentes en caso de ser las rejillas de tipo manual, el ángulo de inclinación debe estar comprendido entre 30 a 45 grados con respecto a la vertical y de 45 a 60 grados respecto a la horizontal, sin embargo, las rejillas de la PTAR del sector Infiernillo no siempre cumplen con esta condición debido a que no tiene una regulación del ángulo de inclinación, en cada limpieza la colocación de la rejilla por los encargados del mantenimiento son en ángulos variados, en ciertas ocasiones cumpliendo con lo recomendado en el manual y en otras no, a pesar de ello, trabaja

de forma eficiente, pero hay que tenerlo en cuenta para disminuir la tendencia a obstrucciones.

### 3.1.3.2. Trampa de grasas

Para la evaluación de la trampa de grasas se empleó la norma RAS 2000, sección II, título E (Tratamiento de aguas residuales) [54] y el manual de la Organización Panamericana de la Salud (Especificaciones técnicas para el diseño de trampa de grasas) [55]. En la tabla 45, se detallan los datos necesarios para el análisis.

*Tabla 45. Datos para el análisis de la trampa de grasas*

DATOS	SIMBOLOGÍA	VALOR	UNIDAD
Caudal de diseño	Q	59.04	lt/min
Área por cada litro por segundo	a	0.25	m <sup>2</sup>
Tiempo de retención	Tr	3	min
Profundidad real	H	0.80	m
Ancho real	B	0.60	m
Largo real	L	1.30	m
Profundidad de seguridad	Ps	0.30	m

*Elaborado por: Myrka Guevara*

- **Área del tanque (A → m<sup>2</sup>)**

*Nota: Para el valor de a se asumió 0.25 m<sup>2</sup>*

$$A = \frac{Q * a}{60 \text{ lt/min}}$$

$$A = \frac{59.04 \frac{\text{lt}}{\text{min}} * 0.25 \text{ m}^2}{60 \text{ lt/min}}$$

$$A = 0.246 \text{ m}^2$$

- Ancho del tanque ( $b \rightarrow m$ )

$$b = \sqrt{\frac{A}{4}}$$

$$b = \sqrt{\frac{0.246 \text{ m}^2}{4}}$$

$$\mathbf{b = 0.25 \text{ m}}$$

- Largo del tanque ( $l \rightarrow m$ )

$$l = b * 4$$

$$l = 0.25 \text{ m} * 4$$

$$\mathbf{l = 1.00 \text{ m}}$$

- Volumen útil del tanque ( $Vu \rightarrow m^3$ )

*Nota: El tiempo de retención varía entre 2.5 a 3 min, para el cálculo se asumió  $Tr = 2.5$  minutos.*

$$Vu = Q * Tr$$

$$Vu = 59.04 \frac{lt}{min} * 3min$$

$$Vu = 147.6 \text{ lt} \rightarrow \mathbf{0.1476 \text{ m}^3}$$

- Profundidad útil del tanque ( $Pu \rightarrow m$ )

$$Pu = \frac{Vu}{A}$$

$$Pu = \frac{0.1476 \text{ m}^3}{0.246 \text{ m}^2}$$

$$\mathbf{Pu = 0.60 \text{ m}}$$



- **Profundidad total del tanque ( $P_t \rightarrow m$ )**

*Nota: La profundidad de seguridad ( $P_s$ ) debe ser  $< 0.80 m$ , se asumió un valor de  $0.15 m$*

$$P_t = P_u + P_s$$

$$P_t = 0.60 m + 0.15 m$$

$$P_t = 0.75 m$$

- **Área real del tanque ( $A_r \rightarrow m^2$ )**

$$A = B * L$$

$$A = 0.60 m * 1.30 m$$

$$A = 0.78 m^2$$

El área calculada ( $0.246 m^2$ ) es mayor al área real de la trampa de grasas ( $0.78 m^2$ ), por lo que las dimensiones actuales funcionan de manera correcta en el tratamiento del agua residual, en la norma RAS 2000 menciona que por cada litro por segundo de agua residual a tratar, el tanque debe tener un área de  $0.25 m^2$ , siendo el caudal de entrada de  $0.984 \text{ lt/s}$  cumpliendo con este parámetro de diseño.

### **3.1.3.3. Tanque séptico**

El diagnóstico se basó en la guía para el diseño de tanques sépticos, tanque Imhoff y lagunas de estabilización de la Organización Panamericana de la Salud [56]. En la tabla 46, se presentan los datos empleados para los cálculos.

**Tabla 46. Datos para el análisis del tanque séptico**

DATOS	SIMBOLOGÍA	VALOR	UNIDAD
Caudal de diseño	Q	340.07	lt/hab/día
Población de diseño	P	250	hab
Profundidad real	H	3.5	m
Ancho real	B	5	m
Largo real	L	12.50	m
Intervalo deseado	N	1	año

*Elaborado por: Myrka Guevara*

- **Período de retención hidráulica (PR → días)**

$$PR = 1.5 - 0.3 \log (P * Q)$$

$$PR = 1.5 - 0.3 \log \left( 250 \text{ hab} * 340.07 \frac{\text{lt}}{\text{hab} * \text{día}} \right)$$

$$PR = 0.02 \text{ días}$$

El período de retención mínimo es de 6 días → 0.25

Por lo tanto, se asume lo siguiente:

$$PR = 0.25 \text{ día}$$

- **Volumen requerido para la sedimentación (Vs → m³)**

$$Vs = 10^{-3} * (P * Q) * PR$$

$$Vs = 10^{-3} * \left( 250 \text{ hab} * 340.07 \frac{\text{lt}}{\text{hab} * \text{día}} \right) * 0.25 \text{ día}$$

$$Vs = 21.25 \text{ m}^3$$

- **Volumen de lodos producidos (Vl → lt/hab/año)**

*Clima frío = 50 lt/hab/año*

- **Volumen de digestión y almacenamiento de lodos ( $V_d \rightarrow m^3$ )**

$$V_d = 10^{-3} * V_l * P * N$$

$$V_d = 10^{-3} * 50 \frac{lt}{hab * día} * 250 hab * 1 año$$

$$V_d = 12.50 m^3$$

- **Volumen de natas ( $V_n \rightarrow m^3$ )**

*Se considera un valor mínimo de  $V_n = 0.70 m^3$*

- **Volumen calculado del tanque séptico ( $V_c \rightarrow m^3$ )**

$$V_c = (V_s + V_d + V_n)$$

$$V_c = (21.25 m^3 + 12.50 m^3 + 0.70 m^3)$$

$$V_c = 34.45 m^3$$

- **Volumen real actual del tanque séptico ( $V_r \rightarrow m^3$ )**

*\*N° compartimentos de igual medida = 2*

$$V_r = (L * B * H) * 2$$

$$V_r = (12.50 m * 5.00 m * 3.50 m) * 2$$

$$V_r = 437.50 m^3$$

El volumen real actual del tanque séptico es mayor al volumen calculado requerido, es decir, sus dimensiones son las adecuadas para cumplir con el objetivo tratar el agua residual proveniente del sector Infiernillo.

### 3.1.3.4. Filtro biológico aeróbico

El análisis del filtro se realizó de acuerdo a lo establecido en el manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento (Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: Filtros anaerobios de flujo ascendente), libro 29 de la CONAGUA [57].

Lo primero que se calculó son los valores teóricos del filtro, los datos que se emplearon se presentan en la tabla 47.

*Tabla 47. Datos para el análisis del filtro biológico aerobio*

DATOS	SIMBOLOGÍA	VALOR	UNIDAD
Caudal de diseño	Q	85.02	m <sup>3</sup> /día
*Carga Hidráulica Superficial	CHS	10	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> día
*Carga Orgánica Volumétrica	COV	0.75	kg DBO/m <sup>3</sup> día
Demanda Bioquímica de Oxígeno	So	368	mg/lt
*Altura borde libre	b	0.50	m
*Altura bajo el dren	d	0.50	m

*\*Valores asumidos de acuerdo con el manual de la CONAGUA*

*Elaborado por: Myrka Guevara*

#### **Cálculo de valores teóricos del filtro biológico aerobio**

- **Área superficial del filtro (A → m<sup>2</sup>)**

*Nota: De acuerdo con el criterio de diseño de la CONAGUA, la carga hidráulica deberá estar entre el rango de 6 – 15 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> día, para el cálculo se toma un valor intermedio de CHS = 10.50 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> día*

$$A = \frac{Q}{CHS}$$
$$A = \frac{85.02 \text{ m}^3/\text{día}}{10.50 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día}}$$

$$A = 8.10 \text{ m}^2$$

- **Volumen del medio filtrante ( $V_{mf} \rightarrow \text{m}^3$ )**

*Nota: De acuerdo con la CONAGUA, diversos estudios indican que para una mayor calidad del efluente se trabaja con cargas orgánicas volumétricas entre 0.25 – 0.75 kg de DBO  $\text{m}^3/\text{día}$ , para el cálculo se considera  $COV = 0.75 \text{ kg de DBO } \text{m}^3/\text{día}$ .*

$$V_{mf} = \frac{Q * S_o}{COV}$$

$$V_{mf} = \frac{85.02 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 368 \frac{\text{kg}}{\text{lt}}}{0.75 \frac{\text{kg DBO}}{\text{m}^3 * \text{día}}}$$

$$V_{mf} = 41.72 \text{ m}^3$$

- **Altura del material filtrante ( $h_{mf} \rightarrow \text{m}$ )**

$$h_{mf} = \frac{V_{mf}}{A}$$

$$h_{mf} = \frac{41.72 \text{ m}^3}{8.10 \text{ m}^2}$$

$$h_{mf} = 5.15 \text{ m}$$

- **Altura total del filtro ( $h_t \rightarrow \text{m}$ )**

*Nota: Según la CONAGUA el valor de altura de borde libre está comprendida entre 0.50 – 1.00 m, para el cálculo se asume  $b = 0.50 \text{ m}$ ; y para lograr una salida libre*

de obstrucciones se acomoda un fondo falso con bajo dren de espesor mínimo de 0.50 m, para efectos de cálculo se considera este valor mínimo, entonces  $d = 0.50$  m.

$$ht = hmf + b + d$$

$$ht = 5.15 \text{ m} + 0.50 \text{ m} + 0.50 \text{ m}$$

$$ht = 6.15 \text{ m}$$

- **Volumen total del filtro ( $V_t \rightarrow \text{m}^3$ )**

$$V_t = A * ht$$

$$V_t = 8.10 \text{ m}^2 * 6.15 \text{ m}$$

$$V_t = 49.82 \text{ m}^3$$

- **Revisión de la Carga Orgánica Volumétrica ( $COV_t \rightarrow \text{kg DBO m}^3/\text{día}$ )**

*Nota: Este valor debe estar comprendido entre 0.15 – 0.50 kg de DBO/  $\text{m}^3$ día*

$$COV_t = \frac{Q * S_o}{V_t}$$

$$COV_t = \frac{85.02 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 0.368 \text{ kg/lt}}{49.82 \text{ m}^3}$$

$$COV_t = 0.63 \text{ kg de DBO/ m}^3\text{día}$$

*COV<sub>t</sub> no cumple con el criterio*

- **Tiempo de retención hidráulica (TRH  $\rightarrow$  días)**

$$TRH = \frac{Vm_f}{Q}$$

$$TRH = \frac{41.72 \text{ m}^3}{85.02 \text{ m}^3/\text{día}}$$

$$TRH = 0.49 \text{ día} \rightarrow 11.76 \text{ h}$$

- Eficiencia esperada ( $E \rightarrow \%$ )

$$E = 100[1 - 0.87(TRH)^{-0.5}]$$

$$E = 100[1 - 0.87(11.76 \text{ h})^{-0.5}]$$

$$E = 74.63 \%$$

- Concentración de DBO esperada en el efluente ( $DBO_{ef} \rightarrow \text{mg/lt}$ )

$$DBO_{ef} = S_o - \frac{E * S_o}{100}$$

$$DBO_{ef} = 368 \text{ mg/lt} - \frac{74.63 \% * 368 \text{ mg/lt}}{100}$$

$$DBO_{ef} = 93.36 \text{ mg/lt}$$

### Cálculo de valores reales del filtro biológico aerobio

*Tabla 48. Datos reales para el análisis del filtro biológico aerobio*

DATOS	SIMBOLOGÍA	VALOR	UNIDAD
Caudal de diseño	Q	85.02	m <sup>3</sup> /día
Altura	H	2.40	m
Largo	L	8.45	m
Ancho	B	4.10	m
Demanda Bioquímica de Oxígeno	So	368	mg/lt
Altura borde libre	b	0.50	m
Altura bajo el dren	d	0.40	m

*Elaborado por: Myrka Guevara*

- **Área superficial del filtro ( $A \rightarrow m^2$ )**

*Nota: N° compartimentos del mismo tamaño = 2*

$$A = B * L * 2$$

$$A = 4.10 \text{ m} * 8.45 \text{ m} * 2$$

$$A = 69.30 \text{ m}^2$$

- **Volumen total del filtro ( $V_t \rightarrow m^3$ )**

$$V_t = A * H$$

$$V_t = 69.30 \text{ m}^2 * 2.40 \text{ m}$$

$$V_t = 166.32 \text{ m}^3$$

- **Altura del material filtrante ( $h_{mf} \rightarrow m$ )**

$$h_{mf} = H - b - d$$

$$h_{mf} = 2.40 \text{ m} - 0.50 \text{ m} - 0.40 \text{ m}$$

$$h_{mf} = 1.50 \text{ m}$$

- **Volumen del medio filtrante ( $V_{mf} \rightarrow m^3$ )**

$$V_{mf} = h_{mf} * A$$

$$V_{mf} = 1.50 \text{ m} * 69.30 \text{ m}^2$$

$$V_{mf} = 103.95 \text{ m}^3$$

- **Tiempo de retención hidráulica (TRH  $\rightarrow$  días)**



$$TRH = \frac{Vm_f}{Q}$$

$$TRH = \frac{103.95 \text{ m}^3}{85.02 \text{ m}^3/\text{día}}$$

$$TRH = 1.22 \text{ días} \rightarrow 29.28 \text{ h}$$

- Eficiencia esperada ( $E \rightarrow \%$ )

$$E = 100[1 - 0.87(TRH)^{-0.5}]$$

$$E = 100[1 - 0.87(29.28 \text{ h})^{-0.5}]$$

$$E = 83.92 \%$$

- Concentración de DBO esperada en el efluente ( $DBO_{ef} \rightarrow \text{mg/lt}$ )

$$DBO_{ef} = S_o - \frac{E * S_o}{100}$$

$$DBO_{ef} = 368 \text{ mg/lt} - \frac{83.92 \% * 368 \text{ mg/lt}}{100}$$

$$DBO_{ef} = 59.17 \text{ mg/lt}$$

*Tabla 49. Datos reales vs datos calculados del filtro biológico aerobio*

DATOS	UNIDAD	VALOR REAL	VALOR CALCULADO
Área del filtro	m <sup>2</sup>	69.30	8.10
Volumen total del filtro	m <sup>3</sup>	166.32	49.82
Altura total del filtro	m	2.40	6.15
Volumen del medio filtrante	m <sup>3</sup>	103.95	41.72
Tiempo de retención hidráulica	horas	29.28	11.76
Eficiencia	%	83.92	74.63

*Elaborado por: Myrka Guevara*

Al realizar los cálculos respectivos se tiene como resultado que el filtro biológico cumple con las dimensiones requeridas para funcionar de manera correcta y purificar el agua residual, a excepción de la altura del medio filtrante que siendo 5.15 m el valor calculado y 1.50 m el valor real, es una altura mucho menor, pero al calcularse el volumen del medio filtrante se compensa la altura faltante.

### 3.1.3.4. Lecho de secado de lodos

El correcto funcionamiento del tanque de secado de lodos fue evaluado de acuerdo al manual de la Organización Panamericana de la Salud (Guía para el diseño de tanques sépticos, tanque Imhoff y lagunas de estabilización) [56]. Los datos para los cálculos pertinentes se encuentran en la tabla 50.

*Tabla 50. Datos para el análisis del lecho de secado de lodos*

DATOS	SIMBOLOGÍA	VALOR	UNIDAD
Caudal promedio de aguas residuales	Q	0.984	lt/s
Sólidos suspendidos en el agua cruda	SS	881	mg/lt
Densidad de lodos	$\rho_{\text{lodo}}$	1.04	kg/lt
Porcentaje de sólidos	% sólidos	12	%
Temperatura	T	13	°C
Tiempo de digestión	Td	63.4	días
Profundidad de aplicación	Ha	0.40	m
Ancho real	A	4.60	m
Largo real	L	8.50	m

*Elaborado por: Myrka Guevara*

- **Carga de sólidos que ingresan (C → kg de SS/día)**

$$C = Q * SS * 0.0864$$

$$C = 0.984 \frac{lt}{s} * 881 \text{ mg/lt} * 0.0864$$

$$C = 74.90 \text{ kg SS/día}$$

- **Masa de sólidos que conforman los lodos (Msd → Kg SS/día)**

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

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * 74.90 \text{ kg SS/día}) + (0.5 * 0.3 * 74.90 \text{ kg SS/día})$$

$$Msd = 24.34 \text{ kg SS/día}$$

- **Volumen diario de lodos digeridos (Vld → lt/día)**

*Nota: en % de sólidos tiene una variación entre 8 a 12 %, para el cálculo se toma el valor de 12 %.*

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

$$Vld = \frac{24.34 \text{ kg SS/día}}{1.04 \text{ kg/lt} * (12/100)}$$

$$Vld = 195.03 \text{ lt/día}$$

- **Volumen de lodos a extraerse del tanque (Vel → m³)**

*Nota: El tiempo de digestión es condicionado por la temperatura de la zona, ver Tabla 51.*

*Tabla 51. Tiempo requerido para la digestión de lodos*

TEMPERATURA (°C)	TIEMPO DE DIGESTIÓN (DÍAS)
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

*Fuente: OPS [56].*

\*Temperatura PTAR sector Infiernillo = 13 °C

Se realizó una interpolación para encontrar el valor del tiempo de digestión en días para los 13 °C.

$$Y = Y1 + \left[ \frac{x - x1}{x2 - x1} * y2 - y1 \right]$$

$$Y = 76 + \left[ \frac{13 - 10}{15 - 10} * 76 - 55 \right]$$

$$Y = 63.4 \text{ días}$$

Entonces, Td = 63. 4 días

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

$$Vel = \frac{195.03 \frac{lt}{día} * 63.4 \text{ días}}{1000}$$

$$Vel = 12.36 \text{ m}^3$$

- **Área del lecho de secado - calculada (Als → m²)**

*Nota: Los valores de la profundidad de aplicación varían entre 0.20 a 0.40 m, para el cálculo se tomó el valor de 0.40 m.*

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

$$Als = \frac{12.36 \text{ m}^3}{0.40 \text{ m}}$$

$$Als = 30.90 \text{ m}^2$$

- **Área del lecho de secado - real ( $A_r \rightarrow m^2$ )**

$$A_r = B * L$$

$$A_r = 4.60 \text{ m} * 8.50 \text{ m}$$

$$A_r = 39.10 \text{ m}^2$$

El área real del tanque de secado de lodos (39.10 m<sup>2</sup>) es mayor al área calculada (30.90 m<sup>2</sup>), por lo tanto, las dimensiones actuales cumplen con el propósito del diseño, sin embargo, al no tener una cubierta que proteja al tanque de las precipitaciones, los lodos permanecen húmedos en tiempo de lluvia.

### **3.2. Verificación de la hipótesis**

Después de la evaluación de la Planta de tratamiento de Aguas Residuales del sector Infiernillo, de la parroquia San Andrés, del cantón Santiago de Píllaro, Provincia de Tungurahua; se identificó que los niveles de DBO, DQO, Sólidos suspendidos, sólidos totales y demás, que son descargados en la acequia que cruza junto a la PTAR, cumple con los límites permisibles en la norma TULSMA, Libro IV, Anexo (TABLA 10: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce); además según recomendaciones de manuales internacionales para el diseño de plantas de tratamiento: Manual de diseño de plantas de tratamiento de la CONAGUA (México), norma RAS 2000 (Colombia) y la Guía para el diseño de tanques sépticos, tanque Imhoff y lagunas de estabilización de la OPS (Perú), todas las estructuras de las unidades de tratamiento que forman el sistema cumplen con las dimensiones mínimas para trabajar de forma eficiente en la depuración de las aguas residuales. A continuación, en tabla 52, se muestra un resumen comparativo:

*Tabla 52. Comparación entre valores reales y calculados de los procesos unitarios*

<b>PROCESO</b>	<b>VALORES REALES</b>	<b>VALORES CALCULADOS</b>	<b>NORMATIVA EMPLEADA</b>
<b>Tanque de cribado</b>	Apertura rejilla: 30 mm	Apertura rejilla: 25 – 50 mm	Cumple con el manual de diseño de la CONAGUA
<b>Trampa de grasas</b>	Área: 0.780 m <sup>2</sup>	Área: 0.246 m <sup>2</sup>	Cumple con la guía de diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización de la OPS y la norma de Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domésticas y Aguas Lluvias (RAS 2000)
<b>Tanque séptico</b>	Volumen: 437.50 m <sup>3</sup>	Volumen: 34.45 m <sup>3</sup>	Cumple con la guía de diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización de la OPS
<b>Filtro biológico</b>	Volumen: 166.32 m <sup>3</sup>	Volumen: 49.82 m <sup>3</sup>	Cumple con el manual de diseño de la CONAGUA
<b>Tanque de secado de lodos</b>	39.10 m <sup>2</sup>	30.90 m <sup>2</sup>	Cumple con la guía de diseño de la OPS

*Elaborado por: Myrka Guevara*

Una vez analizada el agua residual del efluente y evaluado el estado actual de las unidades de tratamiento, se comprueba parcialmente la hipótesis formulada, en la cual se señala que: La planta de tratamiento de aguas residuales del sector Infiernillo de la parroquia San Andrés del cantón Santiago de Píllaro, provincia de Tungurahua está operando de forma eficiente técnicamente, debido a que en condiciones de dimensiones mínimas requeridas y análisis físico – químico del agua residual del afluente y efluente cumplen con la normativa indicada, sin embargo, en condiciones de operación y mantenimiento, existen varias falencias, ya que actualmente la PTAR mantiene su infraestructura en condiciones no aptas (ineficiente limpieza de los predios y de las estructuras) disminuyendo la vida útil de las unidades de tratamiento.

### 3.3. Propuesta del plan de operación y mantenimiento de la PTAR:

El objetivo de este plan es establecer los procedimientos básicos para la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento, cuya ejecución contribuye a mejorar la eficiencia, eficacia y sostenibilidad del servicio de depuración.

Se espera que este plan sea una herramienta que pueda lograr una operación adecuada y tratar los problemas de mantenimiento que pueda generarse en la PTAR.

#### 3.3.1. Medida 1: Limpieza del tanque de cribado

##### *Descripción:*

Esta medida trata de tener la unidad de cribado limpia de impurezas o material grueso que deposite el alcantarillado sanitario para el normal funcionamiento, se plantea las siguientes actividades en la tabla 53:

*Tabla 53. Actividades, frecuencia, herramientas y responsable de la limpieza del tanque de cribado*

<b>ACTIVIDADES:</b>	<b>FRECUENCIA:</b>	<b>HERRAMIENTAS:</b>	<b>RESPONSABLE:</b>
Rastrillar hacia la cernidera los materiales retenidos en la rejilla para que se escurran y posteriormente sean desechados en el lecho de secado de lodos.	Diario	Rastillo Balde o carretilla Equipo de protección personal (guantes, mascarillas dobles, impermeable).	Operador designado a la PTAR
Retirar los sólidos sedimentados en el tanque.	Semanal	Pala plana Balde o carretilla Equipo de protección personal (guantes, mascarillas dobles, impermeable).	Operador designado a la PTAR
Aplicación de pintura anticorrosiva en las rejillas	Anual	Brocha Equipo de protección personal (guantes, mascarillas dobles, impermeable).	Operador designado a la PTAR

*Elaborado por: Myrka Guevara*

### 3.3.2. Medida 2: Limpieza de la trampa de grasas

#### Descripción:

Para el normal funcionamiento de esta unidad de tratamiento, se plantean las siguientes actividades para mejorar la vida útil de la estructura expuestas en la tabla 54:

*Tabla 54. Actividades, frecuencia, herramientas y responsable de la limpieza de la trampa de grasas*

<b>ACTIVIDADES:</b>	<b>FRECUENCIA:</b>	<b>HERRAMIENTAS:</b>	<b>RESPONSABLE:</b>
Barrer la superficie retirando las grasas y materiales flotantes, los desechos deberán ser enterrados en zanjas de 30 cm como mínimo de profundidad.	Cada 15 días	Pala plana Balde o carretilla Equipo de protección personal (guantes, botas de caucho, mascarillas dobles, impermeable).	Operador designado a la PTAR
Limpieza de la unidad de tratamiento a profundidad	Anual	Mangueras a presión Equipo de protección personal (guantes, botas de caucho, mascarillas dobles, impermeable).	Operador designado a la PTAR

*Elaborado por: Myrka Guevara*

### 3.3.3. Medida 3: Limpieza del tanque séptico

#### Descripción:

Con la intención de continuar el tratamiento efectivo del agua residual, se proponen las siguientes actividades en la tabla 55:

*Tabla 55. Actividades, frecuencia, herramientas y responsable de la limpieza del tanque séptico*

<b>ACTIVIDADES:</b>	<b>FRECUENCIA:</b>	<b>HERRAMIENTAS:</b>	<b>RESPONSABLE:</b>
Destapar las bocas de visita para que el interior del tanque se ventile por un tiempo mínimo de 30 minutos; los gases	Quincenal (en cada limpieza)	Barra Equipo de protección personal (guantes, mascarillas dobles, impermeable).	Operador designado a la PTAR



<b>ACTIVIDADES:</b>	<b>FRECUENCIA:</b>	<b>HERRAMIENTAS:</b>	<b>RESPONSABLE:</b>
producidos en el interior son altamente tóxicos y combustibles llegando a generar explosiones, por lo tanto, se debe evitar encender inflamables cerca de este.			
Retirar la espuma y natas que se encuentren flotando sobre la lámina de agua residual y enterrarlos en zanjas de profundidad mínima de 30 cm.	Quincenal	Cernidera de malla fina Balde o carretilla Equipo de protección personal (guantes, mascarillas dobles, impermeable).	Operador designado a la PTAR
Ejecutado el retiro de espumas, natas o limpieza general se debe tapar las bocas de visita nuevamente cuidando que se encuentren bien colocadas, de manera tal que se pueda producir el proceso anaerobio esperado.	Quincenal (después de cada limpieza)	Barra Equipo de protección personal (guantes, mascarillas dobles, impermeable).	Operador designado a la PTAR
Para hacer limpieza más profunda, desviar el agua residual por el bypass, y proceder a la extracción de lodos, estos deben ser colocados en el lecho de secado para su acondicionamiento final en el relleno sanitario del cantón.	Anual	Hidrosuccionador/bomba eléctrica sumergible Equipo de protección personal (guantes, mascarillas dobles, impermeable).	Operador /personal designado a la PTAR

*Elaborado por: Myrka Guevara*

### 3.3.4. Medida 4: Limpieza del filtro biológico aerobio

En la tabla 56, se sugieren algunas actividades para ayudar al rendimiento del filtro biológico.

