



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

TRABAJO EXPERIMENTAL
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

TEMA:

“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR CARDO SANTO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS PERTENECIENTE AL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

Autora: Oscar Vinicio Ortega Liquinchano

Tutor: Ing. Mg. Fabián Rodrigo Morales Fiallos

AMBATO – ECUADOR

Marzo - 2023

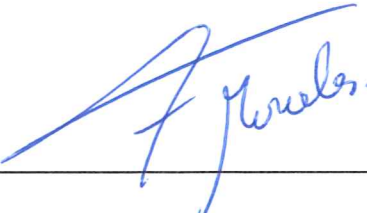
CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención de Título de Ingeniero Civil, con el tema: “**EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR CARDO SANTO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS PERTENECIENTE AL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA**”, elaborado por el Sr. **Oscar Vinicio Ortega Liquinchano**, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1850071547, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

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

Ambato, marzo 2023



Ing. Mg. Fabián Rodrigo Morales Fiallos

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, **Oscar Vinicio Ortega Liquinchano**, con C.I. 1850071547 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 CARDO SANTO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS PERTENECIENTE AL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, así como también los análisis, gráficas, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, marzo 2023



Oscar Vinicio Ortega Liquinchano

C.I. 1850071547

AUTOR

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



Oscar Vinicio Ortega Liquinchano

C.I. 1850071547

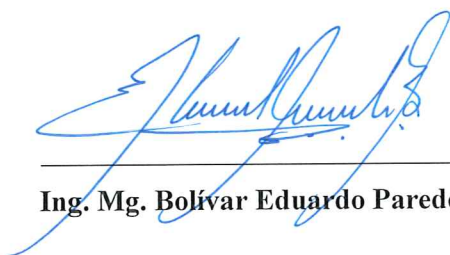
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Oscar Vinicio Ortega Liquinchano, de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el Tema: “EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR CARDO SANRO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS PERTENECIENTE AL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”.

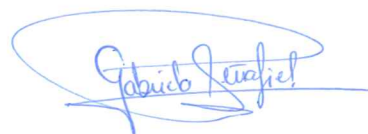
Ambato, marzo 2023

Para constancia firman:



Ing. Mg. Bolívar Eduardo Paredes Beltrán

MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Mg. Lourdes Gabriela Peñafiel Valla

MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

El presente trabajo experimental se lo dedico a Dios por la salud, inteligencia, sabiduría y las bendiciones que ha puesto en mi vida

A mis padres Luis Alberto y María Ernestina quienes son los pilares importantes en mi vida, por su comprensión y amor brindados en cada obstáculo que se han presentado, por el esfuerzo y la confianza que me brindaron desde niño para alcanzar cada objetivo que me he planteado.

“Aquel hijo que tiene el apoyo y el cariño de sus padres es capaz de alcanzar todos sus sueños”.

A mis hermanas Margoth y Dayelli quienes han encaminado y compartido su vida estudiantil primaria, secundaria y universitaria conmigo, por sus consejos y oraciones.

A mi familia por ser un soporte de tranquilidad, por estar siempre unidos y buscar el bien y la felicidad de cada una de las personas que la conformamos.

Especialmente a mi sobrino Emanuel que tuvo que partir al reino de los cielos, sin haber conocido la Tierra.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por la vida y las bendiciones que derrama sobre mí. Gracias a su infinita bondad, protección y sabiduría he podido culminar el primero de muchos objetivos profesionales y personales.

Agradezco a la Universidad Técnica de Ambato, en especial a la Carrera de Ingeniería Civil, por darme la oportunidad de obtener una profesión y ser una persona de utilidad dentro de la sociedad.

A mis profesores de la carrera de Ingeniería Civil quienes impartieron sus conocimientos para mi formación académica y de manera especial a mi tutor Ing. Fabián Morales quien aportó con su experiencia, la misma que sirvió de ayuda durante la realización de mi trabajo de titulación.

A mis amigos y compañeros de universidad con quienes compartí momentos de alegrías, preocupaciones y varias horas de estudio, por la ayuda que me brindaron para escalar cada nivel académico.

“Cada día conseguimos y logramos algo por la cual debemos estar agradecidos con la vida, y con las personas que hacen de nuestro entorno un lugar más sereno”

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT	xviii
CAPÍTULO I.-MARCO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes Investigativos	1
1.1.1. Hipótesis.....	11
1.2. Objetivos.....	12
1.2.1. Objetivo General	12
1.2.2. Objetivos Específicos.....	12
CAPÍTULO II.-METODOLOGÍA	13
2.1. Materiales	13
2.2. Métodos	17
2.2.1. Plan de recolección de datos	23
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	63
3.1. Análisis y discusión de resultados.....	63
3.1.1. Levantamiento de información	63

3.1.2.	Análisis de resultados de laboratorio.	64
3.1.3.	Diagnóstico Técnico actual de la PTAR	69
3.2.	Verificación de hipótesis	93
3.3.	Propuesta de mejoramiento de la PTAR	94
Medida 1:	Implantación de la cubierta para el lecho secado de lodos.....	94
CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		111
4.1.	Conclusiones.....	111
4.2.	Recomendaciones	112
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		113
ANEXOS.....		117
ANEXOS 1-	MEDICIÓN DE CAUDALES/DÍA-SEMANA	118
ANEXOS 2-	FOTOGRAFÍAS	124
ANEXOS 3-	RESULTADOS DE LABORATORIO	128
ANEXOS 4-	APUS	132
ANEXOS 5-	PLANOS	145

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Equipos empleados en la localización de la PTAR.....	13
Tabla 2 Materiales empleados en el dimensionamiento del tren de tratamiento	14
Tabla 3. Materiales empleados en la medición de caudales y recolección de las muestras residuales.....	14
Tabla 4. Equipo de seguridad.....	15
Tabla 5 Metodología aplicada para el cumplimiento del objetivo específico 1.....	17
Tabla 6 Metodología aplicada para el cumplimiento del objetivo específico 2.....	18
Tabla 7 Metodología aplicada para el cumplimiento del objetivo específico 3.....	18
Tabla 8 Metodología aplicada para el cumplimiento del objetivo específico 4.....	19
Tabla 9 Parámetros analizados en la muestra de agua residual.....	21
Tabla 10 Información de Unidades Hidrográficas en la Parroquia rural San Andrés.	25
Tabla 11 Datos de número de familias, viviendas y población aproximados según encuestas PDOT San Andrés.	28
Tabla 12 Servicio de agua potable.	31
Tabla 13 Servicio de alcantarillado.....	31
Tabla 14 Mediciones de caudales ingreso a la PTAR-CARDO SANTO/día.	42
Tabla 15 Estadística Descriptiva de Caudales Ingreso a la PTAR -Columna 1-Lunes.	43
Tabla 16 Estadística Descriptiva de Caudales Ingreso a la PTAR -Columna 2- Martes.....	43
Tabla 17 Estadística Descriptiva de Caudales Ingreso a la PTAR -Columna 3- Miércoles.....	44
Tabla 18 Estadística Descriptiva de Caudales Ingreso a la PTAR -Columna 4- Jueves.	44
Tabla 19 Estadística Descriptiva de Caudales Ingreso a la PTAR -Columna 5- Viernes.	44
Tabla 20 Estadística Descriptiva de Caudales Ingreso a la PTAR -Columna 6- Sábado.....	45
Tabla 21 Estadística Descriptiva de Caudales Ingreso a la PTAR -Columna 7- Domingo.....	45
Tabla 22 Resumen de los caudales medios diarios ingreso a la PTAR.	45

Tabla 23 Estadística Descriptiva de caudales medios diarios ingreso a la PTAR. ...	46
Tabla 24 Mediciones de caudales salida a la PTAR-CARDO SANTO/día.....	47
Tabla 25 Estadística Descriptiva de Caudales salida de la PTAR -Columna 1-Lunes	47
Tabla 26 Estadística Descriptiva de Caudales salida de la PTAR -Columna 2-Martes	48
Tabla 27 Estadística Descriptiva de Caudales salida de la PTAR -Columna 3- Miércoles.....	48
Tabla 28 Estadística Descriptiva de Caudales salida de la PTAR -Columna 4-Jueves	48
Tabla 29 Estadística Descriptiva de Caudales salida de la PTAR -Columna 5- Viernes	49
Tabla 30 Estadística Descriptiva de Caudales salida de la PTAR -Columna 6-Sábado	49
Tabla 31 Estadística Descriptiva de Caudales salida de la PTAR -Columna 7- Domingo.....	49
Tabla 32 Resumen de los caudales medios diarios salida de la PTAR.	50
Tabla 33 Estadística Descriptiva de caudales medios diarios salida de la PTAR.	50
Tabla 34 Resultados comparativos de los parámetros del agua residual (30-11-2022).	65
Tabla 35 Porcentaje de eficiencia en la remoción de contaminantes de la muestra entrada y salida de la PTAR (30-11-2022).	66
Tabla 36 Resultados comparativos de los parámetros del agua residual (08-02-2023).	68
Tabla 37 Porcentaje de eficiencia en la remoción de contaminantes de la muestra entrada y salida de la PTAR (08-02-2022).	68
Tabla 38 Dimensiones del tanque repartidor de la PTAR-Cardo Santo.	70
Tabla 39 Dimensiones del Tanque Séptico 1 y 2 de la PTAR.....	72
Tabla 40 Dimensiones del FAFA 1 Y 2 de la PTAR.....	75
Tabla 41 Dimensiones del Lecho de secado de lodos 1 y 2 de la PTAR.....	76
Tabla 42 Diagnóstico del funcionamiento de la Rejilla del Cribado	78
Tabla 43 Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.....	80

Tabla 44 Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio	81
Tabla 45 Coeficientes de retorno de aguas servidas domésticas.....	81
Tabla 46 Diagnóstico del funcionamiento del Tanque Séptico.....	85
Tabla 47 Comparación de los valores reales calculados y los rangos permitidos por la CONAGUA en el diseño de FAFA.....	90
Tabla 48 Tiempo requerido para la digestión de lodos en función de la temperatura.	91
Tabla 49 Diagnóstico del funcionamiento del lecho de secado de lodos.....	93
Tabla 50 Diagnóstico General de los procesos unitarios de la PTAR	93
Tabla 51 Carga Viva: Sobrecarga Mínima.....	95
Tabla 52 Carga muerta o permanente	95
Tabla 53 Carga de granizo	95
Tabla 54 Datos a tomar en cuenta al momento de predimensionar la columna.....	96
Tabla 55 Esfuerzo crítico disponible para miembros de compresión	97
Tabla 56 Detalle estructura metálica rectangular.....	98
Tabla 57 Esfuerzo crítico disponible para miembros de compresión	99
Tabla 58 Datos de la correa estructural a predimensionar	99
Tabla 59 Detalle estructural Correa	100
Tabla 60 Detalle perfil estructural correa.....	101
Tabla 61 Presupuesto Referencial para la implantación de una cubierta en el lecho de secado.....	102
Tabla 62 Resumen de las actividades de mantenimiento y operación de la Unidad: Tanque repartidor-Criba.....	104
Tabla 63 Resumen de las actividades de mantenimiento y operación de la Unidad: Tanque séptico	105
Tabla 64 Resumen de las actividades de mantenimiento y operación de la Unidad: FAFA.....	106
Tabla 65 Resumen de las actividades de mantenimiento y operación de la Unidad: Lecho de secado	107
Tabla 66 Resumen de las actividades de mantenimiento del área exterior a las procesos unitarios de descontaminación	107
Tabla 67 Resumen de las actividades de pintura e impermeabilización de los procesos unitarios.....	108

Tabla 68 Resumen de las actividades de monitoreo de Análisis Físicoquímico del efluente.....	109
Tabla 69 Resumen de las actividades de monitoreo de Análisis Físicoquímico del efluente.....	109
Tabla 70 Presupuesto referencial Plan de Operación y Mantenimiento de la PTAR.	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Ubicación Geográfica de la Provincia de Tungurahua. Fuente: PDOT San Andrés, 2015	23
Fig. 2 Ubicación Geográfica del cantón Santiago de Píllaro. Fuente: PODT San Andrés, 2015	24
Fig. 3 Mapa de Unidades Hidrográficas en la Parroquia rural San Andrés. Fuente: PODT San Andrés, 2015.....	26
Fig. 4 Mapa de identificación de las conducciones para el riego San Andrés (Fuente SENAGUA 2008)	27
Fig. 5 Asentamientos humanos en la parroquia San Andrés.	28
Fig. 6 Comunidad Cardo Santo.....	29
Fig. 7 Comunidad San Juan Rumipungo	29
Fig. 8 Diálogo y encuesta con moradores de la comunidad Cardo Santo.....	30
Fig. 9 Construcción de la PTAR del sector Cardo Santo.....	32
Fig. 10 Ubicación del proyecto experimental PTAR del sector Cardo Santo.	34
Fig. 11 Ubicación de la estación de bombeo de agua El Carrizal y la dirección de la descarga inicial del efluente.	35
Fig. 12 Reconocimiento de la estación de bombeo de agua El Carrizal.....	35
Fig. 13 Conocimiento del agua de las vertientes que la estación El Carrizal bombea hacia la ciudad de Salcedo.	36
Fig. 14 Dirección actual del Afluente y Ubicación de la Quebrada Seca.....	37
Fig. 15 Vista desde la comunidad Yanayacu en dirección a la PTAR.	37
Fig. 16 Dialogo con los moradores de la comunidad Yanayacu.....	38
Fig. 17 Recorrido por las laderas cercanas al río Yanayacu.	38
Fig. 18 Desfogue del agua lluvia y regadío en dirección a la Quebrada Seca.	39
Fig. 19 PTAR de Cardo Santo – parroquia San Andrés-cantón Santiago de Píllaro.	40
Fig. 20 Perfil- Entrada y Salida del Agua Residual.	40
Fig. 21 Medición del caudal de ingreso a la PTAR.	51
Fig. 22 Vista del caudal de ingreso.....	51
Fig. 23 Medición del caudal de salida de la PTAR.....	52
Fig. 24 Vista del caudal de salida.	52
Fig. 25 Toma de muestra de agua residual al ingreso de la PTAR.....	53
Fig. 26 Toma de la muestra de agua residual tratada a la salida de la PTAR.....	53

Fig. 27 Envasado de las muestras de Aguas Residuales	54
Fig. 28 Conservación y transporte de muestras obtenidas de la PTAR.	54
Fig. 29 Funcionamiento de la PTAR de Cardo Santo – parroquia San Andrés-cantón Santiago de Píllaro	56
Fig. 30 Tanque repartidor +criba de la PTAR.	57
Fig. 31 Acumulación de basura y residuos sólidos, por falta de limpieza y mantenimiento.....	58
Fig. 32 Caja que en su interior contiene una válvula que regula el paso del agua residual del tanque repartidor hacia la caja repartidor de caudales.....	58
Fig. 33 Vista desde la caja repartidora de caudal en dirección a los procesos unitarios de la PTAR.....	58
Fig. 34 Válvula que regula el paso del agua residual de la caja repartidora de caudal hacia el Tanque Séptico.	59
Fig. 35 Entrada del agua residual al Tanque Séptico. Se observa acumulación de lodos y natas.....	59
Fig. 36 Tanques Sépticos que reciben el caudal y las desfogan a los lechado de secado de lodos.	59
Fig. 37 Válvula Tipo que conecta la Cámara del Tanque Séptico con el Lecho de Secado de Lodos.	60
Fig. 38 FAFA 1 Y FAFA 2 de la PTAR.	60
Fig. 39 Vista de las Tubería de Salida de los FAFAs.	61
Fig. 40 Limpieza y Mantenimiento del FAFA.....	61
Fig. 41 Lechos de Secado de Lodos que reciben los lodos sedimentados en los Tanques Sépticos.....	62
Fig. 42 Vista de la superficie y fondo del pozo de descarga.....	62
Fig. 43 Diagrama de barras del porcentaje de la eficiencia de remoción (30-11-2022).	66
Fig. 44 Diagrama de barras del porcentaje de la eficiencia de remoción (08-02-2023).	69
Fig. 45 Vista en planta del Tanque Repartidor.	71
Fig. 46 Vista del corte longitudinal del Tanque Repartidor de la PTAR.....	71
Fig. 47 Detalle de la rejilla del Tanque Repartidor.....	71
Fig. 48 Vista en Planta del Tanque Séptico 1 y 2 de la PTAR.	73

Fig. 49 Vista del corte longitudinal del Tanque Séptico 1 y 2 de la PTAR.....	73
Fig. 50 Vista del corte Transversal del Tanque Séptico 1 y 2 de la PTAR.	74
Fig. 51 Vista en planta del FAFA 1 y 2 de la PTAR.	75
Fig. 52 Vista del corte longitudinal de la FAFA 1 y 2.....	76
Fig. 53 Vista en planta del lecho de secado de lodos 1 y 2 de la PTAR.....	77
Fig. 54 Vista del corte lateral del lecho de secado de lodos 1 y 2.	77
Fig. 55 Vista Lateral de la Cubierta.....	101
Fig. 56 Vista Superior Cubierta	102
Fig. 57 Detalle de la señalética de información en cada unidad de Tratamiento....	109
Fig. 58 Diálogo con los moradores de la comunidad Yanayacu.....	125
Fig. 59 Vista de las válvulas conectadas a los FAFA que desfogon los lodos sedimentados en la zona baja de la misma.....	125
Fig. 60 Inspección de las cajas de revisión.	126
Fig. 61 Inspección del estado actual de las válvulas.....	126
Fig. 62 Medición del FAFA de la PTAR.....	126
Fig. 63 Medición del lecho de secado de lodos.	127

RESUMEN

Se llevó a cabo un trabajo experimental con el objetivo de determinar si la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) está funcionando adecuadamente o si su eficacia en la remoción de contaminantes ha disminuido a lo largo de su vida útil.

La evaluación de la PTAR partió con el levantamiento de información in situ de las dimensiones de las unidades hidráulicas de descontaminación y los caudales de entrada y salida de la planta. Se tomaron muestras de agua residual en la entrada y salida de la PTAR y se realizó un análisis de caracterización en un laboratorio autorizado. Los resultados obtenidos fueron comparados con la normativa TULSMA 2015, revelando que los niveles de pH, DQO, DBO5, Sólidos Suspendidos y Sólidos Totales están bajo los límites máximos permitidos para la descarga de aguas residuales en cuerpos de agua dulce.

Posteriormente, se diagnosticó cada unidad hidráulica, determinando que cumplen con los parámetros establecidos en las guías y manuales de diseño para las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Finalmente, se sugiere implementar un plan de operación y mantenimiento para mantener y optimizar el correcto funcionamiento de la PTAR, en la que se incluye una cubierta para cada lecho de secado de lodos con la finalidad de aumentar su deshidratación y disposición final de los lodos residuales, además, incluye medidas de limpieza y cuidado para cada unidad hidráulica de descontaminación.

Palabras claves: PTAR, agua residual, pH, DBO5, DQO, TULSMA

ABSTRACT

An experimental work was carried out with the objective of determining if the Wastewater Treatment Plant (WWTP) is working properly or if its efficiency in the removal of pollutants has decreased throughout its useful life.

The evaluation of the WWTP began with the collection of on-site information on the dimensions of the decontamination hydraulic units and the plant's inlet and outlet flow rates. Wastewater samples were taken at the inlet and outlet of the WWTP and a characterization analysis was performed in an authorized laboratory. The results obtained were compared with the TULSMA 2015 regulations, revealing that the levels of pH, COD, BOD5, Suspended Solids and Total Solids are under the maximum limits allowed for wastewater discharge into freshwater bodies.

Subsequently, each hydraulic unit was diagnosed, determining that they comply with the parameters established in the design guidelines and manuals for wastewater treatment plants.

Finally, it is suggested to implement an operation and maintenance plan to maintain and optimize the correct operation of the WWTP, which includes a cover for each sludge drying bed in order to increase its dehydration and final disposal of the residual sludge, in addition, it includes cleaning and care measures for each hydraulic decontamination unit.

Key words: WWTP, wastewater, pH, BOD5, COD, TULSMA.

CAPÍTULO I.-MARCO TEÓRICO

1.1.Antecedentes Investigativos

A medida que crece la demanda global de agua, el volumen de aguas residuales generadas aumenta y también su nivel de contaminación. El informe mundial de las Naciones Unidas “Aguas Residuales, El recurso desaprovechado 2017” sustentan que, en el mundo, más del 80% de las aguas residuales industriales y municipales son vertidas al medio ambiente sin ningún tratamiento previo, lo que resulta en un deterioro creciente de la calidad general del agua con impactos perjudiciales para la salud humana y los ecosistemas [1], [2]

Según las Naciones Unidas, en 2015, 42 países (representativos del 18 % de la población mundial) informaron sobre la generación y el tratamiento de los flujos totales de aguas residuales, el 32 % recibió al menos algún tratamiento. La proporción del flujo de aguas residuales industriales tratadas fue del 30 por ciento y solo se pudo calcular para 14 países (que representan el 4 por ciento de la población mundial).[3]

Estados Unidos para el 2021 el país contaba de 16000 sistemas de tratamiento de aguas residuales de propiedad pública de varios tamaños que atienden la mayoría de las necesidades de aguas residuales en los Estados Unidos. El resto de la población, aproximadamente el 20 % de los estadounidenses, depende de los sistemas de aguas residuales in situ, como los tanques sépticos.[4].

En cuanto a América Latina y el Caribe los servicios sanitarios aún representan un importante reto. En 2015, el 88% de la población urbana tenía acceso a instalaciones de saneamiento mejoradas, sin embargo, el tratamiento de aguas residuales no ha aumentado de forma equitativa al ritmo de crecimiento poblacional. Los países que más contaminación producen por descargas de agua residual sin tratar son Argentina, Brasil, Chile, México y Venezuela. La descarga de las aguas residuales no tratadas en el medio ambiente sigue siendo uno de los problemas más graves en América Latina y el Caribe, a nivel regional solo el 28% de las aguas residuales reciben un tratamiento [5]-[6].