*Tabla 56. Actividades, frecuencia, herramientas y responsable de la limpieza del filtro biológico aerobio*

<b>ACTIVIDADES:</b>	<b>FRECUENCIA:</b>	<b>HERRAMIENTAS:</b>	<b>RESPONSABLE:</b>
Realizar la limpieza de natas que se forman en la superficie del agua, para evitar bacterias que afecten a la película bacteriana propia del filtro y disponer en el lecho de secado de lodos.	Mensual	Cernidera de malla fina Balde o carretilla Equipo de protección personal (guantes, botas de caucho, mascarillas dobles, impermeable).	Operador designado a la PTAR
Remover o agitar manualmente la superficie del material filtrante para desprender lodo sedimentado y posteriormente desaguar.	Mensual	Cernidera de malla fina Balde o carretilla Equipo de protección personal (guantes, botas de caucho, mascarillas dobles, impermeable).	Operador designado a la PTAR
Limpia el material filtrante con agua a presión	Semestral	Carro bomba/mangueras a presión Equipo de protección personal (guantes, botas de caucho, mascarillas dobles, impermeable).	Operador designado a la PTAR
Recolectar muestras del efluente y analizarlas mediante un laboratorio específico para comprobar el correcto funcionamiento de la PTAR.	Anual	Equipo de protección personal (guantes, botas de caucho, mascarillas dobles, impermeable).	Personal técnico del GADM del cantón Píllaro designado a la PTAR.

*Elaborado por: Myrka Guevara*

### 3.3.5. Medida 5: Limpieza del tanque de secado de lodos

#### *Descripción:*

Para garantizar la vida útil de la estructura, se sugiere las siguientes actividades denotadas en la tabla 57:

*Tabla 57. Actividades, frecuencia, herramientas y responsable de la limpieza del tanque de secado de lodos*

<b>ACTIVIDADES:</b>	<b>FRECUENCIA:</b>	<b>HERRAMIENTAS:</b>	<b>RESPONSABLE:</b>
Retirar de forma manual los lodos deshidratados y colocarlos en el relleno sanitario del cantón Pillaro.	Mensual	Pala plana Balde o carretilla Equipo de protección personal (guantes, botas de caucho, mascarillas dobles, impermeable).	Operador designado a la PTAR
Limpiar las paredes del tanque	Trimestral	Espátula Equipo de protección personal (guantes, botas de caucho, mascarillas dobles, impermeable).	Operador designado a la PTAR

*Elaborado por: Myrka Guevara*

### 3.3.6. Medida 6: Estabilización del talud que colinda con la PTAR.

#### *Descripción:*

El talud por estabilizar está ubicado al lado noreste de la PTAR colindando con uno de sus lados, tiene una altura aproximada de 8 metros y una extensión de 53.18 metros (para más detalles ver el plano A1), en la actualidad produce deslizamientos y está arrojando material suelto hacia la caseta de descanso ubicada dentro de la PTAR causando daño estructural (imagen 27), de la misma manera sobre la losa del tanque séptico (imagen 28), en un corto plazo o en una lluvia abundante, amenaza inminentemente con la caída de material orgánico dentro de las demás unidades de tratamiento.



*Imagen 27. Caseta de descanso con material producto de deslizamiento del talud inestable  
Fuente: Autora*

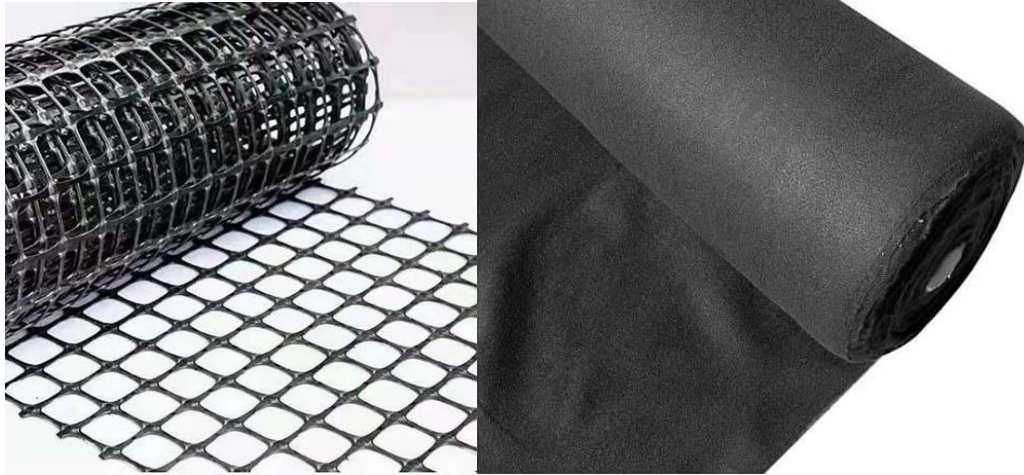


*Imagen 28. Losa de tanque séptico con material del deslizamiento de suelo  
Fuente: Autora*

*Actividad:*

La propuesta para la estabilización es con Geomalla Bx 3030 y Geotextil no tejido NT-1600 (imagen 29), así brindando un mayor soporte al talud. El empleo de geomallas permite la correcta distribución de cargas aumentando las propiedades mecánicas del suelo, se combinan con geotextiles facilitando el proceso de instalación, uno de los beneficios de emplear este tipo de materiales es la instalación

sencilla, rápida y económica, presenta una excelente adherencia entre capas debido al geotextil.



*Imagen 29. Geomalla Bx 3030 / Geotextil no tejido NT - 1600  
Fuente: Geosintéticos Grop*

*Frecuencia:*

1 sola vez

*Responsable:*

Personal técnico del GADM del cantón Santiago de Píllaro

*Costo:*

\$3078.77 (para más detalles ver APU's en el Anexo B)

### **3.3.7. Medida 7: Construcción de bordillos alrededor de las unidades de tratamiento de la PTAR.**

*Descripción:*

El nivel del terreno está al mismo nivel de los bordes de las unidades de tratamiento, (tanque de entrada, tanque de cribado, trampa de grasas y tanque de secado de

lodos) por lo que cuando llueve, esta agua ingresa a las unidades mencionadas arrastrando suelo y material orgánico suelto, interviniendo en el proceso de depuración de aguas residuales, como se muestra en la imagen 30.

*Actividad:*

Para evitar este problema se propone la construcción de bordillos de hormigón simple de  $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$ , con una altura de 15 cm, de espesor variable dependiendo el espesor de cada unidad de tratamiento; no se recomienda la construcción de bordillos de bloque o ladrillo por el tipo de vegetación y suelo presentes en el lugar.



*Imagen 30. Unidades de tratamiento de la PTAR con bordillo a nivel de terreno*  
*Fuente: Autora*

*Frecuencia:*

1 sola vez

*Responsable:*

Personal técnico del GADM del cantón Santiago de Píllaro

*Costo:*

\$81.83 (para más detalles ver APU's en el Anexo B)

### **3.3.8. Medida 8: Limpieza y desbroce de la vegetación alrededor de las unidades de tratamiento de la PTAR.**

*Descripción:*

El área de terreno dentro de la PTAR se encuentra llena de maleza como se muestran en las imágenes 31 y 32, ocasionando deterioro en la infraestructura de las unidades de tratamiento debido a las raíces, por lo que se debe ejecutar su limpieza periódicamente.



*Imagen 31. Trampa de grasas invadido de vegetación  
Fuente: Autora*



*Imagen 32. Tanque repartidor de caudales con abundante vegetación  
Fuente: Autora*

*Actividad:*

Limpiar los predios pertenecientes a la PTAR

*Frecuencia:*

1 vez al mes

*Responsable:*

Trabajadores del GADM del cantón Santiago de Píllaro

*Costo:*

\$590.14 (para más detalles ver APU's en el Anexo B)

### **3.3.9. Medida 9: Pintura en las unidades de tratamiento.**



*Descripción:*

Las unidades de tratamiento actualmente se encuentran en obra gris, como se muestra en la imagen 33:



*Imagen 33. Infraestructura en obra gris  
Fuente: Autora*

*Actividad:*

Para dar un mayor realce a la PTAR se hace la propuesta de colocación de pintura de caucho Látex Vinyl en todo el tren de tratamiento, incluyendo el cerramiento y la caseta de descanso existente.

*Frecuencia:*

Cada vez que visualmente se requiera

*Responsable:*

Trabajadores del GADM del cantón Santiago de Píllaro

*Costo:*

\$1896. 79 (para más detalles ver APU's en el Anexo B)

### 3.3.10. Medida 10: Colocación de señalética dentro de la PTAR.

#### *Descripción:*

La señalética actual es insuficiente dentro de la PTAR (imagen 34), las unidades básicas no cuentan con ningún tipo de señalización

#### *Actividad:*

Incrementar señalética de seguridad en cada unidad de tratamiento.



*Imagen 34. Señalética existente*  
*Fuente: Autora*

#### *Frecuencia:*

1 vez

#### *Responsable:*

Trabajadores del GADM del cantón Santiago de Píllaro

#### *Costo:*

\$236.83 (para más detalles ver APU's en el Anexo B)

### **3.3.11. Medida 11: Construcción de cubierta en estructura metálica sobre el tanque de secado de lodos de la PTAR.**

#### *Descripción:*

El tanque de secado de lodos en la actualidad está a la intemperie como se muestra en la imagen 35, y los lodos que están en proceso de deshidratación se mojan cada vez que hay lluvias, siendo necesaria una cubierta para resolver este inconveniente.



*Imagen 35. Lecho de secado de lodos a la intemperie  
Fuente: Autora*

#### *Actividad:*

La cubierta propuesta a construirse es en estructura metálica de 11 m x 6.60 m, con vigas HEB 140x3 mm, columnas IPE de 200x50x3 mm; y correas G 125x50x15x3 mm, techo de galvalume de espesor 4 mm, proporcionando protección al tanque frente a las lluvias, (para más detalles ver el plano E1).

#### *Frecuencia:*

1 vez

*Responsable:*

Trabajadores del GADM del cantón Santiago de Píllaro

*Costo:*

\$14 484.52 (para más detalles ver APU's en el Anexo B)

## CAPÍTULO IV

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. Conclusiones

- Con respecto a la evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Infiernillo, se puede decir, que posee un buen funcionamiento, encontrándose dentro de los parámetros requeridos de la normativa TULSMA, dichos parámetros exponen los valores límites que la planta debe cumplir antes de descargar a un cuerpo de agua receptor.
- Con el levantamiento de información realizado en la PTAR, se midió por el método volumétrico el caudal del afluente y efluente obteniendo un valor de caudal máximo en el horario de 12h00 a 13h00 de 0.984 lt/s y 1.524 lt/s respectivamente, (ver Tabla 11 y 21), su construcción fue en el año 2018 y actualmente beneficia a 250 habitantes aproximadamente.
- Mediante la comparación entre resultados del análisis físico – químico realizado en un laboratorio especializado del afluente y efluente de la PTAR, se determinó que el porcentaje de remoción de los parámetros analizados son los siguientes: DBO5 un porcentaje de 82.07%, DQO con 83.22%, sólidos suspendidos un valor de 95.69%, sólidos totales el 86.44%, por lo que se concluye que la PTAR está cumpliendo su objetivo de diseño manteniendo la calidad medioambiental. (ver gráfico 2)
- De acuerdo con los resultados de laboratorio relacionados con el análisis del agua residual que sale de la planta de tratamiento, se puede decir que, cumple con los límites máximos permitidos de la normativa vigente TULSMA 2015 (libro VI, Anexo 1, Tabla 10), siendo estos límites los siguientes; pH, 6 - 9; DQO, 200 mg/lt; DBO5, 100 mg O<sub>2</sub>/lt; sólidos suspendidos, 130 mg/lt y sólidos totales un valor de 1600 mg/lt, frente a los valores determinados en laboratorio de 7.09, 122 mg/lt, 66 mg O<sub>2</sub>/lt, 38 mg/lt y 250 mg/lt respectivamente, lo cual contribuye en reducir el riesgo de contaminación medioambiental. (ver tabla 34)
- Después del análisis realizado de las dimensiones mínimas que deberían tener de las unidades de tratamiento de la PTAR mediante manuales y normativa internacionales de diseño de plantas de tratamiento empleados: Manual de diseño de la CONAGUA (México), norma RAS 2000 (Colombia) y la Guía para el diseño

de tanques sépticos, tanque Imhoff y lagunas de estabilización de la OPS (Perú), se tiene como resultado que las dimensiones actuales son las adecuadas para el tratamiento del agua residual, por lo que no es necesario un rediseño de estas. (ver apartado 3.1.3)

- El plan de operación y mantenimiento de la PTAR (ver 3.3.) se centra en el mejoramiento de la vida útil de la infraestructura, para lograr esto, se propuso varias medidas; una de ellas es la estabilización del talud que colinda en el lado noreste de la planta de tratamiento, el cual está causando deslizamientos de material suelto dentro del área de evaluación; la siguiente medida es la construcción de una cubierta en estructura metálica sobre el lecho de secado de lodos debido a que en la actualidad no posee protección frente a las lluvias, causando que los lodos deshidratados se humedezcan cuando cae precipitaciones; así mismo se propone que la limpieza de los procesos unitarios sea más rigurosa ejecutada por los operadores asignados a la planta de tratamiento, para que sigan cumpliendo con su objetivo de tratar el agua residual.

#### **4.2. Recomendaciones**

- Se sugiere realizar de forma periódica análisis de laboratorio del agua residual del afluente y en especial la del efluente para corroborar que los parámetros continúan cumpliendo con los límites de descarga establecidos en la normativa.
- Es recomendable que el personal de mantenimiento designado a la PTAR reciba en primera instancia una capacitación, para que tenga el conocimiento adecuado sobre las acciones a realizar y la importancia del uso del equipo de protección personal, haciendo que la operación y mantenimiento sea efectiva.
- Es imperativo que la limpieza y desbroce de la vegetación dentro del terreno de la PTAR, sea de forma frecuente para no afectar la vida útil de la obra hidráulica.
- Se recomienda estabilizar el talud inestable que colinda con la PTAR lo antes posible, para evitar que deslizamiento de mayor magnitud deje fuera de funcionamiento a la planta.
- Se sugiere seguir a cabalidad el plan de operación y mantenimiento propuesto para que la PTAR continúe cumpliendo el correcto tratamiento del agua residual.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Vilaña, “EVALUACIÓN Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LOS BARRIOS VILLAFLORES Y EL ROSARIO, PARROQUIA PÍNTAG, CANTÓN QUITO, PROVINCIA DE PICHINCHA,” Escuela Politécnica Nacional, 2016.
- [2] M. Medina, “Evaluación Y Rediseño Del Sistema De Tratamiento De Aguas Residuales De Las Lagunas De Estabilización Del Sector ‘Rio Seco’, Distrito De La Joya, Provincia De Arequipa,” Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2018.
- [3] G. Morales, “EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD LLIMPE GRANDE, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA,” Universidad Técnica de Ambato, 2021.
- [4] F. Morales, S. Medina, and E. Paredes, “BIOFILTRACIÓN SOBRE CAMA DE TURBA, PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL LAVADO DE JEANS,” *Publicando*, vol. 4, no. 10, 2017, Accessed: Oct. 04, 2022. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/328615274\\_BIOFILTRACION\\_SOBRE\\_CAMA\\_DE\\_TURBA\\_PARA\\_EL\\_TRATAMIENTO\\_DE\\_AGUAS\\_RESIDUALES\\_PROVENIENTES\\_DEL\\_LAVADO\\_DE\\_JEANS](https://www.researchgate.net/publication/328615274_BIOFILTRACION_SOBRE_CAMA_DE_TURBA_PARA_EL_TRATAMIENTO_DE_AGUAS_RESIDUALES_PROVENIENTES_DEL_LAVADO_DE_JEANS).
- [5] F. Morales, L. Maldonado, G. Núñez, G. Paredes, and R. Hechavarría, “Filtro con elementos de bagazo de caña de azúcar para el tratamiento de aguas residuales de lavadoras de autos en la ciudad de Ambato, Ecuador,” *Tecnol. y Ciencias del Agua*, Sep. 2022, Accessed: Oct. 04, 2022. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/363413811\\_Filter\\_based\\_on\\_sugar\\_cane\\_bagset\\_for\\_the\\_treatment\\_of\\_wastewater\\_from\\_car\\_washers\\_in\\_the\\_city\\_of\\_Ambato\\_Ecuador](https://www.researchgate.net/publication/363413811_Filter_based_on_sugar_cane_bagset_for_the_treatment_of_wastewater_from_car_washers_in_the_city_of_Ambato_Ecuador).
- [6] INEC, “Indicadores ODS de agua, saneamiento e higiene en Ecuador,” 2016. Accessed: Aug. 15, 2022. [Online]. Available:

[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Libros/Diagnostico\\_ASH\\_pobreza\\_INEC\\_BM.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Libros/Diagnostico_ASH_pobreza_INEC_BM.pdf).

- [7] INEC, “Boletín Técnico No 04-2020-GAD Municipales Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales Gestión de Agua Potable y Saneamiento,” 2021. [Online]. Available: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Municipios\\_2020/Agua\\_potable\\_alcantarillado\\_2020/Boletin\\_tecnico\\_APA\\_2020\\_VF.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2020/Agua_potable_alcantarillado_2020/Boletin_tecnico_APA_2020_VF.pdf).
- [8] A. Barreno, “Las aguas residuales domésticas y su incidencia en las condiciones sanitarias de los habitantes de la comunidad Yayulihú del cantón Quero, provincia de Tungurahua,” Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2015.
- [9] GADPR San Andrés, *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL 2019 - 2023, PARROQUIA RURAL SAN ANDRÉS DE PÍLLARO*. Ecuador, 2019.
- [10] Corantioquia, “MANUAL DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y CONTROL DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.” San Andrés de Cuerquía, Accessed: Aug. 15, 2022. [Online]. Available: [https://www.corantioquia.gov.co/ciadoc/SANEAMIENTO\\_BÁSICO/AIRNR\\_CN\\_7266\\_2006\\_MANUAL\\_OPERACION\\_MANTENIMIENTO.pdf](https://www.corantioquia.gov.co/ciadoc/SANEAMIENTO_BÁSICO/AIRNR_CN_7266_2006_MANUAL_OPERACION_MANTENIMIENTO.pdf).
- [11] I. Chiriboga, “EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ‘ UBILLUS ’, EN LA PARROQUIA PINTAG E,” Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2016.
- [12] N. Totewad, P. Biswaranjan, and S. Warangkar, “CONVENTIONAL AND ADVANCEDTECHNOLOGIES FOR BIOREMEDIATION OF WASTEWATER POLLUTANTS,” *Int. J. Adv. Res.*, Jul. 2022, doi: 10.21474/IJAR01/15044.
- [13] Metcalf and Eddy Inc, *Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido*



y reutilización., McGraw-Hil. Aravaca, Madrid, 1995.

- [14] J. Cirujeda, *Aguas residuales urbanas*, 1st ed. España: Elearning S. L, 2019.
- [15] A. Gary *et al.*, *Tratamiento biológico de aguas residuales: principios, modelación y diseño*, 1st ed. IWA Publishing, 2017.
- [16] G. K. C. Ding, “Wastewater Treatment and Reuse-The Future Source of Water Supply,” *Encycl. Sustain. Technol.*, pp. 43–52, Jul. 2017, doi: 10.1016/B978-0-12-409548-9.10170-8.
- [17] S. López and S. Martín, *Depuración de aguas residuales*, 5.1. España: Elearning S. L., 2015.
- [18] Eco-Intellutions, “Tipos de Aguas Residuales, ¿cuántos existen y qué contienen?,” Feb. 13, 2019. <https://ecointell.com.mx/plantas-de-tratamiento-de-agua/tipos-de-aguas-residuales-cuantos-existen-y-que-contienen> (accessed Aug. 27, 2022).
- [19] Fibras y Normas de Colombia S. A. S., “AGUAS RESIDUALES: CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS.” <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/aguas-residuales-clasificacion-y-caracteristicas/> (accessed Aug. 27, 2022).
- [20] Innotec Laboratorios, “Características de aguas residuales,” Jun. 17, 2021. <https://www.innotec-laboratorios.es/la-importancia-y-caracteristicas-de-las-aguas-residuales/> (accessed Aug. 27, 2022).
- [21] F. Wollmann *et al.*, “Microalgae wastewater treatment: Biological and technological approaches,” *Eng. Life Sci.*, vol. 19, no. 12, pp. 860–871, 2019, doi: 10.1002/elsc.201900071.
- [22] F. García, *Minimización de vertidos para el desarrollo sostenible*, 1st ed. España: Elearning S. L., 2019.
- [23] M. Quispe, L. Piña, J. Del Valle, and F. Aguirre, *Aplicaciones tecnológicas de tratamiento de aguas residuales*, 1st ed. México: Nosótrica Ediciones, 2020.
- [24] K. Barbusiński and K. Filipek, “Water and Wastewater Treatment: Selected

- Topics,” *Clean Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 91–96, Feb. 2022, doi: 10.3390/CLEANTECHNOL4010007.
- [25] M. Díaz, *Ecuaciones y cálculos para el tratamiento de aguas*. España: Paraninfo, S. A., 2018.
- [26] R. Crites and G. Tchobanoglous, *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones*, McGraw-Hil. Santafé de Bogotá, Colombia, 2000.
- [27] E. Kwaku *et al.*, “Emerging Trends in Wastewater Treatment Technologies: The Current Perspective,” in *Promising Techniques for Wastewater Treatment and Water Quality Assessment*, IntechOpen, 2021.
- [28] S. Al-Saydeh, M. El-Naas, and S. Zaidi, “Copper removal from industrial wastewater: A comprehensive review,” *J. Ind. Eng. Chem.*, vol. 56, pp. 35–44, Jul. 2017, doi: 10.1016/J.JIEC.2017.07.026.
- [29] A. Burakov *et al.*, “Adsorption of heavy metals on conventional and nanostructured materials for wastewater treatment purposes: A review,” *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 2017, doi: 10.1016/j.ecoenv.2017.11.034.
- [30] E. Novita, I. Andriyani, E. S. Hartiningsih, and H. A. Pradana, “Characterisation of Laboratory Wastewater for Planning Wastewater Treatment Plants in a University Campus in Indonesia,” *Ecol. Environ. Conserv.*, pp. S45–S50, 2022, doi: 10.53550/EEC.2022.V28I04S.007.
- [31] U. Carreño, “*Buchón de agua*” (*eichhornia crassipes*): *impulsor de la fitorremediación*, 1st ed. Bogotá: Fundación Universitaria Los Libertadores, 2020.
- [32] R. Ramalho, *Tratamiento de aguas residuales*, 2nd ed. Barcelona: Reverté, S. A., 2021.
- [33] E. Szatyłowicz, I. Skoczko, and P. Puzowski, “Method of Estimating the Carbon Footprint of Wastewater Treatment Plants,” *Environ. Sci. Proc.*, p. 30, Nov. 2021, doi: 10.3390/ENVIRONSCIPROC2021009030.
- [34] F. Tampubolon, A. Yuwono, A. Tambunan, and N. Achsani, “Process of Life Cycle Installation of Wastewater Treatment and up to Water Reuse,” *Nat.*

*Environ. Pollut. Technol.*, vol. 21, no. 1, pp. 111–118, May 2022, doi: 10.46488/NEPT.2022.V21I01.012.

- [35] J. Sarmiento and K. Ovalle, “Análisis de los factores y operaciones unitarias y propuesta de alternativa técnica para la operación de la PTAR de Guasca - Cundinamarca,” *Cienc. Unisalle*, 2020, Accessed: Aug. 28, 2022. [Online]. Available: [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria/1849](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1849).
- [36] Gerencia Regional de Salud de Arequipa, “NORMA TÉCNICA I.S. 020 TANQUES SÉPTICOS.” Arequipa, 2015, Accessed: Aug. 28, 2022. [Online]. Available: [https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas\\_Legales/saneamiento/IS.020.pdf](https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/saneamiento/IS.020.pdf).
- [37] M. Duarte and M. Galindo, “Descripción de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas más utilizados en Colombia y análisis de la situación actual de los vertimientos directos de los efluentes líquidos producidos por la red del alcantarillado urbano del municipio de Sylvania (Cundinamarca),” *Universid Nacional Abierta y a Distancia*, Cundinamarca, Colombia, 2018.
- [38] D. Mayorga, “OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE LA PLANTA N° 2 SECTOR CACAHUANGO DEL CANTON MOCHA,” *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*, Riobamba, 2015.
- [39] Blogspot, “FILTRO PERCOLADOR,” Mar. 11, 2019. <https://filtropercolador.blogspot.com/2019/03/1.html> (accessed Aug. 28, 2022).
- [40] L. Cuenca, “Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Tingo la Esperanza, ubicada en el cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi,” *Universidad Central del Ecuador*, Quito, 2018.
- [41] S. Krishnamoorthy, R. Selvasembian, G. Rajendran, S. Raja, and T. Wintgens, “Editorial: Emerging technologies for wastewater treatment and reuse,” *Water Sci. Technol.*, vol. 80, no. 11, pp. III–IV, Dec. 2019, doi:

10.2166/WST.2020.088.

- [42] C. Menéndez, J. Perez, and J. Zumalacárregui, “Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales mediante filtros percoladores: Control de la operación mantenimiento y muestreo,” Oct. 2015. Accessed: Aug. 25, 2022. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/284446077\\_Plantas\\_de\\_tratamiento\\_de\\_aguas\\_residuales\\_Filtros\\_percoladores](https://www.researchgate.net/publication/284446077_Plantas_de_tratamiento_de_aguas_residuales_Filtros_percoladores).
- [43] DAGA, “Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales: ¿Qué pasa en ellas?,” Jan. 31, 2020. <https://dagaequipment.com/es/b/blog/p/plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-que-pasa-en-ellas-7> (accessed Aug. 25, 2022).
- [44] I. Smarte, J. Adedeji, S. Okiemute, and S. Lewis, “Available Technologies for Wastewater Treatment,” in *IntechOpen*, IntechOpen, 2022.
- [45] V. Muñoz and J. Álvarez, *Bases de la Ingeniería Ambiental*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2018.
- [46] M. S. Iftekhar, L. Blackmore, and J. Fogarty, “Non-residential demand for recycled water for outdoor use in a groundwater constrained environment,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 164, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.RESCONREC.2020.105168.
- [47] N. Srivastava, J. Chattopadhyay, A. Yashi, and T. Rathore, *Heavy Metals Removal Techniques from Industrial Waste Water*. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 2022.
- [48] A. Abarkan, N. Grimi, H. Métayer, T. S. Houssaini, and C. Legallais, “Electrodialysis Can Lower the Environmental Impact of Hemodialysis,” *Membranes (Basel)*, vol. 12, no. 1, 2022, doi: 10.3390/membranes12010045.
- [49] S. Álvarez, A. Rodríguez, G. Ovejero, and J. García, “La Adsorción como alternativa de tratamiento de contaminantes emergentes en aguas,” *Univ. Complut. Madrid*, vol. 1, 2015.

- [50] Ministerio del Ambiente, *Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente - Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua*. Quito, 2015.
- [51] INEN, *NTE INEN 2169 Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras*, Primera ed. Quito, 2013.
- [52] Ministerio del Ambiente, “Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua,” in *Registro Oficial: Suplemento 387 - ANEXO 1 del Libro VI del TULSMA*, Quito, 2015, pp. 20–23.
- [53] CONAGUA, *Manual de Agua Potable , Alcantarillado y Saneamiento. Diseño de Plantas de Tratamiento de aguas residuales municipales: Pretratamiento y Tratamiento Primario (libro 26)*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2015.
- [54] Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, “Tratamiento de Aguas Residuales, Sección II, Título E,” in *Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable y Saneamiento Básico RAS - 2000*, Bogotá, 2000.
- [55] Organización Panamericana de la Salud, *Especificaciones Técnicas para el Diseño de Trampa de Grasa*. Perú, 2003.
- [56] Organización Panamericana de la Salud, “Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización.” Perú, 2005.
- [57] CONAGUA, *Manual de Agua Potable , Alcantarillado y Saneamiento Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales : Filtros anaerobios de flujo ascendente (libro 29)*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2015.

ANEXOS

**ANEXO A:  
RESULTADOS  
LABORATORIO AGUA  
RESIDUAL**



# LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. SAE LEN 17-012

Nº SE: 056-22

## INFORME DE ANÁLISIS

**NOMBRE:** Myrka Estefanía Guevara Lavayen<sup>1</sup>

**INFORME N.º** 056 - 22

**EMPRESA:** Proyecto de Tesis UTA<sup>1</sup>

**N.º SE:** 056 - 22

**DIRECCIÓN:** Pillaro<sup>1</sup>

**TELÉFONO:** 0969500888<sup>1</sup>

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 11/10/2022

**FECHA DE INFORME:** 18/10/2022

**NÚMERO DE MUESTRAS:** 2, Agua residual, Cantón Pillaro, PTAR Infiernillo<sup>1</sup>

**TIPO DE MUESTRA:**

**IDENTIFICACIÓN:** MA - 110-22 Entrada<sup>1</sup>  
MA - 111-22 Salida<sup>1</sup>

Agua residual  
Agua residual

<b>Condiciones Ambientales</b>	<b>T máx:</b>	25 °C
	<b>T mín:</b>	10°C

El laboratorio se responsabiliza únicamente del análisis, no de la obtención las muestras.

## RESULTADO DE ANÁLISIS

**MA – 110-22**

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	PE-LSA-01	8,31	+/- 0,08	11/10/2022
* DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220 - D	727	N/A	11/10/2022
* DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	STANDARD METHODS 5210 - B	368	N/A	11/10/2022
* Sólidos Suspendidos	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - D	881	N/A	11/10/2022
* Sólidos Totales	mg/L	STANDARD METHODS 2540 B	1843	N/A	11/10/2022

**MA – 111-22**

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	PE-LSA-01	7,09	+/- 0,08	11/10/2022

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).

- Los ensayos marcados con (\*) no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.

1. Información proporcionada por el cliente. LSA no se responsabiliza de dicha información

-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

-LSA libera su responsabilidad por la información proporcionada por el cliente y el uso que se le dará a los resultados



# LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. SAE LEN 17-012

Nº SE: 056-22

* DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220 - D	122	N/A	11/10/2022
* DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	STANDARD METHODS 5210 - B	66	N/A	11/10/2022
* Sólidos Suspendidos	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - D	38	N/A	11/10/2022
* Sólidos Totales	mg/L	STANDARD METHODS 2540 B	250	N/A	11/10/2022

**MÉTODOS UTILIZADOS:** Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 23º EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 23º EDICIÓN.

**REGLA DE DECISIÓN ACORDADA:** No aplica

## RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara  
Benito Mendoza T., Ph.D.



Firmado electrónicamente por:

**JUAN CARLOS  
LARA ROMERO**

Dr. Juan Carlos Lara R.  
**TECNICO L.S.A.**

- 
- Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
  - Los ensayos marcados con (\*) no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.
  - 1. Información proporcionada por el cliente. LSA no se responsabiliza de dicha información
  - Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.
  - LSA libera su responsabilidad por la información proporcionada por el cliente y el uso que se le dará a los resultados



**ANEXO B:**  
**PRESUPUESTO Y**  
**ANÁLISIS DE**  
**PRECIOS UNITARIOS**

**INSTITUCIÓN:** UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
**PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA  
**UBICACIÓN:** CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO  
**ELABORADO POR:** MYRKA GUEVARA

**TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS**

No.	RUBRO/DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO GLOBAL
<b>ESTABILIZACIÓN DEL TALUD</b>					
1	LIMPIEZA Y RETIRO MANUAL DE CAPA VEGETAL DEL TALUD	m2	247.50	1.06	262.76
2	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOMALLA BIAXIAL BX 3030	m2	247.50	8.18	2,025.43
3	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL NO TEJIDO NT-1600	m2	247.50	3.19	790.58
<i>TOTAL</i>					3,078.77
<b>CONSTRUCCIÓN DE BORDILLO 0.15 x 0.15 m</b>					
4	HORMIGÓN S. EN BORDILLO (f <sub>c</sub> =210 kg/cm <sup>2</sup> - 0.15x0.15 m) INCLUYE ENCOFRADO	m3	0.70	117.06	81.83
<i>TOTAL</i>					81.83
<b>LIMPIEZA Y DESBROCE DE LA VEGETACIÓN</b>					
5	LIMPIEZA Y DESBROCE MANUAL DE ÁREA CON VEGETACIÓN	m2	719.35	0.82	590.14
<i>TOTAL</i>					590.14
<b>PINTURA</b>					
6	PINTURA DE CAUCHO LÁTEX VINILO ACRÍLICO, EXTERIOR	m2	162.38	4.36	707.98
7	SERVICIO DE PINTURA EN MALLA Y TUBOS DE CERRAMIENTO	m2	226.38	5.25	1,188.81
<i>TOTAL</i>					1,896.79
<b>COLOCACIÓN DE SEÑALÉTICA</b>					
8	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SEÑALÉTICA TRIANGULAR DE PVC DE 297x210 mm, DE ADVERTENCIA	U	6.00	7.95	47.68
9	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SEÑALÉTICA CIRCULAR DE PVC DE 297x210 mm, DE PROHIBICIÓN	U	2.00	7.95	15.89
10	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SEÑALÉTICA RECTANGULAR DE PVC DE 297x210 mm, INFORMATIVA	U	5.00	22.08	110.41
11	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE LETRERO DE OBRA	U	1.00	62.85	62.85
<i>TOTAL</i>					236.83
<b>CONSTRUCCIÓN DE CUBIERTA EN ESTRUCTURA METÁLICA</b>					
12	EXCAVACIÓN MANUAL DE CIMIENTOS Y PLINTOS, SUELO SIN CLASIFICAR	m3	3.75	7.39	27.74
13	REPLANTILLO DE HORMIGÓN S. f <sub>c</sub> =180 kg/cm <sup>2</sup>	m3	0.40	100.12	40.05
14	HORMIGÓN S. EN CADENAS f <sub>c</sub> =180 kg/cm <sup>2</sup> , INCLUYE ENCOFRADO	m3	0.52	119.71	61.77
15	HORMIGÓN CICLÓPEO f <sub>c</sub> =180 kg/cm <sup>2</sup> , INCLUYE ENCOFRADO	m3	1.70	94.98	161.08
16	HORMIGÓN S. EN PLINTOS f <sub>c</sub> =210 kg/cm <sup>2</sup> INCL. ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m3	1.00	119.71	119.71
17	HORMIGÓN S. EN COLUMNAS f <sub>c</sub> =210 KG/CM <sup>2</sup> INCL. ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m3	0.38	122.11	46.16
18	ACERO DE REFUERZO f <sub>y</sub> = 4200 kg/cm <sup>2</sup>	kg	210.51	2.06	433.04
19	ENTECHADO DE GALVALUME e =0.40 mm	m2	72.60	15.23	1,105.64
20	ACERO ESTRUCTURAL IPE 200 (INCLUYE PINTURA BASE Y POLIURETANO)	kg	288.20	16.00	4,610.20

21	ACERO ESTRUCTURAL HEB 140X3 (INCLUYE PINTURA BASE Y POLIURETANO)	kg	677.28	15.32	10,375.53
22	CORREAS TIPO G 125X50X15X3 (INCLUYE PINTURA BASE Y POLIURETANO)	kg	484.11	15.32	7,416.28
23	CANAL RECOLECTOR DE AA LL H=15 CM, A=30 CM, TOOL GALVANIZADO	ml	11.00	14.67	161.35
24	BAJANTE DE AGUA LLUVIA PVC 110 mm INCLUYE CONO	u	1.00	27.15	27.15
<i><u>TOTAL</u></i>					24,585.69
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>					30,470.05



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



**PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA  
**UBICACIÓN:** CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 1 DE 24

RUBRO : 1

UNIDAD: m2

DETALLE : LIMPIEZA Y RETIRO MANUAL DE CAPA VEGETAL DEL TALUD

<i>EQUIPO</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>TARIFA</i> <i>B</i>	<i>COSTO HORA</i> <i>C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO</i> <i>R</i>	<i>COSTO</i> <i>D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.04
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.04</b>

<i>MANO DE OBRA</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>JORNAL/HR</i> <i>B</i>	<i>COSTO HORA</i> <i>C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO</i> <i>R</i>	<i>COSTO</i> <i>D=CxR</i>
PEÓN EO E2	1.00	3.83	3.83	0.220	0.84
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>0.84</b>

<i>MATERIALES</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>PRECIO UNIT.</i> <i>B</i>	<i>COSTO</i> <i>C=AxB</i>
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>0.00</b>

<i>TRANSPORTE</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>TARIFA</i> <i>B</i>	<i>COSTO</i> <i>C=AxB</i>
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0.00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	0.88	
<b>INDIRECTOS (%)</b>	20.00%	0.18
<b>UTILIDAD (%)</b>	0.00%	0.00
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	1.06	
<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>1.06</b>	

SON: UN DÓLARES, 06/100 CENTAVOS  
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

AMBATO, 27 DE ENERO DE 2023

MYRKA GUEVARA  
ELABORADO POR:



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



**PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA  
**UBICACIÓN:** CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 2 DE 24

RUBRO : 2

UNIDAD: m2

DETALLE : SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOMALLA BIAxIAL BX 3030

ESPECIFICACIONES:

<i>EQUIPO</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>TARIFA</i> <i>B</i>	<i>COSTO HORA</i> <i>C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO</i> <i>R</i>	<i>COSTO</i> <i>D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.12
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.12</b>

<i>MANO DE OBRA</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>JORNAL/HR</i> <i>B</i>	<i>COSTO HORA</i> <i>C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO</i> <i>R</i>	<i>COSTO</i> <i>D=CxR</i>
PEÓN EO E2	2.00	3.83	7.66	0.220	1.69
ALBAÑIL EO D2	1.00	3.87	3.87	0.160	0.62
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>2.30</b>

<i>MATERIALES</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>PRECIO UNIT.</i> <i>B</i>	<i>COSTO</i> <i>C=AxB</i>
GEOMALLA BIAxIAL BX 3030	m2	1.000	3.90	3.90
PIQUETA DE ANCLAJE DE ANCLAJE EN FORMA DE L D = 6 mm	u	2.00	0.25	0.50
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>4.40</b>

<i>TRANSPORTE</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>TARIFA</i> <i>B</i>	<i>COSTO</i> <i>C=AxB</i>
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0.00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	6.82	
<b>INDIRECTOS (%)</b>	20.00%	1.36
<b>UTILIDAD (%)</b>	0.00%	0.00
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	8.18	
<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>8.18</b>	

SON: OCHO DÓLARES, 18/100 CENTAVOS  
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

AMBATO, 27 DE ENERO DE 2023

MYRKA GUEVARA  
ELABORADO POR:



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**



**PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA  
**UBICACIÓN:** CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**HOJA 3 DE 24**

RUBRO : 3

UNIDAD: m2

DETALLE : SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL NO TEJIDO NT-1600

ESPECIFICACIONES:

<i>EQUIPO</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>TARIFA</i> <i>B</i>	<i>COSTO HORA</i> <i>C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO</i> <i>R</i>	<i>COSTO</i> <i>D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.07
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.07</b>

<i>MANO DE OBRA</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>JORNAL/HR</i> <i>B</i>	<i>COSTO HORA</i> <i>C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO</i> <i>R</i>	<i>COSTO</i> <i>D=CxR</i>
PEÓN EO E2	1.00	3.83	3.83	0.220	0.84
ALBAÑIL EO D2	1.00	3.87	3.87	0.160	0.62
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>1.46</b>

<i>MATERIALES</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>PRECIO UNIT.</i> <i>B</i>	<i>COSTO</i> <i>C=AxB</i>
GEOTEXTIL NO TEJIDO NT - 1600	m2	1.100	0.57	0.63
PIQUETA DE ANCLAJE DE ANCLAJE EN FORMA DE L D = 6 mm	u	2.00	0.25	0.50
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>1.13</b>

<i>TRANSPORTE</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>TARIFA</i> <i>B</i>	<i>COSTO</i> <i>C=AxB</i>
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0.00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	2.66
<b>INDIRECTOS (%)</b>	20.00%
<b>UTILIDAD (%)</b>	0.00%
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	3.19
<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>3.19</b>

SON: TRES DÓLARES, 19/100 CENTAVOS  
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

AMBATO, 27 DE ENERO DE 2023

MYRKA GUEVARA  
**ELABORADO POR:**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**



**PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA  
**UBICACIÓN:** CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**HOJA 4 DE 24**

RUBRO : 4

UNIDAD: m3

DETALLE : HORMIGÓN S. EN BORDILLO ( $f_c=210 \text{ kg/cm}^2 - 0.15 \times 0.15 \text{ m}$ ) INCLUYE ENCOFRADO

ESPECIFICACIONES: ENCOFRADO 2 LADOS

<i>EQUIPO</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>TARIFA</i> <i>B</i>	<i>COSTO HORA</i> <i>C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO</i> <i>R</i>	<i>COSTO</i> <i>D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.39
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.39</b>

<i>MANO DE OBRA</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>JORNAL/HR</i> <i>B</i>	<i>COSTO HORA</i> <i>C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO</i> <i>R</i>	<i>COSTO</i> <i>D=CxR</i>
PEÓN EO E2	1.00	3.83	3.83	0.800	3.06
ALBAÑIL EO D2	1.00	3.87	3.87	0.800	3.10
MAESTRO MAYOR EJEC OBRAS CIVIL EO C1	0.50	4.29	2.15	0.800	1.72
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>7.88</b>

<i>MATERIALES</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>PRECIO UNIT.</i> <i>B</i>	<i>COSTO</i> <i>C=AxB</i>
CEMENTO	saco	7.200	7.50	54.00
ARENA	m3	0.650	12.00	7.80
RIPIO	m3	0.950	13.00	12.35
AGUA	m3	0.221	0.80	0.18
ACEITE QUEMADO	galon	0.300	0.80	0.24
TABLA DE ENCOFRADO 0.30x2.40 m	u	3.500	2.20	7.70
ALFAJIAS 5x5x240 cm	m	4.000	0.60	2.40
CLAVOS 2 y 2 1/2"	Kg	0.650	3.10	2.02
PUNTALES 7*7*240 cm	m	6.500	0.40	2.60
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>89.28</b>

<i>TRANSPORTE</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>TARIFA</i> <i>B</i>	<i>COSTO</i> <i>C=AxB</i>
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0.00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	97.55
<b>INDIRECTOS (%)</b>	19.51
<b>UTILIDAD (%)</b>	0.00
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	117.06
<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>117.06</b>

SON: CIENTO DIEZ Y SIETE DÓLARES, 06/100 CENTAVOS

**ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA**

AMBATO, 27 DE ENERO DE 2023

MYRKA GUEVARA  
**ELABORADO POR:**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA  
UBICACIÓN: CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 5 DE 24

RUBRO : 5

UNIDAD: m2

DETALLE : LIMPIEZA Y DESBROCE MANUAL DE ÁREA CON VEGETACIÓN

<i>EQUIPO</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>TARIFA</i> <i>B</i>	<i>COSTO HORA</i> <i>C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO</i> <i>R</i>	<i>COSTO</i> <i>D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.03
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.03</b>

<i>MANO DE OBRA</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>JORNAL/HR</i> <i>B</i>	<i>COSTO HORA</i> <i>C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO</i> <i>R</i>	<i>COSTO</i> <i>D=CxR</i>
PEÓN EO E2	1.00	3.83	3.83	0.170	0.65
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>0.65</b>

<i>MATERIALES</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>PRECIO UNIT.</i> <i>B</i>	<i>COSTO</i> <i>C=AxB</i>
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>0.00</b>

<i>TRANSPORTE</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>TARIFA</i> <i>B</i>	<i>COSTO</i> <i>C=AxB</i>
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0.00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	0.68
<b>INDIRECTOS (%)</b>	20.00%
<b>UTILIDAD (%)</b>	0.00%
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	0.82
<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>0.82</b>

SON: CERO DÓLARES, 82/100 CENTAVOS  
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

AMBATO, 27 DE ENERO DE 2023

MYRKA GUEVARA  
ELABORADO POR:





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



**PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA  
**UBICACIÓN:** CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 6 DE 24

RUBRO : 6

UNIDAD: m2

DETALLE : PINTURA DE CAUCHO LÁTEX VINILO ACRÍLICO, EXTERIOR

<i>EQUIPO DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.11
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.11</b>

<i>MANO DE OBRA DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>JORNAL/HR B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
PINTOR EO D2	1.00	3.87	3.87	0.250	0.97
PEÓN EO E2	1.00	3.83	3.83	0.250	0.96
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>2.15</b>

<i>MATERIALES DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
PINTURA LATEX VINYL	galon	0.070	18.21	1.27
LIJA N100 (PLIEGO)	u	0.200	0.50	0.10
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>1.37</b>

<i>TRANSPORTE DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0.00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	3.63
<b>INDIRECTOS (%)</b>	20.00%
<b>UTILIDAD (%)</b>	0.00%
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	4.36
<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>4.36</b>

SON: CUATRO DÓLARES, 36/100 CENTAVOS  
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

AMBATO, 27 DE ENERO DE 2023

MYRKA GUEVARA  
ELABORADO



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**



**PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA  
**UBICACIÓN:** CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**HOJA 7 DE 24**

RUBRO : 7

UNIDAD: m2

DETALLE : SERVICIO DE PINTURA EN MALLA Y TUBOS DE CERRAMIENTO

<b>EQUIPO</b> <b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b> <b>A</b>	<b>TARIFA</b> <b>B</b>	<b>COSTO HORA</b> <b>C=AxB</b>	<b>RENDIMIENTO</b> <b>R</b>	<b>COSTO</b> <b>D=CxR</b>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.16
Andamio	0.10	2.50	0.25	0.17	0.04
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.20</b>

<b>MANO DE OBRA</b> <b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b> <b>A</b>	<b>JORNAL/HR</b> <b>B</b>	<b>COSTO HORA</b> <b>C=AxB</b>	<b>RENDIMIENTO</b> <b>R</b>	<b>COSTO</b> <b>D=CxR</b>
PINTOR EO D2	0.60	3.87	2.32	0.800	1.86
PEÓN EO E2	0.60	3.83	2.30	0.600	1.38
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>3.24</b>

<b>MATERIALES</b> <b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b> <b>A</b>	<b>PRECIO UNIT.</b> <b>B</b>	<b>COSTO</b> <b>C=AxB</b>
THINNER COMERCIAL	lt	0.010	13.95	0.14
LIJA DE AGUA N80	u	0.100	0.39	0.04
LIJA DE AGUA N100	u	0.100	0.34	0.03
PINTURA ESMALTE	galon	0.030	18.20	0.55
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>0.76</b>

<b>TRANSPORTE</b> <b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b> <b>A</b>	<b>TARIFA</b> <b>B</b>	<b>COSTO</b> <b>C=AxB</b>
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0.00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	4.38
<b>INDIRECTOS (%)</b>	20.00%
<b>UTILIDAD (%)</b>	0.00%
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	5.25
<b>VALOR UNITARIO</b>	5.25

SON: CINCO DÓLARES, 25/100 CENTAVOS  
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

AMBATO, 27 DE ENERO DE 2023

MYRKA GUEVARA  
**ELABORADO**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



**PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA  
**UBICACIÓN:** CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 8 DE 24

RUBRO : 8

UNIDAD: U

DETALLE : SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SEÑALÉTICA TRIANGULAR DE PVC DE 297x210 mm, DE ADVERTENCIA

<i>EQUIPO</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>TARIFA</i> <i>B</i>	<i>COSTO HORA</i> <i>C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO</i> <i>R</i>	<i>COSTO</i> <i>D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.02
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.02</b>

<i>MANO DE OBRA</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>JORNAL/HR</i> <i>B</i>	<i>COSTO HORA</i> <i>C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO</i> <i>R</i>	<i>COSTO</i> <i>D=CxR</i>
PEÓN EO E2	0.17	3.83	0.65	0.500	0.33
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>0.33</b>

<i>MATERIALES</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>PRECIO UNIT.</i> <i>B</i>	<i>COSTO</i> <i>C=AxB</i>
SEÑAL DE ADVERTENCIA, DE PVC SERIGRAFIADO, DE 297x210 mm, CON PICTOGRAMA NEGRO DE FORMA TRIANGULAR SOBRE FONDO AMARILLO	u	1.000	5.18	5.18
KIT ADHESIVO PARA FIJACIÓN DE SEÑALES DE SEGURIDAD Y SALUD	u	1.000	1.10	1.10
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>6.28</b>

<i>TRANSPORTE</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>TARIFA</i> <i>B</i>	<i>COSTO</i> <i>C=AxB</i>
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0.00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	6.62	
<b>INDIRECTOS (%)</b>	20.00%	1.32
<b>UTILIDAD (%)</b>	0.00%	0.00
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	7.95	
<b>VALOR UNITARIO</b>	7.95	

SON: SIETE DÓLARES, 95/100 CENTAVOS  
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

AMBATO, 27 DE ENERO DE 2023

MYRKA GUEVARA  
ELABORADO



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**



**PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA  
**UBICACIÓN:** CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**HOJA 9 DE 24**

RUBRO : 9

UNIDAD: U

DETALLE : SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SEÑALÉTICA CIRCULAR DE PVC DE 297x210 mm, DE PROHIBICIÓN

<i>EQUIPO</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>TARIFA</i> <i>B</i>	<i>COSTO HORA</i> <i>C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO</i> <i>R</i>	<i>COSTO</i> <i>D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.02
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.02</b>

<i>MANO DE OBRA</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>JORNAL/HR</i> <i>B</i>	<i>COSTO HORA</i> <i>C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO</i> <i>R</i>	<i>COSTO</i> <i>D=CxR</i>
PEÓN EO E2	0.17	3.83	0.65	0.500	0.33
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>0.33</b>

<i>MATERIALES</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>PRECIO UNIT.</i> <i>B</i>	<i>COSTO</i> <i>C=AxB</i>
SEÑAL DE ADVERTENCIA, DE PVC SERIGRAFIADO, DE 297x210 mm, CON PICTOGRAMA ROJO DE FORMA CIRCULAR SOBRE FONDO BLANCO	u	1.000	5.18	5.18
KIT ADHESIVO PARA FIJACIÓN DE SEÑALES DE SEGURIDAD Y SALUD	u	1.000	1.10	1.10
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>6.28</b>

<i>TRANSPORTE</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>TARIFA</i> <i>B</i>	<i>COSTO</i> <i>C=AxB</i>
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0.00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	6.62
<b>INDIRECTOS (%)</b>	20.00%
<b>UTILIDAD (%)</b>	0.00%
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	7.95
<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>7.95</b>

SON: SIETE DÓLARES, 95/100 CENTAVOS  
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

AMBATO, 27 DE ENERO DE 2023

MYRKA GUEVARA  
**ELABORADO POR:**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



**PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA  
**UBICACIÓN:** CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 10 DE 24

RUBRO : 10

UNIDAD: U

DETALLE : SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SEÑALÉTICA RECTANGULAR DE PVC DE 297x210 mm, INFORMATIVA

<i>EQUIPO</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>TARIFA</i> <i>B</i>	<i>COSTO HORA</i> <i>C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO</i> <i>R</i>	<i>COSTO</i> <i>D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.02
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.02</b>

<i>MANO DE OBRA</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>JORNAL/HR</i> <i>B</i>	<i>COSTO HORA</i> <i>C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO</i> <i>R</i>	<i>COSTO</i> <i>D=CxR</i>
PEÓN EO E2	0.17	3.83	0.65	0.500	0.33
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>0.33</b>

<i>MATERIALES</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>PRECIO UNIT.</i> <i>B</i>	<i>COSTO</i> <i>C=AxB</i>
SEÑALÉTICA INFORMATIVA DE PVC, 297x210 mm, CON PICTOGRAMA DE COLORES DE FORMA RECTANGULAR SOBRE FONDO BLANCO	u	1.000	16.96	16.96
KIT ADHESIVO PARA FIJACIÓN DE SEÑALES DE SEGURIDAD Y SALUD	u	1.000	1.10	1.10
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>18.06</b>