Con respecto a nuestro país, la Asociación de Municipalidades Ecuatorianas (AME) y el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), encargadas de difundir estadísticas de gestión de agua potable y alcantarillado. En el año 2016 recopilaron información de 215 Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales de un total de 222 entidades. De los 215 GAD Municipales el 61,86% (133 GAD) realizan tratamientos de sus aguas residuales mientras que el 38,14% (82 GAD) no realizan ningún tipo de tratamiento. Para ese año Ecuador contaba con 421 plantas de tratamiento de aguas residuales en los 133 GAD Municipales, de los cuales el 49,88% se encuentran en la región Sierra, 30,4% en la región Costa, el 19% en la región Amazónica y el restante 0,48% se localizaban en la Región Insular. Por otro lado, el 56,39% de los GAD Municipales disponían el agua residual tratada en los ríos, el 26,32% en quebradas y el restante 19,55 % disponían el agua residual en otros lugares, la región Insular el 100% del agua residual depurada se lo disponía al mar o pantanos artificiales (otros sitios). [7]

Con el objetivo de mitigar la contaminación, a nivel global se han diseñado tecnologías y alternativas que tratan las aguas residuales proporcionando saneamiento de bajo costo y protección ambiental. En la actualidad es posible transformar las aguas residuales en aguas potables, por medio de procesos físicos, químicos y biológicos enfocados en la eliminación de componentes contaminantes con el grado de purificación requerida. Estos procesos se realizan a través del uso de las llamadas Plantas de Tratamientos de Aguas Residuales (PTAR) también llamada EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) sistema de ingeniería dedicada a la depuración de aguas residuales para que puedan ser devueltos de forma segura al medio ambiente. [8]

En el Ecuador, la principal fuente de contaminación son las descargas de aguas residuales de las ciudades, por la falta de alcantarillado y la ausencia de tratamiento posterior a su uso; ambos problemas se manifiestan en la poca cobertura de saneamiento. Según la Secretaría del Agua (SENAGUA,2016) a nivel nacional la cobertura de saneamiento alcanza el 64,51%, 71% en zonas urbanas, mientras que la cobertura de saneamiento en zonas rurales apenas alcanzó el 53,07%. Indicando de manera general que pocos sectores tienen tratamiento de aguas residuales, el resto lo vierten directamente a los cauces naturales. En las zonas rurales de nuestro país el

inacceso a una red de alcantarillado público ha ocasionado que la mayor parte de hogares e industrias evacuen sus aguas servidas a cuerpos de agua dulce o a pozos sépticos sin ningún tratamiento, presentando un riesgo para la salud humana, los animales y el medio ambiente. [9], [10]

En busca de nuevas alternativas que reemplacen los pozos sépticos en las zonas rurales de nuestro país, se han presentado tecnologías no convencionales de tratamientos de aguas residuales como es el caso del cantón Sacha dónde se propuso un proyecto ecológico de tratamiento de aguas residuales domésticas en beneficio de los trabajadores de la Central Termoeléctrica Sacha de Termopichincha EP, que consistió en la implementación de Biofiltros para la remoción de materia orgánica y organismos patógenos. Se realizó dos Biofiltros pilotos, el primero Biofiltro Experimental 1 que contenía empaque de aserrín con viruta y el segundo Biofiltro Experimental 2 con empaque de fibra de coco, en un principio los parámetros que determinan el nivel de contaminación del agua residual (pH, DBO5, DQO, Sólidos Totales, etc.) del pozo séptico sobrepasaban los valores máximos permisibles establecidos por el TULSMA. Terminado el tiempo de residencia 90 minutos del agua residual en los Biofiltros, la eficiencia de remoción de contaminantes del Biofiltro Experimental 1 fue del 53,53%, sin embargo, a pesar de su buena depuración el agua residual tratada no se encontraba dentro de los límites permisibles por la norma. Por su parte el Biofiltro Experimental 2 tuvo una eficiencia de remoción del 82,37% cumpliendo con los establecido en el TULSMA para su descarga a un cuerpo de agua dulce. [11]

Así mismo en Manabí aspectos como el crecimiento acelerado de poblacional y la contaminación por las descargas de las aguas residuales sin un tratamiento previo, han forzado la búsqueda de alternativas innovadoras, económicas, ecológicas y eficientes para depurar las aguas residuales domésticas especialmente de las zonas rurales. Por tanto, en la comunidad El Limón, parroquia Calceta perteneciente al cantón Bolívar, provincia de Manabí se diseñó un sistema de tratamiento ecológico a base de Lombrifiltros con *Eisenia foetida*. Las muestras de agua residual se tomaron de una vivienda de la comunidad mencionada exactamente a las 14:00 pm, hora en la que se produce mayor parte de las actividades humanas. Las aguas residuales domésticas sin tratar presentaron las siguientes características fisicoquímicas: DBO5 =74mg/l, DQO=130,59 mg/l, SST = 1468 mg/l, ST=1987 mg/l, pH=6,90, estos valores que en

su mayoría superan el límite máximo permisible establecidos en el TULSMA. Ubicado la muestra residual no tratada en el lombrifiltro con una retención hidráulica de 0,9 horas se determinaron los siguientes porcentajes de remoción: 53,25% para DBO Y DQO, 66,74% para SST, 52,91% para ST y un pH igual a 6,8. Demostrando que los lombrifiltros a base de *Eisenia foetida* son sistemas ideales para zonas rurales. [12]

Por su parte investigadores de Chile realizaron estudios enfocados en determinar la alternativa más ecoeficiente para el tratamiento de aguas residuales domésticas que sea amigable con el medio ambiente. Por ende, realizaron la evaluación de 15 plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas con distintos tamaños, distinto caudal de trabajo y una población diferente de servicio basados en la norma ISO 14050 (2012), los sistemas de depuración fueron clasificados en cuatro tipos de tecnologías, tratamientos convencionales: sistemas de lodos activados y lagunas aireadas y no convencionales: biofiltros y vermi-biofiltros. El estudio arrojó que la tecnología de tratamiento más ecoeficiente es la del vermi-biofiltros que degrada la materia orgánica a base de lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*), cuyo producto final es el humos, rico en nutrientes y minerales que pueden ser utilizados en la agricultura. De este modo se demostró que los sistemas con tecnología no convencionales generan menos impactos ambientales siendo las más ecoeficientes. Sin embargo, a pesar de los estudios que demuestran su eficiencia, en el mundo el sistema más utilizado con un 60% de cobertura es la de lodos activos, seguido por lagunas aireadas con un 19% y por su parte las tecnologías no convencionales como biofiltros y vermi-biofiltros apenas ha alcanzado el 4,3%. [13]- [14]

De igual manera en Colombia como alternativa de tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Riohacha, se implementó un sistema de fitorremediación (aprovechamiento de la capacidad de absorción de contaminantes de ciertas plantas) a escala con una retención hidráulica de 7 días. En un principio el agua residual doméstica no tratada presentó la siguiente caracterización fisicoquímica y bacteriológica concentraciones de $DBO_5 = 113,19 \pm 23,87 \frac{mg}{L}$, $DQO = 237,88 \pm 356,21 \frac{mg}{L}$, estos valores no cumplían con los límites máximos permisibles de descarga a cuerpos superficiales según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible de la República Colombiana, así mismo las concentraciones de bacterias coliformes que presentó el agua residual cruda fue de $4,10 \times 10^7 \pm 2,18 \times 10^7 NMP/$

100 mL . Aplicando tasas de renovación de 75% en las unidades experimentales que conforman el tren de tratamiento con plantas se obtuvieron altos porcentajes de remoción: DQO=93,9%, DBO₅=91,6%, cumpliendo con lo estipulado en la normativa colombiana para su descarga, sin embargo, el porcentaje de remoción de bacterias coliformes totales y fecales fue de 99%, por lo que se recomienda un postratamiento de desinfección. Cabe mencionar que se utilizó la fitorremediación a base de plantas acuáticas *Eichhornia crassipes* (camolote o jacinto de agua común). Demostrando que es una alternativa ecoeficiente para tratar el agua residual doméstica de la ciudad de Riohacha. [15]-[16]

Es de gran importancia recalcar que el desarrollo y crecimiento económico de nuestro cada país se basa principalmente en los sectores industriales: industrias Manufacturas, Industria Alimenticia, Industria Automotriz e industria Textil, que se caracterizan por el consumo elevado de energía, agua y productos químicos generando aguas residuales con altas concentraciones de colorantes, sales, compuestos clorados, hidrocarburos, etc., provocando que el agua residual contaminada sea de difícil tratamiento. Se estima que las PTAR urbanas alcanzan a eliminar el 20% y 30% del color del efluente industrial.

La industria textil en el Ecuador actualmente es motivo de preocupación por sus descargas a cuerpos de agua. Buscando una manera de mitigar los contaminantes de las aguas residuales textileras se han desarrollado nuevas tecnologías de tratamiento, entre ellas tenemos el uso de Biofiltración sobre Cama de Turbo, consiste en una estructura a base de una cama de turba, arena de río y piedra pómez, para demostrar su eficiencia de depuración se tomó las aguas residuales resultante del lavado de jeans en la ciudad de Pelileo-Tungurahua. Por tal razón, se superviso el proceso del biofiltro en el transcurso de 36 días. Al culminar el proceso de investigación se obtuvieron resultados satisfactorios, la eficiencia de remoción de la DBO₅ y DQO sobrepasaron el 75%, de modo similar la relación de biodegradabilidad entre el DBO₅/DQO fue de 0,78, por otro lado, la reducción de ST fue de 57,33%, además se pudo observar la reducción en el color del agua residual de origen textil. En consecuencia, se puede usar este tipo de depuración en una fase de pretratamiento del agua residual textil. [17]

A nivel nacional el incremento de negocios de Lavadoras de autos ligada al aumento de vehículos que conllevan al uso inadecuado del agua y a la contaminación del medio

ambiente, las aguas residuales que producen los lavaderos de vehículos se caracterizan por la carga contaminante de hidrocarburos y sólidos en suspensión. Estos contaminantes al incorporarse al sistema de alcantarillado se mezclan con las aguas residuales domésticas causando problemas en los procesos de depuración biológica. Por tanto, es recomendable que su tratamiento en el propio lavadero a través de nuevas técnicas que reduzcan sus cargas contaminantes. Como alternativa de solución en la ciudad de Ambato, Ecuador se realizó un estudio que determina la eficiencia del Filtro con elementos de bagazo de caña de azúcar para el tratamiento de aguas residuales de lavadoras, el agua residual se recolectó de tres diferentes lavadoras de la ciudad de Ambato, el proceso de filtración fue de 31 días con siete repeticiones consecutivas, llegando a concluir que los niveles de DBO5 y DQO no se redujeron satisfactoriamente incumpliendo con lo establecido en el TULSMA para su vertimiento en el alcantarillado, a pesar que el porcentaje de remoción estuvo alrededor del 50%. Recomendando su uso en tratamientos primarios de depuración residual. [18]

Conviene enfatizar que en los países en vías de desarrollo los bajos porcentajes de agua residual tratada con respecto a la total generada, ha provocado los vertimientos directos afectando de manera paulatina a las fuentes hídricas y al suelo, contaminando el medio ambiente, perjudicando indirectamente a la población con problemas de salud, bienestar y ausencia del recurso hídrico en buena calidad. Por su parte, los sistemas de tratamiento de aguas residuales a pesar de ser una herramienta que permite mejorar la calidad de agua actualmente no cuentan con sistemas de tratamiento eficientes, sea por problemas económicos o la falta de conocimientos sobre nuevas alternativas tecnológicas de bajo costo. La mayoría de las PTARs no cuentan con una planificación para abastecer y depurar las aguas residuales en cuanto al crecimiento poblacional, con el paso del tiempo se vuelven deficientes y obsoletas. Por lo expuesto, es necesario evaluar los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas, tanto su eficiencia de remoción de contaminantes y las alternativas de mejoramiento.[19]

En Colombia se llevó a cabo un estudio de Análisis de los principales sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales domésticas, cuyo objetivo fue identificar el avance que han tenido los sistemas de depuración y sus alternativas de mejoramiento. Se identificó que los tratamientos más usados son los lodos activados, lagunas de estabilización y humedales artificiales que individualmente alcanzaron el

80% de remoción de DBO₅, DQO y SST, de modo que en conjunto alcanzaban porcentajes mayores al 90%. La falta de un sistema de pretratamiento ha provocado problemas de operación, por lo cual, se recomendó implementar sistemas que retenga el material sólido flotante de gran tamaño y la basura, implementación de sistemas de trampa de grasas que evite cambios en el pH y un sistema de clarificación primaria que amortigüe las cargas de choque evitando problema operacionales por la variación de cauda. [19]

Así mismo, en Bolivia se realizó la evaluación de una planta de tratamiento de aguas residuales municipales basada en lagunas de estabilización acopladas a un reactor anaerobio compartimentado, él estudio tuvo como objetivo el desempeño de la ptar de Colquerancho ubicada en Punata, construida en 1995, culminando su periodo de diseño en el año 2017, sin embargo, continuaba operando en condiciones de sobrecarga orgánica. En su principio estaba constituida por lagunas de estabilización y más adelante se incorporó un reactor anaeróbico compartimentado, además se mejoró el sistema de pretratamiento, esto permitió ampliar su capacidad de tratamiento. Para determinar la eficiencia se realizó el muestreo y análisis en el afluente y efluente de la PTAR y en el efluente de cada proceso unitario, se realizó la medición del caudal. El tiempo de retención hidráulica para el caudal de ingreso fue de 5 horas, valor menor al tiempo de 8 horas para la cual fue diseñada. La eficiencia general alcanzada por la PTAR fue de: DBO₅=55%, DQO_{total}=67%, DQO_{soluble}=54%, SST=80%, N-NH₃=15% y P=26%. Concluyendo que la incorporación un sistema de pretratamiento y reactor anaerobio a un sistema de lagunas de estabilización incrementa la capacidad de tratamiento y aumenta su periodo útil de diseño. Se recomienda la extracción continua de lodos y un monitoreo continuo. [20]

Del mismo modo, en Brasil se realizó un estudio del Desempeño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de São João de Iracema, partiendo del levantamiento topográfico de las lagunas anaerobia y facultativas. El monitoreo del afluente y el efluente de la PTAR permitió determinar la acumulación de lodos en un intervalo de 1,3% y 6,5% del volumen de las lagunas anaerobias y facultativas, la remoción media de DBO fue de 73,7%, este valor es inferior al 80% establecido por la Legislación Ambiental Brasileira, la cantidad media de coliformes fecales en el efluente tuvo un valor de $9,55 \cdot 10^6/100\text{mL}$, valor que supera el máximo permitido de 1000/100mL.

Con fin de reducir los microorganismos del efluente final se propuso la implementación de un sistema pos-tratamiento natural como lagunas de maduración que remueva la materia orgánica y coliformes sobrantes basados en procesos fisicoquímicos, encajando el efluente dentro de la normativa ambiental. El pos-tratamiento deberá garantizar la eficiencia de la planta depuradora y bajo costo de implantación, operación y mantenimiento.[21]

De igual forma en Venezuela con fin de garantizar la calidad de las aguas residuales depuradas por la PTAR Maracaibo Sur se realizó una evaluación de las unidades que lo conforman, para ello se efectuó 30 muestreos durante 9 semanas a la entrada y salida de la PTAR, muestras que se enviaron a los laboratorios para los análisis fisicoquímicos que permitieron determinar la eficiencia de descontaminación del sistema. En los análisis se obtuvieron los siguientes valores de remoción: DBO (77%), DQO (37%), SST (87%), SSV (84%), P total (29%), NTK (56%), N amoniacal (86%), que según la normativa ambiental venezolana vigente (DECRETO 883), el efluente producto de la planta depuradora es apto para su descarga a un cuerpo de agua y también puede ser usado con fines de uso agrícola. [22]

Siguiendo la misma línea también se realizan investigaciones que se enfocan en diagnóstico de sistemas de tratamiento de aguas residuales industriales, en Venezuela se efectuó la Evaluación del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales producidas por Industrias Avícolas del estado Zulia, industria dedicada a la matanza de pollos. El sistema de tratamiento fue diseñado para un caudal de 12 L/s, con el objetivo de depurar las aguas residuales antes de ser descargadas a la red de cloacas. La toma de muestras se realizó a la entrada y salida del sistema de tratamiento, en su principio las aguas residuales no tratadas presentaron los siguientes parámetros fisicoquímicos: $DQO_{soluble}=1584,23$ mg/L, $DBO=1136,20$ mg/L, $SST=544,67$ mg/L, $SSV=484,38$ mg/L, $pH=6,38$, etc., por su parte el agua residual tratada presentó la siguiente caracterización: $DQO_{soluble}=148,71$ mg/L, $DBO=18,29$ mg/L, $SST=32,80$ mg/L, $SSV=23,07$ mg/L, $pH=6,32$, etc. Presentando los siguientes porcentajes de eficiencia de remoción: $DQO_{soluble}=89,67\%$, $DBO=98,53\%$, $SST=94,92\%$, $SSV=96,23\%$, etc. Los parámetros fisicoquímicos analizados cumplieron con la Norma Venezolana para su descarga a redes cloacales. [23] [24]

Es de importancia saber que en Ecuador el tratamiento más empleado es el tratamiento fisicoquímico especialmente en la biofiltración. La efectividad de un biofiltro radica en las propiedades y características del material usado, mientras más porosidad tenga el material, mayor será la retención de contaminantes. En nuestro país se realizó una investigación de las características físicas de los materiales de origen ecuatoriano para el tratamiento de aguas residuales, en donde se analizó 6 sustancias de origen reactivo: carbón activado, turba, caliza, piroclastos volcánicos, zeolita clinoptiolita, zeolita mordenita. Llegando a la conclusión que las características físicas analizadas de las sustancias reactivas encuentran en los intervalos recomendados para el tratamiento de aguas residuales, de modo que se puedan obtener productos locales en el Ecuador sin incurrir en el costo de importación, transporte y soporte técnico de empresas extranjeras, lo que representa un gran porcentaje del presupuesto para la inversión inicial, mantenimiento y operación del plantas de tratamiento, poniendo estos procesos al alcance de pequeños y grandes productores de aguas residuales. [25]

Cuando las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales están en funcionamiento, éstas deben seguir un programa de monitoreo y vigilancia, para saber su eficiencia y solucionar a tiempo los problemas que se estén presentando. Las comunidades se enfrentan a varios problemas relacionados con el tratamiento de aguas residuales, debido a la falta de planificación, inadecuada gestión de los municipios y la falta de personal técnico especializado, como consecuencia se tiene la contaminación de las fuentes hídricas donde se descarga el efluente. [26].

Es necesario contar con un adecuado diseño de la PTAR con el objetivo de alcanzar los parámetros en la norma de calidad de agua de descarga residual a cuerpo de agua dulce. Es importante el planteamiento de la factibilidad económico – financiera y ambiental de una planta para ser construida y así contribuir a la reducción de la contaminación de las aguas, asimismo se debe considerar la elaboración de alternativas de la funcionalidad y eficiencia de los procesos físicos y biológicos; esto permitirá obtener diferentes criterios que puede aplicarse para solucionar el problema [27] .

En los últimos años en Ecuador se ha evaluado a diferentes plantas de tratamiento de aguas residuales, entre las investigaciones realizadas se tiene la evaluación a una industria láctea en la ciudad de Quito, donde se concluyó que la falta de actividades de mantenimiento en las unidades de tratamiento, además del manejo y operación

empírica por parte de los operadores, han llevado que las PTAR varíen las características de funcionamiento que suelen ser reflejadas en el incumplimiento de los límites de descarga de DBO5, DQO, SST y ST establecidos en el TUSMA. [28].

Según él informa del Plan de Ordenamiento y Desarrollo Territorial del cantón Santiago de Píllaro, el cantón cuenta con un total de 27 PTAR, 16 bajo la administración de GAD municipal, los 11 restantes bajo el cargo de las juntas. Respecto a su funcionamiento del total de PTAR el 78% (21) operan con normalidad, el 22% (6) se encuentran inhabilitadas. En cuanto a su estado 12 plantas están en estado regular, 14 plantas en buen estado, por otra parte, se desconoce el estado de la PTAR Chagrapamba, pues se encuentra enterrada. Cabe mencionar que el 66,7% de las aguas residuales que llegan a las plantas están siendo depuradas, mientras que el 29,6% se descargan directamente a cuerpos hídricos y quebradas sin ningún tratamiento previo. [29]

Por lo antes mencionado, este proyecto experimental se enfoca en la evaluación del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Cardo Santo con el objetivo de evidenciar el estado actual de la PTAR y verificar que el agua residual tratada cumpla con los límites máximos permisibles del TULSMA y puedan ser descargadas a un cuerpo receptor dulce o quebradas. De ser necesario se implementará mejoras para que la planta depuradora cumpla su actividad eficazmente.

1.1.1. Hipótesis

Hipótesis alternativa (H1)

La planta de tratamiento de aguas residuales del sector Cardo Santo de la parroquia San Andrés perteneciente al cantón Santiago de Píllaro, provincia de Tungurahua no se encuentra funcionando de forma correcta en sus condiciones actuales.

Hipótesis nula (H0)

La planta de tratamiento de aguas residuales del sector Cardo Santo de la parroquia San Andrés perteneciente al cantón Santiago de Píllaro, provincia de Tungurahua se encuentra funcionando de forma correcta en sus condiciones actuales.

1.2.Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Evaluar el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Cardo Santo de la Parroquia San Andrés perteneciente al cantón Santiago de Píllaro, provincia de Tungurahua.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento de información respecto al funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Cardo Santo para el dimensionamiento de las unidades existentes.
- Analizar el influente y efluente de la planta de tratamiento en cuestión.
- Examinar el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales en base a la norma actual TULSMA 2015.
- Proponer un mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales según el análisis realizado con sus respectivos planos y presupuesto.

CAPÍTULO II.-METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolló por medio de cinco etapas, las mismas que garantizan el cumplimiento de cada uno de los objetivos propuestos.

2.1. Materiales

En la segunda etapa de este estudio referida a la investigación de campo se emplearon los equipos detallados en la Tabla 1 y los materiales en la Tabla 2 las mismas que sirvieron para el levantamiento topográfico del predio y la medición de los elementos que conforman el tren de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 1. Equipos empleados en la localización de la PTAR

<p>Equipo: GPS Marca: Garmin Modelo: etrex VENTURE HC</p>	<p>Equipo: Dron Marca: Portensic Modelo: Portensic A20W</p>
	
<p>Utilización: Obtener las coordenadas UTM (Norte, Este, Elevación) de la localización de la PTAR.</p>	<p>Utilización: Tomar fotos aéreas de los componentes de la PTAR.</p>

Fuente: Vinicio Ortega



Tabla 2 Materiales empleados en el dimensionamiento del tren de tratamiento



Cinta métrica	Flexómetro
	
<p>Utilización: Medición de los elementos que conforman la PTAR.</p>	<p>Utilización: Medición de los elementos que conforman el tren de la PTAR.</p>

Fuente: Vinicio Ortega

A continuación, se presenta la tabla 3, en la que se detalla los implementos necesarios para la medición de caudales y la recolección de muestras de aguas residuales del afluente y el efluente de la planta.

Tabla 3. Materiales empleados en la medición de caudales y recolección de las muestras residuales.

Frasco ámbar	Valde plástico de 5 litros
	
<p>Utilización: Recolección de las muestras de agua residual del afluente y efluente de la PRAR, muestras a las que se aplican un análisis fisicoquímico.</p>	<p>Utilización: Recolección del agua residual en el ingreso y salida de la PTAR hasta la medida solicitada en cierto tiempo (medición de caudal).</p>
Cronómetro de reloj	Cuaderno


	
<p>Utilización: Medición del tiempo en la que se demora en llenarse el valde de 5 litros.</p>	<p>Utilización: Recopilación de datos de caudales y dimensionamiento de los componentes de la PTAR.</p>

Fuente: Vinicio Ortega

De la misma forma, en la Tabla 4 se incluye los equipos de seguridad que se portaron durante el trabajo de campo en la segunda y tercera etapa.

Tabla 4. Equipo de seguridad

Guantes de caucho	Botas de caucho
	
<p>Utilización: Protección de manos al exponerse al contacto con fluidos residuales.</p>	<p>Utilización: Resguardo frente a sustancia contaminantes, charcos de agua, lodos durante las visitas a la PTAR.</p>
Mandil	Mascarilla
	

Utilización: Usado para el resguardo de la vestimenta al exponerse a sustancias y líquidos contaminados.	Utilización: Utilizado para la protección del rostro y las vías respiratorias evitando el contacto directo con algún patógeno del agua residual.
Casco de seguridad	
	
Utilización: Protección de la cabeza frente a caídas de objetos.	