<i>TRANSPORTE</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>TARIFA</i> <i>B</i>	<i>COSTO</i> <i>C=AxB</i>
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0.00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	18.40	
<b>INDIRECTOS (%)</b>	20.00%	3.68
<b>UTILIDAD (%)</b>	0.00%	0.00
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	22.08	
<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>22.08</b>	

SON: VEINTIDOS DÓLARES, 08/100 CENTAVOS  
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

AMBATO, 27 DE ENERO DE 2023

MYRKA GUEVARA  
ELABORADO POR:



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



**PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA  
**UBICACIÓN:** CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 11 DE 24

RUBRO : 11

UNIDAD: U

DETALLE : SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE LETRERO DE OBRA

<i>EQUIPO</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>TARIFA</i> <i>B</i>	<i>COSTO HORA</i> <i>C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO</i> <i>R</i>	<i>COSTO</i> <i>D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.30
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.30</b>

<i>MANO DE OBRA</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>JORNAL/HR</i> <i>B</i>	<i>COSTO HORA</i> <i>C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO</i> <i>R</i>	<i>COSTO</i> <i>D=CxR</i>
MAESTRO MAYOR EJEC OBRAS CIVIL EO C1	1.00	4.29	4.29	0.500	2.15
PEÓN EO E2	1.00	3.83	3.83	1.000	3.83
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>5.98</b>

<i>MATERIALES</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>PRECIO UNIT.</i> <i>B</i>	<i>COSTO</i> <i>C=AxB</i>
LETRERO DE OBRA	u	1.000	45.00	45.00
KIT ADHESIVO PARA FIJACIÓN DE SEÑALES DE SEGURIDAD Y SALUD	u	1.000	1.10	1.10
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>46.10</b>

<i>TRANSPORTE</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>TARIFA</i> <i>B</i>	<i>COSTO</i> <i>C=AxB</i>
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0.00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	52.37
<b>INDIRECTOS (%)</b>	20.00% 10.47
<b>UTILIDAD (%)</b>	0.00% 0.00
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	62.85
<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>62.85</b>

SON: SESENTA Y DOS DÓLARES, 85/100 CENTAVOS  
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

AMBATO, 27 DE ENERO DE 2023

MYRKA GUEVARA  
ELABORADO POR:



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



**PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA  
**UBICACIÓN:** CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 12 DE 24

RUBRO : 12

UNIDAD: m3

DETALLE : EXCAVACIÓN MANUAL DE CIMIENTOS Y PLINTOS, SUELO SIN CLASIFICAR

ESPECIFICACIONES: SUELO NATURAL

<i>EQUIPO</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>TARIFA</i> <i>B</i>	<i>COSTO HORA</i> <i>C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO</i> <i>R</i>	<i>COSTO</i> <i>D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.29
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.29</b>

<i>MANO DE OBRA</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>JORNAL/HR</i> <i>B</i>	<i>COSTO HORA</i> <i>C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO</i> <i>R</i>	<i>COSTO</i> <i>D=CxR</i>
MAESTRO MAYOR EJEC OBRAS CIVIL EO C1	0.20	4.29	0.86	1.250	1.08
PEÓN EO E2	1.00	3.83	3.83	1.250	4.79
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>5.87</b>

<i>MATERIALES</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>PRECIO UNIT.</i> <i>B</i>	<i>COSTO</i> <i>C=AxB</i>
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>0.00</b>

<i>TRANSPORTE</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>TARIFA</i> <i>B</i>	<i>COSTO</i> <i>C=AxB</i>
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0.00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	6.16	
<b>INDIRECTOS (%)</b>	20.00%	1.23
<b>UTILIDAD (%)</b>	0.00%	0.00
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	7.39	
<b>VALOR UNITARIO</b>	7.39	

SON: SIETE DÓLARES, 39/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

AMBATO, 27 DE ENERO DE 2023

MYRKA GUEVARA

ELABORADO POR:



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**



**PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA  
**UBICACIÓN:** CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**HOJA 13 DE 24**

RUBRO : 13

UNIDAD: m3

DETALLE : REPLANTILLO DE HORMIGÓN S. f'c=180 kg/cm2

ESPECIFICACIONES:

<i>EQUIPO DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.49
CONCRETERA 1 SACO	1.00	4.00	4.00	1.000	4.00
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>4.49</b>

<i>MANO DE OBRA DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>JORNAL/HR B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
PEÓN EO E2	1.00	3.83	3.83	1.000	3.83
ALBAÑIL EO D2	1.00	3.87	3.87	1.000	3.87
MAESTRO MAYOR EJEC OBRAS CIVIL EO C1	0.50	4.29	2.15	1.000	2.15
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>9.85</b>

<i>MATERIALES DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
CEMENTO	saco	6.500	7.50	48.75
ARENA	m3	0.650	12.00	7.80
RIPIO	m3	0.950	13.00	12.35
AGUA	m3	0.240	0.80	0.19
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>69.09</b>

<i>TRANSPORTE DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0.00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	83.43
<b>INDIRECTOS (%)</b>	20.00% 16.69
<b>UTILIDAD (%)</b>	0.00% 0.00
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	100.12
<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>100.12</b>

SON: CIEN DÓLARES, 12/100 CENTAVOS

**ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA**

AMBATO, 27 DE ENERO DE 2023

MYRKA GUEVARA  
**ELABORADO POR:**





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**



**PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA  
**UBICACIÓN:** CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**HOJA 14 DE 24**

RUBRO : 14

UNIDAD: m3

DETALLE : HORMIGÓN S. EN CADENAS  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, INCLUYE ENCOFRADO

ESPECIFICACIONES:

<i>EQUIPO DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.55
CONCRETERA 1 SACO	1.00	4.00	4.00	0.800	3.20
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>3.75</b>

<i>MANO DE OBRA DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>JORNAL/HR B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
MAESTRO MAYOR EJEC OBRAS CIVIL EO C1	0.50	4.29	2.15	0.800	1.72
ALBAÑIL EO D2	1.00	3.87	3.87	0.800	3.10
PEÓN EO E2	2.00	3.83	7.66	0.800	6.13
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>10.94</b>

<i>MATERIALES DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
CEMENTO	saco	7.200	7.50	54.00
ARENA	m3	0.620	12.00	7.44
RIPIO	m3	0.920	13.00	11.96
AGUA	m3	0.221	0.80	0.18
TABLA DE ENCOFRADO 0.30x2.40 m	u	3.500	2.20	7.70
ALFAJIAS 5x5x240 cm	m	3.740	0.60	2.24
CLAVOS 2 y 2 1/2"	Kg	0.500	3.10	1.55
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>85.07</b>

<i>TRANSPORTE DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0.00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	99.76
<b>INDIRECTOS (%)</b>	20.00% 19.95
<b>UTILIDAD (%)</b>	0.00% 0.00
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	119.71
<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>119.71</b>

SON: CIENTO DIEZ Y NUEVE DÓLARES, 71/100 CENTAVOS

**ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA**

AMBATO, 27 DE ENERO DE 2023

MYRKA GUEVARA  
**ELABORADO POR:**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**



**PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA  
**UBICACIÓN:** CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**HOJA 15 DE 24**

RUBRO : 15

UNIDAD: m3

DETALLE : HORMIGÓN CICLÓPEO  $f_c=180$  kg/cm<sup>2</sup>, INCLUYE ENCOFRADO

ESPECIFICACIONES: 60% HORMIGÓN SIMPLE Y 40% PIEDRA BOLA

<i>EQUIPO</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>TARIFA</i> <i>B</i>	<i>COSTO HORA</i> <i>C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO</i> <i>R</i>	<i>COSTO</i> <i>D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.68
CONCRETERA 1 SACO	1.00	4.00	4.00	0.800	3.20
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>3.88</b>

<i>MANO DE OBRA</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>JORNAL/HR</i> <i>B</i>	<i>COSTO HORA</i> <i>C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO</i> <i>R</i>	<i>COSTO</i> <i>D=CxR</i>
MAESTRO MAYOR EJEC OBRAS CIVIL EO C1	0.50	4.29	2.15	1.000	2.15
ALBAÑIL EO D2	1.00	3.87	3.87	1.000	3.87
PEÓN EO E2	2.00	3.83	7.66	1.000	7.66
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>13.68</b>

<i>MATERIALES</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>PRECIO UNIT.</i> <i>B</i>	<i>COSTO</i> <i>C=AxB</i>
CEMENTO	m3	0.400	12.00	4.80
CEMENTO	saco	3.600	8.01	28.84
ARENA	m3	0.390	12.00	4.68
RIPIO	m3	0.570	13.00	7.41
AGUA	m3	0.140	0.80	0.11
TABLA DE ENCOFRADO 0.30x2.40 m	u	5.500	2.20	12.10
ALFAJIAS 5x5x240 cm	m	3.500	0.60	2.10
CLAVOS 2 y 2 1/2"	Kg	0.500	3.10	1.55
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>61.59</b>

<i>TRANSPORTE</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>TARIFA</i> <i>B</i>	<i>COSTO</i> <i>C=AxB</i>
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0.00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	79.15
<b>INDIRECTOS (%)</b>	20.00% 15.83
<b>UTILIDAD (%)</b>	0.00% 0.00
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	94.98
<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>94.98</b>

SON: NOVENTA Y CUATRO DÓLARES, 98/100 CENTAVOS

**ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA**

AMBATO, 27 DE ENERO DE 2023

MYRKA GUEVARA  
**ELABORADO POR:**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



**PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

**UBICACIÓN:** CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 16 DE 24

RUBRO : 16

UNIDAD: m3

DETALLE : HORMIGÓN S. EN PLINTOS  $f_c=210$  kg/cm2 INCL. ENCOFRADO Y DESENCOFRADO

ESPECIFICACIONES:

<i>EQUIPO DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.55
CONCRETERA 1 SACO	1.00	4.00	4.00	0.800	3.20
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>3.75</b>

<i>MANO DE OBRA DESCRIPCIÓN</i>		<i>CANTIDAD A</i>	<i>JORNAL/HR B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
PEÓN EO E2		2.00	3.83	7.66	0.800	6.13
ALBAÑIL EO D2		1.00	3.87	3.87	0.800	3.10
MAESTRO MAYOR EJEC OBRAS CIVIL EO C1		0.50	4.29	2.15	0.800	1.72
<b>SUBTOTAL N</b>						<b>10.94</b>

<i>MATERIALES DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
CEMENTO	saco	7.200	7.50	54.00
ARENA	m3	0.620	12.00	7.44
RIPIO	m3	0.920	13.00	11.96
AGUA	m3	0.221	0.80	0.18
TABLA DE ENCOFRADO 0.30x2.40 m	u	3.500	2.20	7.70
ALFAJIAS 5x5x240 cm	m	3.740	0.60	2.24
CLAVOS 2 y 2 1/2"	Kg	0.500	3.10	1.55
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>85.07</b>

<i>TRANSPORTE DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0.00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	99.76
<b>INDIRECTOS (%)</b>	20.00% 19.95
<b>UTILIDAD (%)</b>	0.00% 0.00
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	119.71
<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>119.71</b>

SON: CIENTO DIEZ Y NUEVE DÓLARES, 71/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

AMBATO, 27 DE ENERO DE 2023

MYRKA GUEVARA  
ELABORADO POR:



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



**PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

**UBICACIÓN:** CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 17 DE 24

RUBRO : 17

UNIDAD: m3

DETALLE : HORMIGÓN S. EN COLUMNAS  $f_c=210$  KG/CM2 INCL. ENCOFRADO Y DESENCOFRADO

ESPECIFICACIONES:

<i>EQUIPO DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.55
CONCRETERA 1 SACO	1.00	4.00	4.00	0.800	3.20
VIBRADOR	1.00	2.50	2.50	0.800	2.00
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>5.75</b>

<i>MANO DE OBRA DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>JORNAL/HR B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
PEÓN EO E2	2.00	3.83	7.66	0.800	6.13
ALBAÑIL EO D2	1.00	3.87	3.87	0.800	3.10
MAESTRO MAYOR EJEC OBRAS CIVIL EO C1	0.50	4.29	2.15	0.800	1.72
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>10.94</b>

<i>MATERIALES DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
CEMENTO	saco	7.200	7.50	54.00
ARENA	m3	0.620	12.00	7.44
RIPIO	m3	0.920	13.00	11.96
AGUA	m3	0.221	0.80	0.18
TABLA DE ENCOFRADO 0.30x2.40 m	u	3.500	2.20	7.70
ALFAJIAS 5x5x240 cm	m	3.740	0.60	2.24
CLAVOS 2 y 2 1/2"	Kg	0.500	3.10	1.55
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>85.07</b>

<i>TRANSPORTE DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0.00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	101.76
<b>INDIRECTOS (%)</b>	20.00%
<b>UTILIDAD (%)</b>	0.00%
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	122.11
<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>122.11</b>

SON: CIENTO VEINTE Y DOS DÓLARES, 11/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

AMBATO, 27 DE ENERO DE 2023

MYRKA GUEVARA  
ELABORADO POR:



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



**PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA  
**UBICACIÓN:** CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 18 DE 24

RUBRO : 18

UNIDAD: Kg

DETALLE : ACERO DE REFUERZO  $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

<i>EQUIPO</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>TARIFA</i> <i>B</i>	<i>COSTO HORA</i> <i>C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO</i> <i>R</i>	<i>COSTO</i> <i>D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.02
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.02</b>

<i>MANO DE OBRA</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>JORNAL/HR</i> <i>B</i>	<i>COSTO HORA</i> <i>C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO</i> <i>R</i>	<i>COSTO</i> <i>D=CxR</i>
PEÓN EO E2	1.00	3.83	3.83	0.080	0.31
FIERRERO EO D2	1.00	3.87	3.87	0.040	0.15
MAESTRO MAYOR EJEC OBRAS CIVIL EO C1	0.50	4.29	2.15	0.004	0.01
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>0.47</b>

<i>MATERIALES</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>PRECIO UNIT.</i> <i>B</i>	<i>COSTO</i> <i>C=AxB</i>
ACERO DE REFUERZO	Kg	1.050	1.08	1.13
ALAMBRE DE AMARRE	Kg	0.030	2.90	0.09
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>1.22</b>

<i>TRANSPORTE</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>TARIFA</i> <i>B</i>	<i>COSTO</i> <i>C=AxB</i>
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0.00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	1.71	
<b>INDIRECTOS (%)</b>	20.00%	0.34
<b>UTILIDAD (%)</b>	0.00%	0.00
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	2.06	
<b>VALOR UNITARIO</b>	2.06	

SON: DOS DÓLARES, 06/100 CENTAVOS  
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

AMBATO, 27 DE ENERO DE 2023

MYRKA GUEVARA  
ELABORADO POR:



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



**PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA  
**UBICACIÓN:** CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 19 DE 24

RUBRO : 19

UNIDAD: m2

DETALLE : ENTECHADO DE GALVALUME e =0.40 mm

ESPECIFICACIONES:

<i>EQUIPO DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.10
Equipo de seguridad entechado	1.00	1.00	1.00	0.050	0.05
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.15</b>

<i>MANO DE OBRA DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>JORNAL/HR B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
PEÓN EO E2	0.51	3.83	1.95	0.800	1.56
INSTALADOR EO D2	0.17	3.87	0.66	0.800	0.53
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>2.09</b>

<i>MATERIALES DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
ESTILPANEL/ TENCHOS GALVALUME AR-2000 e = 0.40 mm	m2	1.000	10.34	10.34
TORNILLOS 1 A 2 PULGADAS	u	2.690	0.04	0.11
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>10.45</b>

<i>TRANSPORTE DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0.00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	12.69	
<b>INDIRECTOS (%)</b>	20.00%	2.54
<b>UTILIDAD (%)</b>	0.00%	0.00
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	15.23	
<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>15.23</b>	

SON: QUINCE DÓLARES, 23/100 CENTAVOS  
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

AMBATO, 27 DE ENERO DE 2023

MYRKA GUEVARA  
ELABORADO POR:



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



**PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA  
**UBICACIÓN:** CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 20 DE 24

RUBRO : 20

UNIDAD: kg

DETALLE : ACERO ESTRUCTURAL IPE 200 (INCLUYE PINTURA BASE Y POLIURETANO)

ESPECIFICACIONES:

<i>EQUIPO DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.23
SOLDADORA	1.00	5.00	5.00	0.100	0.50
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.73</b>

<i>MANO DE OBRA DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>JORNAL/HR B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
AYUDANTE EO E2	0.50	3.83	1.92	0.220	0.42
FIERRERO/PINTOR EO D2	1.00	3.87	3.87	0.250	0.97
SOLDADOR EO C3	1.00	3.93	3.93	0.800	3.14
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>4.53</b>

<i>MATERIALES DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
PERFIL ESTRUCTURAL	kg	1.020	1.30	1.33
SUELDA 60/11	kg	0.050	4.90	0.25
PINTURA BASE	gln	0.050	35.00	1.75
PINTURA DE POLIURETANO	gln	0.050	80.00	4.00
THIENER DE POLIURETANO	gln	0.050	15.00	0.75
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>8.07</b>

<i>TRANSPORTE DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0.00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	13.33
<b>INDIRECTOS (%)</b>	20.00%
<b>UTILIDAD (%)</b>	0.00%
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	16.00
<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>16.00</b>

SON: DIECISEIS DÓLARES, 00/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

AMBATO, 27 DE ENERO DE 2023

MYRKA GUEVARA  
ELABORADO POR:



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



**PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA  
**UBICACIÓN:** CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA 27 DE 24

RUBRO : 21

UNIDAD: kg

DETALLE : ACERO ESTRUCTURAL HEB 100X100X3 (INCLUYE PINTURA BASE Y POLIURETANO)

ESPECIFICACIONES:

<i>EQUIPO</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>TARIFA</i> <i>B</i>	<i>COSTO HORA</i> <i>C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO</i> <i>R</i>	<i>COSTO</i> <i>D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.20
SOLDADORA	1.00	5.00	5.00	0.100	0.50
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.70</b>

<i>MANO DE OBRA</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>		<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>JORNAL/HR</i> <i>B</i>	<i>COSTO HORA</i> <i>C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO</i> <i>R</i>	<i>COSTO</i> <i>D=CxR</i>
FIERRERO/PINTOR	EO D2	1.00	3.87	3.87	0.220	0.85
SOLDADOR	EO C3	1.00	3.93	3.93	0.800	3.14
<b>SUBTOTAL N</b>						<b>4.00</b>

<i>MATERIALES</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>PRECIO UNIT.</i> <i>B</i>	<i>COSTO</i> <i>C=AxB</i>
PERFIL ESTRUCTURAL	kg	1.020	1.30	1.33
SUELDA 60/11	kg	0.050	4.90	0.25
PINTURA BASE	gln	0.050	35.00	1.75
PINTURA DE POLIURETANO	gln	0.050	80.00	4.00
THIENER DE POLIURETANO	gln	0.050	15.00	0.75
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>8.07</b>

<i>TRANSPORTE</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>TARIFA</i> <i>B</i>	<i>COSTO</i> <i>C=AxB</i>
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0.00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	12.77	
<b>INDIRECTOS (%)</b>	20.00%	2.55
<b>UTILIDAD (%)</b>	0.00%	0.00
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	15.32	
<b>VALOR UNITARIO</b>	15.32	

SON: QUINCE DÓLARES, 32/100 CENTAVOS

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

AMBATO, 27 DE ENERO DE 2023

MYRKA GUEVARA

ELABORADO POR:





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**



**PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA  
**UBICACIÓN:** CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**HOJA 22 DE 24**

RUBRO : 22

UNIDAD: kg

DETALLE : ACERO ESTRUCTURAL HEB 100X100X3 (INCLUYE PINTURA BASE Y POLIURETANO)

ESPECIFICACIONES:

<i>EQUIPO</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>TARIFA</i> <i>B</i>	<i>COSTO HORA</i> <i>C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO</i> <i>R</i>	<i>COSTO</i> <i>D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.20
SOLDADORA	1.00	5.00	5.00	0.100	0.50
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.70</b>

<i>MANO DE OBRA</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>		<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>JORNAL/HR</i> <i>B</i>	<i>COSTO HORA</i> <i>C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO</i> <i>R</i>	<i>COSTO</i> <i>D=CxR</i>
FIERRERO/PINTOR	EO D2	1.00	3.87	3.87	0.220	0.85
SOLDADOR	EO C3	1.00	3.93	3.93	0.800	3.14
<b>SUBTOTAL N</b>						<b>4.00</b>

<i>MATERIALES</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>PRECIO UNIT.</i> <i>B</i>	<i>COSTO</i> <i>C=AxB</i>
PERFIL ESTRUCTURAL	kg	1.020	1.30	1.33
SUELDA 60/11	kg	0.050	4.90	0.25
PINTURA BASE	gln	0.050	35.00	1.75
PINTURA DE POLIURETANO	gln	0.050	80.00	4.00
THIENER DE POLIURETANO	gln	0.050	15.00	0.75
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>8.07</b>

<i>TRANSPORTE</i> <i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i> <i>A</i>	<i>TARIFA</i> <i>B</i>	<i>COSTO</i> <i>C=AxB</i>
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0.00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	12.77
<b>INDIRECTOS (%)</b>	20.00%
<b>UTILIDAD (%)</b>	0.00%
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	15.32
<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>15.32</b>

SON: QUINCE DÓLARES, 32/100 CENTAVOS

**ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA**

AMBATO, 27 DE ENERO DE 2023

MYRKA GUEVARA

**ELABORADO POR:**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**



**PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA  
**UBICACIÓN:** CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**HOJA 23 DE 24**

RUBRO : 23

UNIDAD: ml

DETALLE : CANAL RECOLECTOR DE AA LL H=15 CM, A= 30 CM, TOOL GALVANIZADO

ESPECIFICACIONES:

<i>EQUIPO DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.15
SOLDADORA	1.00	5.00	5.00	0.020	0.10
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.25</b>

<i>MANO DE OBRA DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>JORNAL/HR B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
AYUDANTE EO E2	0.50	3.83	1.92	0.500	0.96
SOLDADOR EO C3	1.00	3.93	3.93	0.500	1.97
<b>SUBTOTAL N</b>					<b>2.92</b>

<i>MATERIALES DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
CANAL PREFABRICADO RECOLECTOR DE AGUA LLUVIA	m	1.000	6.50	6.50
SUELDA 60/11	kg	0.300	1.25	0.38
GANCHOS PARA CANALES DE TOOL (ACC. FIJACIÓN)	glb	1.000	2.18	2.18
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>9.06</b>

<i>TRANSPORTE DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0.00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	12.22
<b>INDIRECTOS (%)</b>	20.00%
<b>UTILIDAD (%)</b>	0.00%
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	14.67
<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>14.67</b>

SON: CATORCE DÓLARES, 67/100 CENTAVOS  
**ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA**

AMBATO, 27 DE ENERO DE 2023

MYRKA GUEVARA  
**ELABORADO POR:**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**



**PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA  
**UBICACIÓN:** CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**HOJA 24 DE 24**

RUBRO : 24

UNIDAD: U

DETALLE : BAJANTE DE AGUA LLUVIA PVC 110 mm INCLUYE CONO  
ESPECIFICACIONES:

<i>EQUIPO DESCRIPCIÓN</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.04
<b>SUBTOTAL M</b>					<b>0.04</b>

<i>MANO DE OBRA DESCRIPCIÓN</i>		<i>CANTIDAD A</i>	<i>JORNAL/HR B</i>	<i>COSTO HORA C=AxB</i>	<i>RENDIMIENTO R</i>	<i>COSTO D=CxR</i>
PEÓN	EO E2	1.00	3.83	3.83	0.100	0.38
ALBAÑIL	EO D2	1.00	3.87	3.87	0.100	0.39
MAESTRO MAYOR EJEC OBRAS CIVIL	EO C1	0.50	4.29	2.15	0.020	0.04
<b>SUBTOTAL N</b>						<b>0.81</b>

<i>MATERIALES DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>PRECIO UNIT. B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
Tubo PVC 110 mm x 3 m DESAGUE	u	0.416	14.99	6.24
Abrazadera para fijar	u	2.000	1.00	2.00
Pegatubo	gln	0.010	18.40	0.18
CODO PVC 110 mm 90 GRADOS	u	3.000	4.45	13.35
<b>SUBTOTAL O</b>				<b>21.77</b>

<i>TRANSPORTE DESCRIPCIÓN</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>CANTIDAD A</i>	<i>TARIFA B</i>	<i>COSTO C=AxB</i>
<b>SUBTOTAL P</b>				<b>0.00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>	22.62
<b>INDIRECTOS (%)</b>	20.00%
<b>UTILIDAD (%)</b>	0.00%
<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>	27.15
<b>VALOR UNITARIO</b>	27.15

SON: VEINTE Y SIETE, 15/100 CENTAVOS  
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

AMBATO, 27 DE ENERO DE 2023

MYRKA GUEVARA  
**ELABORADO POR:**

# **ANEXO C: PLANOS**



PTAR INFIERNILLO



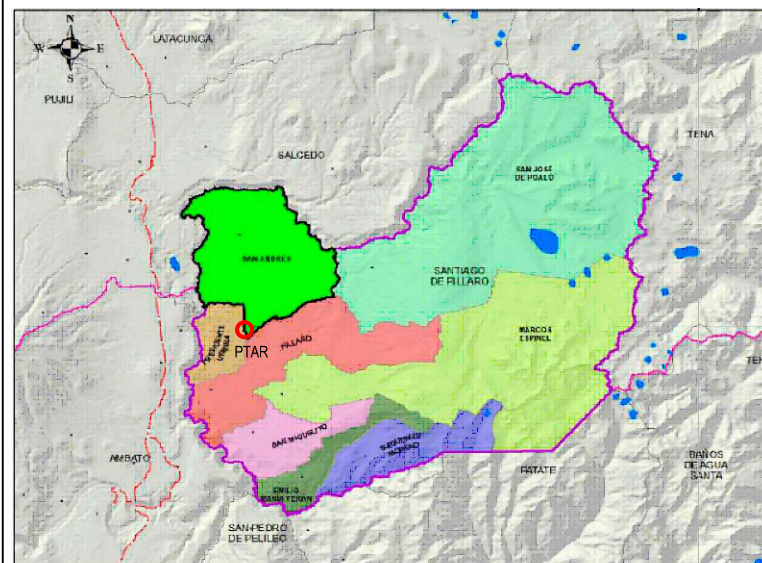
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**UBICACIÓN:**  
**PROVINCIA:** TUNGURAHUA      **PARROQUIA:** SAN ANDRÉS  
**CANTÓN:** PÍLLARO              **SECTOR:** INFIERNILLO