Fuente: Vinicio Ortega

2.2.Métodos

Tabla 5 Metodología aplicada para el cumplimiento del objetivo específico 1.

OBJETIVO ESPECÍFICO 1:			
Realizar el levantamiento de información respecto al funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Cardo Santo para el dimensionamiento de las unidades existentes.			
Ítem	Actividad	Metodología	Resultado
1	Compilación de información teórica y bibliográfica de la zona de estudio y de la PTAR evaluada.	Empleo del <i>método documental</i> basado en fuentes bibliográficas que contienen información del Gobierno Autónomo Descentralizado de la parroquia San Andrés, cantón Santiago de Píllaro	-Información de la parroquia San Andrés y las comunidades San Juan Rumipungo y Cardo Santo; sus límites territoriales, ubicación y actividades socioeconómicas más relevantes en de los habitantes. -Plano de localización de la PTAR.
		Por la dispersión poblacional de la zona se aplica una entrevista a la población que aporta el agua residual a la PTAR recopilando información de carácter personal y directa.	Datos de la PTAR como el año en la que se construyó, frecuencia de trabajos de mantenimiento y causas que generaron su funcionamiento inadecuado.
		Por medio de la <i>observación directa</i> se inspeccionó el lugar de ubicación de la PTAR y las condiciones de los elementos que la conforman.	Descripción del estado actual de las unidades de tratamiento de la planta.
2	Dimensionamiento de las unidades de tratamiento existentes.	En campo se aplica el <i>método de medición</i> con el cual se recopila datos del largo, ancho, espesor y altura de cada unidad de tratamiento. Se llevó a cabo la geolocalización del lugar donde está implantada la PTAR.	Plano con el dimensionamiento de las unidades de tratamiento actuales de la PTAR.
3	Medición del caudal de la PTAR	A través del trabajo en campo y las visitas in situ durante 30 días se mide los caudales de ingreso y salida de la PTAR por medio del <i>método volumétrico</i> . El número de aforos de los caudales dependieron de un muestreo probabilístico.	-Caudal máximo horario con el cual trabaja actualmente la red de alcantarillado y la PTAR. -Identificación del día y hora con mayor aforo de caudal.
4	Muestreo representativo y transporte de agua residual de la PTAR	Empleando el <i>método experimental</i> se obtiene un muestreo representativo de agua residual, la cual fue enviada a los Laboratorios de Servicios Ambientales de la UNACH para analizarlo, fundamentándose en la norma NTE	Resultados de los parámetros fisicoquímico de agua residual de ingreso y salida de la PTAR

		INEN 2176:98 y NTE INEN 2169:98.	
--	--	----------------------------------	--

Fuente: Vinicio Ortega

Tabla 6 Metodología aplicada para el cumplimiento del objetivo específico 2.

OBJETIVO ESPECÍFICO 2:			
Analizar el influente y efluente de la planta de tratamiento en cuestión.			
Ítem	Actividad	Metodología	Resultado
1	Toma de caudales del afluente y efluente de la PTAR.	A través del <i>método volumétrico</i> . El cual consiste en la recolección del agua residual en recipiente en un tiempo determinado.	Caudal máximo horario de entrada y salida
2	Análisis de las aguas residuales de entrada y salida de la PTAR enviadas al laboratorio.	Por medio de la <i>metodología analítica</i> , se ejecuta la toma de muestras del agua residual y se las envía al laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH para el análisis fisicoquímico de los parámetros requeridos en la investigación.	Informe con los resultados del análisis fisicoquímico de DBO ₅ , DQO, pH, sólidos totales y sólidos suspendidos.

Fuente: Vinicio Ortega

Tabla 7 Metodología aplicada para el cumplimiento del objetivo específico 3.

OBJETIVO ESPECÍFICO 3:			
Examinar el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales en base a la norma actual TULSMA 2015.			
Ítem	Actividad	Metodología	Resultado
1	Comparar los resultados obtenidos en el análisis del agua residual con los límites máximos de la norma TULSMA 2015.	Con la <i>metodología analítica</i> y los datos obtenidos del análisis fisicoquímico del agua residual se procede a examinar, comparar y comprobar el cumplimiento con los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce según la norma TULSMA 2015.	Tablas comparativas e informáticas del funcionamiento de la PTAR.
2	Verificación de la funcionalidad de la PTAR.	Con el <i>método descriptivo</i> se detallan las condiciones actuales de las unidades hidráulicas de la PTAR y su operatividad.	Informe técnico actual de las unidades de tratamiento de la PTAR del sector Cardo Santo.

Fuente: Vinicio Ortega

Tabla 8 Metodología aplicada para el cumplimiento del objetivo específico 4.

OBJETIVO ESPECÍFICO 4:			
Proponer un mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales según el análisis realizado con sus respectivos planos y presupuesto			
Ítem	Actividad	Metodología	Resultado
1	Identificación de los problemas presentados en la PTAR.	Con el <i>método deductivo</i> basado en los resultados obtenidos se procede a identificar las causas que impiden el funcionamiento óptimo de la PTAR.	-Diagnóstico y identificación de las unidades de descontaminación que provocan déficit en la planta.
2	Mejoramiento de la PTAR de Cardo Santo	Empleando el <i>método deductivo</i> basado en los resultados obtenidos y las condiciones de la comunidad se procede a proponer una implantación de una cubierta en el lecho de secado de lodos.	-Plano de implantación de la cubierta -Presupuesto Referencial.
3	Aplicación de un plan de “Mantenimiento y Operación” a la PTAR	Por medio del <i>método deductivo</i> se procede a detallar un plan de “Mantenimiento y Operación” que optimice el funcionamiento de la PTAR	-Manual de operación y mantenimiento. -Presupuesto referencial

Fuente: Vinicio Ortega

El desarrollo de la metodología empleada se detalla a continuación en las diferentes etapas:

Etapa I Levantamiento de información de la PTAR

En esta etapa se empleó el método documental que permitió la obtención de la información teórica y bibliográfica que describió la zona de estudio, en la que se incluye la ubicación, límites y las actividades socioeconómicas de los habitantes de la comunidad aledaña a la PTAR. Por otra parte, se puntualizó datos importantes de la planta de tratamiento de aguas residuales como su tiempo de funcionamiento, supervisión y trabajos en el mantenimiento de esta. De acuerdo con las condiciones específicas del sector, entre ellas, la dispersión poblacional de la comunidad (característico en áreas agrícolas) se empleó una entrevista como instrumento de recolección de información en virtud de que es una técnica que establece una relación directa entre el investigador y los moradores de la zona. Los datos generados en tiempo real condujeron a comprender las causas que incitaron a la PTAR a funcionar en esas

condiciones y saber las horas pico en las cuales la población generan mayor caudal de ingreso a la PTAR provocadas por las actividades cotidianas de cada día.

La exploración directa en el lugar de ubicación de la PTAR permitió conocer los detalles más característicos de la zona y determinar el estado actual de los elementos constituyentes de la PTAR. Además, se observaron problemas relevantes y la falta de mantenimiento en las estructuras que forman la planta de tratamiento. Por consiguiente, se determinó la eficacia con la que se está descontaminando el agua residual que ingresa a la PTAR.

Etapas II Investigación de campo

En esta etapa se aplicó el método de campo, que permitió realizar el dimensionamiento (largo, ancho, altura, espesor) de los elementos que componen de la PTAR. Los datos obtenidos en este apartado fueron primordiales para realizar un diagnóstico actual de la planta y determinar los parámetros de diseños para su mejoramiento.

Más adelante se geolocalizó el lugar donde está ubicada la planta de tratamiento con sus respectivos elementos. Haciendo uso del GPS se georreferenció puntos clave de la PTAR.

Por otra parte, con las visitas frecuentes a la PTAR durante 30 días se realizó las mediciones de los caudales de entrada y salida de la planta de tratamiento. En esta actividad se utilizó el método de medición volumétrica, el cual consiste en tomar el tiempo que se demora en llenar un recipiente con medida estandarizada (5 litros). Estos datos anteriores permitieron conocer el día y la hora en la que la demanda de caudal es más alta, para posteriormente alcanzar un muestreo representativo del agua residual haciendo uso de la metodología experimental propuesta por Metcalf & Eddy quienes mencionan que “el grado de variación del caudal condiciona el tiempo de muestreo”: dicho de otra modo, el lugar y el momento preciso para recoger una muestra que conserve sus características bien delimitadas se basará en el aforo de la PTAR [30].

Etapas III Investigación de laboratorio

En esta etapa se utilizó el método comparativo, las muestras de agua residuales recolectadas en la etapa anterior se enviaron a un laboratorio certificado y especializado en el análisis fisicoquímico de aguas residuales (Laboratorio de

Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo) para su respectivo análisis y detallar sus características más dominantes. Según Metcalf & Eddy establecen que los contaminantes de mayor repercusión en el tratamiento de agua residual son los sólidos totales y sólidos suspendidos, ya que, dan lugar al desarrollo de depósitos de fango al descargarse el líquido en el entorno; materia biodegradable medías en función de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) (si no se trata este parámetro se crean condiciones sépticas en el fluido de descarga al agotar el oxígeno durante su estabilización biológica). [31]

Con lo expuesto anteriormente, se identificaron que los principales parámetros para estudiar y determinar la eficiencia del funcionamiento de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales se detallaran a continuación.

Tabla 9 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 suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - D
Sólidos Totales	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - B

Fuente: Laboratorio de servicios ambientales de la UNACH.

Etapa IV Análisis y verificación del funcionamiento de la PTAR

En esta etapa se presentaron un diagnóstico del funcionamiento de cada elemento hidráulica existente en la PTAR haciendo uso de la metodología descriptiva; se detalló su condición actual y se identificó si dicho componente se encuentra en operatividad. Más adelante, en la sección de resultados se utilizó la metodología analítica, pues, se compararon y analizaron los resultados obtenidos del estudio de laboratorio de las muestras de aguas residuales 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. [32]

Se determinó el porcentaje de eficiencia de remoción de los parámetros analizados empleándola siguiente ecuación:

$$\text{Eficiencia} \quad E = \frac{C_o - C_f}{C_o} * 100 \quad \text{Ecuación 1}$$

Dónde:

E = Eficiencia del parámetro (%)

C_o = Valor inicial del parámetro

C_f = Valor final del parámetro

Etapa V Mejoramiento de la PTAR

Por último, en esta etapa se utilizó el método deductivo, ya que se propuso un mejoramiento de la PTAR de la comunidad de Cardo Santo de la comunidad Cardo Santo de la parroquia San Andrés perteneciente al cantón Santiago de Píllaro de la provincia de Tungurahua” apoyándose en los resultados obtenidos y el diagnóstico actual de los elementos hidráulicos. Este incluyó la implantación de una cubierta en el lecho de secado de lodos, con fin de acelerar la deshidratación y su disposición final, además se adicionó un manual de operación y mantenimiento de los procesos unitarios, así conservar la eficiencia de la PTAR.

2.2.1. Plan de recolección de datos

2.2.1.1. Etapa I Levantamiento de información de la PTAR

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales está ubicada en el sector Cardo Santo de la parroquia San Andrés perteneciente al cantón Santiago de Píllaro, provincia de Tungurahua.

La provincia de Tungurahua se encuentra localizada en el centro de la Sierra Ecuatoriana con una superficie de 3.334 kilómetros cuadrados que representa el 1.24% de la superficie nacional y se ubica a una altitud de 2.555 metros con una densidad poblacional de 134,9 Hab/km². Sus límites son: Al norte con Napo, sur con Morona Santiago y Chimborazo, al este con Pastaza, y al oeste con Bolívar. La provincia está compuesta por 10 cantones: Ambato, Baños de Agua Santa, Santiago de Píllaro, Cevallos, Mocha, Tisaleo, San Pedro de Pelileo, Patate y Quero, que en conjunto forman una población de 504.583 habitantes (Censo Población y Vivienda, 2010).

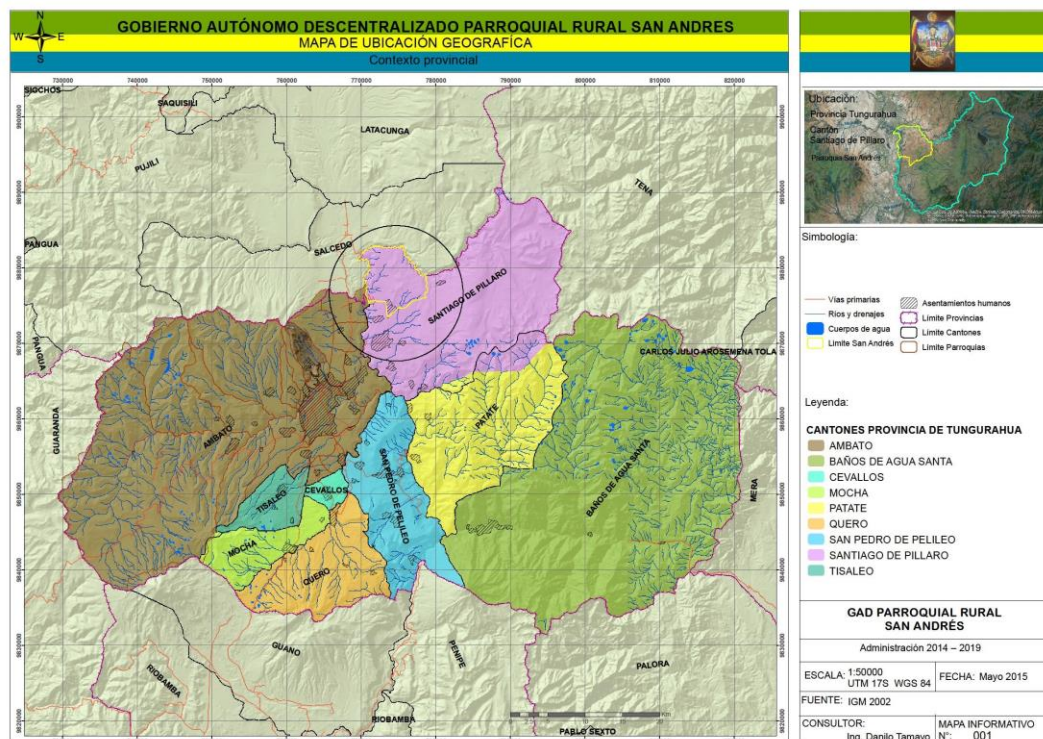


Fig. 1 Ubicación Geográfica de la Provincia de Tungurahua. Fuente: PDOT San Andrés, 2015

Por su parte el cantón Píllaro, tiene una orografía variable formadas por páramos y montañas, lugares donde la lluvia es frecuente y el frío intenso, la altitud varía de 2.270

msnm hasta 3.800 msnm. Los límites del cantón Píllaro son: Norte: por el cantón Salcedo de la Provincia de Cotopaxi y la provincia del Napo. Este: con la Provincia de Napo. Sur: con los cantones Patate y Pelileo. Oeste: con el cantón Ambato. A causa de la altitud la temperatura medio anual es de 13°C a 14°C y posee una extensión de 472 km² con una población de 38.357 habitantes (Censo de Población y Vivienda, 2010). Al cantón lo conforman Parroquias Urbanas y Rurales: Urbanas: Ciudad Nueva y Píllaro. Rurales: Baquerizo Moreno, Emilio María Terán, Marcos Espinel, Presidente Urbina, **San Andrés**, San José de Poaló, San Miguelito.

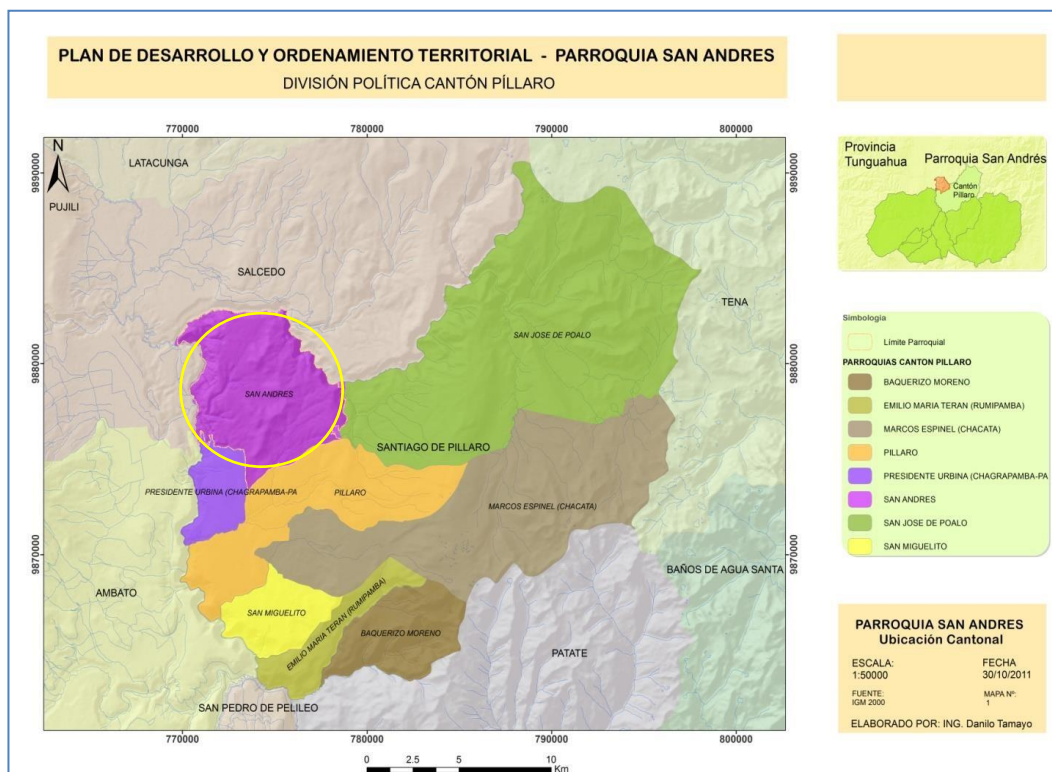


Fig. 2 Ubicación Geográfica del cantón Santiago de Píllaro. Fuente: PODT San Andrés, 2015

De manera similar la parroquia rural San Andrés posee un clima ecuatorial de: alta montaña, mesotérmico semi-húmedo y mesotérmico seco, la temperatura promedio fluctúan de 8°C a 13°C (PODT, San Andrés 2015). Sin embargo, acorde a información del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), la temperatura fluctúa entre 10° C y 12°C. La parroquia es considerada como la más antigua del cantón, cuya principal característica es la celebración del Corpus Cristi fiesta religiosa, cultural y de tradición en honor al cuerpo de Cristo. La parroquia se encuentra limitada; al norte:

San Miguel de Salcedo separado por el río Huapante o **Yanayacu**, al este: San José de Poaló, al sur: Píllaro y Presidente Urbina y al oeste: Panzaleo separado por el río Culapachán. La parroquia cuenta con una extensión de 52,12 km² o 5.212,66 hectáreas con una altura que varía de 2.632 msnm a los 3.163 msnm, con una altura promedio de 2.963 msnm. [33]

El territorio de la parroquia rural San Andrés se localiza en la cuenca hidrográfica del río Pastaza. A la cuenca Pastaza, pertenece la Subcuenca del río Patate, y a esta subcuenca del río Patate pertenecen las Microcuencas del río Cutuchi, y a su vez las Unidades Hidrográficas que se localizan en el territorio San Andrés y que pertenecen a la Microcuenca del Cutuchi son 3: el río **Yanayacu**, Quebrada Cashapugro y drenajes al río Cutuchi, y la Quebrada Callate.

Tabla 10 Información de Unidades Hidrográficas en la Parroquia rural San Andrés.

Cuenca	Subcuenca	Microcuenca	Unidad Hidrográfica	Ha
Río Pastaza	Río Patate	Río Cutuchi	Río Yanayacu	1408,54
Río Pastaza	Río Patate	Río Cutuchi	Quebrada Cashapugro y drenajes al Río Cutuchi	2531,65
Río Pastaza	Río Patate	Río Cutuchi	Quebrada Callate	1267,02
Total				5207,21

Fuente: IGM 2000

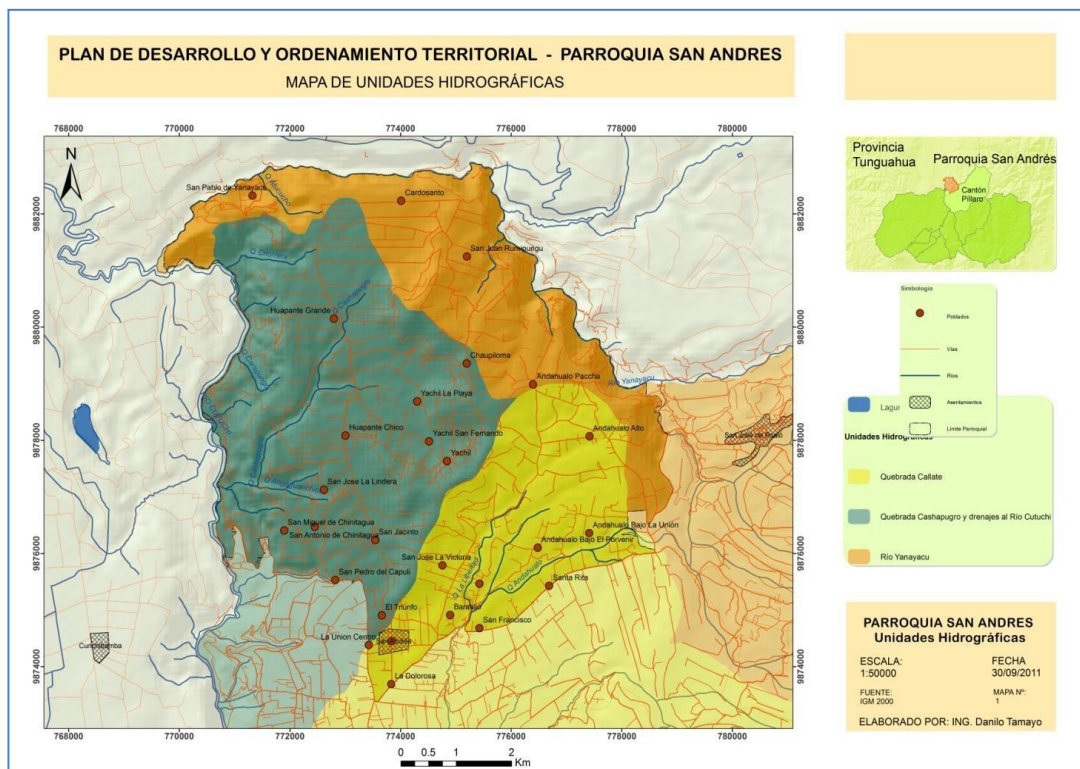


Fig. 3 Mapa de Unidades Hidrográficas en la Parroquia rural San Andrés. Fuente: PODT San Andrés, 2015

De acuerdo con el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia San Andrés (PODT-San Andrés, 2015) la principal fuente de agua para riego proviene de las Aguas de Pisayambo que a su vez distribuye para los canales: Riego de Píllaro, Riego Chagrasacha, Riego Cruzacha y hacia las partes altas del Canal riego Píllaro.

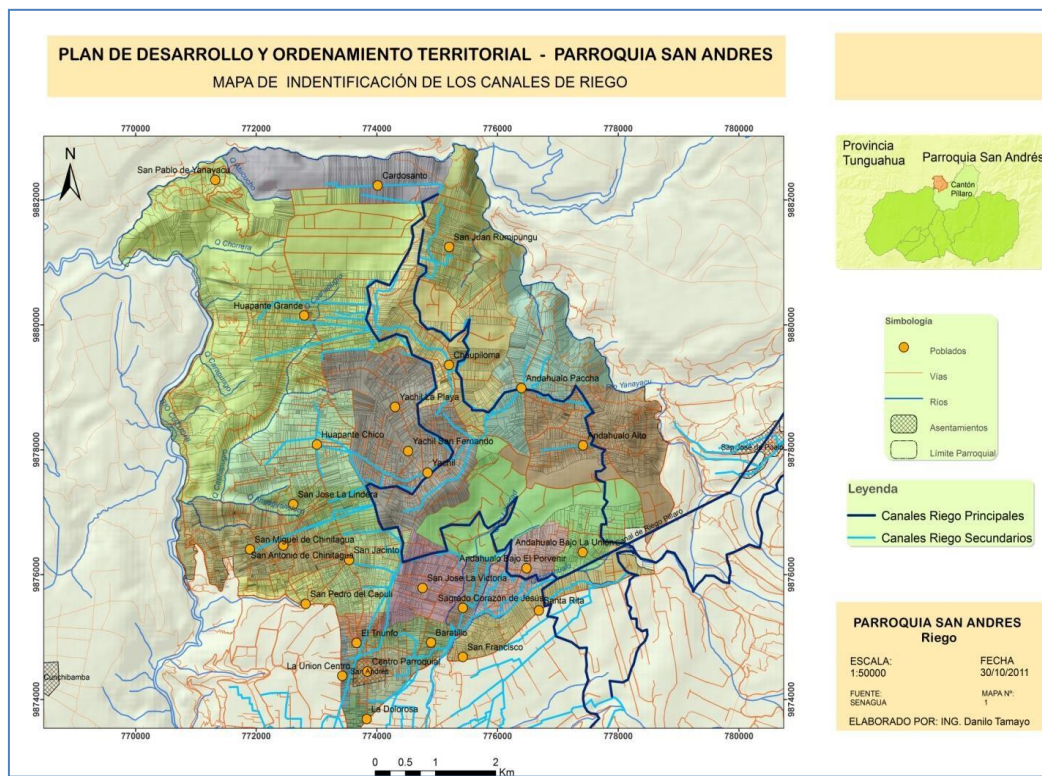


Fig. 4 Mapa de identificación de las conducciones para el riego San Andrés (Fuente SENAGUA 2008)

Conforme al PDOT-San Andrés 2015 la población de la parroquia rural San Andrés está conformada por una población aproximada de 15.970 habitantes distribuidas en 14 sectores y 10 barrios, con un promedio de 3.875 familias y 3.297 viviendas. Los pobladores se abastecen de agua potable entubada procedentes de vertientes de los páramos de la parroquia vecina Poaló, aproximadamente el 90,78% de las viviendas tienen cobertura de agua entubada. Por otra parte, el sistema de alcantarillado abarca el 25,54% de cobertura.

Cabe mencionar que, en el año 2018 al norte de la parroquia, se implementó un proyecto de red de alcantarillado sanitario y una planta de tratamiento de aguas residuales, que beneficiaron en su mayoría a los pobladores de las comunidades **San Juan Rumipungo y Cardo Santo**.

Las comunas San Juan Rumipungo y Cardo Santo son asentamientos vecinales ubicadas al norte de la parroquia rural San Andrés, limitadas con el cantón salcedo por el río Yanayacu. De acuerdo con el PDOT 2015 el sector Cardo Santo tiene una población aproximada de 800 habitantes con un promedio de 180 viviendas, por su

parte, San Juan Rumipungo abarca una población de 720 moradores con un promedio de 180 viviendas.

Tabla 11 Datos de número de familias, viviendas y población aproximados según encuestas PDOT San Andrés.

Sector	#Familias	#de Integrantes por Familia	Población Aproximada	# Viviendas
Cardo Santo	100	4	400	100
San Juan Rumipungo	180	4	720	180

Fuente: PDOT San Andrés 2015

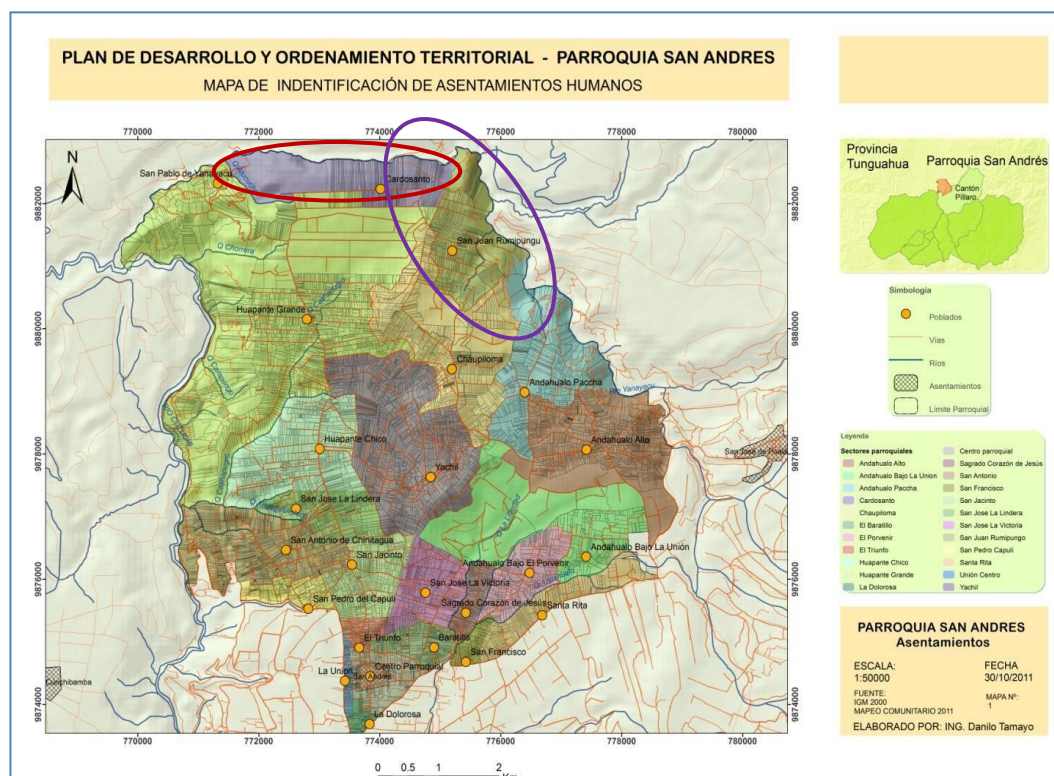


Fig. 5 Asentamientos humanos en la parroquia San Andrés.

Fuente: Mapeo participativo PDOT San Andrés 2015

Cardo Santo y San Juan Rumipungo son áreas netamente rurales cuya principal actividad económica es la ganadería y la agricultura, cuyos principales cultivos son de pastos, papas, maíz duro, habas, cebolla blanca, ajo, zanahoria, choclo (maíz suave). La comercialización de los productos antes mencionados se realiza principalmente en diferentes lugares del cantón y de la provincia de Tungurahua, sin embargo, cabe recalcar que el mayor porcentaje de productos se comercializan en mercados del cantón Salcedo. La mayor parte de familias de la zona cuentan con bajos recursos

económicos, puesto que la producción agrícola y ganadera no aportan grandes ingresos.



Fig. 6 Comunidad Cardo Santo

Fuente: Vinicio Ortega



Fig. 7 Comunidad San Juan Rumipungo

Fuente: Vinicio Ortega

En base al dialogó y entrevista con los moradores de las comunidades San Juan Rumipungo y Cardo Santo. De lunes a viernes la población adulta empieza diario vivir a partir de las 5 am realizando actividades como: alistar a sus hijos para las actividades escolares, y el desayuno, culminado estas actividades gran parte de la población adulta se dirigen a sus actividades agrícolas y ganaderas en ocasiones llevando consigo el cucayo- tonga (comida para el almuerzo), el restante de esta población sale a laborar en lugares distantes de sus viviendas. Por otra parte, la población estudiantil empieza sus actividades a las 5 am y se dirigen a diferentes instituciones educativas ubicadas a las afueras de sus comunidades. Comúnmente los estudiantes retornan a sus hogares

en horas de la parte a partir de 14:00 a 15:30 pm, por su parte los adultos retornar a sus hogares en un intervalo de tiempo de 15:30 -17:30 pm.

Una vez en sus hogares la población de las Comunidades San Juan Rumipungo y Cardo Santo desempeñan otras actividades diarias como: cocción de alimentos, limpieza del hogar, lavado de platos, aseo personal, uso del inodoro, etc., que en conjunto aumentan el consumo de agua y la producción de agua residuales domésticas. Con respecto a las actividades que realizan los fines de semana son similares, exceptuando las escolares, cabe recalcar que los moradores en estos dos se dirigen en horas de la mañana a la ciudad de Salcedo y Píllaro a comercializar sus productos y retornas a sus hogares en horas de la tarde.



Fig. 8 Diálogo y encuesta con moradores de la comunidad Cardo Santo.

Fuente: Vinicio Ortega

De acuerdo con la información levantada por parte del GAD San Andrés 2015, el 100% de la población de las comunidades de Cardo Santo y San Juan Rumipungo contaba con cobertura de agua potable entubada, sin embargo, las viviendas no tenían acceso al servicio de alcantarillado, mucho menos con una PTAR. Los pobladores direccionaban el agua residual a pozos sépticos, letrinas o directamente a las quebradas que desembocaban al río Yanayacu. [34].

Tabla 12 Servicio de agua potable.

Sector	# Viviendas	Viviendas con Servicio de Agua entubada	Vivienda sin servicio de Agua entubada
Cardo Santo	100	100	0
San Juan Rumipungo	180	100	0

Fuente: PDOT San Andrés 2015

Tabla 13 Servicio de alcantarillado.

Sector	# Viviendas	Viviendas con Servicio de Agua entubada	Vivienda sin servicio de Agua entubada
Cardo Santo	100	0	100
San Juan Rumipungo	180	0	180

Fuente: PDOT San Andrés 2015

El sistema de alcantarillado se implementó en el año 2018 que comienza en la comunidad de San Juan Rumipungo y finaliza en la comunidad Cardo Santo con una extensión aproximada de 4,37 kilómetros. Por su parte, la PTAR se implementó en el mismo año tras la incorporación del sistema de alcantarillado. La planta fue construida gracias a la participación de los habitantes beneficiarios y la alcaldía del Abogado Patricio Sarabia. El mantenimiento y la Operación de la PTAR se encuentran a cargo del Departamento de Recursos Hídricos del cantón Santiago de Píllaro.

En base a la información tomada del Acta de Entrega-Recepción de Trabajos-Provisional del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Santiago de Píllaro (GADMSP) la planta de tratamiento forma parte de la Obra: “CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLADO Y PLANTA DE TRATAMIENTO CHAUPILOMA, SAN JUAN, CARDO SANTO CUSIN, PARROQUIA SAN ANDRÉS COTO-GADMSP-2008-004”, en el documento se detalla que la obra se inició el 24 de mayo de 2018 y finalizó después de 177 días calendario. El monto de la obra ejecutada (incluye costo más porcentaje y reajuste de precios) fue de 776.051,09 USD.

Es necesario indicar que el sistema de alcantarillado y de la PTAR es únicamente para aguas servidas domésticas, la capacidad de las tuberías y la planta es para caudal sanitario únicamente. No debe ingresar al sistema aguas lluvias ni aguas de regadío, ya que sobrepasaría su capacidad hidráulica. El sistema de alcantarillado sanitario en su mayoría está implantado en el camino principal que conduce las aguas residuales domésticas desde la parte alta de la comunidad San Juan Rumipungo hasta la zona baja de la comunidad Cardo Santo hasta la PTAR. Cabe mencionar que el sistema de

alcantarillado no abarca todas las viviendas de la zona, el relieve irregular impide una conducción a gravedad.

Las actividades cotidianas de cada persona alteran el estado natural del agua y la contamina, que al no ser depuradas de manera correcta generarían daños ambientales en los ríos, mares e imposibilitará su uso para actividades como la agricultura. La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del sector Cardo Santo tiene como objetivo la depuración de las aguas residuales domésticas de las viviendas que se conectan a la red de alcantarillado San Juan Rumipungo-Cardo Santo que son descargadas a una quebrada seca que desemboca a cuerpo hídrico receptor. Estas descargas deben cumplir con los requisitos físicos, químicos y bacteriológicos permisibles establecidos por el Ministerio del Ambiente del Ecuador, de tal forma que no se presente riesgo para el medio ambiente y evite la transmisión de enfermedades hídricas.



Fig. 9 Construcción de la PTAR del sector Cardo Santo.

Fuente: GAD Píllaro (Fecha: mayo 2018)

La construcción de la PTAR inició a finales de mayo de 2018, obra que dará solución al tratamiento de aguas residuales de los pobladores beneficiarios. Sin embargo, al principio de la construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales ubicada en la comunidad Cardo Santo provocó preocupaciones en los habitantes de la lindera entre el cantón Píllaro y el cantón Salcedo quienes manifestaron que las aguas residuales tratadas serían desfogadas en dirección al norte a una quebrada que da al río Yanayacu.

Los pobladores que limitan los dos cantones y están aledañas a la PTAR habitan la comunidad San Pablo de Yanayacu perteneciente cantón Píllaro y la comunidad Yanayacu del cantón Salcedo en conjunto con autoridades y técnicos del cantón Salcedo a principios de septiembre 2018 se trasladaron al sector donde se estaba construyendo la planta con el fin de dialogar con funcionarios del GAD del cantón Píllaro. Los afectados manifestaron que no se socializo el proyecto, siendo el río Yanayacu la fuente de agua de varios canales de riego y que en la zona se encuentra la estación de Bombeo de agua El Carrizal, lugar donde se capta el agua para el consumo humano del cantón Salcedo, además, propusieron alternativas de desviar el desfogue de aguas de la planta de tratamiento. Por su parte Jorge Palma, entonces director de Obras Públicas del GAD Píllaro en conjunto con técnicos de la Senagua coordinarían una solución técnica, económica y ambiental para el cambio de dirección de la descarga del agua residual.

A pesar de las preocupaciones de los moradores afectados, la PTAR empezó su actividad en marzo de 2018 al contar con la licencia ambiental autorizada por la Secretaría Nacional del Agua (Senagua). En aquel entonces Segundo Usuño, director provincial de la Senagua manifestó que el Comité Técnico de la Calidad del Agua realizaron un muestre de agua en el río Yanayacu para posteriormente analizarla si hay una contaminación con las aguas residuales, los resultados del análisis indicaron que la planta no causará un alto impacto y el agua del río Yanayacu puede servir para la agricultura, sin embargo. No están en condiciones permisibles para el consumo humano.

A pesar de la información impartida Segundo Usuño, a mediados del mes de mayo 2019 los moradores de las comunidades aledañas a la PTAR a través de la Defensoría del Pueblo de Cotopaxi solicitaron una acción de protección para pedir una garantía de los derechos de la naturaleza del río Yanayacu. La demanda en acción de protección se puso en contra de los representantes legales del GADM de Píllaro. El miércoles 4 de septiembre del 2019, en el Complejo Judicial de Salcedo se llevó a cabo la audiencia de Acción de Protección representada por la Defensoría del Pueblo en defensa de los derechos de la naturaleza sobre el río Yanayacu, en la audiencia el Juez dispuso la suspensión definitiva de la planta de tratamiento que ya se encontraba construida y que estaba a punto de funcionar con todas las aguas servidas de las descargas domiciliarias

de las comunidades beneficiarias de este servicio. En la sentencia se recalcó que se podría levantar la suspensión siempre y cuando el GADM de Píllaro pueda demostrar que las descargas no se van a realizar a ninguna de las fuentes hídricas de la provincia de Cotopaxi como es el río Yanayacu y Cutuchi, directamente el pedido del administrador de justicia fue la búsqueda de alternativas técnicas para el desfogue de las aguas residuales tratadas de la PTAR.

El GADM de Píllaro a fin de levantar la suspensión de la PTAR tomo como alternativa de solución la redireccionó el flujo del agua residual tratada en sentido suroeste a una quebrada seca. La entidad se comprometió a realizar un monitoreo mensual del agua residual tratada.

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en estudio actualmente está en funcionamiento ubicada al norte de la parroquia rural San Andrés en la parte baja del sector Cardo Santo, la planta se conecta al sistema de alcantarillado sanitario que conduce las aguas residuales domésticas por gravedad desde la zona alta de la comunidad San Juan Rumipungo hasta la zona baja de la comunidad Cardo Santo. La PTAR tiene un área de 625m². Las coordenadas geográficas de la planta de tratamiento son; Norte: 98882375, Este: 772290.



Fig. 10 Ubicación del proyecto experimental PTAR del sector Cardo Santo.

Fuente: Vinicio Ortega

Como se mencionó en los párrafos anteriores a principio la descarga del efluente de la PTAR se desembocada a 500 metros antes del río Yanayacu, lo que causaba preocupaciones a los moradores de la Comunidad Yanayacu y la Comunidad San Pablo de Yanayacu por la contaminación del recurso hídrico, puesto que aguas abajo se encuentra la estación de bombeo de agua el Carrizal.



Fig. 11 Ubicación de la estación de bombeo de agua El Carrizal y la dirección de la descarga inicial del efluente.

Fuente: Vinicio Ortega



Fig. 12 Reconocimiento de la estación de bombeo de agua El Carrizal.

Fuente: Vinicio Ortega



Fig. 13 Conocimiento del agua de las vertientes que la estación El Carrizal bombea hacia la ciudad de Salcedo.

Fuente: Vinicio Ortega

Con fin de evitar la contaminación del río Yanayacu y reducir el impacto ambiental a la zona cercana a la estación de bombeo el Carrizal el GADM de Píllaro optó por el cambio de dirección de la descarga del agua residual tratada. Actualmente la descarga del efluente se lo realiza en dirección hacia la quebrada seca (Suroeste), a pesar de que el suelo es cangahua el Municipio de Píllaro con ayuda de las maquinarias gestionaron la excavación de una zanja que permitiera la ubicación de una tubería de 200 mm

perforada la cual permite la filtración del agua residual a las capas inferiores del suelo, evitando que el fluido llegue al río Yanayacu.



Fig. 14 Dirección actual del Afluente y Ubicación de la Quebrada Seca.

Fuente: Vinicio Ortega



Fig. 15 Vista desde la comunidad Yanayacu en dirección a la PTAR.

Fuente: Vinicio Ortega

Con el recorrido del nuevo trayecto que tomó las aguas residuales tratadas se pudo evidenciar que no llegan al río Yanayacu, sin embargo, los moradores de la Comunidad Yanayacu y San Pablo aún expresan preocupaciones por el funcionamiento de la PTAR. El vicepresidente de la comunidad Yanayacu Ángel Jijón manifestó que

actualmente las aguas no llegan a desembocar en el río, sin embargo, en un futuro con el aumento de la población se incrementará el caudal, posiblemente superando al caudal máximo que puede abastecer la planta, provocando un funcionamiento deficiente de los procesos unitarios. Ocasionando que el efluente no cumpla con las Normas Ambientales para su descarga a una quebrada o cuerpo receptor.



Fig. 16 Dialogo con los moradores de la comunidad Yanayacu.

Fuente: Vinicio Ortega



Fig. 17 Recorrido por las laderas cercanas al río Yanayacu.

Fuente: Vinicio Ortega

Por su parte los moradores de San Pablo afirmaron que los pobladores de las partes altas (Cardo Santo, San Juan Rumipungo, Yambo) desfogan a la quebrada seca los excedentes de agua de regadío, cabe recalcar que estas comunidades no cuentan con un sistema de alcantarillado pluvial, las aguas lluvias toman el curso de la vía asfaltada

y las cunetas en dirección a la quebrada al igual que las precipitaciones en épocas lluviosas. Estas aguas son utilizadas en la parte baja de San Pablo para el riego de los terrenos, la preocupación radica que en un futuro estas aguas se mezclen con el agua residual producto de la PTAR provocando malos olores y contaminación del suelo.



Fig. 18 Desfogue del agua lluvia y regadío en dirección a la Quebrada Seca.

Fuente: Vinicio Ortega

La PTAR fue diseñada para abarcar el agua residual de una población de 646 personas con un caudal de 2,25 l/s. La planta depuradora posee un tren de procesos de descontaminación el cuál se describe en la figura 4 conformada por: 1 tanque repartidor, 1 caja repartidora de caudales, 2 tanques sépticos, 2 filtros anaerobios de flujo ascendente (FAFA), 2 lechados de secado de lodos y un pozo de salida.



Fig. 19 PTAR de Cardo Santo – parroquia San Andrés-cantón Santiago de Píllaro
Fuente: Vinicio Ortega

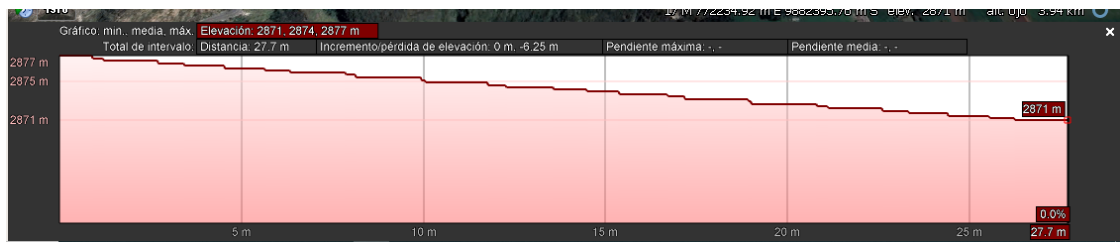


Fig. 20 Perfil- Entrada y Salida del Agua Residual.
Fuente: Vinicio Ortega

2.2.1.2. Etapa II Investigación de campo

Medición de caudales

El diagnóstico de ciertas unidades de descontaminación de la PTAR se basó en el caudal máximo horario, es decir, en el máximo caudal en una hora por un año. Por lo mencionado anteriormente, la medición del caudal de ingreso y salida de la planta de tratamiento debe registrar datos representativos en un periodo de 365 días. Por consiguiente, es necesario un tamaño muestral del número de mediciones del aforo de la PTAR empleando un análisis estadístico por medio del muestreo probabilístico. Se empleó 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.

Por otra parte, se ha determinado un 17,5 % de error en la generalización de los resultados debido a las cualidades específicas de la zona y variaciones del consumo de agua en los pobladores (domésticas, ganaderas, agrícolas). Haciendo uso de la ecuación 2 se determina el tamaño muestral referida al número de mediciones del caudal de la PTAR del sector Cardo Santo del presente proyecto [35].

$$\text{Tamaño de la muestra} \quad n = \frac{N}{1 + N(E)^2} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

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

$$n = \text{tamaño de la muestra}$$

$$R = \text{índice de error que generalice resultados} = 17,5\% (0.175)$$

$$n = \frac{365}{1 + 365(0,175)^2}$$
$$n = 29,97$$
$$n = 30 \text{ días}$$

Metalf & Eddy en relación con los cálculos realizados, menciona que en la mayoría de los casos prácticos se determinan datos de caudales obtenidos de los vertidos en un periodo de registro de 30 días con la finalidad de obtener resultados que se acerquen más a la realidad y considerando variables como el clima, vegetación y actividades antrópicas. Con esto se corrobora el resultado obtenido, otorgándole mayor veracidad. [31]

Por otro lado, según la información recopilada en la etapa anterior, se identificó que la población inicia sus actividades diarias a partir de las 5 am, posteriormente se retiran a sus labores escolares/agrícolas/ganaderas. Culminando sus actividades por horas de la tarde, generando mayor consumo de agua y producción de aguas residuales domésticas.