**PROYECTO:**  
 EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

**DIVISIÓN POLÍTICA DEL CANTÓN:**



**ELABORADO POR:**  
 MYRKA ESTEFANÍA GUEVARA LAVAYEN

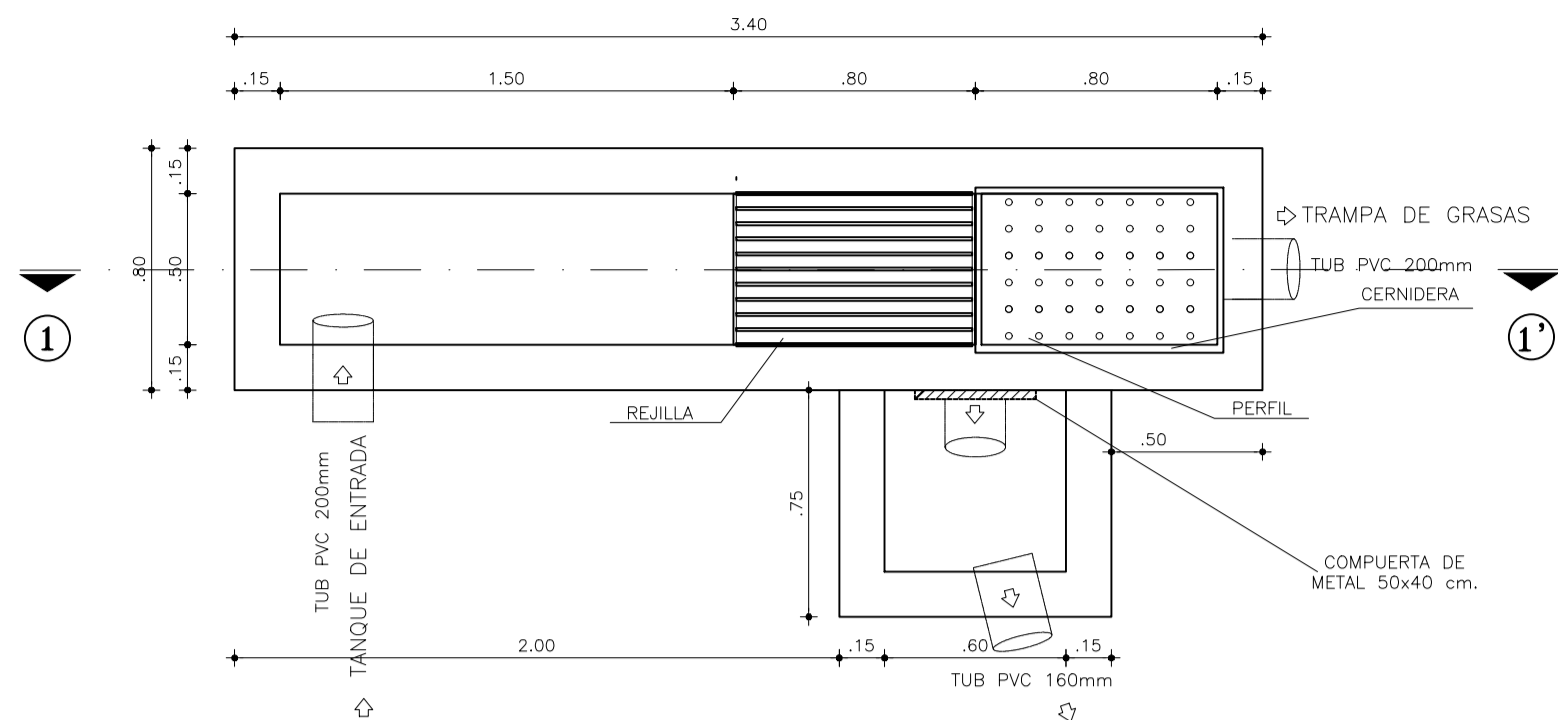
**REVISADO POR:**  
 ING. MG. GALO WILFRIDO NÚÑEZ ALDÁS

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA UTM  
 DATUM WGS - 84 ZONA 17 S

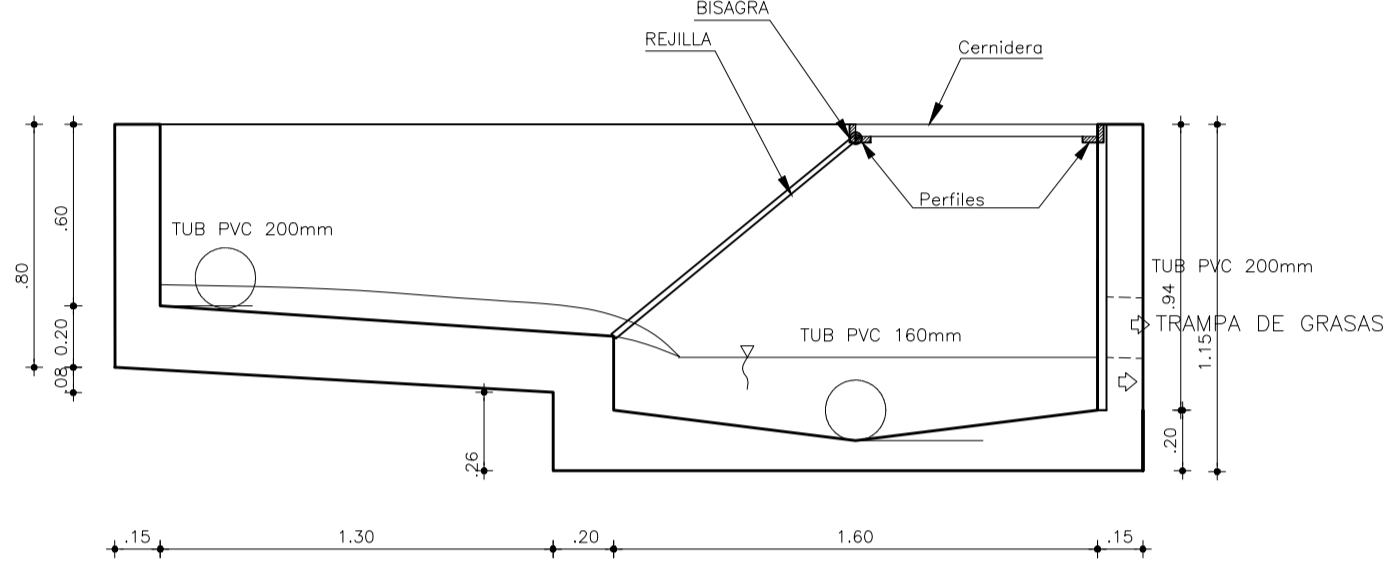
ESCALA: S/E  
 ÁREA: 1016.52 m<sup>2</sup>