Por consiguiente, el procedimiento de aforo de este proyecto se realizó durante 30 días consecutivos, del 07 de septiembre al 06 de octubre del 2022, la medición del caudal del afluente de la planta de tratamiento en cada hora (desde las 8:00 am hasta las 16:00 pm), con la finalidad de obtener un total de 9 valores diarios.

Se optó por este rango de tiempo para obtener datos más exactos y conformes a la realidad de la zona. Cabe mencionar que la PTAR está bajo el cuidado del GADM de Píllaro y se puede acceder a ella a partir de las 8:00 am a 16:00 pm. A continuación, se presenta el resumen de las mediciones del caudal de ingreso a la PTAR:

Tabla 14 Mediciones de caudales ingreso a la PTAR-CARDO SANTO/día.

MEDICIÓN DE CAUDALES INGRESO A LA PTAR-CARDO SANTO (LTS/SEG)							
PERÍODO:	Desde Miércoles 07 de septiembre hasta Domingo 06 de octubre de 2022						
Hora de Medición	Septiembre-Octubre 2022						
	Columna 1	Columna 2	Columna 3	Columna 4	Columna 5	Columna 6	Columna 7
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	0,62	0,83	0,80	0,41	0,58	0,57	0,60
9:00	0,68	0,62	0,67	0,61	0,60	0,54	0,57
10:00	0,66	0,74	0,65	0,43	0,58	0,57	0,61
11:00	0,43	0,90	0,81	0,71	0,70	0,49	0,57
12:00	0,42	0,91	0,96	0,46	0,59	0,50	0,52
13:00	0,60	0,70	0,66	0,43	0,56	0,54	0,53
14:00	0,49	0,77	0,64	0,58	0,58	0,69	0,57
15:00	0,81	0,80	0,89	0,75	0,76	1,05	0,78
16:00	1,02	0,89	1,33	0,95	0,89	0,69	0,71

Fuente: Vinicio Ortega

En la tabla 14, los caudales de mayor valor se dan en las horas de la tarde de 15:00 a 16:00 pm a comparación de loa demás horas, estas variaciones son a causa del retorno de los habitantes a sus hogares en donde realizan actividades diarias como el aseo personal y la limpieza de sus viviendas. Además, los habitantes supieron manifestar

que los miércoles por horas de la tarde funciona el centro gerontológico de adultos mayores y se llevan a cabo reuniones entre los moradores del sector para tratar temas como del agua de regadío, agua potable y alcantarillado.

A continuación de detalla la estadística descriptiva de los datos tomados en campo:

Tabla 15 Estadística Descriptiva de Caudales Ingreso a la PTAR -Columna 1-Lunes.

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE CAUDALES INGRESO A LA PTAR-CARDO SANTO	
Columna 1-Lunes	
Media	0,6364
Mediana	0,6225
Desviación Estándar	0,1910
Mínimo	0,4150
Máximo	1,0175
Suma	5,7275
Cuenta	9

Fuente: Vinicio Ortega

Tabla 16 Estadística Descriptiva de Caudales Ingreso a la PTAR -Columna 2-Martes.

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE CAUDALES INGRESO A LA PTAR-CARDO SANTO	
Columna 2-Martes	
Media	0,7942
Mediana	0,7975
Desviación Estándar	0,0983
Mínimo	0,6200
Máximo	0,9050
Suma	7,1475
Cuenta	9

Fuente: Vinicio Ortega

Tabla 17 Estadística Descriptiva de Caudales Ingreso a la PTAR -Columna 3-Miércoles.

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE CAUDALES INGRESO A LA PTAR-CARDO SANTO	
Columna 3-Miércoles	
Media	0,8247
Mediana	0,8020
Desviación Estándar	0,2225
Mínimo	0,6440
Máximo	1,3340
Suma	7,4220
Cuenta	9

Fuente: Vinicio Ortega

Tabla 18 Estadística Descriptiva de Caudales Ingreso a la PTAR -Columna 4-Jueves.

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE CAUDALES INGRESO A LA PTAR-CARDO SANTO	
Columna 4-Jueves	
Media	0,5902
Mediana	0,5760
Desviación Estándar	0,1838
Mínimo	0,4060
Máximo	0,9460
Suma	5,3120
Cuenta	9

Fuente: Vinicio Ortega

Tabla 19 Estadística Descriptiva de Caudales Ingreso a la PTAR -Columna 5-Viernes.

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE CAUDALES INGRESO A LA PTAR-CARDO SANTO	
Columna 5-Viernes	
Media	0,6478
Mediana	0,5900
Desviación Estándar	0,1133
Mínimo	0,5550
Máximo	0,8925
Suma	5,8300
Cuenta	9

Fuente: Vinicio Ortega

Tabla 20 Estadística Descriptiva de Caudales Ingreso a la PTAR -Columna 6-Sábado.

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE CAUDALES INGRESO A LA PTAR-CARDO SANTO	
Columna 6-Sábado	
Media	0,6253
Mediana	0,5650
Desviación Estándar	0,1768
Mínimo	0,4850
Máximo	1,0525
Suma	5,6275
Cuenta	9

Fuente: Vinicio Ortega

Tabla 21 Estadística Descriptiva de Caudales Ingreso a la PTAR -Columna 7-Domingo.

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE CAUDALES INGRESO A LA PTAR-CARDO SANTO	
Columna 7-Domingo	
Media	0,6067
Mediana	0,5725
Desviación Estándar	0,0858
Mínimo	0,5150
Máximo	0,7800
Suma	5,4600
Cuenta	9

Fuente: Vinicio Ortega

Tabla 22 Resumen de los caudales medios diarios ingreso a la PTAR.

RESUMEN DE LOS CAUDALES MEDIAS DIARIAS INGRESO A LA PTAR CARDO SANTO		
DÍA	COLUMNA	MEDIA (LTS/SEG)
Lunes	1	0,6364
Martes	2	0,7942
Miércoles	3	0,8247
Jueves	4	0,5902
Viernes	5	0,6478
Sábado	6	0,6253
Domingo	7	0,6067

Fuente: Vinicio Ortega

Tabla 23 Estadística Descriptiva de caudales medios diarios ingreso a la PTAR.

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE CAUDALES INGRESO A LA PTAR-CARDO SANTO	
Media	0,6750
Mediana	0,6364
Desviación Estándar	0,0941
Mínimo	0,5902
Máximo	0,8247
Suma	4,7252
Cuenta	7

Fuente: Vinicio Ortega

Interpretación Tabla 23; de los parámetros de la estadística descriptiva el más relevante a tratar es la desviación estándar con un valor de 0,0941 que indica un grado de dispersión baja en el rango de datos, una desviación estándar baja implica un rendimiento más estable (datos confiables, datos bien tomados).

Por otra parte, en base al trabajo en campo y los datos tabulados en la Tabla 14 se puede observar que la hora pico de mayor caudal se da a las 16:00 pm corresponde a la columna 1 de los miércoles con un valor de 1,33 l/s. En base a la información recopilada de los habitantes de las comunidades San Juan Rumipungo y Cardo Santo, ellos retornan a sus hogares en un intervalo de tiempo de 15:30 -17:30 pm en la que hacen más uso del agua potable, por ende, se produce aumenta la aportación de agua residual. Por otra parte, en la Tabla 23 la media de los caudales de ingreso a la PTAR es de 0,675 l/s. Estos valores son considerados para la evaluación del funcionamiento de los procesos unitarios que conforman la PTAR.

Tabla 24 Mediciones de caudales salida a la PTAR-CARDO SANTO/día.

MEDICIÓN DE CAUDALES SALIDA DE LA PTAR -CARDO SANTO (LTS/SEG)							
PERÍODO:	Desde Miércoles 07 de septiembre hasta Domingo 06 de octubre de 2022						
Hora de Medición	Septiembre-Octubre 2022						
	Columna 1	Columna 2	Columna 3	Columna 4	Columna 5	Columna 6	Columna 7
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	0,69	0,83	0,75	0,48	0,66	0,69	0,66
9:00	0,75	0,72	0,62	0,74	0,61	0,60	0,64
10:00	0,70	0,89	0,71	0,50	0,66	0,68	0,76
11:00	0,48	0,94	1,00	0,68	0,69	0,54	0,65
12:00	0,49	0,97	0,83	0,57	0,59	0,57	0,56
13:00	0,67	0,76	0,72	0,55	0,58	0,65	0,59
14:00	0,55	0,89	0,71	0,80	0,65	0,80	0,68
15:00	0,82	0,89	0,94	0,79	0,88	1,07	0,81
16:00	1,04	1,01	1,16	0,96	0,90	0,82	0,72

Fuente: Vinicio Ortega

La tabla 24 presenta los datos de caudal obtenidos a la salida de la PTAR, la misma que indica un valor máximo de 1,16 l/s correspondiente a la columna 3 correspondiente a los miércoles, el valor coincide singularmente con la información de caudales de ingreso mostrados en la tabla 14. Por consiguiente, se denota que el tiempo de retención en los componentes hidráulicos es relativamente baja al conseguir datos promedios muy aproximados de caudales del afluente y efluente y de la PTAR en de cada día de la semana. A continuación de detalla la estadística descriptiva de los datos obtenidos en campo:

Tabla 25 Estadística Descriptiva de Caudales salida de la PTAR -Columna 1-Lunes

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE CAUDALES SALIDA DE LA PTAR-CARDO SANTO	
Columna 1-Lunes	
Media	0,6869
Mediana	0,6900
Desviación Estándar	0,1747
Mínimo	0,4800
Máximo	1,0350
Suma	6,1825
Cuenta	9

Fuente: Vinicio Ortega

Tabla 26 Estadística Descriptiva de Caudales salida de la PTAR -Columna 2-Martes

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE CAUDALES SALIDA DE LA PTAR-CARDO SANTO	
Columna 2-Martes	
Media	0,8761
Mediana	0,8875
Desviación Estándar	0,0941
Mínimo	0,7175
Máximo	1,0050
Suma	7,8850
Cuenta	9

Fuente: Vinicio Ortega

Tabla 27 Estadística Descriptiva de Caudales salida de la PTAR -Columna 3-Miércoles

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE CAUDALES SALIDA DE LA PTAR-CARDO SANTO	
Columna 3-Miércoles	
Media	0,8273
Mediana	0,7540
Desviación Estándar	0,1733
Mínimo	0,6220
Máximo	1,1620
Suma	7,4460
Cuenta	9

Fuente: Vinicio Ortega

Tabla 28 Estadística Descriptiva de Caudales salida de la PTAR -Columna 4-Jueves

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE CAUDALES SALIDA DE LA PTAR-CARDO SANTO	
Columna 4-Jueves	
Media	0,6758
Mediana	0,6840
Desviación Estándar	0,1633
Mínimo	0,4800
Máximo	0,9640
Suma	6,0820
Cuenta	9

Fuente: Vinicio Ortega

Tabla 29 Estadística Descriptiva de Caudales salida de la PTAR -Columna 5-Viernes

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE CAUDALES SALIDA DE LA PTAR-CARDO SANTO	
Columna 5-Viernes	
Media	0,6892
Mediana	0,6550
Desviación Estándar	0,1190
Mínimo	0,5750
Máximo	0,9000
Suma	6,2025
Cuenta	9

Fuente: Vinicio Ortega

Tabla 30 Estadística Descriptiva de Caudales salida de la PTAR -Columna 6-Sábado

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE CAUDALES SALIDA DE LA PTAR-CARDO SANTO	
Columna 6-Sábado	
Media	0,7119
Mediana	0,6750
Desviación Estándar	0,1651
Mínimo	0,5425
Máximo	1,0700
Suma	6,4075
Cuenta	9

Fuente: Vinicio Ortega

Tabla 31 Estadística Descriptiva de Caudales salida de la PTAR -Columna 7-Domingo

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE CAUDALES SALIDA DE LA PTAR-CARDO SANTO	
Columna 7-Domingo	
Media	0,6725
Mediana	0,6600
Desviación Estándar	0,0792
Mínimo	0,5550
Máximo	0,8050
Suma	6,0525
Cuenta	9

Fuente: Vinicio Ortega

Tabla 32 Resumen de los caudales medios diarios salida de la PTAR.

RESUMEN DE MEDIAS DIARIAS DE CAUDALES SALIDA DE LA PTAR CARDO SANTO		
DÍA	COLUMNA	MEDIA (LTS/SEG)
Lunes	1	0,6869
Martes	2	0,8761
Miércoles	3	0,8273
Jueves	4	0,6758
Viernes	5	0,6892
Sábado	6	0,7119
Domingo	7	0,6725

Fuente: Vinicio Ortega

Tabla 33 Estadística Descriptiva de caudales medios diarios salida de la PTAR.

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE CAUDALES SALIDA DE LA PTAR-CARDO SANTO	
Media	0,7343
Mediana	0,6892
Desviación Estándar	0,0825
Mínimo	0,6725
Máximo	0,8761
Suma	5,1398
Cuenta	7

Fuente: Vinicio Ortega

Interpretación Tabla 33; de los parámetros de la estadística descriptiva el más relevante a tratar es la desviación estándar con un valor de 0,0825 que indica un grado de dispersión baja en el rango de datos, una desviación estándar baja implica un rendimiento más estable (datos confiables, datos bien tomados).

Cabe mencionar que en Tabla 33 se puede evidenciar un caudal medio diario de 0,7343 l/s, este dato coincide singularmente con la información el valor de la Tabla 23. Esto indica que el tiempo de retención en los componentes hidráulicos es relativamente baja al conseguir datos promedios muy aproximados de caudales del afluente y efluente y de la PTAR de cada día de la semana. A continuación, se presenta evidencia fotográfica de la medición de caudales:



Fig. 21 *Medición del caudal de ingreso a la PTAR.*

Fuente: Vinicio Ortega



Fig. 22 *Vista del caudal de ingreso.*

Fuente: Vinicio Ortega



Fig. 23 Medición del caudal de salida de la PTAR.

Fuente: Vinicio Ortega



Fig. 24 Vista del caudal de salida.

Fuente: Vinicio Ortega.

Toma de muestras

En este apartado, se utilizó la metodología de tipo experimental porque se recogieron las muestras de agua residual el miércoles 30-11-2022 a las 16:00 pm (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 2176:98 Agua, calidad de agua, muestreo, técnicas de muestreo [36].



Fig. 25 Toma de muestra de agua residual al ingreso de la PTAR.

Fuente: Vinicio Ortega



Fig. 26 Toma de la muestra de agua residual tratada a la salida de la PTAR

Fuente: Vinicio Ortega

Más adelante las muestras recolectadas 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 [37]



Fig. 27 Envasado de las muestras de Aguas Residuales

Fuente: Vinicio Ortega



Fig. 28 Conservación y transporte de muestras obtenidas de la PTAR.

Fuente: Vinicio Ortega

2.2.1.3.Etapa III Investigación de laboratorio

Los resultados obtenidos del análisis físico – químico del agua residual se aprecian en el Anexo 3 del presente trabajo, mismo que será examinado en el siguiente capítulo.

2.2.1.4.Etapa IV Análisis y verificación del funcionamiento de la PTAR

Actualmente la PTAR recibe las aguas residuales provenientes del sistema de alcantarillado de la comunidad San Juan de Rumipungo y la comunidad Cardo Santo se encuentra en buen estado, se realizan inspecciones de los elementos que la conforman una vez por semana, sin embargo, en el lugar de descarga del agua residual tratada se percibe el mal olor y la presencia de mosquitos. La PTAR está conformada por un tren de tratamiento que incluye: tanque repartidor, caja repartidora de caudales, 2 tanques sépticos, caja repartidora de caudal, 2 filtros anaerobios de flujo ascendente (FAFA), 2 lechado de secado de lodos y un pozo de salida. El orden de funcionamiento de la PTAR se puede observar en la figura.

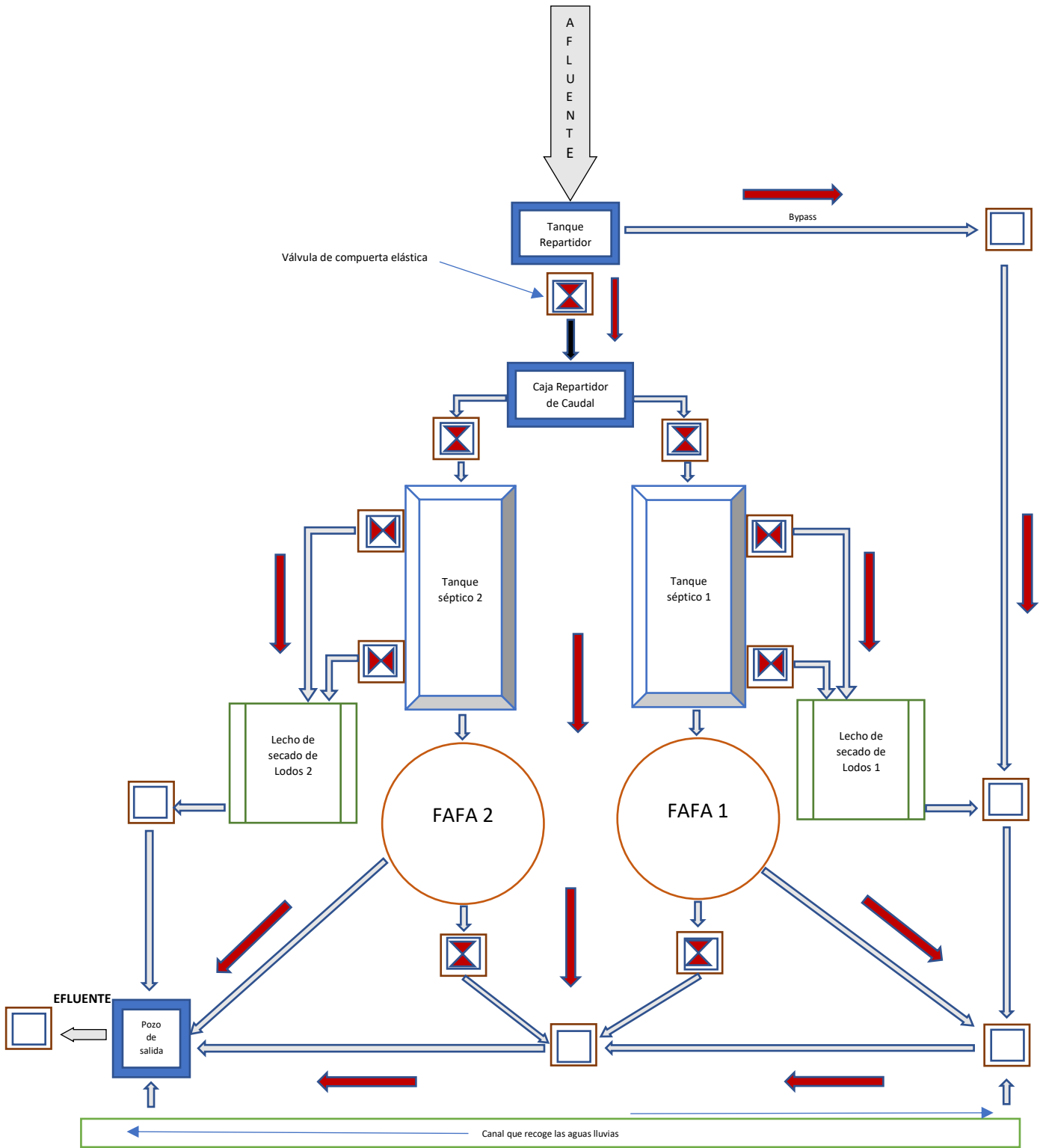


Fig. 29 Funcionamiento de la PTAR de Cardo Santo – parroquia San Andrés-cantón Santiago de Píllaro
Fuente: Vinicio Ortega

Tanque repartidor de caudal + Criba.

Estructura por donde ingresa el agua residual doméstico conducidas por el sistema de alcantarillado sanitario. Direcciona el líquido en dos sentidos; hacia la caja repartidora de caudal posteriormente a los tanques sépticos, directamente por un Bypass hacia una caja de revisión y más adelante al pozo de descarga. Cuenta con una rejilla que impide el paso directo de contaminantes gruesos y basuras al tanque séptico que pueden causar daños en la operación de los procesos unitarios de la PTAR.

La parte estructural del tanque repartidor y criba; los pisos y las paredes de hormigón de la estructura se encuentran en buenas condiciones, sin embargo, en se pudo evidenciar la acumulación excesiva de basura y residuos sólidos por lo cual se recomienda el mantenimiento y la limpieza de las rejillas al menos una vez por semana.

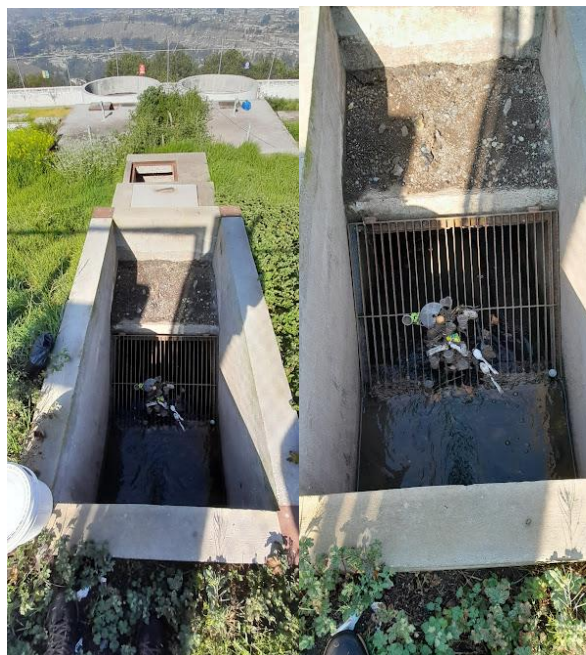


Fig. 30 Tanque repartidor +criba de la PTAR.

Fuente: Vinicio Ortega



Fig. 31 Acumulación de basura y residuos sólidos, por falta de limpieza y mantenimiento.

Fuente: Vinicio Ortega



Fig. 32 Caja que en su interior contiene una válvula que regula el paso del agua residual del tanque repartidor hacia la caja repartidor de caudales.

Fuente: Vinicio Ortega



Fig. 33 Vista desde la caja repartidora de caudal en dirección a los procesos unitarios de la PTAR.

Fuente: Vinicio Ortega

Tanque Séptico

La PTAR está formada por 2 tanques sépticos que reciben el fluido residual en la misma proporción de la caja repartidora de caudal. Externamente la losa y las paredes laterales se encuentran en perfectas condiciones, cada tanque séptico está dividido en

dos cámaras cada una conectada a una válvula que desfogan los lodos en dirección al lecho de secado de lodos. En la parte superior de la losa cada tanque séptico tiene dos aereadores propios de cada cámara. Cabe mencionar que en los tanque repartidores se observó una acumulación excesiva de los lodos y natas.