REF. CARTA TOP. IGM: 1:50000  
 Ñ - IV - C4

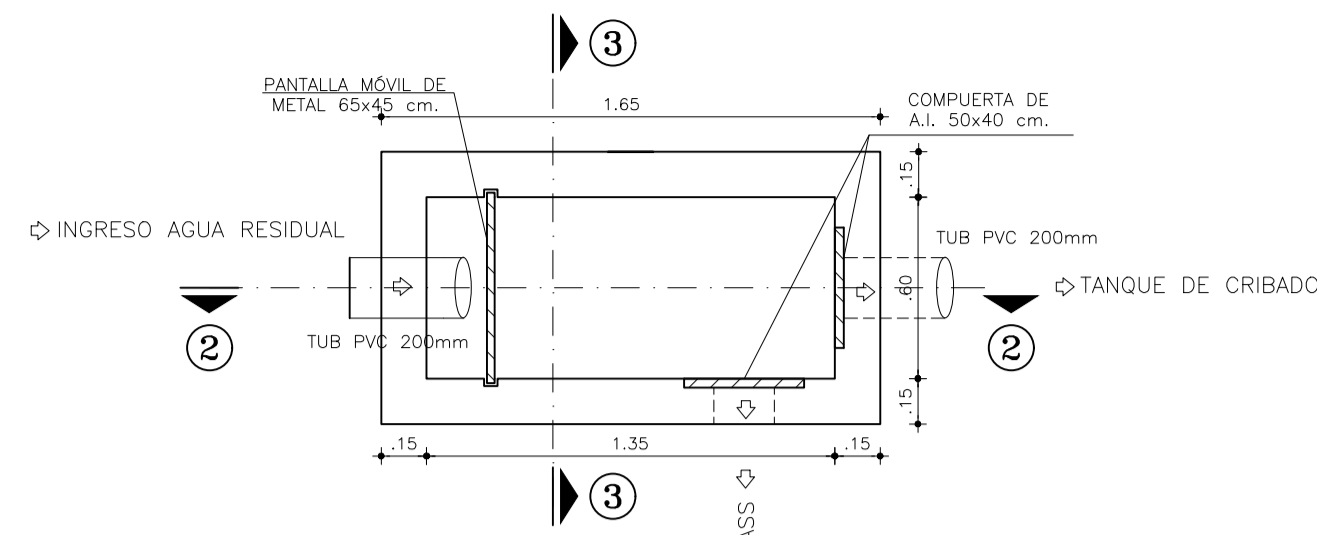
FECHA: ENE - 2023  
 FORMATO: A4



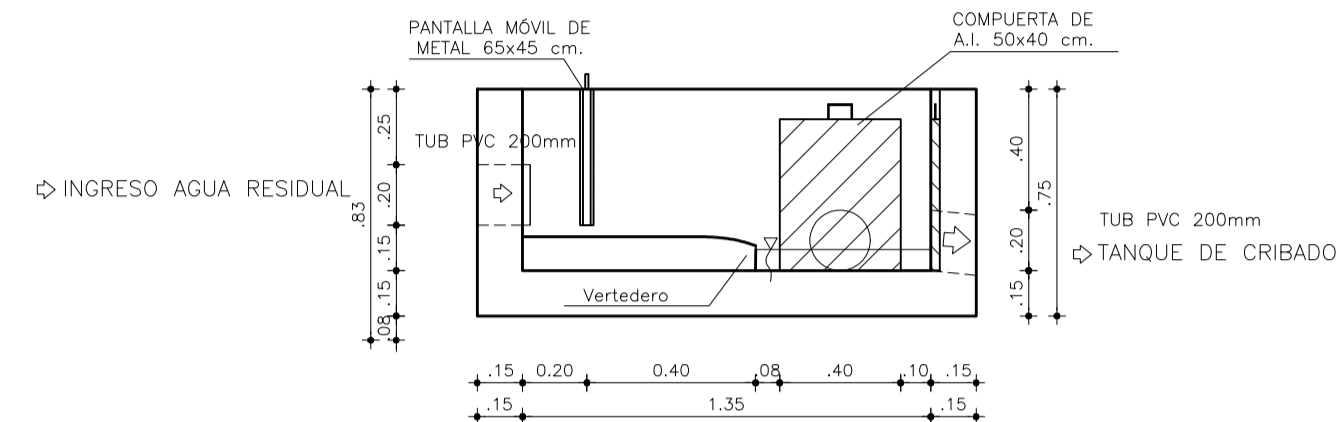
PLANTA  
ESCALA 1:25



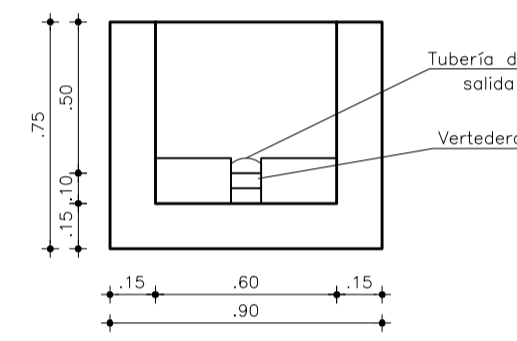
CORTE 1 - 1'  
ESCALA 1:25



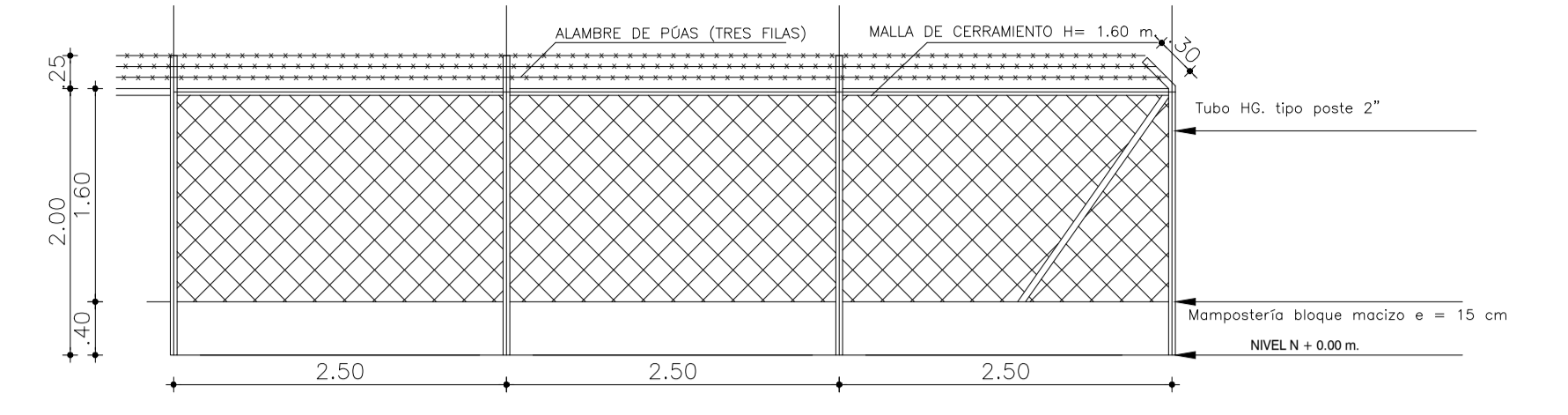
PLANTA  
ESCALA 1:25



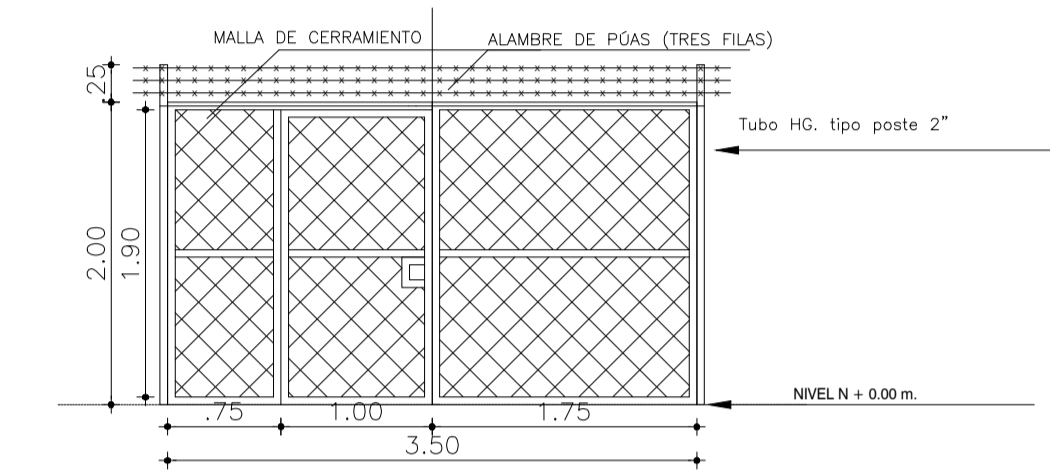
CORTE 2 - 2'  
ESCALA 1:25



CORTE 3 - 3'  
ESCALA 1:25

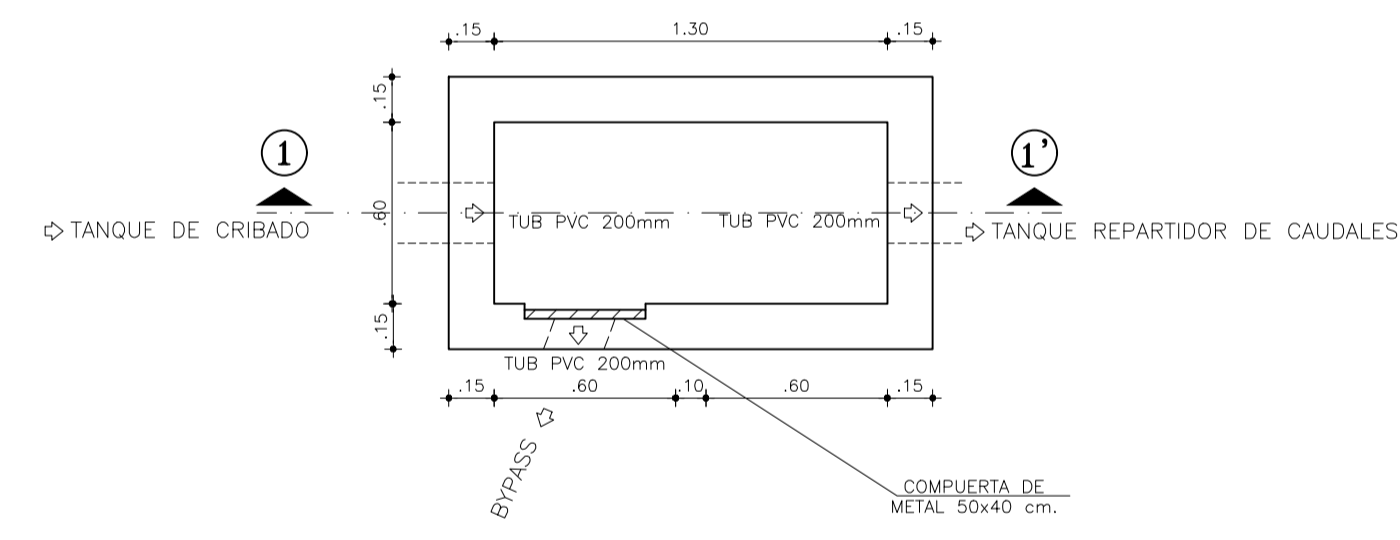


CERRAMIENTO EN ELEVACIÓN  
ESCALA 1:50

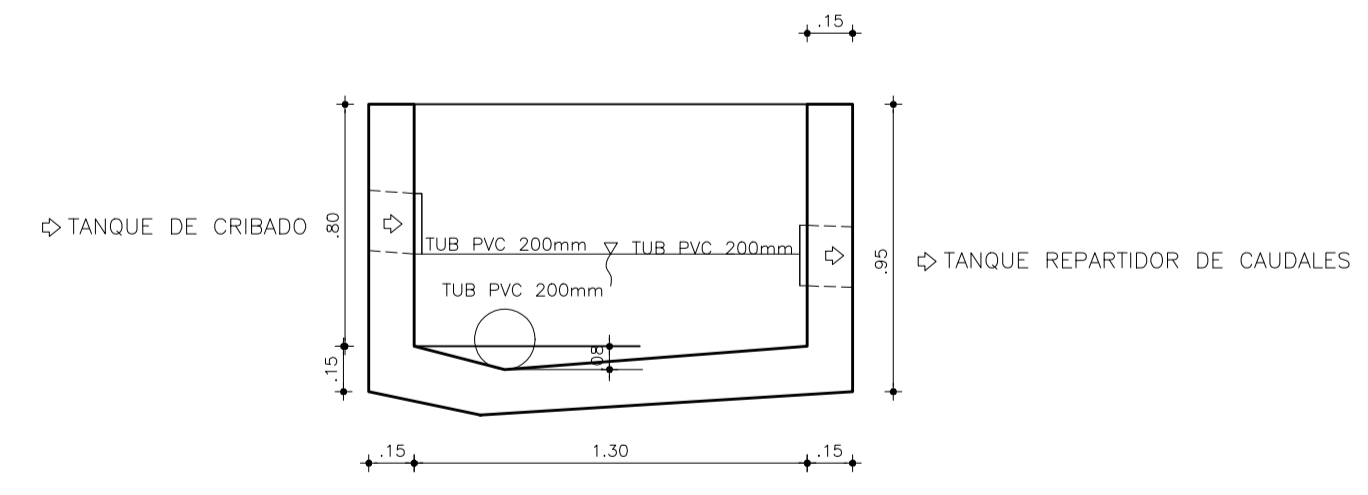


DETALLE DE PUERTA DE INGRESO  
ESCALA 1:50

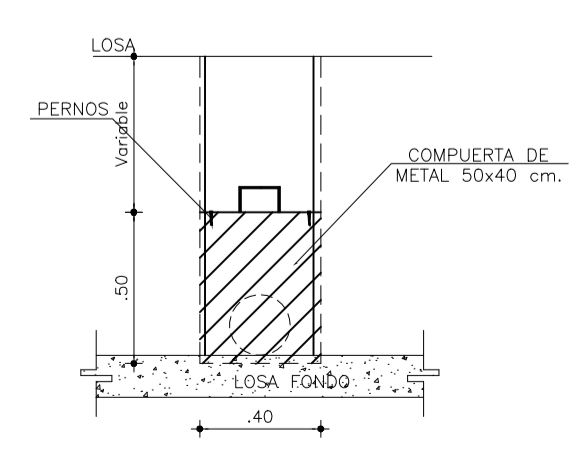
TRAMPA DE GRASAS



PLANTA  
ESCALA 1:25

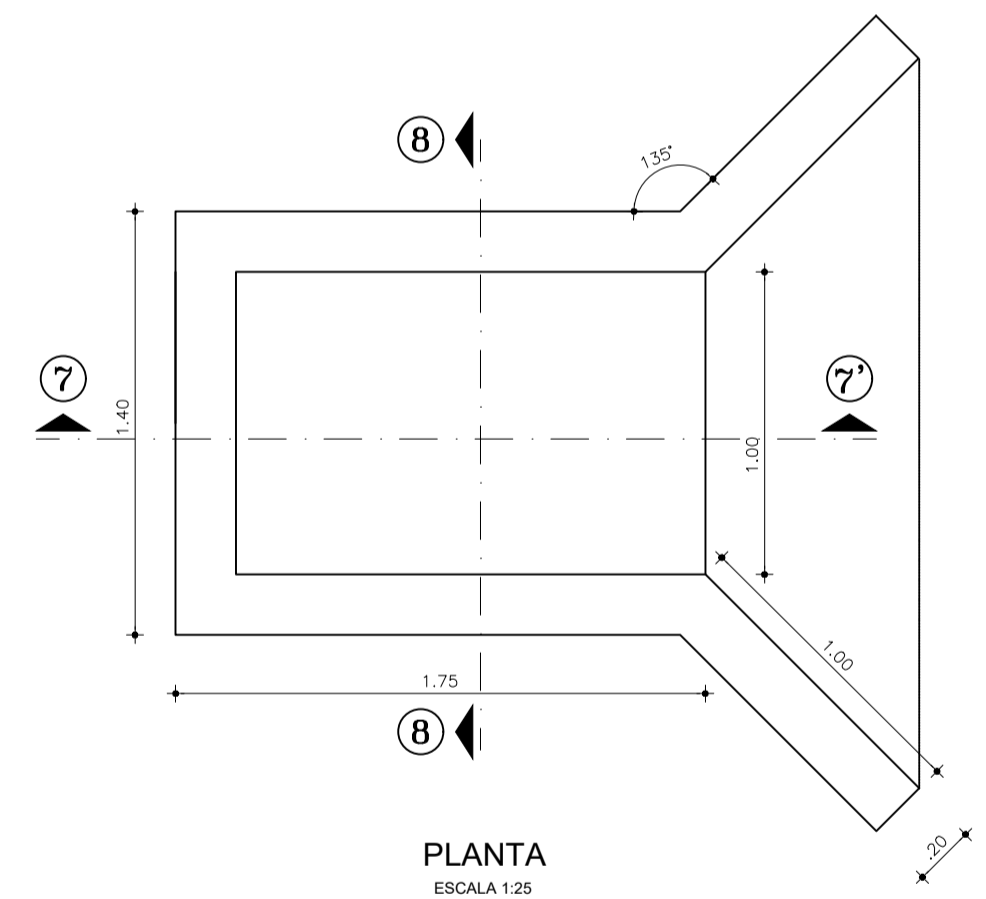


CORTE 1 - 1'  
ESCALA 1:25

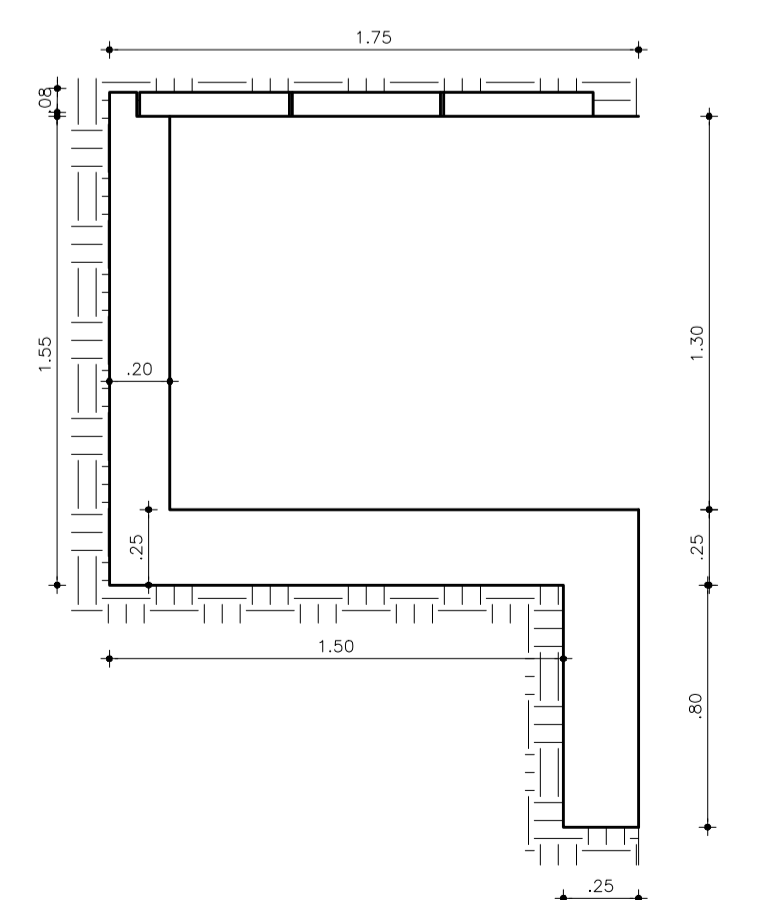


DETALLE DE COMPUERTA  
ESCALA 1:25

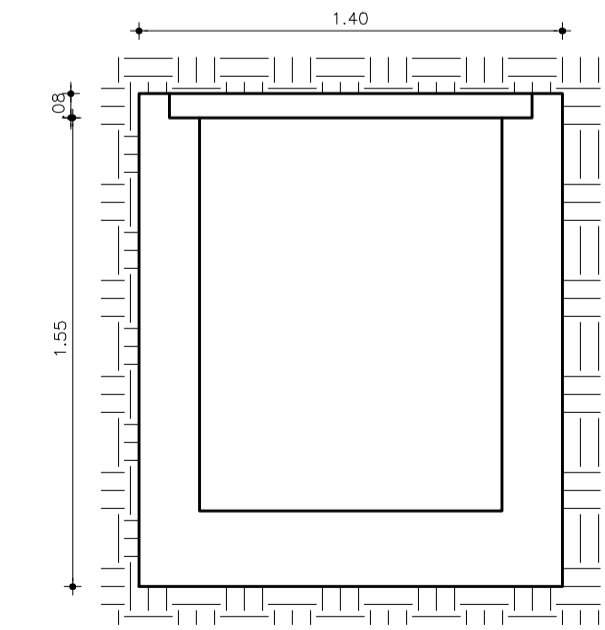
DESCARGA



PLANTA  
ESCALA 1:25

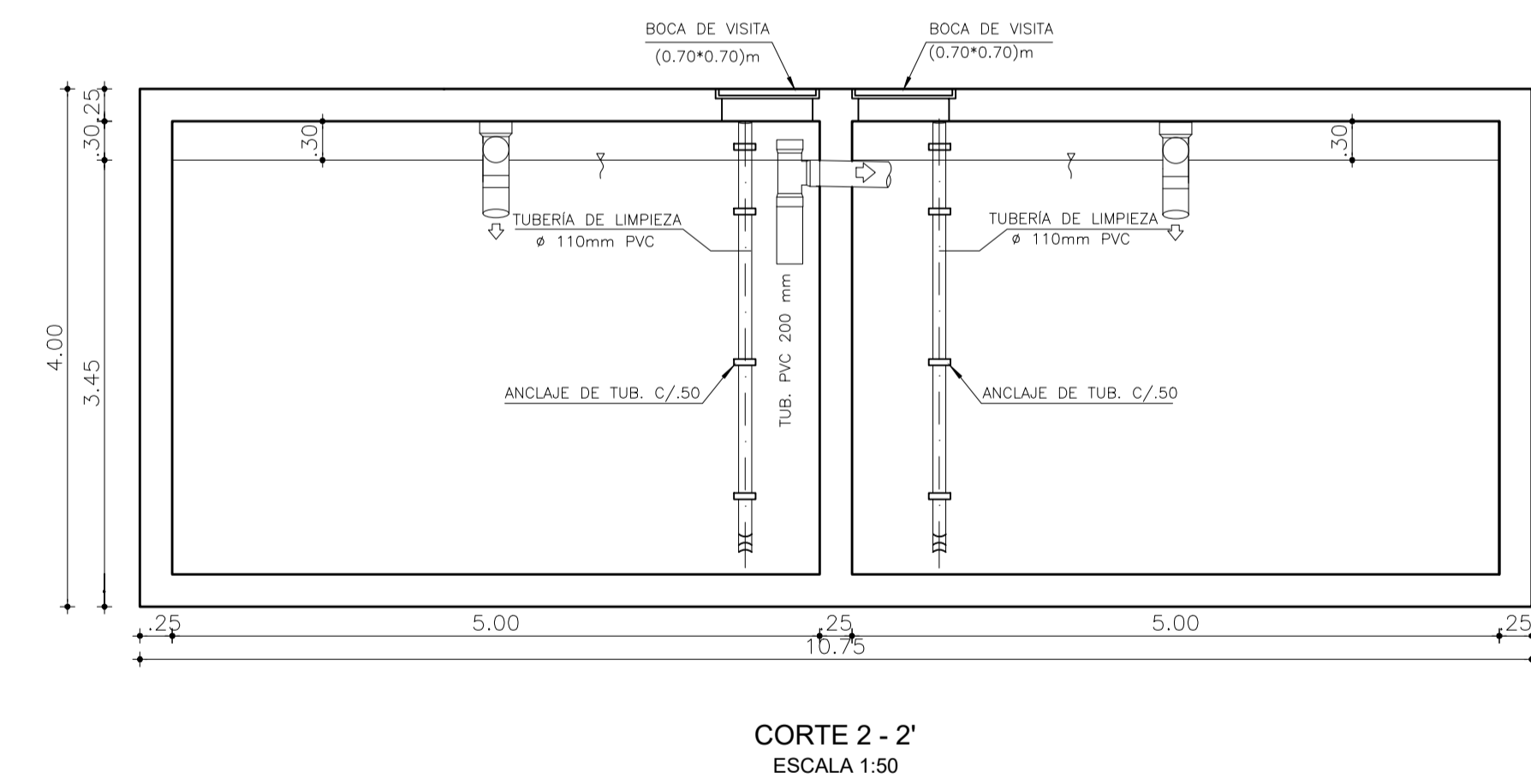
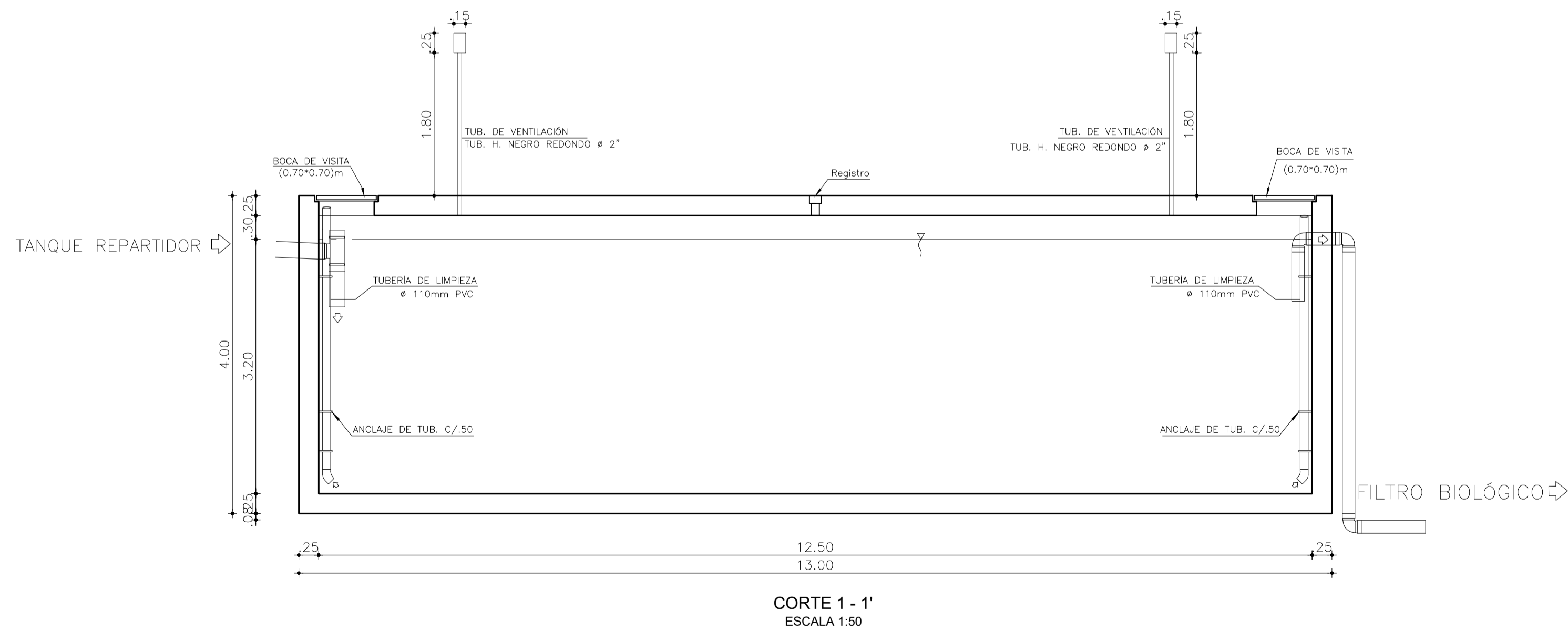
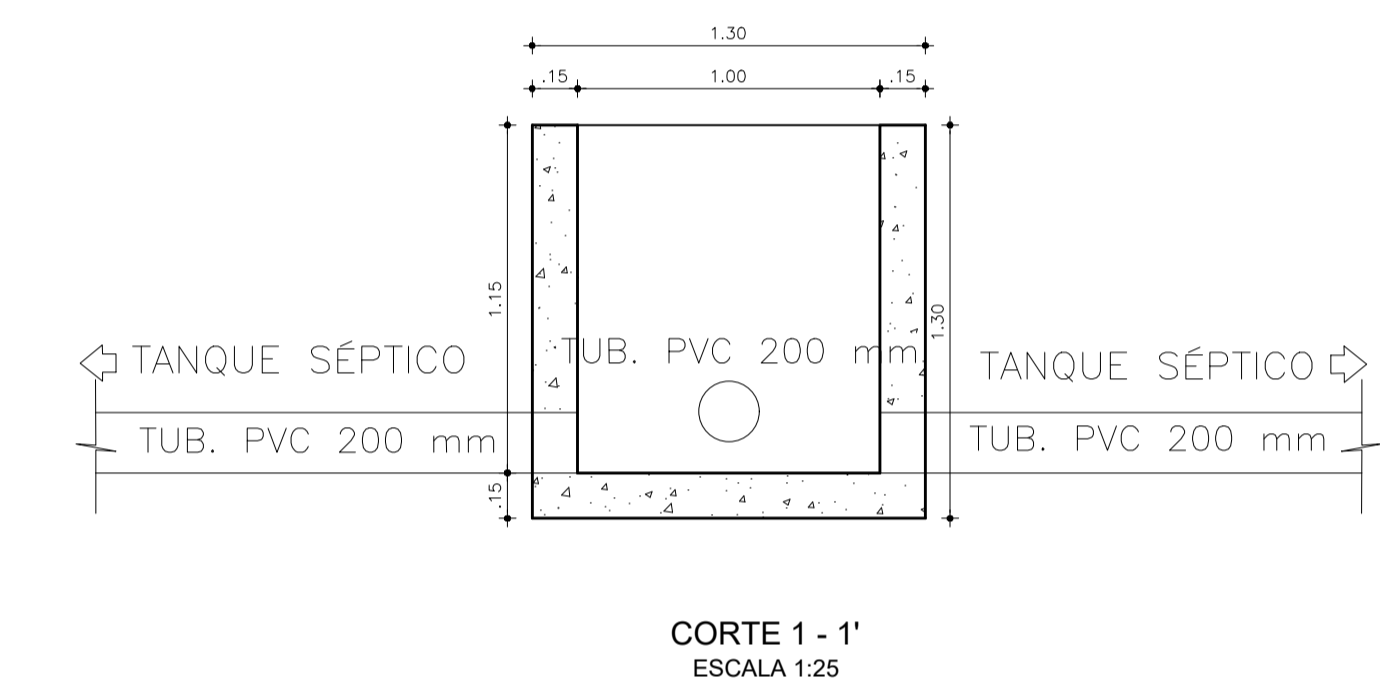
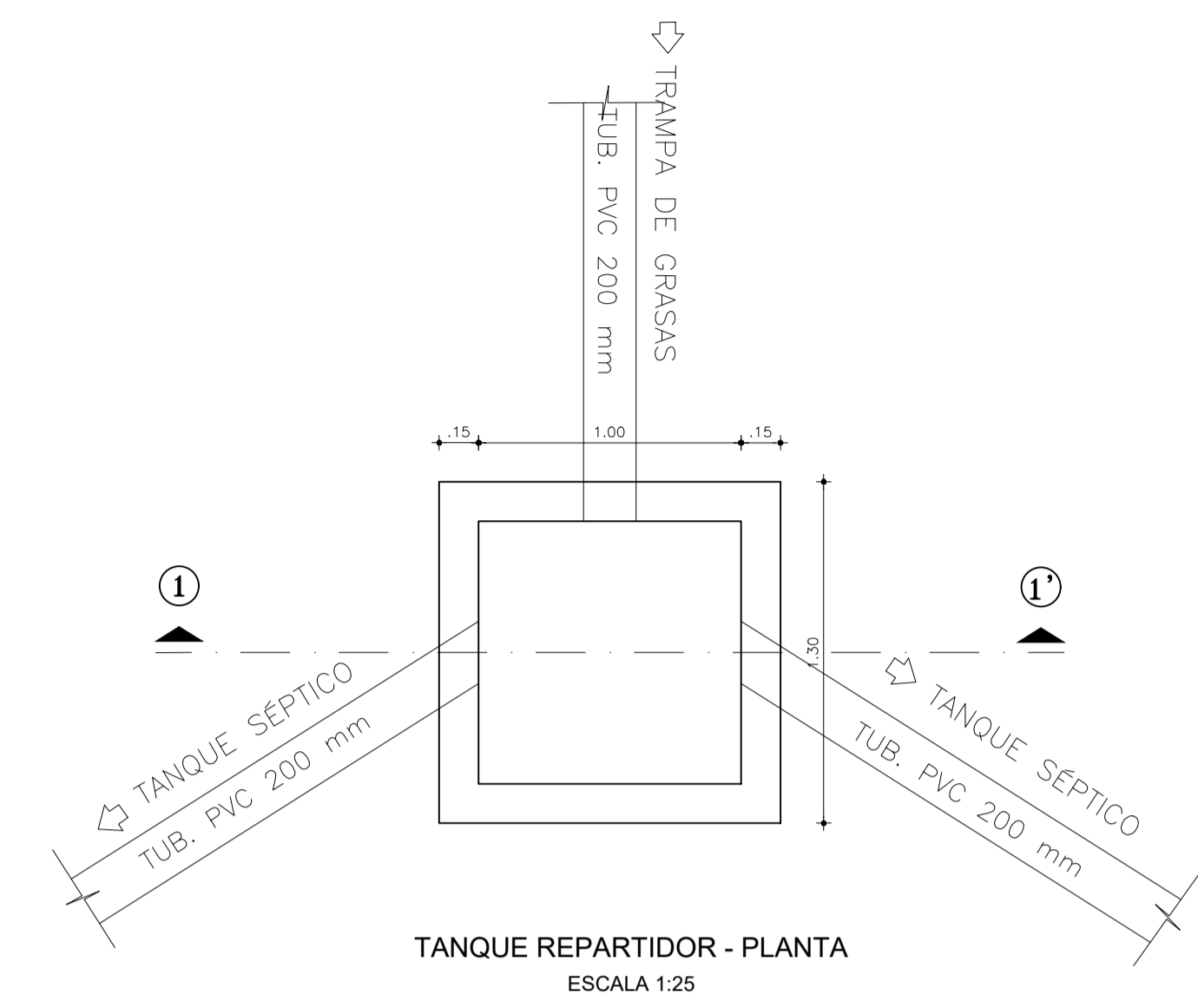
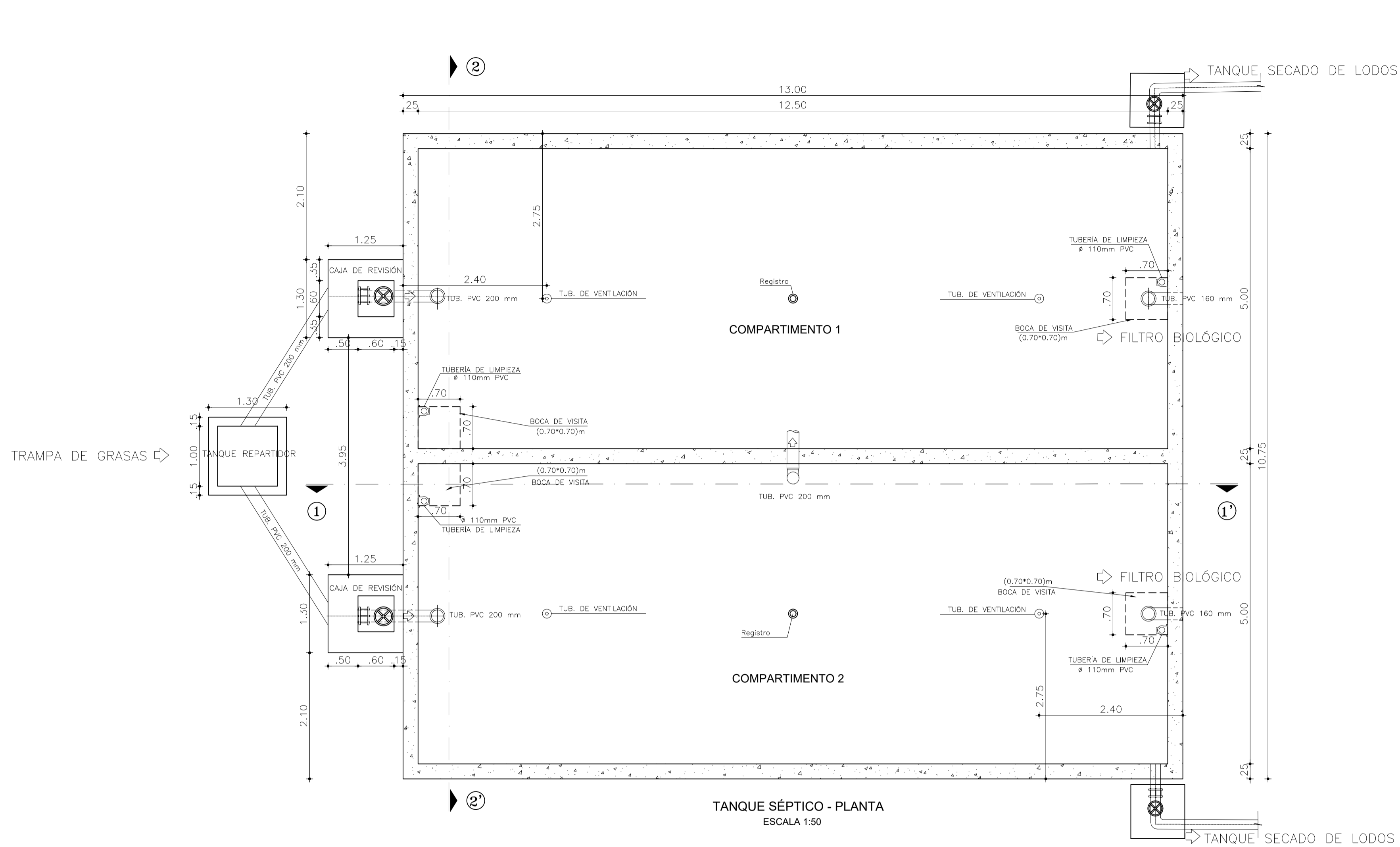


CORTE 7 - 7'  
ESCALA 1:25

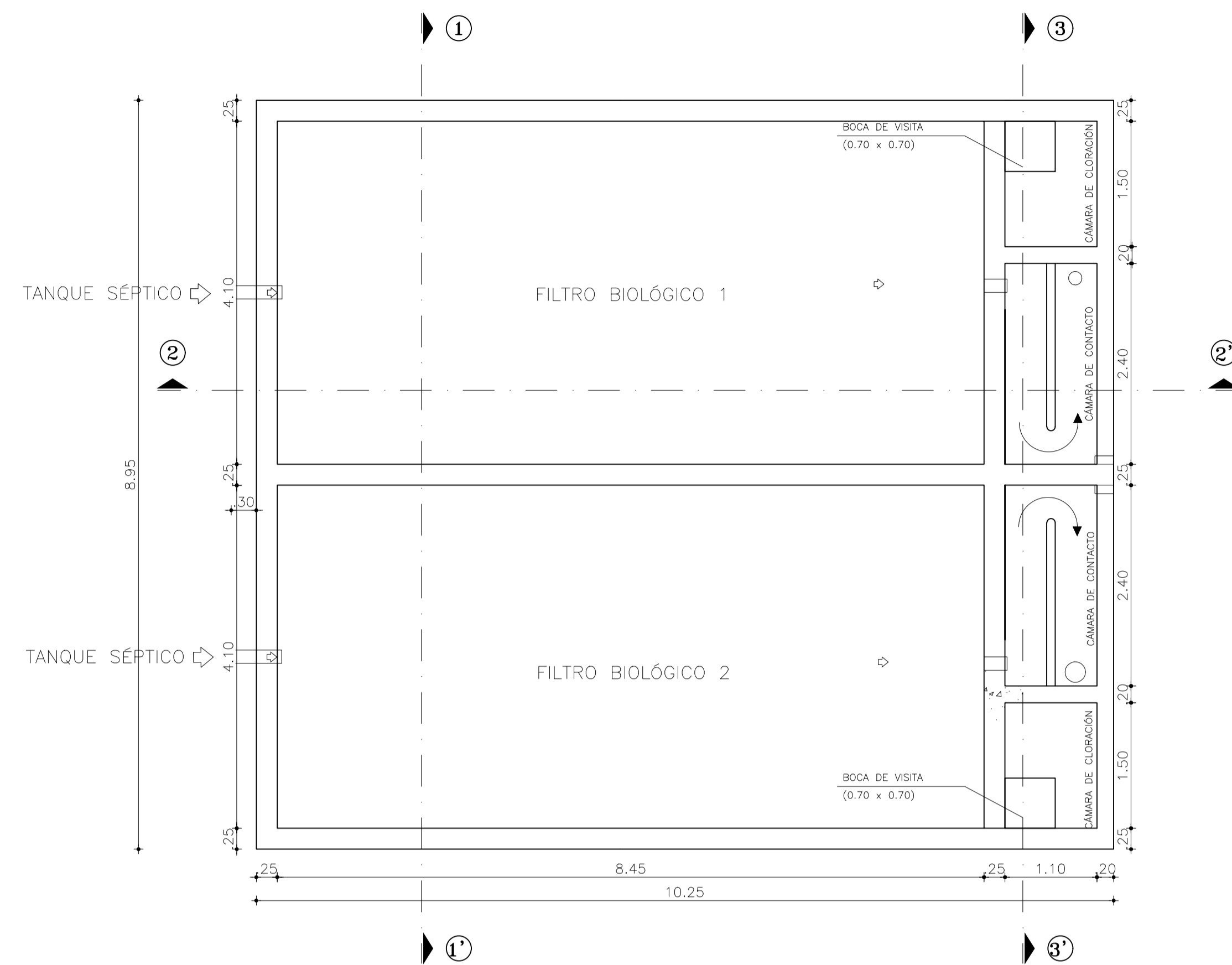


CORTE 8 - 8'  
ESCALA 1:25

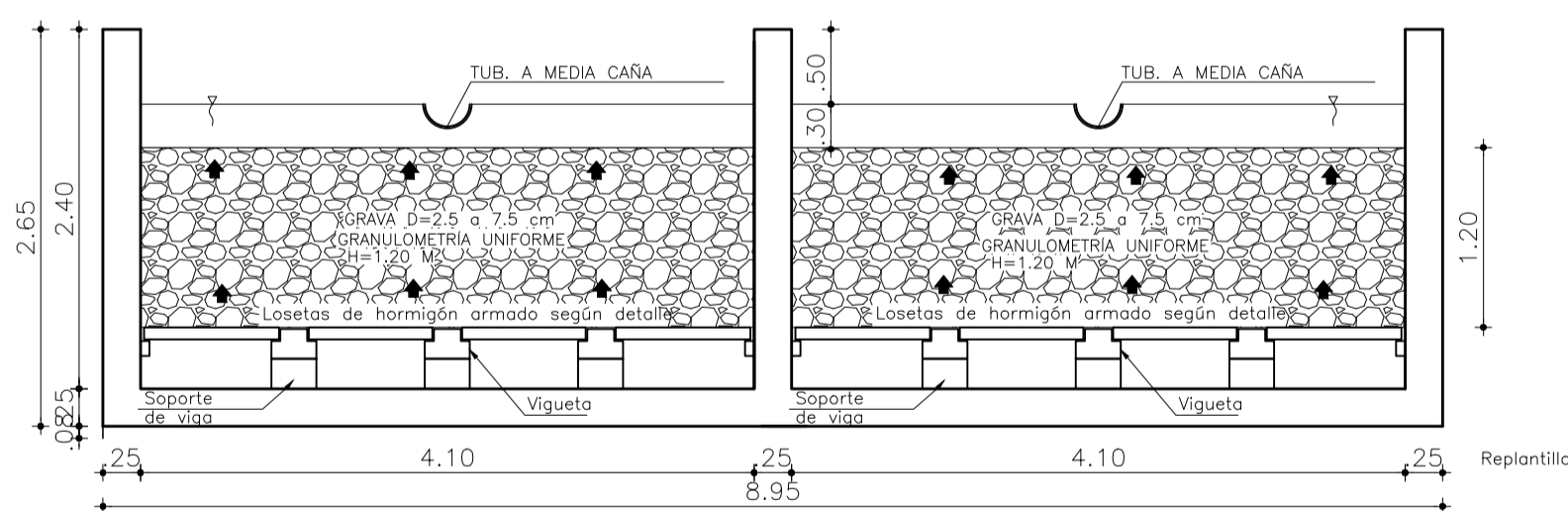
<p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p>		
<p>PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA</p>		
UBICACIÓN:	SECTOR: INFIERNILLO PARROQUIA: SAN ANDRÉS	CANTÓN: PÍLLARO PROVINCIA: TUNGURAHUA
CONTIENE:	UNIDADES DE TRATAMIENTO DE LA PTAR TANQUE DE ENTRADA, CRIBADO, TRAMPA DE GRASAS, DESCARGA - PLANTA, CORTES	FECHA: ENE - 2023
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	ESCALA: INDICADAS LÁMINA:
MYRKA GUEVARA	ING. GALO NUÑEZ	1 DE 4