Fig. 34 Válvula que regula el paso del agua residual de la caja repartidora de caudal hacia el Tanque Séptico.

Fuente: Vinicio Ortega



Fig. 35 Entrada del agua residual al Tanque Séptico. Se observa acumulación de lodos y natas

Fuente: Vinicio Ortega



Fig. 36 Tanques Sépticos que reciben el caudal y las desfogan a los lechado de secado de lodos.

Fuente: Vinicio Ortega



Fig. 37 Válvula Tipo que conecta la Cámara del Tanque Séptico con el Lecho de Secado de Lodos.

Fuente: Vinicio Ortega.

Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente

La planta depuradora cuenta con dos filtros de forma cilíndrica que reciben las aguas de los tanques sépticos independientemente. Cada filtro anaerobio de flujo ascendente tiene dos tuberías de salida; la primera tubería permite desfogar el agua superficial ya tratada en dirección a la caja de revisión o al pozo de descarga, y la segunda tubería en dirección a una válvula que permite el paso de los lodos acumulados en la parte inferior del filtro. Los dos FAFAs se encuentran en buenas condiciones, cabe mencionar que trabajan simultáneamente, sin embargo, en las operaciones de limpieza y mantenimiento se deshabilita un filtro temporalmente, mientras el otro cumple su función normalmente, este proceso se lo realiza en los dos filtros.



Fig. 38 FAFA 1 Y FAFA 2 de la PTAR.

Fuente: Vinicio Ortega.



Fig. 39 Vista de las Tubería de Salida de los FAFAs.

Fuente: Vinicio Ortega



Fig. 40 Limpieza y Mantenimiento del FAFA.

Fuente: Vinicio Ortega

Lecho de Secado de Lodos

El tren de tratamiento de la PTAR está compuesto por dos Lechos de secado de Lodos que trabajan independientemente, cada uno recibe los lodos acumulados en el fondo de las dos cámaras de un tanque sépticos, los dos lechos se encuentran en buenas condiciones.



Fig. 41 Lechos de Secado de Lodos que reciben los lodos sedimentados en los Tanques Sépticos.

Fuente: Vinicio Ortega.

Pozo de descarga.

Ubicada en la parte baja recibe las aguas residuales tratadas de los elementos que conforman el tren de descontaminación de la PTAR a través de tres tuberías que se ubican en diferentes alturas.



Fig. 42 Vista de la superficie y fondo del pozo de descarga.

Fuente: Vinicio Ortega.

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de resultados

3.1.1. Levantamiento de información

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del sector Cardo Santo se ubica al norte de la parroquia rural San Andrés del cantón Santiago de Píllaro cercano a los límites del cantón Salcedo separados por el río Yayanacu. La planta depuradora se conecta a una red de alcantarillado sanitario de 4,37 km que conduce las aguas residuales domésticas desde la parte alta de la comunidad San Juan Rumipungo hasta la zona baja de la comunidad Cardo Santo. Las principales actividades económicas de las comunidades son la ganadería y la agricultura, actualmente los pobladores tienen acceso a agua potable entubada con una cobertura del 100%, sin embargo, el acceso al alcantarillado aún es limitado, las viviendas que utilizan este servicio son aquellas que se ubican cerca de la vía principal.

La PTAR fue construida en el año 2018, cuya actividad al principio causó preocupaciones en los pobladores de las comunidades San Pablo y Yanayacu, que manifestaban que las descargas del agua residual tratada se desfogaban al río Yanayacu. La planta depuradora tiene un área de 625 m², cuyo mantenimiento y operación de sus procesos unitarios está bajo el Departamento de Recursos Hídricos del cantón Santiago. El tren de tratamiento que forma PTAR presentaron las siguientes características:

- Tanque repartidor: encargada de evitar el paso sólido gruesos y basura.
- Tanque séptico: 2 tanques sépticos, cada tanque con dos compartimientos (cada uno dividido en dos cámaras).
- Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente: 2 FAFA, reciben el agua residual de las fosas sépticas.
- Lecho de secados de lodos: 2 lechos ubicadas entre el tanque séptico y el FAFA.

A través del método volumétrico se identificó el aforo que se generara en la PTAR del proyecto en un intervalo de 30 días obteniendo un registro mayor de datos. Determinando que el caudal máximo horario es de 1,33 l/s, siendo el caudal máximo

en una hora durante un día, evidenciando que el mayor aforo de ingreso y salida de la PTAR se generaban en los miércoles.

En base al levantamiento de información se identificó datos importantes de la PTAR como: la zona de ubicación, población beneficiaria del servicio, dirección de la descarga del agua residual tratada, que a su vez permitieron establecer la base para un diagnóstico del funcionamiento actual de la planta depuradora basada en parámetros de diseño reguladas por las Normas OPS, CONAGUA, EMAAPA.

Finalmente, en el Anexo 1 se aprecia con claridad el trabajo realizado para llegar a conocer estas condiciones. Mientras que, en el Anexo 5: plano A1 se aprecia la ubicación de la PTAR y en el plano A2 se observa a detalle las medidas actuales de las unidades hidráulicas que conforman la PTAR del Sector Cardo Santo, del cantón Píllaro, provincia de Tungurahua, gracias al dimensionamiento realizado en campo.

3.1.2. Análisis de resultados de laboratorio.

A la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Sector Cardo Santo ingresan las aguas residuales domésticas que son conducidas por un sistema de alcantarillado sanitario. Con fin de conocer sus características fisicoquímicas se realizó un muestreo puntual en el ingreso y salida de la PTAR el día 31 de noviembre del año 2022 a las 16:00 pm, hora en la que llega mayor caudal a la planta, se obtuvo dos muestras representativas. La toma de muestras, conservación y su transporte hasta el Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH se lo realizó en base a la normativa NTE-INEN-2176 Y NTE-INEN 2169. Los resultados de las muestras se detallan en el Anexo 2 del presente trabajo.

Es necesario recalcar que el Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH es acreditado bajo la Norma ISO/IEC 1725:2006 por el Servicio de Acreditación Ecuatoriana, lo cual garantiza los resultados de los análisis fisicoquímicos de las aguas residuales.[38]

A continuación, en la Tabla 34 se presenta una comparación entre cada parámetro que mide el grado de contaminación de las aguas residuales tanto del líquido de ingreso y salida de la PTAR con los límites máximos permisibles para la descarga

del efluente a cuerpos de agua dulce según la normativa del TULSMA 2015, LIBRO VI Anexo 2- Tabla 9 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. [39]-[40]

Tabla 34 Resultados comparativos de los parámetros del agua residual (30-11-2022).

Parámetro	Unidad	Método/Procedimiento	Líquido de ingreso (Afluente)	Líquido de descarga (Efluente)	TULSMA (Límite máximo)	Cumple
pH	-	PE-L-SA-01	7,76	7,37	7-9	Si
DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220-D	184,00	142,00	200,00	Si
DBO ₅	mgO ₂ /L	STANDARD METHODS 5210-B	89,00	79,00	100,00	Si
Sólidos Suspendidos	mg/L	STANDARD METHODS 2540-D	84,00	41,00	130,00	Si
Sólidos Totales	mg/L	STANDARD MEHODS 2540 B	476,00	340,00	1600,00	Si

Fuente: Vinicio Ortega

En base a la Tabla 9 del TULSMA - Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce y los valores de la Tabla 34 parámetros de caracterización del agua residual tratada, se pudo evidenciar que se encuentran bajo de los límites máximos permisibles según el TULSMA, cumpliendo con los parámetros de descarga establecidos. Es preciso señalar que las aguas residuales que no cumplan con los parámetros de descarga deberán ser depurar adecuadamente, los sistemas de descontaminación deberán contar con un plan de contingencia frente a situaciones que alteren su eficiencia. No obstante, se evidencia también que los parámetros del agua residual de entrada no tratada están bajo los límites máximos permisibles por el TULSMA.

Por otra parte, en base a la ecuación 1 que permite determinar el porcentaje de eficiencia de remoción se determinó la eficacia con la que la PTAR depura las aguas residuales, esto permite ofrecer un diagnóstico de los procesos unitarios que lo conforman. A continuación, en la Tabla 35 se muestra los datos:

Tabla 35 Porcentaje de eficiencia en la remoción de contaminantes de la muestra entrada y salida de la PTAR (30-11-2022).

Parámetro	Unidad	Líquido de ingreso (Afluente)	Líquido de descarga (Efluente)	%Eficiencia de remoción
pH	-	7,76	7,37	5,03%
DQO	mg/L	184,00	142,00	22,83%
DBO ₅	mgO ₂ /L	89,00	79,00	11,24%
Sólidos Suspendidos	mg/L	84,00	41,00	51,19%
Sólidos Totales	mg/L	476,00	340,00	28,57%
Promedio				23,77%

Fuente: Vinicio Ortega

La Tabla 35 refleja que la eficiencia de remoción tiene un promedio aproximado de un 24% debido a que el agua residual de ingreso no contiene tantos contaminantes. Cabe mencionar que el buen funcionamiento del tratamiento preliminar retiene los sólidos y basura previo al ingreso a las demás unidades de tratamiento que podrían dañar o interferir con las operaciones de descontaminación.

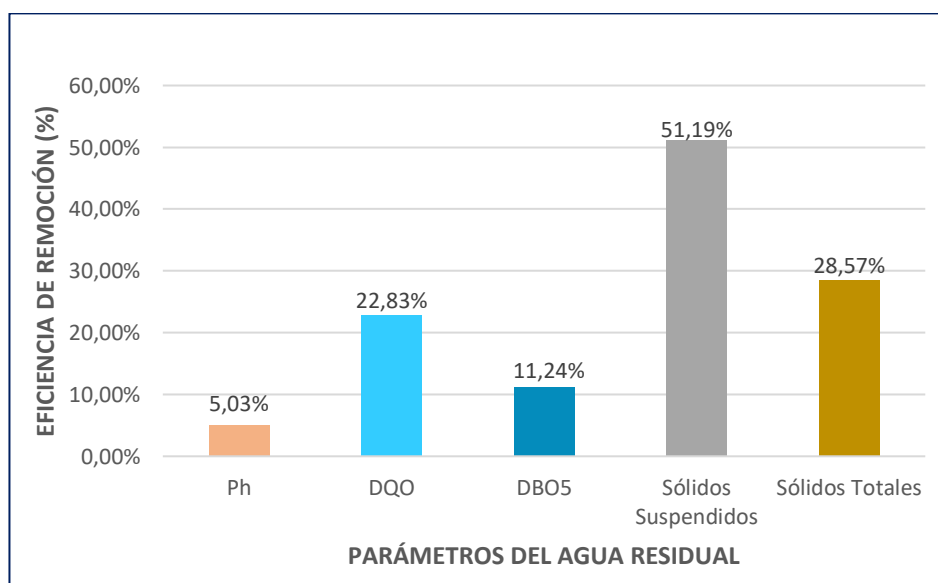


Fig. 43 Diagrama de barras del porcentaje de la eficiencia de remoción (30-11-2022).

Fuente: Vinicio Ortega.

En la tabla 34, se evidencia que los valores correspondientes a los parámetros de caracterización del agua residual de entrada están por debajo de los límites permisibles por el TULSMA, el agua residual doméstica se podría descargar de forma directa a un cuerpo receptor, por ende, el funcionamiento de la PTAR sería innecesaria. Las posibles causas podrían ser que la muestra tomada el 30-11-2022 contenía una cantidad considerable de agua potable producto del lavado de ropa y utensilios de cocina, la otra posible causa sería el mal muestreo del agua residual y su transporte inadecuado hasta las instalaciones de los Laboratorios de Servicios Ambientales de la UNACH, cabe mencionar que en la toma de muestra se realizó un muestreo simple.

El Instituto de Toxicología de la Defensa (ITOXDEF), centro militar de investigación sanitaria de las Fuerzas Armadas de España y asesor del Ministerio de Defensa especializado en toxicología, menciona que la recolección de las muestras depende de los procedimientos analíticos empleados y los objetivos del estudio. El objetivo del muestreo es obtener una parte representativa del material bajo estudio (agua, efluente industrial, agua residual, etc.), para lo cual se analizarán las variables fisicoquímicas de interés.

Según el ITOXDEF, la muestra simple es aquella que es tomada en un tiempo y lugar determinado, para su análisis individual, esta muestra representa la composición del agua original para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en las que se realizó su captación, este tipo de muestras es utilizado cuando se analicen aguas residuales con contaminación exclusivamente fecal. Por otra parte, la muestra compuesta es un término genérico que se le otorga a la mezcla de un número de muestras simples, tomadas durante un cierto periodo de tiempo. Se la usa para conocer las condiciones promedio del agua, con el fin de controlar la eficiencia de una PTAR. En general, las muestras compuestas son aptas para indicar el promedio de las variaciones de la contaminación en el agua.

Con fin de corroborar lo antes mencionado se procedió a realizar nuevamente la toma de muestra del agua residual cruda en base al criterio de una muestra compuesta el 08-02-2023.

A continuación, se presenta los valores del segundo análisis del agua residual no tratada comparada con el agua residual tratada y a su vez con los límites máximos permisibles según la normativa TULSMA.

Tabla 36 Resultados comparativos de los parámetros del agua residual (08-02-2023).

Parámetro	Unidad	Método/Procedimiento	Líquido de ingreso (Afluente)	Líquido de descarga (Efluente)	TULSMA (Límite máximo)	Cumple
pH	-	PE-L-SA-01	7,74	7,37	7-9	Si
DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220-D	537,00	142,00	200,00	Si
DBO ₅	mgO ₂ /L	STANDARD METHODS 5210-B	233,00	79,00	100,00	Si
Sólidos Suspendidos	mg/L	STANDARD METHODS 2540-D	167,00	41,00	130,00	Si
Sólidos Totales	mg/L	STANDARD MEHODS 2540 B	1420,00	340,00	1600,00	Si

Fuente: Vinicio Ortega

Tabla 36 parámetros de caracterización del agua residual tratada, se pudo evidenciar que se encuentran bajo de los límites máximos permisibles según el TULSMA, cumpliendo con los parámetros de descarga establecidos. Por obstante, en base a la ecuación 1 que permite determinar el porcentaje de eficiencia de remoción se determinó la eficacia con la que la PTAR depura las aguas residuales, esto permite ofrecer un diagnóstico de los procesos unitarios que lo conforman. A continuación, en la Tabla 37 se muestra los datos:

Tabla 37 Porcentaje de eficiencia en la remoción de contaminantes de la muestra entrada y salida de la PTAR (08-02-2022).

Parámetro	Unidad	Líquido de ingreso (Afluente)	Líquido de descarga (Efluente)	%Eficiencia de remoción
pH	-	7,74	7,37	4,78%
DQO	mg/L	537,00	142,00	73,56%
DBO ₅	mgO ₂ /L	233,00	79,00	66,09%
Sólidos Suspendidos	mg/L	167,00	41,00	75,45%
Sólidos Totales	mg/L	1420,00	340,00	76,06%
Promedio				59,19%

Fuente: Vinicio Ortega

La Tabla 37 presenta la eficiencia de remoción tiene un promedio aproximado de un 59% indicando una buena eficiencia de remoción de contaminantes por parte de los procesos unitarios de depuración.

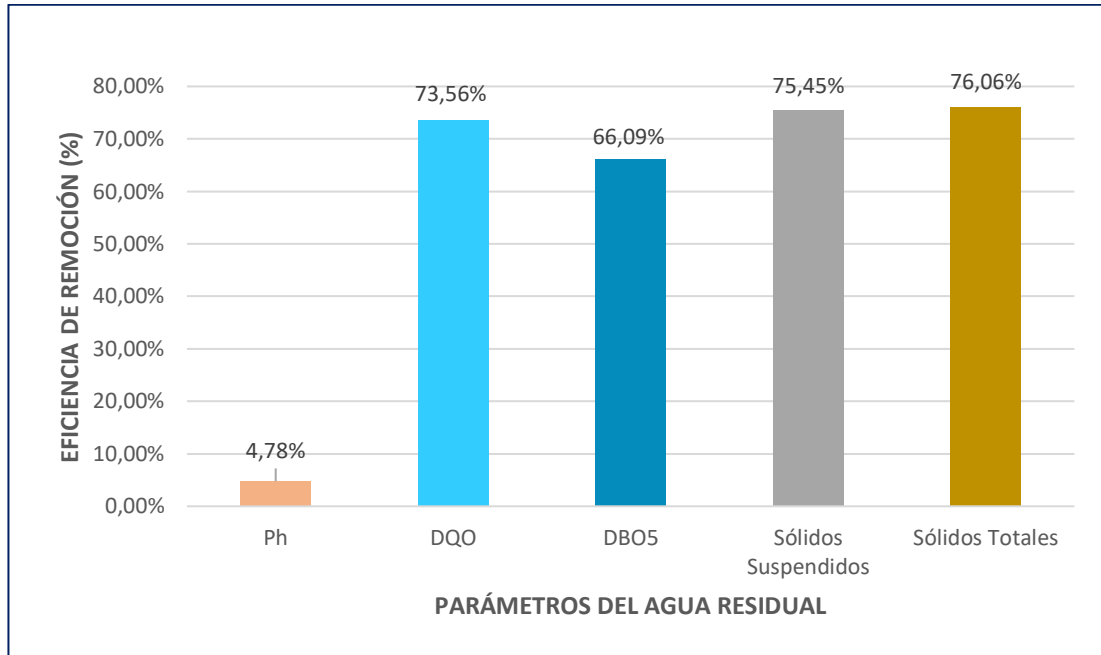


Fig. 44 Diagrama de barras del porcentaje de la eficiencia de remoción (08-02-2023).

El diagnóstico técnico actual de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales se basará en los parámetros de caracterización del agua residual no tratada tomada el 08-02-2023 al contener mayor presencia de contaminantes.

3.1.3. Diagnóstico Técnico actual de la PTAR

Levantada la información de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del sector Cardo Santo, se obtuvo datos como: dimensiones, caracterización del agua residual del ingreso y salida de la PTAR, esa información permite identificar el actual funcionamiento y las condiciones actuales de cada proceso unitario que descontamina el agua residual doméstica.

3.1.3.1. Procesos unitarios que conforman el sistema de tratamiento actual de la PTAR

En la figura 29 se pudo observar un diagrama que permite conocer las diferentes unidades de descontaminación que componen la planta depuradora. Dimensiones actuales de los componentes de la PTAR

Tanque repartidor de caudal + Criba

Estructura rectangular de hormigón armado que recibe el agua residual del sistema de alcantarillado de las comunidades San Juan Rumipungo y Cardo santo a través de una tubería PVC con un diámetro de $\varnothing = 200 \text{ mm}$. En su interior se hallan dos salidas con tubería PVC de $\varnothing = 160 \text{ mm}$, la primera tubería está ubicada en sentido al bypass que desemboca de manera directa el agua residual al pozo de descarga, la segunda tubería direcciona el agua residual a una válvula que permite el paso del fluido a la una caja repartidora de caudal y posteriormente al tanque séptico. Cuenta con una rejilla de limpieza manual inclinada a 45° que retiene sólidos gruesos y basura. Además, cuenta con una loseta cribada (criba) para secado de lodos. Las dimensiones se muestran a continuación en la Tabla 38:

Tabla 38 Dimensiones del tanque repartidor de la PTAR-Cardo Santo.

Tanque Repartidor		
Parámetro	Valor	Unidad
Largo del tanque	2,30	m
Ancho del tanque	1,20	m
Altura total del tanque	1,50	m
Altura de Grada	0,30	m
Espesor de paredes	0.15	m

Fuente: Vinicio Ortega

En la figura 44 y 45 se observa el detalle del diseño y las dimensiones del tanque repartidor de la PTAR.

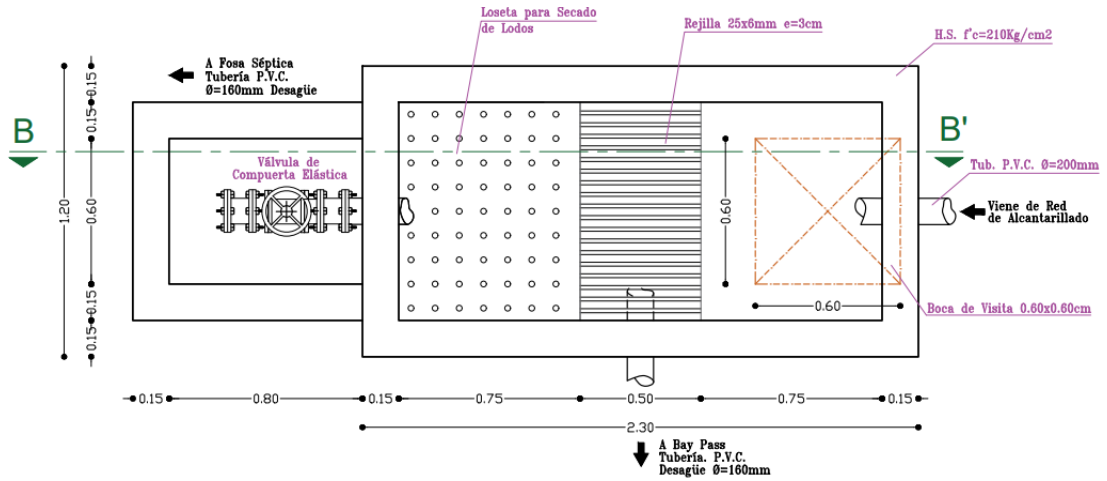


Fig. 45 Vista en planta del Tanque Repartidor.

Fuente: Vinicio Ortega

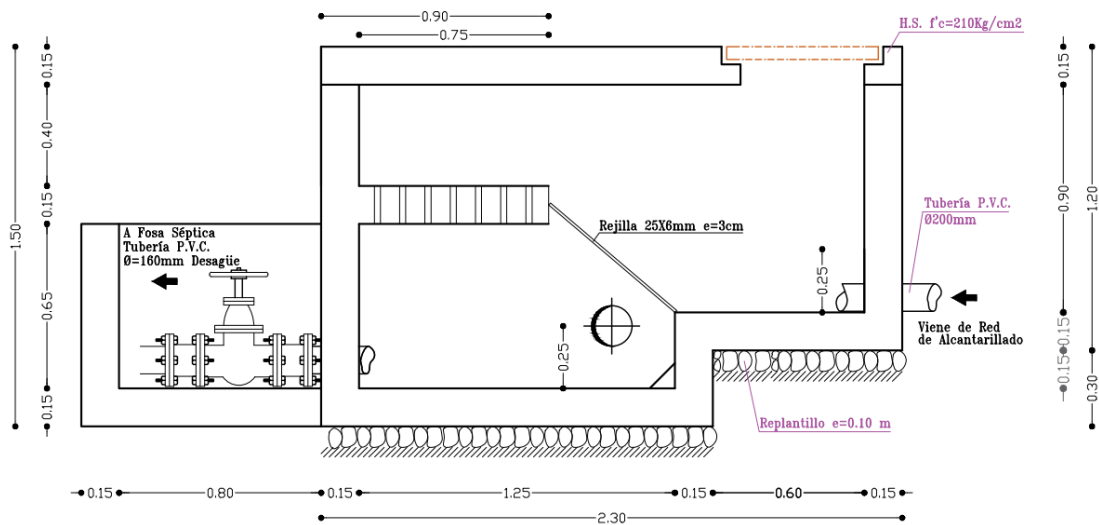


Fig. 46 Vista del corte longitudinal del Tanque Repartidor de la PTAR.