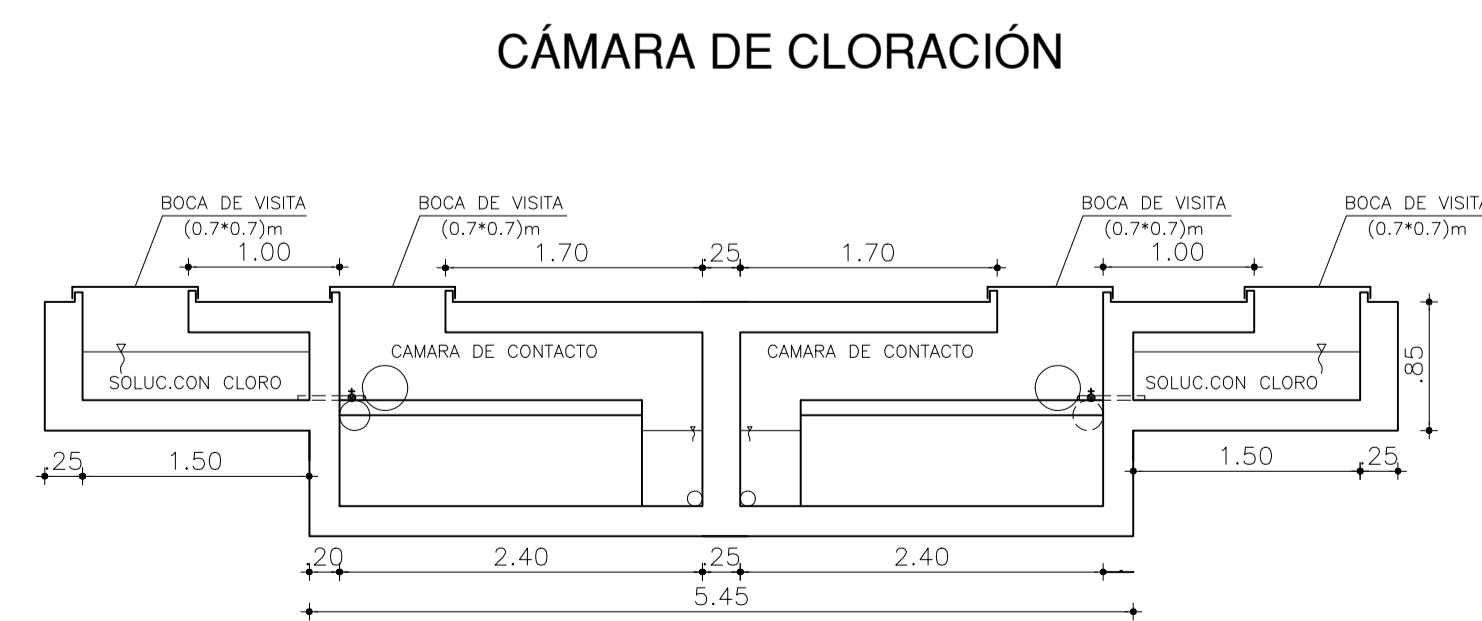
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>PROYECTO:</b> EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA		
<b>UBICACIÓN:</b>	<b>SECTOR:</b> INFIERNILLO	<b>CANTÓN:</b> PÍLLARO
	<b>PARROQUIA:</b> SAN ANDRÉS	<b>PROVINCIA:</b> TUNGURAHUA
<b>CONTIENE:</b>	UNIDADES DE TRATAMIENTO DE LA PTAR TANQUE SÉPTICO, TANQUE REPARTIDOR DE CAUDALES - PLANTA, CORTES	<b>FECHA:</b> ENE - 2023
<b>ELABORADO POR:</b>	<b>REVISADO POR:</b>	<b>ESCALA:</b> INDICADAS
MYRKA GUEVARA	ING. GALO NUÑEZ	<b>LÁMINA:</b> 2 DE 4



**FILTRO BIOLÓGICO - PLANTA**  
ESCALA 1:50

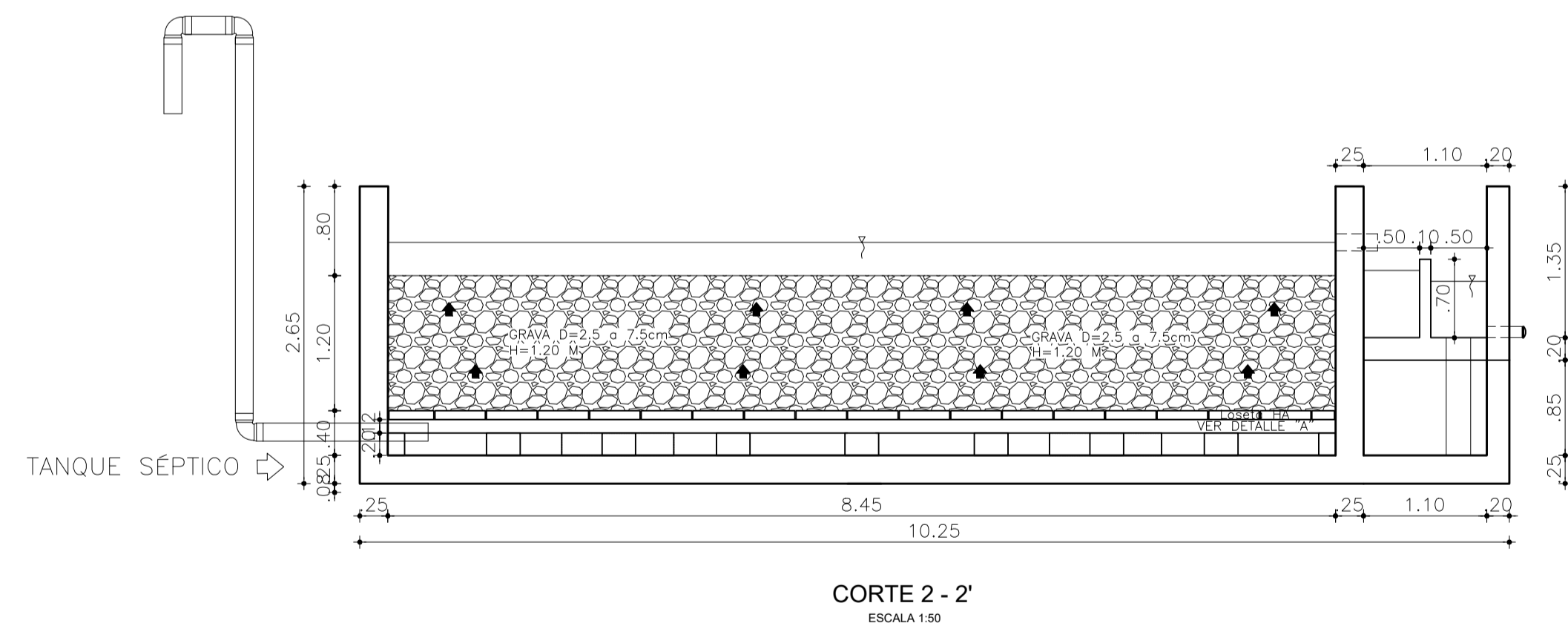
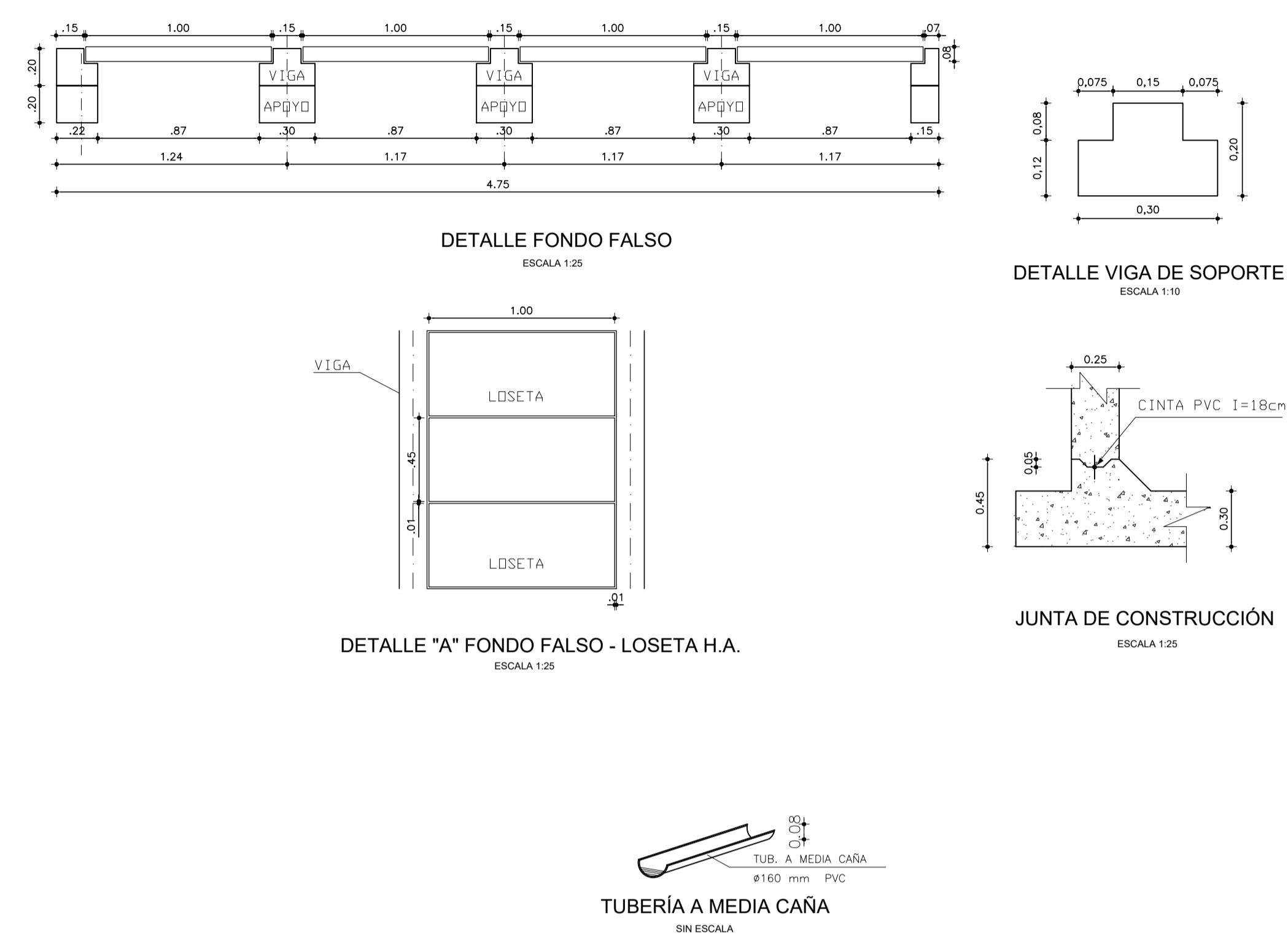


**CORTE 1 - 1'**  
ESCALA 1:50



**CORTE 3 - 3'**

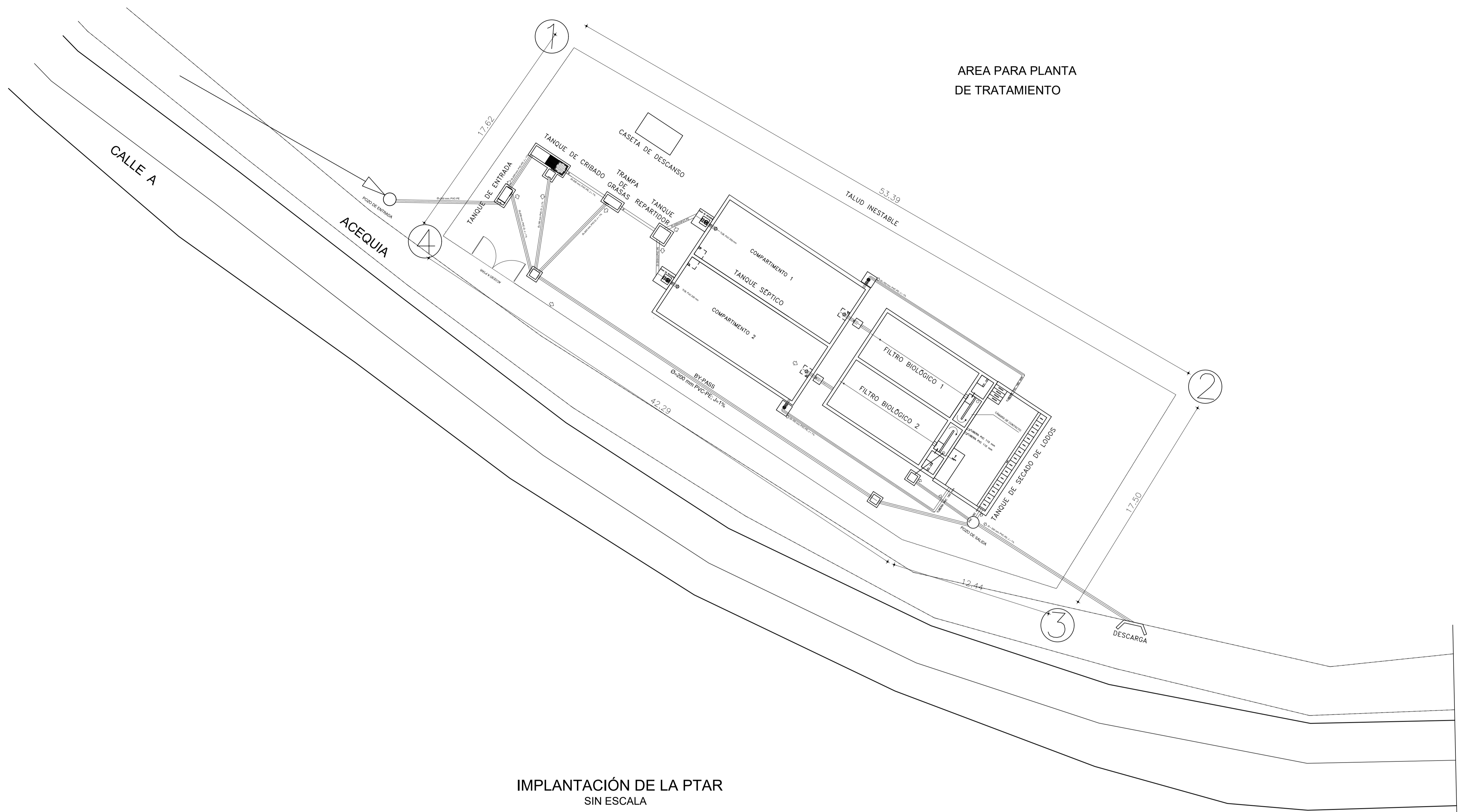
**CUADRO DE DETALLES**



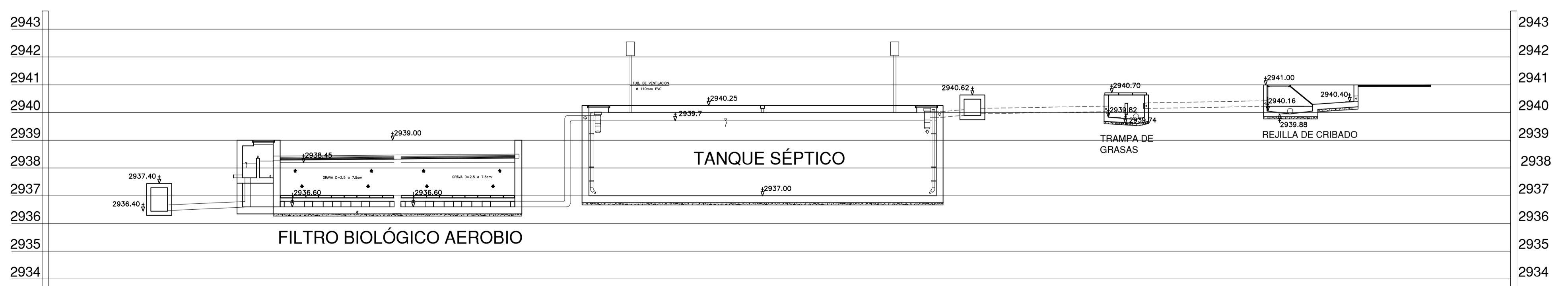
<p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</p>		
<p><b>PROYECTO:</b> EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA</p>		
<p><b>UBICACIÓN:</b></p>	<p><b>SECTOR:</b> INFIERNILLO</p>	<p><b>CANTÓN:</b> PÍLLARO</p>
	<p><b>PARROQUIA:</b> SAN ANDRÉS</p>	<p><b>PROVINCIA:</b> TUNGURAHUA</p>
<p><b>CONTIENE:</b></p>	<p>UNIDADES DE TRATAMIENTO DE LA PTAR FILTRO BIOLÓGICO AEROBIO - PLANTA, CORTES</p>	<p><b>FECHA:</b> ENE - 2023</p>
<p><b>ELABORADO POR:</b></p>	<p><b>REVISADO POR:</b></p>	<p><b>ESCALA:</b> INDICADAS</p>
<p>MYRKA GUEVARA</p>	<p>ING. GALO NUÑEZ</p>	<p><b>LÁMINA:</b> 3 DE 4</p>





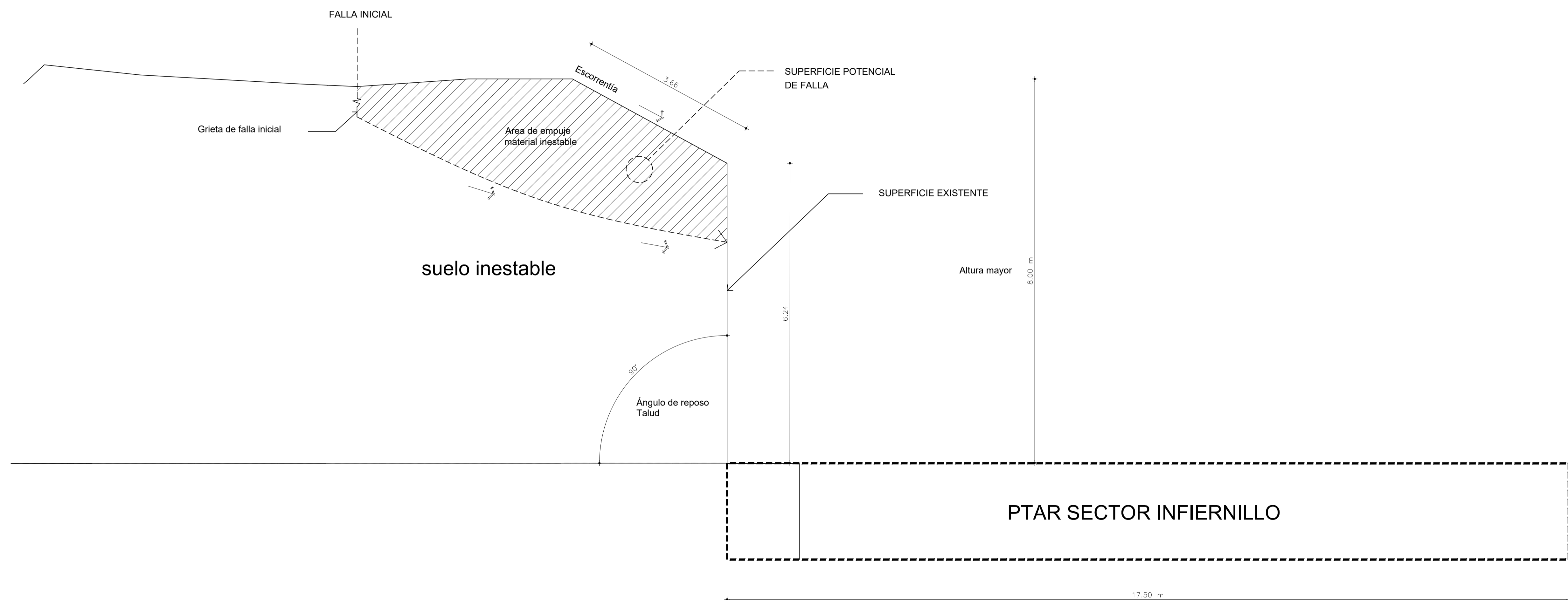


IMPLANTACIÓN DE LA PTAR  
SIN ESCALA



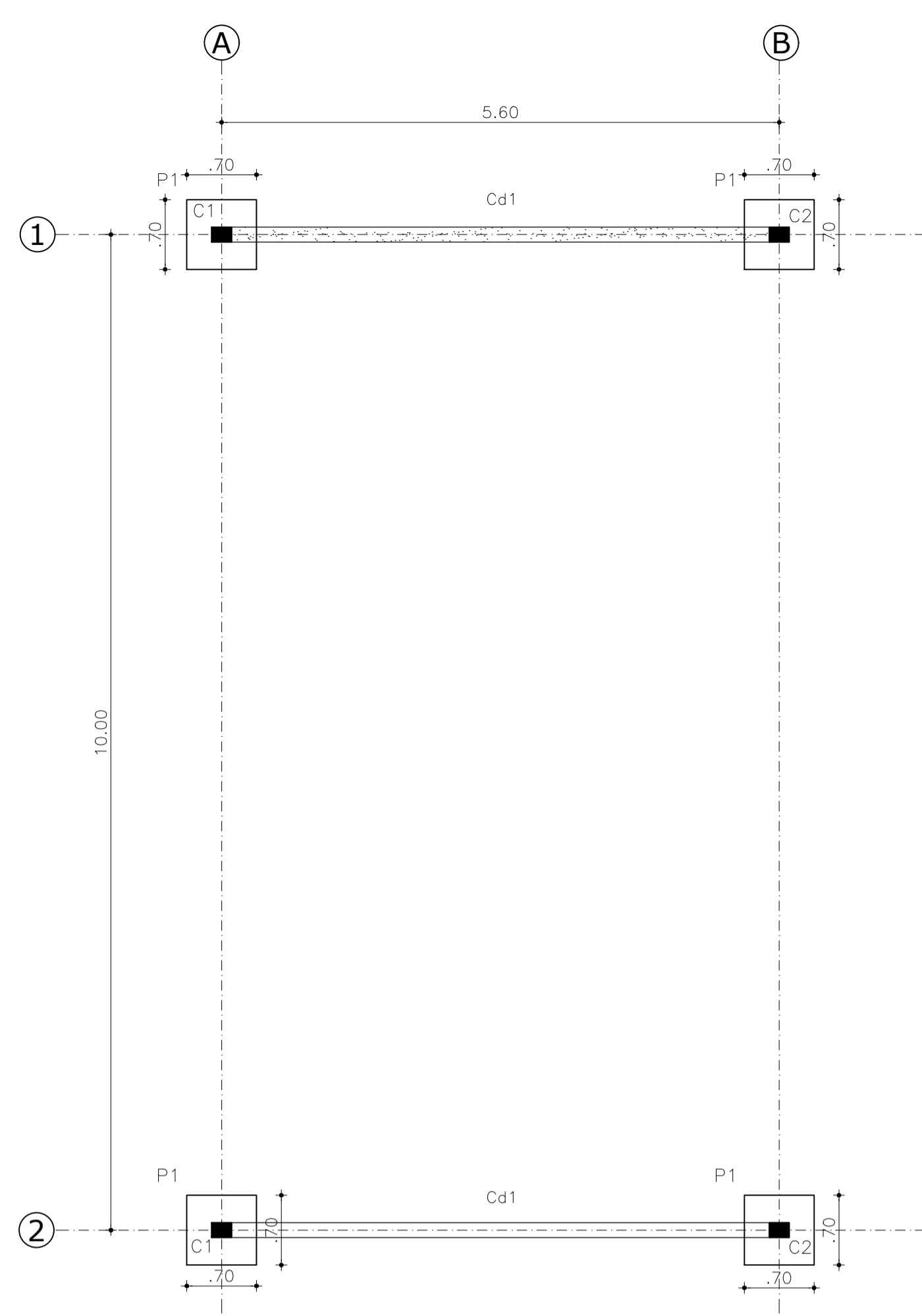
CORTE LONGITUDINAL  
SIN ESCALA

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PILLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA		
UBICACIÓN:	SECTOR: INFIERNILLO	CANTÓN: PILLARO
	PARROQUIA: SAN ANDRÉS	PROVINCIA: TUNGURAHUA
CONTIENE:	IMPLANTACIÓN DE LA PTAR	FECHA: ENE - 2023
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	ESCALA: INDICADAS
MYRKA GUEVARA	ING. GALO NUÑEZ	LÁMINA: ÚNICA