Fuente: Vinicio Ortega

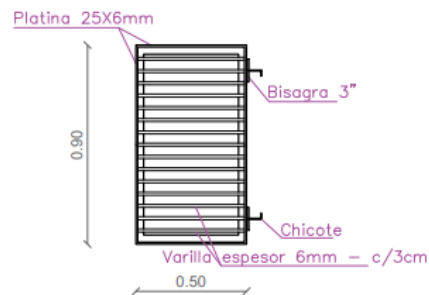


Fig. 47 Detalle de la rejilla del Tanque Repartidor.

Fuente: Vinicio Ortega.

Tanque séptico

La PTAR del sector Cardo Santo está compuesta por dos Tanques Sépticos que comparten las mismas características (dimensión, función). El agua residual llega a la caja repartidora de caudales a través de una tubería PVC de $\varnothing = 160 \text{ mm}$, en el interior de la caja se hallan dos salidas de tubería PVC de $\varnothing = 160 \text{ mm}$, cada tubería direcciona la mitad del caudal que llega a la caja en dirección a una válvula que controla el ingreso del agua residual hasta el tanque séptico. No está demás volver a mencionar que cada tanque séptico recibe el 50% del líquido residual de la caja repartidora por medio de una tubería PVC que conecta la válvula de compuerta elástica con la parte superior de su interior.

Cada tanque séptico es de hormigón armado, en su parte interior se divide en dos cámaras (compartimientos) separadas por una pared, las interconexiones entre estas cámaras consecutivas es a través de ventanas (aberturas) cuadradas que evitan el paso de natas y lodos. Cada cámara en su parte baja tiene una tubería PVC de salida de $\varnothing = 160 \text{ mm}$ conectado a una válvula de compuerta elástica que permite el desfogue de los lodos sedimentados al lecho de secado de lodos. Por otro lado, cada tanque séptico tiene otra tubería PVC $\varnothing = 160 \text{ mm}$ que permite la salida del fluido en dirección al Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA). En la parte superior de la losa del tanque séptico se ubican dos aereadores.

Tabla 39 Dimensiones del Tanque Séptico 1 y 2 de la PTAR.

Tanque Séptico		
Parámetro	Valor	Unidad
Largo del tanque	5,10	m
Ancho del tanque	2,40	m
Altura total del tanque	2,20	m
Espesor de paredes	0.20	m

Fuente: Vinicio Ortega

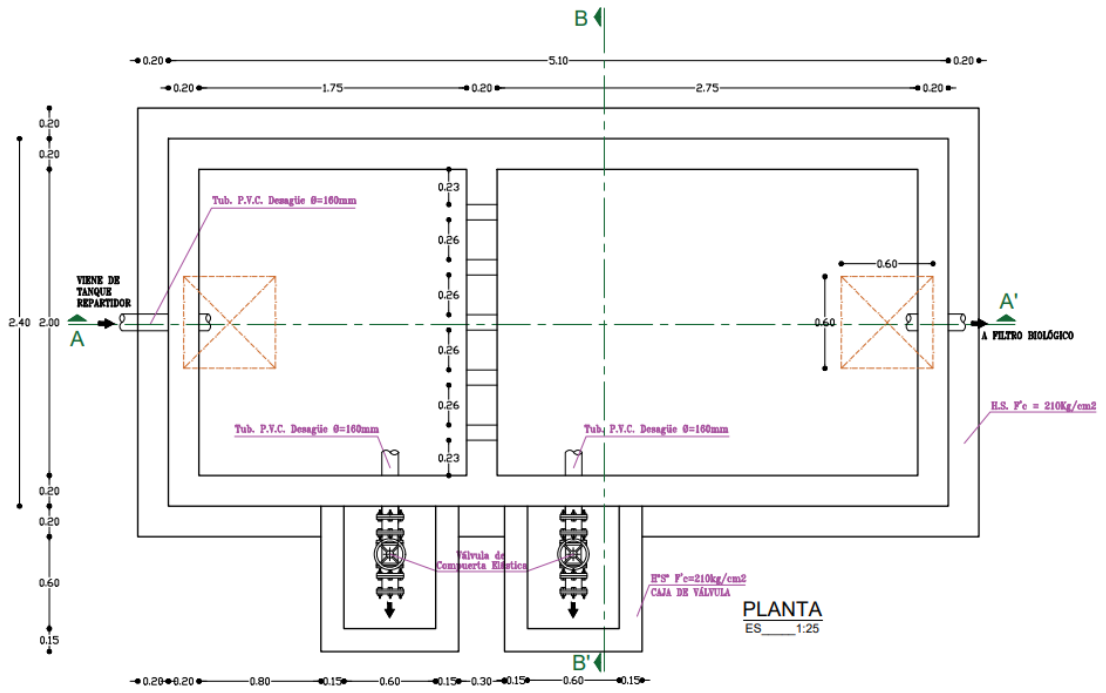


Fig. 48 Vista en Planta del Tanque Séptico 1 y 2 de la PTAR.

Fuente: Vinicio Ortega.

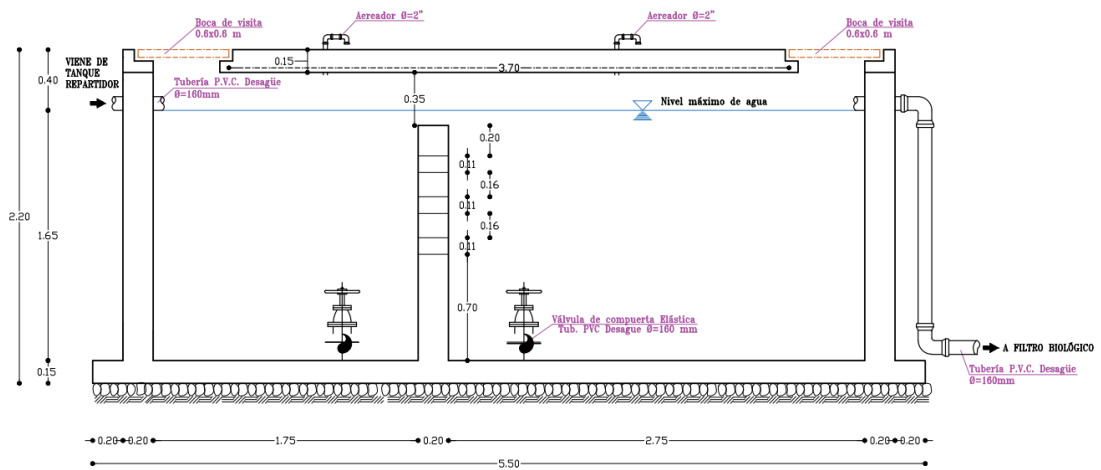


Fig. 49 Vista del corte longitudinal del Tanque Séptico 1 y 2 de la PTAR.

Fuente: Vinicio Ortega

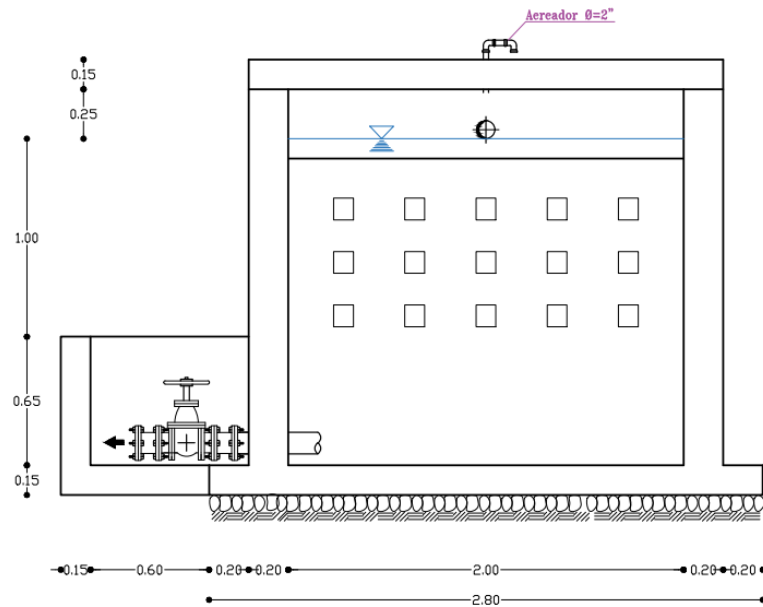


Fig. 50 Vista del corte Transversal del Tanque Séptico 1 y 2 de la PTAR.

Fuente: Vinicio Ortega.

Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)

La PTAR está constituida por dos Filtros, estas unidades hidráulicas son de hormigón armado en forma cilíndrica, el agua residual del tanque séptico ingresa la parte inferior del filtro a través de una tubería PVC de $\varnothing = 160 \text{ mm}$, el líquido residual llega a la parte superior pasando por el material granular filtrante (piedra, ripio).

El FAFA 1 tiene dos tuberías de salida, la primera tubería PVC de $\varnothing = 160 \text{ mm}$ se ubica en la parte superior y direcciona el fluido a una caja de revisión que posteriormente se conecta a al pozo de descarga, mientras la segunda tubería PVC $\varnothing = 160 \text{ mm}$ permite el desfogue de los lodos sedimentados en la parte baja del filtro a una válvula que se conecta a una caja de revisión para posteriormente ser descargado en el pozo de descarga. Por su parte el FAFA 2 posee el mismo modo de operación con la única diferencia que la tubería de salida PVC $\varnothing = 160 \text{ mm}$ ubicada en su parte superior se conecta de forma directa al pozo de descarga.

Tabla 40 Dimensiones del FAFA 1 Y 2 de la PTAR.

FAFA		
Parámetro	Valor	Unidad
Diámetro interno del tanque	2,90	m
Diámetro externo del tanque	3,30	m
Altura del tanque	2,90	m
Espesor de paredes	0.20	m

Fuente: Vinicio Ortega

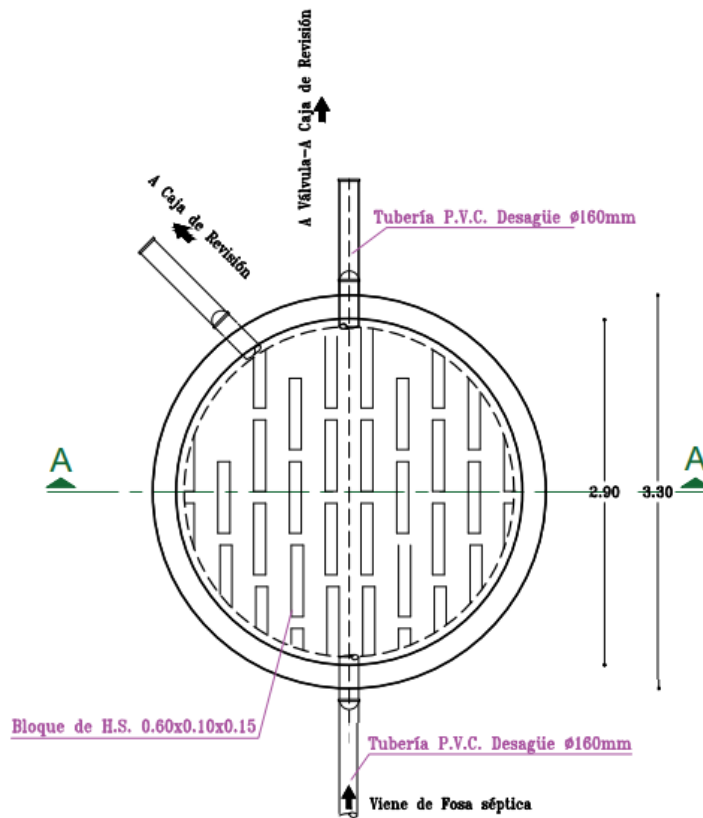


Fig. 51 Vista en planta del FAFA 1 y 2 de la PTAR.

Fuente: Vinicio Ortega.

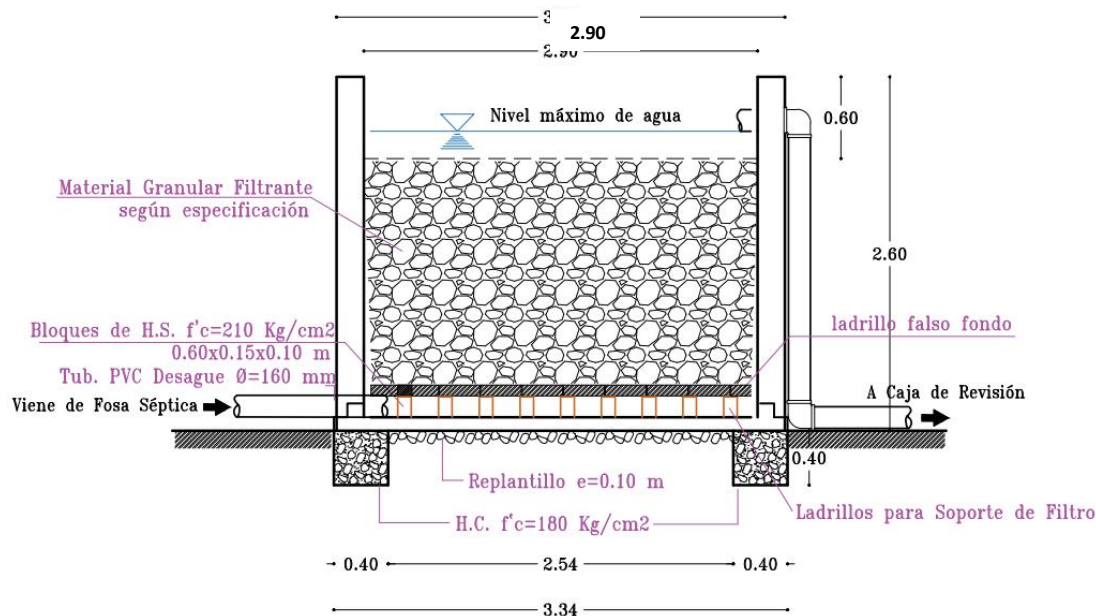


Fig. 52 Vista del corte longitudinal de la FAFA 1 y 2.

Fuente: Vinicio Ortega

Lecho secado de lodos

El tren de tratamiento está compuesto por dos lechos de secado de lodos de hormigón armado con una pendiente del 2%, cada lecho trabaja directamente con un tanque repartidor que desfoga los lodos de sus dos cámaras a través de dos tuberías PVC de $\varnothing = 160 \text{ mm}$. En su parte inferior se ubica una tubería PVC perforada $\varnothing = 160 \text{ mm}$ de que desfoga el agua sobrante de los lodos deshidratados en dirección a una caja de revisión que posteriormente llegarán al pozo de descarga.

Tabla 41 Dimensiones del Lecho de secado de lodos 1 y 2 de la PTAR.

Lecho secado de lodos		
Parámetro	Valor	Unidad
Largo útil del lecho	3,20	m
Ancho útil del lecho	3,20	m
Altura promedio del lecho	1,33	m
Espesor de paredes	0,20	m

Fuente: Vinicio Ortega

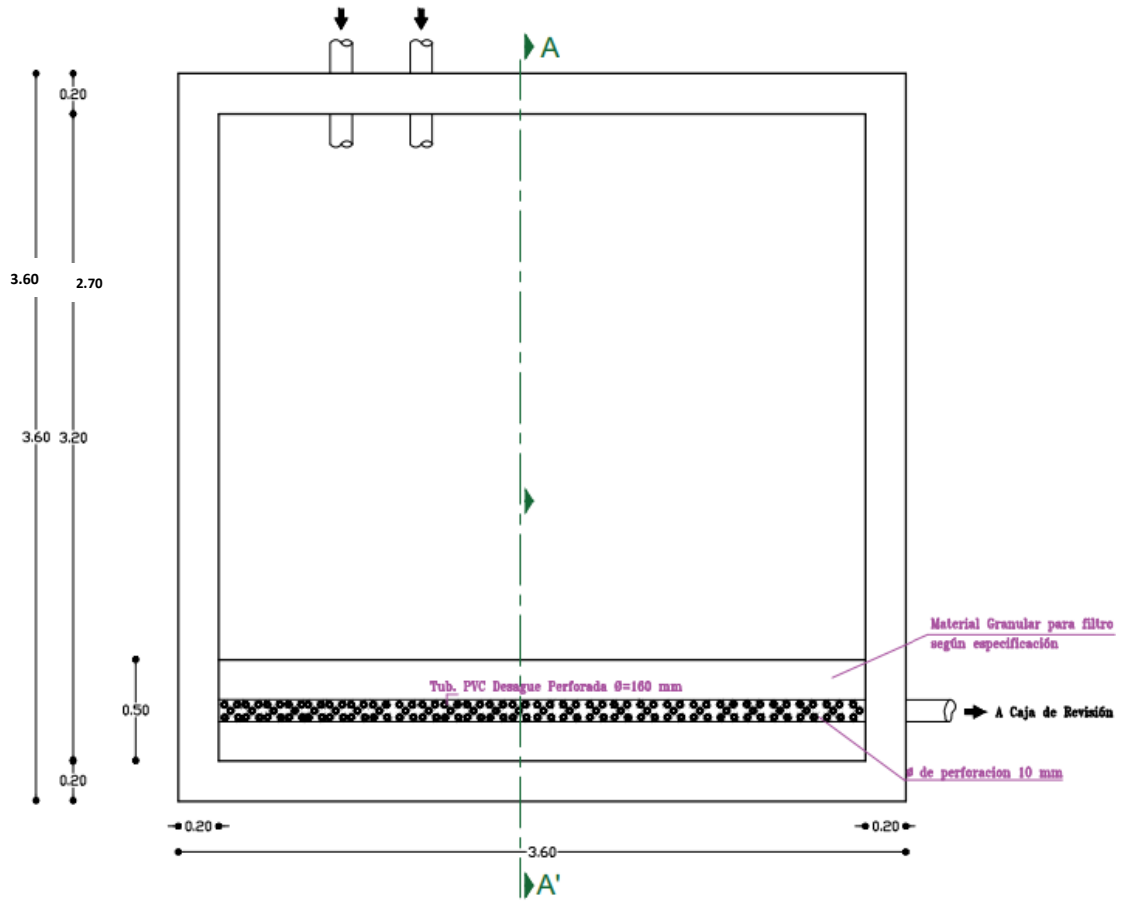


Fig. 53 Vista en planta del lecho de secado de lodos 1 y 2 de la PTAR.

Fuente: Vinicio Ortega.

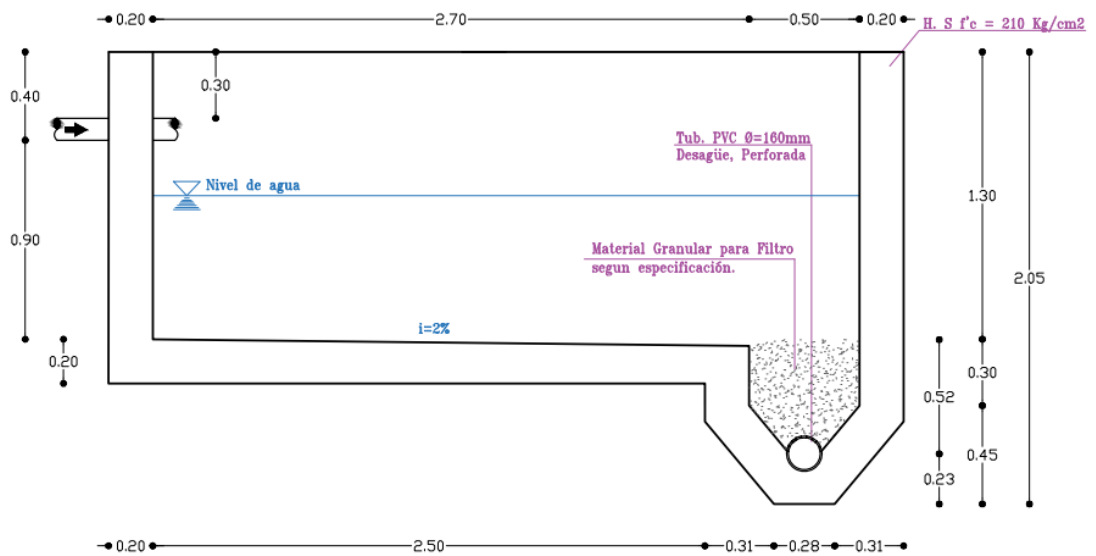


Fig. 54 Vista del corte lateral del lecho de secado de lodos 1 y 2.

Fuente: Vinicio Ortega.

3.1.3.2. Diagnóstico del funcionamiento teórico actual de la PTAR

El caudal empleado para la evaluación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del sector Cardo Santo, es el caudal máximo horario $Q_{mh} = 1,33 \frac{m}{s}$.

Diagnóstico del funcionamiento del tanque repartidor + Criba

- *Tanque repartidor de Caudales*
 - Correcta división de caudales
Actualmente la estructura hidráulica presenta un buen estado, direcciona el flujo residual de entrada al bypass como a la caja repartidora de caudales que posteriormente se divide en la misma proporción hacia los tanques sépticos. No es necesario implementar mejoras.
- *Estructura bypass*
Existe un bypass que al existir demandas de flujo lo direccionará a una caja de revisión que posteriormente se conecta al pozo de descarga.
- Criba
 - *Tipo de barras – Limpieza Manual*

Tabla 42 Diagnóstico del funcionamiento de la Rejilla del Cribado

PARÁMETRO DE DISEÑO	RANGO PERMITIDO	VALORES MEDIDOS	CUMPLIMIENTO CON EL MANUAL DE LA CONAGUA
Espesor de las barras (cm)	0,6 a 1,6	0,6	SI
Espaciamiento entre barras (cm)	2,5 a 5,1	3	SI
Pendiente con la horizontal (°)	45 a 60	45	SI

Fuente: Vinicio Ortega

Diagnóstico del funcionamiento del tanque séptico

Para realizar el diagnóstico del funcionamiento del Tanque Séptico (Fosa Séptica) se tomó en cuenta las consideraciones e indicaciones en la norma de la Organización Panamericana de la Salud 2005, el manual establece una guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización. Esta norma tiene similitud con la Norma Técnica I.S. 020-Tanques Sépticos. [41]-[42].

Para determinar evaluar el funcionamiento teórico del tanque séptico es importante conocer la población servida y la contribución de aguas residuales por persona. La población beneficiaria que envían las aguas residuales domésticas al alcantarillado sanitario y esta a su vez las descarga en la PTAR, de acuerdo a la información recopilada, el sistema de alcantarillado sanitario que parte de la zona alta de la comunidad San Juan Rumipungo hasta la parte baja de la comunidad Cardo Santo en dirección a la planta depuradora tiene 133 acometidas, las acometidas se puede interpretar como el número de viviendas o usuarios conectados a la red, sin embargo, con la visita en campo se pudo evidenciar que 115 acometidas actualmente aportan aguas residuales, el restante de acometidas se ubican en terrenos en las que en un futuro se construirán una vivienda.