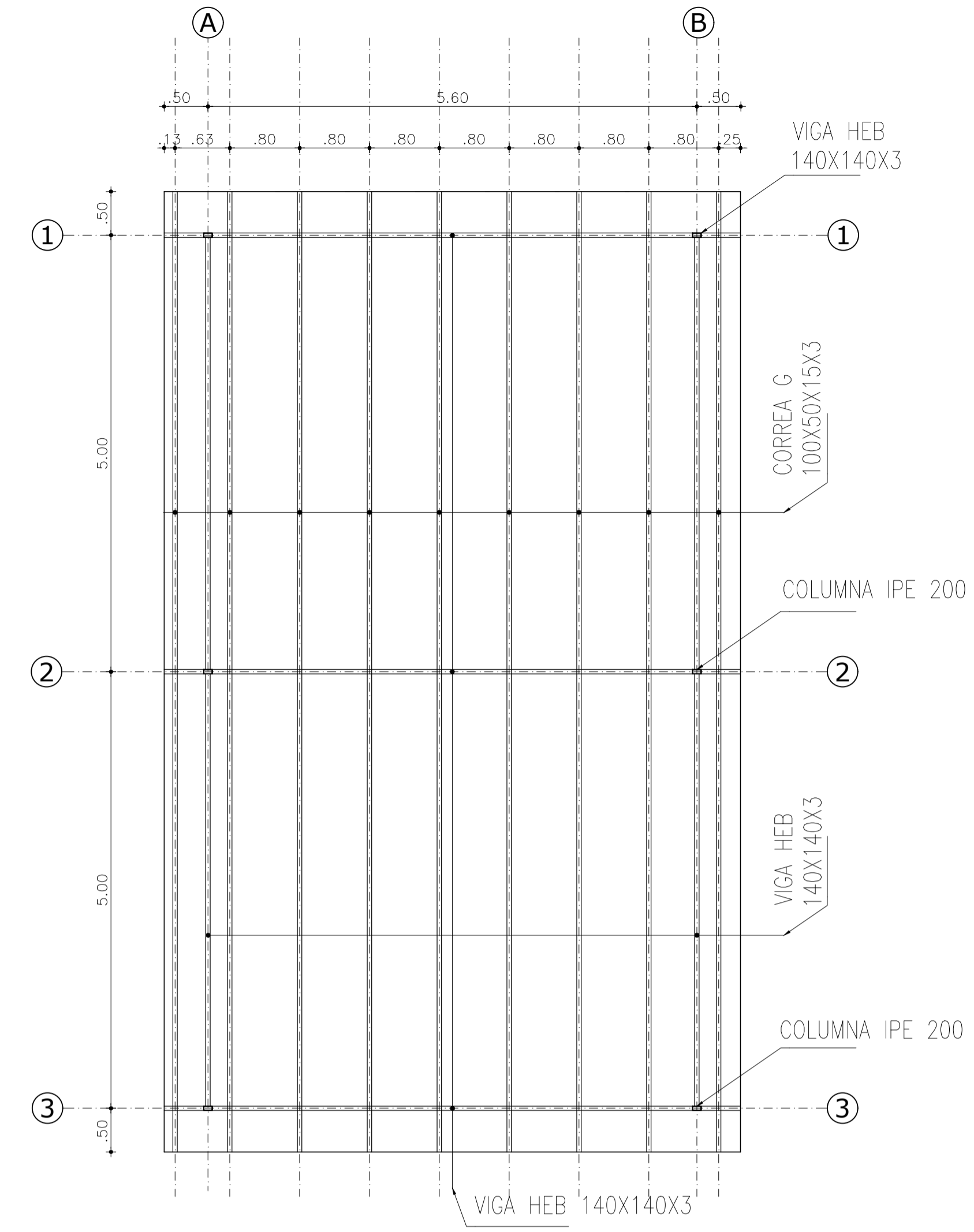


**CORTE TALUD INESTABLE**  
 ESCALA 1:50

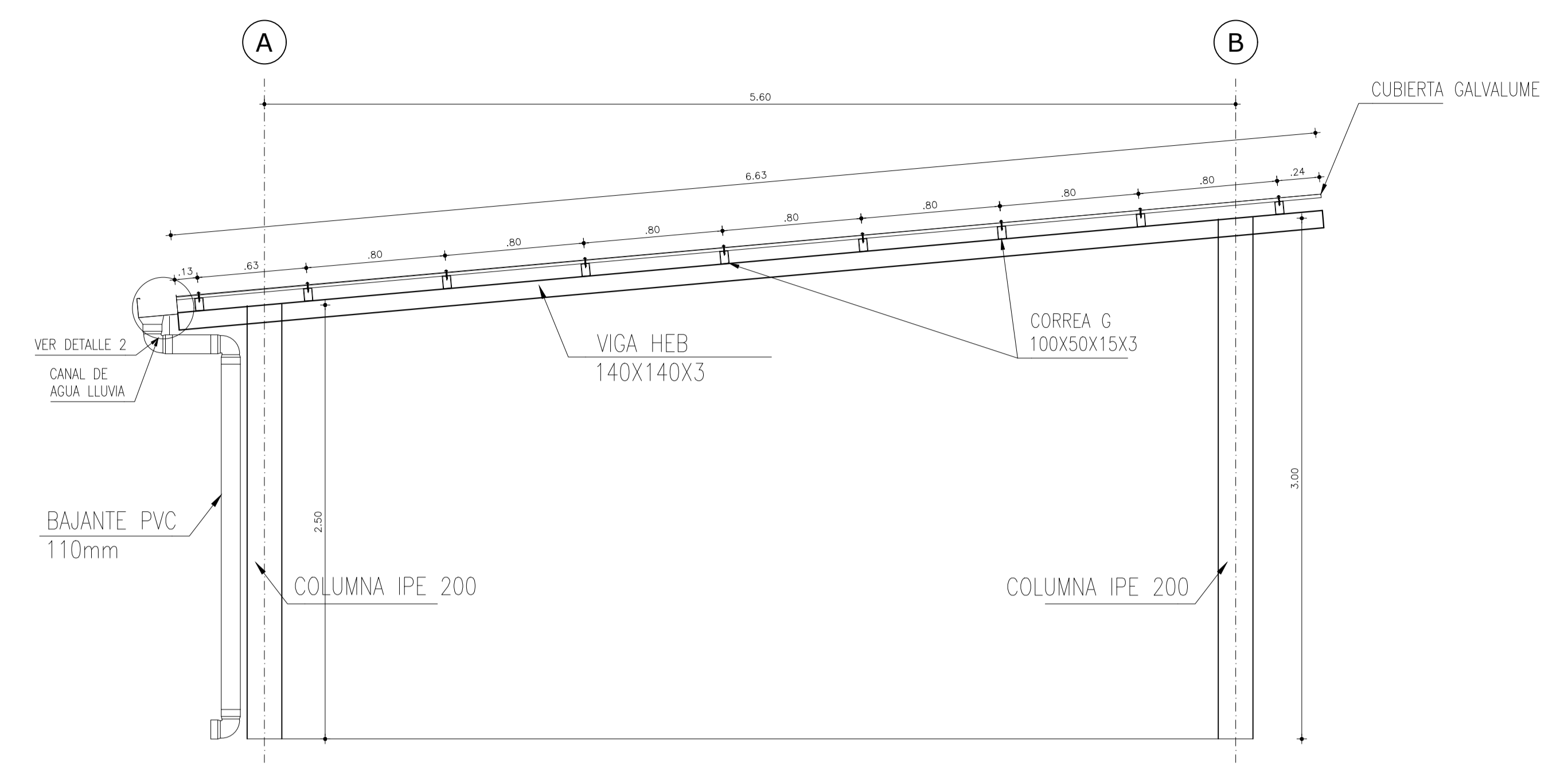
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>PROYECTO:</b> EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA		
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR: INFIERNILLO PARROQUIA: SAN ANDRÉS	CANTÓN: PÍLLARO PROVINCIA: TUNGURAHUA
<b>CONTIENE:</b>	TALUD INESTABLE - DETALLES	<b>FECHA:</b> ENE - 2023
<b>ELABORADO POR:</b>	<b>REVISADO POR:</b>	<b>ESCALA:</b> INDICADAS
MYRKA GUEVARA	ING. GALO NUÑEZ	<b>LÁMINA:</b> A1



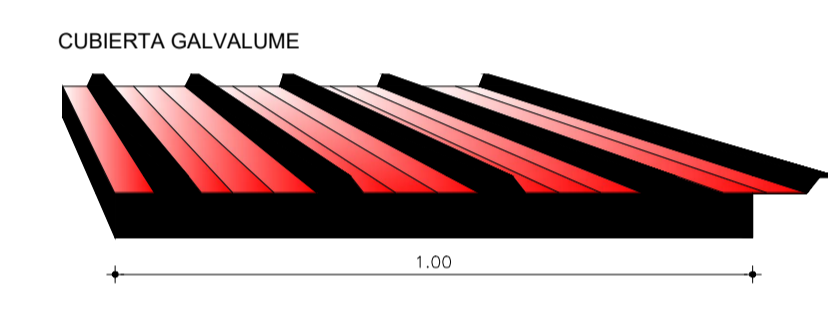
PLANTA DE CIMENTACIÓN Nv +0.00  
ESCALA 1:50



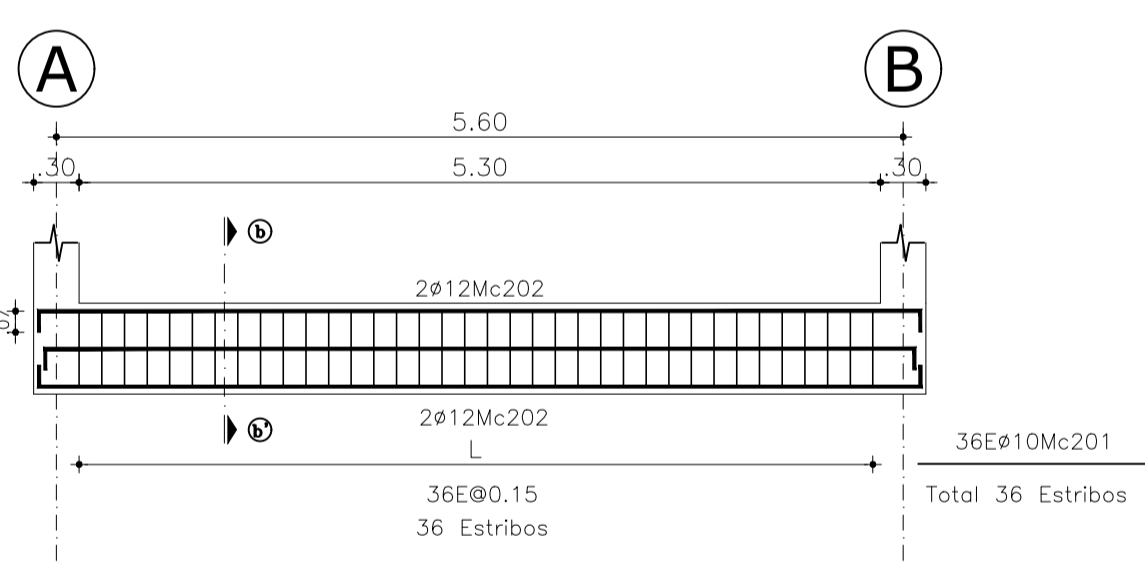
PLANTA DE CUBIERTA Nv +3.00  
ESCALA 1:50



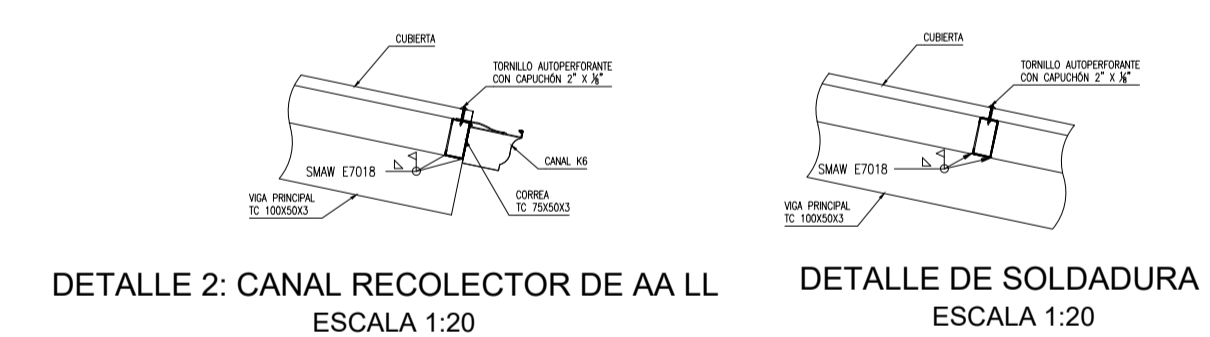
PÓRTICO EJE A - B  
ESCALA 1:25



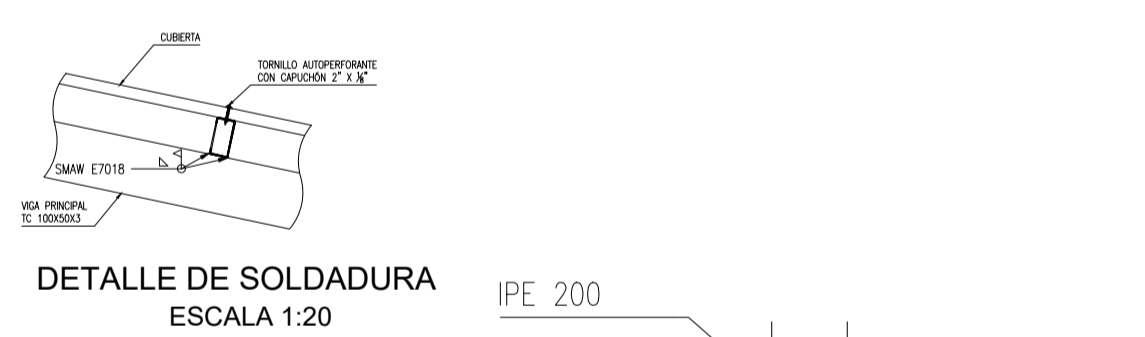
DETALLES GALVALUME  
ESCALA 1:25



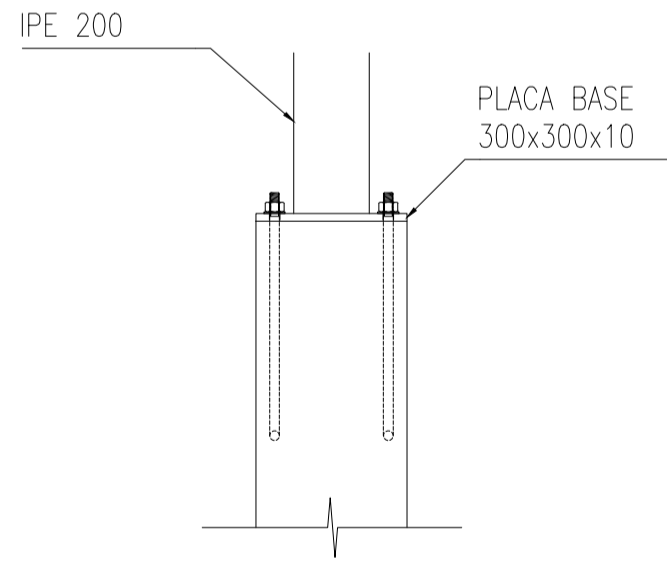
CADENA EJE A-B NIVEL +0.00  
ESCALA: V 1:25 - H 1:50



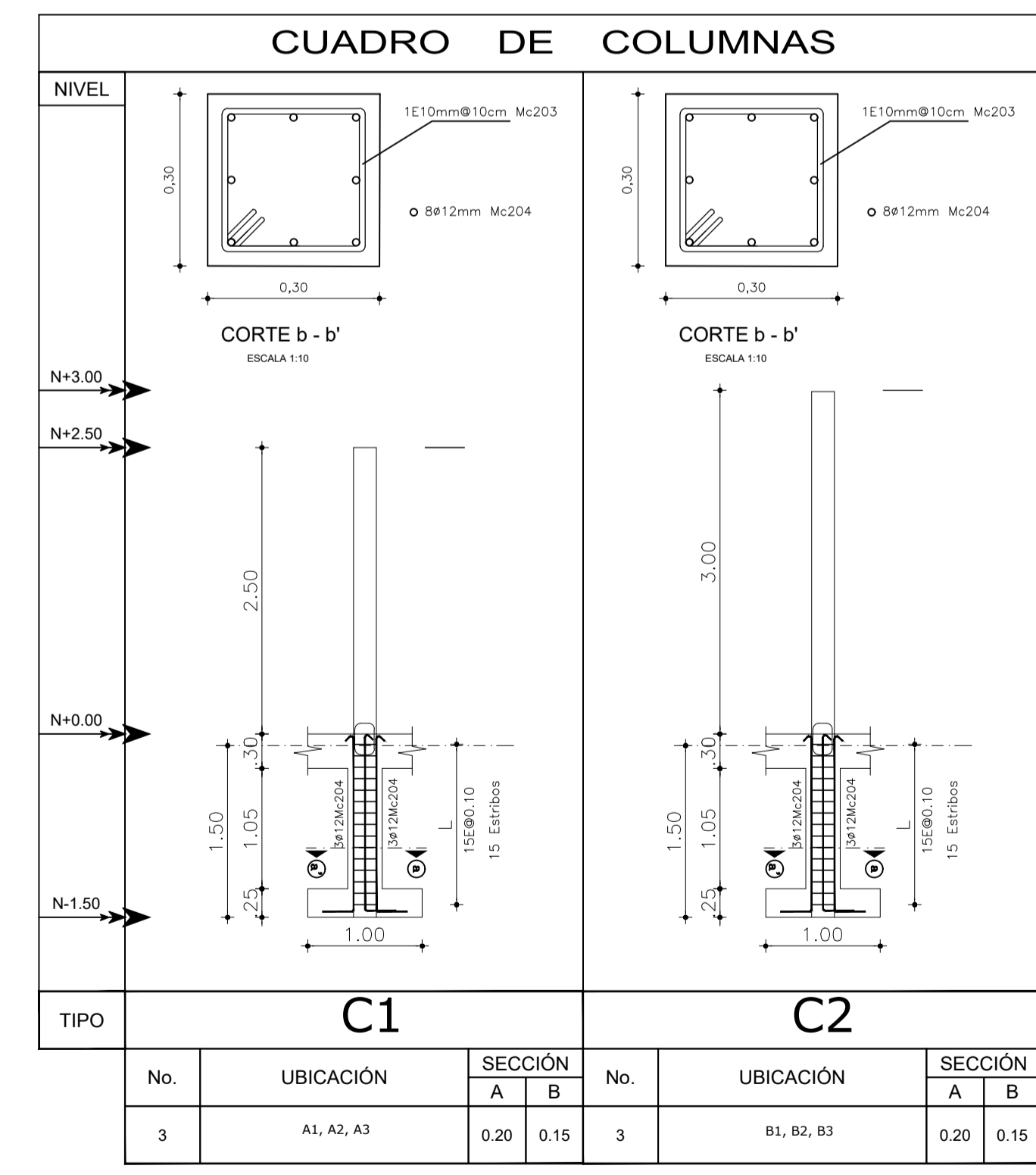
DETALLE 2: CANAL RECOLECTOR DE AA LL  
ESCALA 1:20



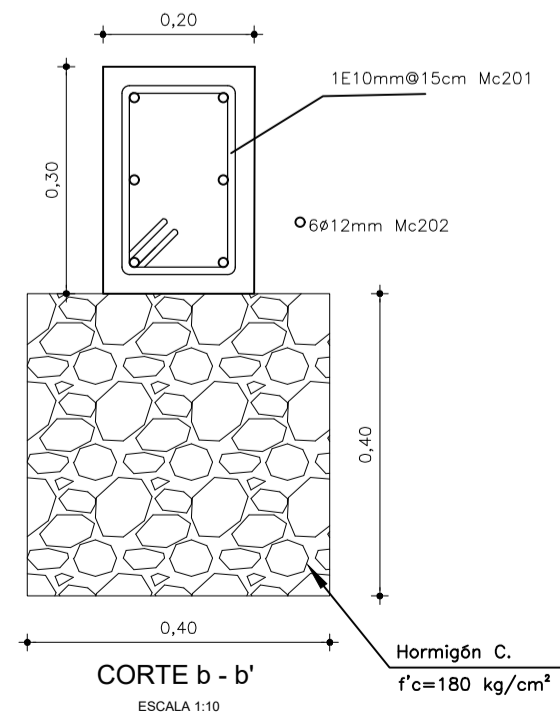
DETALLE DE SOLDADURA  
ESCALA 1:20



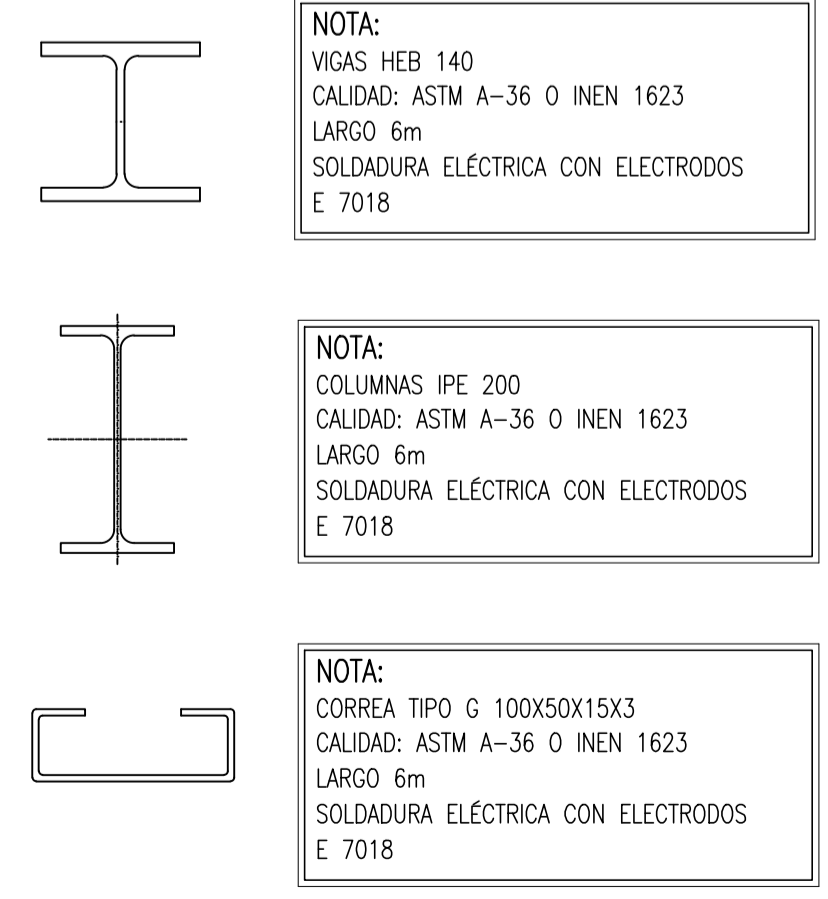
DETALLE PLACA BASE  
ESCALA 1:15



TIPO	C1			C2		
	No.	UBICACIÓN	SECCIÓN A B	No.	UBICACIÓN	SECCIÓN A B
	3	A1, A2, A3	0.20 0.15	3	B1, B2, B3	0.20 0.15



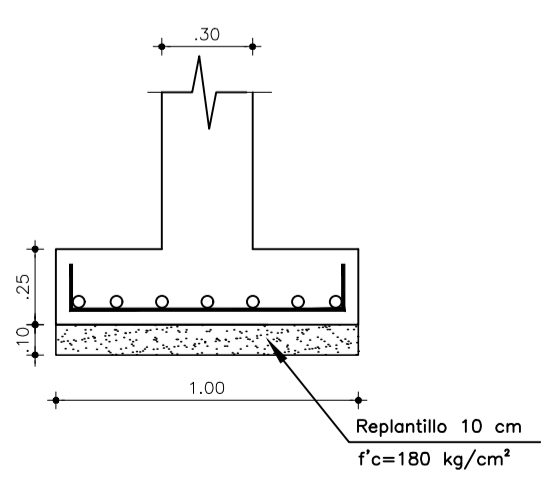
CORTE b - b'  
ESCALA 1:10



DETALLE PERFILES ESTRUCTURALES  
SIN ESCALA



P1  
4 PLINTOS  
Aceros Verticales 7φ12 @0.15 Mc300  
Aceros Horizontales 7φ12 @0.15 Mc300  
UBICACIÓN  
A1, A2, B1, B2

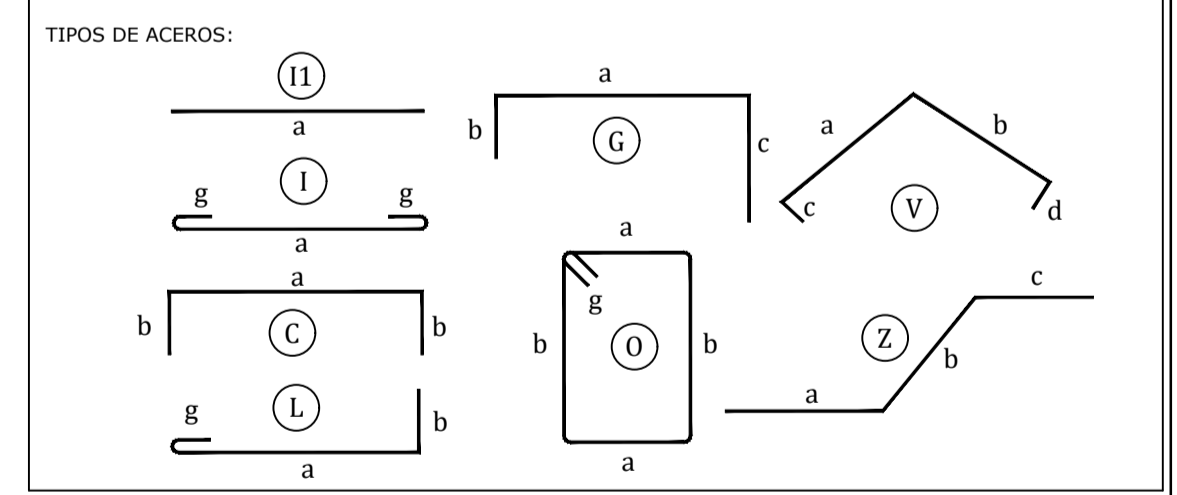


DETALLES PLINTOS  
ESCALA 1:25

TIPO	No.	DIMENSIONES			MARCAS ARMADURA	NIVEL	UBICACIÓN
		A	B	H			
P1	4	0.70	0.70	0.25	5φ12Mc101 @0.15 Verticales 5φ12Mc101 @0.15 Horizontales	N-1.50	A1, A2, B1, B2

PLANILLA DE ACERO DE REFUERZO										
Mc	TIPO	Ø mm	N°	DIMENSIONES				Long. Desar. (m)	Long. Total (m)	Peso (Kg)
				a	b	c	g			
PLINTOS HA f'c = 210 kg/cm²										
300	C	12	56	0.9	0.15	0.15	-	1.20	67.20	59.67
CADENAS DE AMARRE HA f'c = 210 kg/cm²										
201	O	10	72	0.78	-	-	0.14	0.92	66.53	41.05
202	C	12	12	2.9	0.1	0.1	-	3.10	37.20	33.03
COLUMNAS HA f'c = 210 kg/cm²										
203	O	10	60	0.25	0.25	-	0.14	0.64	38.64	23.84
204	L	12	32	1.53	0.26	-	0.07	1.86	59.58	52.91
									<b>PESO TOTAL</b>	210.51

PLANILLA DE ACERO ESTRUCTURAL						
Mc	PERFIL	Cantidad	Longitud (m)	Longitud total (m)	Peso unitario (kg/m)	Peso total (Kg)
300	IPE 200	2.00	2.50	5.00	26.20	131.00
301	IPE 200	2.00	3.00	6.00	26.20	157.20
CORREAS G 100x50x15x3						
302	G	9.00	11	99.00	4.89	484.11
VIGAS HEB 140x140x3						
303	HEB	2	6.60	13.20	20.4	269.28
304	HEB	2	10.00	20.00	20.4	408.00
PLACAS						
Placa	N°	ancho (mm)	largo (mm)	espesor (mm)	Peso individual	Peso (Kg)
Placa base 1	4	300	300	10	7.07	28.26
Rigidizadores	32	50	50	6	0.12	1.88
					<b>PESO TOTAL</b>	1479.73



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:  
HORMIGÓN ARMADO f'c = 210 Kg/cm²  
ACERO fy = 4200 Kg/cm² EN FORMA DE VARILLA MILLIMETRADA CORRUGADA  
TRASLARES MÍNIMOS SI NO SE INDICAN EN LOS PLANOS = 60 DIAMETROS DE LA VARILLA  
CAP. PORTANTE DEL SUELO ASUMIDA = 20 T/m²  
\*EL CONSTRUCTOR DEBERÁ VERIFICAR VALOR ASUMIDO

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>		
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR INFIERNILLO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA		
UBICACIÓN:	SECTOR: INFIERNILLO	CANTÓN: PÍLLARO
	PARROQUIA: SAN ANDRÉS	PROVINCIA: TUNGURAHUA
CONTIENE:	CUBIERTA DEL TANQUE DE SECADO DE LODOS	FECHA: ENE - 2023
	DETALLES, ARMADO ESTRUCTURAL	INDICADAS
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	ESCALA: INDICADAS
MYRKA GUEVARA	ING. GALO NUÑEZ	LÁMINA: E1