En base al último censo realizado por el INEC 2010, el promedio de personas por hogar en la parroquia rural San Andrés (Código postal: 180855) es de 3,63. Entonces la población servida se calculó de la siguiente manera:

- Estimación de población

$$\text{Población} \quad P = (\#Hogares) \left(\frac{\text{promedio personas}}{\text{Hogar}} \right) \quad \text{Ecuación 3}$$

Dónde:

P= Población

#Hogares = Número de hogares

Promedio personas/hogar = promedio de personas por hogar de la parroquia rural San Andrés.

$$P = (115 \text{ Hogares}) \left(3,63 \frac{\text{personas}}{\text{Hogar}} \right)$$

$$P = 418 \text{ habitantes}$$

- Estimación de aguas residuales

La estimación de aguas residuales producidas por una persona depende del consumo de agua, dicho de otra manera, directamente del nivel de servicio del sistema de abastecimiento de agua potable, no toda el agua potable consumida en una vivienda ingresa al sistema de alcantarillado. Para su estimación se debe tener en cuenta las siguientes tablas 43, 44 y 45:

Tabla 43 Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.

NIVEL	SISTEMA	DESCRIPCIÓN
0	AP DE	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económicas del usuario.
Ia	AP DE	Grifos públicos. Letrinas sin arrastre de agua
Ib	AP DE	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño. Letrinas con o sin arrastre de agua
IIa	AP DE	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa. Letrinas con o sin arrastre de agua
IIb	AP DRL	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa. Sistema al alcantarillo sanitario.
Simbología utilizada: AP: agua potable DE: disposiciones de excretas DRL: disposición de residuos líquidos.		

Fuente: Tabla 5.2-Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC)-Diseño de Instalaciones Sanitarias. Código de Práctica para el Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos en el área Rural. [43]

Tabla 44 Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio

NIVEL DE SERVICIO	CLIMA FRÍO (L/Hab*día)	CLIMA CÁLIDO (L/Hab*día)
Ia	25	30
Ib	50	65
IIa	60	85
IIb	75	100

Fuente: Tabla 5.2-Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC)-Diseño de Instalaciones Sanitarias. Código de Práctica para el Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos en el área Rural. [43]

Tabla 45 Coeficientes de retorno de aguas servidas domésticas

Nivel de complejidad del sistema	Coefficiente de retorno
Bajo y medio	0,7-0,8
Medio alto y alto	0,8-0,85

Fuente: EMAAP-Q (2009). Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q. Pág.: 30. Título: 4. [44]

El coeficiente de retorno (R) representa la relación entre el volumen de agua potable consumida y el agua que regresa al sistema de alcantarillado. El flujo de aguas residuales puede variar y por lo general se toma un valor entre el 70% - 130% del Agua consumida. El 70% indica que el sistema de alcantarillado no cubre a todos los usuarios con acceso a agua potable, mientras que el 130% indica que la cobertura del sistema de alcantarillado es mayor a la cobertura de agua potable. El coeficiente de retorno también se puede determinar mediante la siguiente relación:

$$R = \frac{\% \text{Cobertura de Alcantarillado}}{\% \text{Cobertura Agua Potable}} \text{ ó } = \frac{\text{Volumen de Aguas Servidas} \left(\frac{m^3}{\text{mes}} \right)}{\text{Volumen de consumo de Agua Potable} \left(\frac{m^3}{\text{mes}} \right)}$$

Se hace uso de la fórmula anterior cuando se tiene datos exactos de los dos servicios básicos del sector en estudio.

Funcionamiento actual del Tanque Séptico

- *Volumen actual del tanque séptico (m³)*

Volumen actual de 1 tanque séptico $V_{ats_1} = l_u * b_u * h_u$ *Ecuación 4*

$$V_{ats} = l_u * b_u * h_u$$

Dónde:

V_{ats_1} : Volumen actual del tanque séptico 1

l_u : Largo útil del tanque = 4,7m

b_u : Ancho útil del tanque = 2,0m

h_u : Altura útil del tanque = 1,9m

$$V_{ats_1} = (4,7m)(2,0m)(1,9m)$$
$$V_{ats_1} = 17,86 m^3$$

El resultado anterior representa el volumen de 1 tanque séptico, cabe recordar que la PTAR tiene dos tanques, por ende, el volumen total de los dos tanques en conjunto sería el siguiente:

Volumen total de los 2 tanques sépticos $V_{Total-Actual} = V_{ats_1} + V_{ats_2}$ *Ecuación 5*

$$V_{Total-Actual} = V_{ats_1} + V_{ats_2}$$
$$V_{Total-Actual} = 17,86 m^3 + 17,86 m^3$$
$$V_{Total-Actual} = 35,72 m^3$$

Funcionamiento teórico del Tanque Séptico

- Contribución de aguas residuales por contribuyente $Q \left[\frac{lt}{hab*día} \right]$

Contribución de aguas residuales $Q = R * Da$ *Ecuación 6*

Dónde:

q : Caudal de aporte unitario de aguas residuales $\left(\frac{lt}{hab * día} \right)$

R : Coeficiente de retorno = 70%, se optó este valor, ya que, la cobertura del sistema de alcantarillado es menor a la cobertura del agua potable.

Da : Dotación actual = $75 \frac{lt}{hab*día}$, el dato se tomó en base al clima de la zona y el nivel de servicio IIb.

$$Q = (0,7) \left(75 \frac{lt}{hab * día} \right)$$

$$Q = 52,5 \frac{lt}{hab * día}$$

a) Cálculo del periodo de retención hidráulica (PR) en días

Periodo de retención hidráulica $PR = 1,5 - 0,3 \log(P * Q)$ *Ecuación 7*

Parámetros	Nomenclatura	Valor	Unidad
Población aportante	P	418	Hab
Caudal de aporte	Q	52,5	l/(Hab*día)
Intervalo de operación para la remoción de lodos generados	N	1	Años

$$PR = 1,5 - 0,3 \log(P * Q)$$

$$PR = 1,5 - 0,3 \log \left[(418 \text{ hab}) \left(52,5 \frac{lt}{hab * día} \right) \right]$$

$$PR = 0,20 \text{ día}$$

$$PR = 4,8 \text{ horas}$$

Por normativa, el tiempo mínimo de retención hidráulico será de 6 horas = 0,25 días, por lo cual se toma el valor mínimo.[42]

$$PR = 0,25 \text{ día}$$

b) Volumen requerido para la sedimentación V_s en m^3

Volumen de sedimentación	$V_s = 10^{-3}(P * Q)PR$	<i>Ecuación 8</i>
--------------------------	--------------------------	-------------------

$$V_s = 10^{-3}(P * q)PR$$

$$V_s = 10^{-3} * \left(418 \text{ hab} * 52,2 \frac{\text{lt}}{\text{hab} * \text{día}} \right) (0,25 \text{ día})$$

$$V_s = 5,49 \text{ m}^3$$

c) Volumen de digestión y almacenamiento de lodos V_d en m^3

Volumen de digestión y almacenamiento de lodos	$V_d = 70 * 10^{-3} * P * N$	<i>Ecuación 9</i>
--	------------------------------	-------------------

$$V_d = 70 * 10^{-3} * P * N$$

Nota:

Se debe considerar un volumen de digestión y almacenamiento de lodos basado en un requerimiento anual de 70 litros por persona.

N: Es el intervalo deseado; en años, entre operaciones sucesivas de remoción de lodos. El tiempo mínimo de remoción de lodos es de 1 año.[42]

$$V_d = 70 * 10^{-3} * P * N$$

$$V_d = 70 * 10^{-3} * (418 \text{ hab}) * (1 \text{ año})$$

$$V_d = 29,26 \text{ m}^3$$

d) Volumen de natas V_n

La norma considera un valor mínimo de $V_n = 0,7 \text{ m}^3$

e) Volumen total teórico del tanque séptico

Volumen total teórico $V_{Total-teórico} = V_s + V_d + V_n$ *Ecuación 10*

$$V_{Total-teórico} = V_s + V_d + V_n$$

$$V_{Total-teórico} = (5,49 + 29,26 + 0,70)m^3$$

$$V_{Total-teórico} = 35,45 m^3$$

En base a los cálculos realizados anteriormente el volumen total teórico tiene un valor de $35,45 m^3$ es menor al volumen total actual es de $V_{Total-Actual} = 35,72 m^3$, por lo que se argumenta que la unidad hídrica abastece la demanda actual de las aguas residuales.

- **Comparación:**

$$V_t < V_a$$

$$35,45 m^3 < 35,72 m^3 \therefore \text{Abastece}$$

Tabla 46 Diagnóstico del funcionamiento del Tanque Séptico

PARÁMETROS DE DISEÑO	VALORES TEÓRICOS SEGÚN LA GUÍA OPS	VALORES ACTUALES	CUMPLIMIENTO
Volumen Total (m3)	35,45	35,72	SI

Fuente: Vinicio Ortega

Diagnóstico del funcionamiento del filtro anaerobio de flujo ascendente

Para realizar el diagnóstico del filtro biológico ascendente (FAFA) utilizamos y seguimos los parámetros establecidos en la norma CONAGUA 2015 (Comisión Nacional del Agua), en el Manual de Agua Potable, alcantarillado y saneamiento correspondiente al diseño de PTAR municipales; filtros anaerobios de flujo ascendente.[45]

En el análisis de laboratorio de las aguas residuales crudas realizado en la UNACH, se obtuvo un valor de DBO_5 de $233 \text{ mgO}_2/\text{L}$ en el agua residual de entrada a la PTAR, este dato es necesario para realizar el diagnóstico del FAFA.

Funcionamiento actual del filtro biológico ascendente.

- *Caudal máximo levantado volumétricamente en campo*

Q_{mh} = Caudal máximo horario

$$Q_{mh} = 1,33 \frac{\text{lt}}{\text{s}} = 57,456 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

- *Caso especial PTAR con dos FAFA*

Cabe mencionar que la PTAR cuenta con dos FAFA, por ello el caudal se dividirá para cada uno de los filtros teniendo:

$$\begin{aligned} Q_{mh_{\text{filtro } 1}} &= \text{Caudal máximo horario PTAR filtro 1} = 0,665 \frac{\text{l}}{\text{s}} \\ &= 57,46 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \end{aligned}$$

- *So: concentración DBO_5 del efluente- Caso especial PTAR con dos FAFA*

$$DBO_5 = 233 \text{ mgO}_2/\text{L}$$

El diagnóstico de cada FAFA se hizo en base de la mitad del

$$\frac{DBO_5}{2} = 116,5 \frac{\text{mgO}_2}{\text{L}} = 0,1165 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- *Datos de entrada:*

H= altura útil del filtro (m)= 2,45 m

b= longitud del borde libre (m)= 0,6 m

d= Altura del bajo dren (m)= 0,23 m

Dt=diámetro total del filtro (m)= 3,30 m

Di=diámetro interno del filtro (m)= 2,90 m

Parámetros	Nomenclatura	Valor	Unidad
Caudal de aporte (Caudal de ingreso)	Qmh	57,46	m ³ /día
DBO5 del efluente	DBO5	116,5	mgO2/L

a) Área superficial del filtro biológico ascendente Af en m²

Área Superficial del Filtro $Af = \frac{\pi Di^2}{4}$ *Ecuación 11*

$$Af = \frac{\pi Di^2}{4}$$
$$Af = \frac{\pi(2,9m)^2}{4}$$
$$Af = 6,61 m^2$$

b) Volumen Total del filtro

Volumen total del filtro $V_{tot} = H * Af$ *Ecuación 12*

$$V_{tot} = H * Af$$
$$V_{tot} = 2,45 m * 6,61 m^2$$
$$V_{tot} = 16,18 m^3$$

c) Altura del material filtrante hmf en m

Altura del lecho filtrante $hmf = H - b - d$ *Ecuación 13*

$$hmf = H - b - d$$
$$hmf = 2,45 - 0,6 - 0,23$$
$$hmf = 1,62 m$$

d) Volumen total útil actual del filtro biológico ascendente

Volumen del lecho filtrante $Vmf = hmf * Af$ *Ecuación 14*

$$Vmf = hmf * Af$$
$$Vmf = 1,62 m * 6,61 m^2$$
$$Vmf = 10,70 m^3$$

f) Tiempo de retención hidráulica real

Tiempo de residencia hidráulica $TRH = \frac{Vmf}{Qmh}$ *Ecuación 15*

$$TRH = Vmf / Qmh$$
$$TRH = \frac{10,70 \text{ m}^3}{57,46 \text{ m}^3 * \text{día}}$$
$$TRH = 0,19 \text{ días} = 4,47 \text{ horas}$$

El tiempo de retención hidráulica real del filtro anaerobio de flujo ascendente es de 4,47 horas por lo que, si se encuentra dentro del rango de 4 a 10 horas establecido por la norma de Conagua, por lo que dicha estructura está trabajando de forma eficiente

g) Carga orgánica volumétrica del filtro biológico ascendente

Carga orgánica volumétrica total $COV = \frac{Qmh * So}{Vtot}$ *Ecuación 16*

$$COV = \frac{Qmh * So}{Vtot}$$
$$COV = \frac{57,46 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * \text{día} * 0,1165 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{16,78 \text{ m}^3}$$
$$COV = 0,41 \frac{\text{kg} * \text{DBO}}{\text{m}^3 * \text{día}}$$

h) Carga orgánica volumétrica del medio filtrante

Carga orgánica volumétrica en el lecho filtrante $COVmf = \frac{Qmh * So}{Vmf}$ *Ecuación 17*

$$COVmf = \frac{Qmh * So}{Vmf}$$
$$COVmf = \frac{57,46 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 0,1165 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{10,70 \text{ m}^3}$$

$$COVmf = 0,63 \text{ kg de DBO}/m^3\text{día}$$

i) Eficiencia de remoción esperada (E en %)

$$\begin{array}{l} \text{Eficiencia de} \\ \text{remoción esperada} \end{array} \quad E = 100[1 - 0,87(TRH) - 0,5] \quad \text{Ecuación 18}$$

Donde;

0,87 es un coeficiente empírico del sistema

0,5 es un coeficiente empírico del medio filtrante [30]

$$E = 100[1 - 0,87(TRH) - 0,5]$$

$$E = 100[1 - 0,87(4,47) - 0,5]$$

$$E = 58,85\%$$

En base al manual de la CONAGUA 2015 se determinó la eficiencia de remoción actual del filtro, llegando a concluir que está operando al 58,85% de su eficiencia.

j) Carga hidráulica superficial (CHS)

$$CHS = Qmh / Af$$

$$CHS = \frac{57,46 \text{ m}^3/\text{día}}{6,61 \text{ m}^2}$$

$$CHS = 8,70 \text{ m} / \text{día}$$

La carga hidráulica superficial en el manual de CONAGUA 2015 es el volumen del agua residual aplicada diariamente por unidad de superficie. El valor de la CHS debe estar entre 6 y 15 $m^3 / m^2\text{día}$, por lo que en este caso la carga hidráulica superficial del filtro si se encuentra dentro del rango permitido. Cabe recalcar que el valor de la carga hidráulica superficial aumentaría directamente proporcional al incremento del caudal máximo horario.

Tabla 47 Comparación de los valores reales calculados y los rangos permitidos por la CONAGUA en el diseño de FAFA

PARÁMETROS DE DISEÑO	Q MÁXIMO HORARIO	VALORES CALCULADOS	CUMPLIMIENTO
Medio de empaque	Piedra	Piedra	Si
Altura del lecho filtrante (m)	0,8 a 3,0	1,62	Si
Tiempo de residencia hidráulica (horas)	3 a 6	4,47	Si
Carga hidráulica superficial (m ³ /m ² *día)	6 a 15	8,70	Si
Carga orgánica volumétrica (kg de DBO/m ³ *día)	0,15 a 0,50	0,41	Si
Carga orgánica en el medio filtrante (kg de DBO/m ³ *día)	0,25 a 0,75	0,63	Si

Fuente: Vinicio Ortega

Diagnóstico del funcionamiento del lecho secado de lodos

El lecho de secado de lodos se analizó en función de los criterios de dimensionamiento estipulados en la guía de diseño de la OPS, puesto que se describen a detalle parámetros y fórmulas a emplear. Considerando que el lecho de secado es un componente de simple construcción y de bajo costo para deshidratar los lodos producidos en el tanque séptico y demás unidades hidráulicas del tren de tratamiento de una PTAR en comunidades rurales, los datos siguientes son muy acertados y se basan en resultados del afluente del presente proyecto.

a) Determinación de porcentaje de sólidos presentes en el lodo

La norma de la Organización Panamericana de la Salud (O.P.S. 2005) recomienda que se puede asumir un valor desde 8% y 12%, para la evaluación se asumirá un valor promedio.[41]

$$\%sólidos = 10\%$$

b) Tiempo de digestión de lodos

La norma de la OPS 2005 sugiere el uso de la tabla 44 que permite determinar la variable en función de la temperatura promedio de la zona de estudio. La PTAR se ubica en la comunidad Cardo Santo y considera una zona fría por lo que se asume una temperatura de 10°C.

Tabla 48 Tiempo requerido para la digestión de lodos en función de la temperatura.

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

Fuente: Organización Panamericana de la Salud OPS 2005

Temperatura tomada $T = 10^{\circ}\text{C} \therefore Td = 76 \text{ días}$

c) *Profundidad de aplicación*

La norma OPS 2005 sugiere un valor promedio entre el 0,20 m a 0,40 m. Tomaremos el valor promedio de $ha = 0,30\text{m}$.

Parámetros	Nomenclatura	Valor	Unidad
Población aportante	P	418	Hab
Porcentaje de sólidos	%sólidos	10	%
Tiempo de digestión de lodos	Td	76	Días
Altura de aplicación	ha	0,35	m
Sólidos Suspendedos	SS	167	mg/L

d) *Carga de Sólidos que ingresan al sedimentador*

$$C = Qd * SS * 0,0864$$

$$C = \left(1,33 \frac{lt}{s}\right) * \left(167 \frac{mg}{lt}\right) * 0,0864$$

$$C = 19,19 \text{ kg de SS/día}$$

e) *Masa de sólidos que conforman los lodos*

$$Msd = (0,5 * 0,7 * 0,5 * C) + (0,5 * 0,3 * C)$$

$$Msd = (0,5 * 0,7 * 0,5 * 19,19 \text{ kg de SS/día}) + (0,5 * 0,3 * 19,19 \text{ kg de SS/día})$$

$$Msd = 6,24 \text{ kg de SS/día}$$

f) *Volumen diario de lodos digeridos*

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{lodo} * \left(\frac{\%de\ s\u00f3lidos}{100}\right)}$$

$$Vld = \frac{6,24\ kg\ de\ SS/d\u00eda}{1,04\ \frac{kg}{lt} * \left(\frac{10\%}{100\%}\right)}$$

$$Vld = 59,97\ \frac{lt}{d\u00eda}$$

g) *Volumen de lodos a extraerse*

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

$$Vel = \frac{59,97\ \frac{lt}{d\u00eda} * 76\ d\u00edas}{1000}$$

$$Vel = 4,56\ m^3$$

h) *Área te\u00f3rica del lecho de secado de lodos*

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

$$Als = \frac{4,56\ m^3}{0,3\ m}$$

$$Als = 15,19\ m^2$$

i) *Área actual del lecho de secado de lodos*

$$A_{act} = a * b$$

$$A_{act} = 3,2m * 3,2m$$

$$A_{act} = 10,24\ m^2$$

Cabe mencionar que el tren de tratamiento est\u00e1 conformado por dos lechos de secado de lodos, por ende, duplicaremos el \u00e1rea qued\u00e1ndonos:

$$A_{act} = 20,48\ m^2$$

El \u00e1rea real actual 20,48 m² es mayor que la calculada de 15,19m², por lo tanto, las dimensiones reales son las adecuadas para este proceso.

Tabla 49 Diagnóstico del funcionamiento del lecho de secado de lodos

PARÁMETROS DE DISEÑO	VALORES TEÓRICOS SEGÚN LA GUÍA OPS	VALORES ACTUALES	CUMPLIMIENTO
Área Total (m2)	15,19	20,48	SI

Fuente: Vinicio Ortega

3.2. Verificación de hipótesis

Después de la evaluación del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Cardo Santo perteneciente al cantón Santiago de Píllaro, provincia de Tungurahua, se identificó que los niveles de DBO, DQO, Sólidos suspendidos, sólidos totales y pH descargados a la quebrada seca cumple con los límites permisibles en la norma TULSMA; además según recomendaciones de manuales internacionales para el diseño de plantas de tratamiento, todas las estructuras que forman el sistema cuentan con el área suficiente para continuar con su correcto funcionamiento.

Una vez analizados los datos de la evaluación actual del funcionamiento de la PTAR se logró verificar la hipótesis nula, misma que indica que la PTAR se encuentra funcionando de forma correcta en sus condiciones actuales.

Tabla 50 Diagnóstico General de los procesos unitarios de la PTAR

COMPONENTE	DIMENSIONAMIENTO SEGÚN NORMATIVA	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO
Tanque repartidor + Criba	CUMPLE	PARCIALMENTE	CUMPLE
Tanque Séptico	CUMPLE	PARCIALMENTE	CUMPLE
FILTRO ASCENDENTE	CUMPLE	PARCIALMENTE	CUMPLE
LECHO SECADO DE LODOS	CUMPLE	PARCIALMENTE	CUMPLE

Fuente: Vinicio Ortega

De acuerdo con la tabla 50 la PTAR se encuentra funcionando correctamente, no es necesario un mejoramiento de sus componentes, sin embargo, con la finalidad de garantizar que la PTAR siga manteniendo la correcta depuración de las aguas residuales, cumpliendo con los límites permisibles por el TULSMA e incrementando su vida útil se implementará un Plan de Operación y Mantenimiento.

A continuación, se presenta un plan de mejoramiento en la operación y mantenimiento para los diferentes componentes del tren de depuración:

3.3.Propuesta de mejoramiento de la PTAR

Plan de Operación y Mantenimiento de las estructuras hídricas de la PTAR del sector Cardo Santo

Para que la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del sector Cardo Santo no pierda su eficiencia de depuración es necesario contar con un mantenimiento periódico de sus etapas lo cual permitirá que la PTAR funcione óptimamente. Recalcando que el objetivo fundamental del tratamiento de las aguas servidas es reducir, a una condición aceptable, las concentraciones del contenido fisicoquímico y bacteriológico de las aguas servidas, previo a la descarga al cuerpo receptor, de esta manera se disminuirán los riesgos de la salud pública por el posible uso de las aguas luego de la descarga del tratamiento, por otra parte, se implantará la cubierta en los secados de lodos que permite acelerar la digestión de estos.

Medida 1: Implantación de la cubierta para el lecho secado de lodos

- **Descripción**

La PTAR del sector Cardo Santo se ubica en una zona alta donde la temperatura es baja y las lluvias son frecuentes, estos aspectos ralentizan la digestión y secado de lodos ubicados en el lecho de secado. Con fin de acelerar el proceso de deshidratación de los lodos se implementará una cubierta que evitará que se humedezcan y acelerando su disposición final.

Pilares de la cubierta

La combinación de cargas que actúan en la cubierta a implantarse se basa en la Norma Ecuatoriana de Construcción-Seguridad Estructural-Cargas Gravitacionales (NEC-SE-CG), la cual se enfoca en las cargas permanentes (peso propio de la estructura) y las cargas variables (cargas climáticas y cargas vivas).

- Cargas que se consideran en el proyecto
 - Carga Viva

Tabla 51 Carga Viva: Sobrecarga Mínima

Ocupación o Uso	Carga Uniforme
Cubiertas planas, inclinadas y curvas	70 kg/m ²

Fuente: NEC 2015 - SE – CG Cargas (No Sísmicas)

➤ Carga muerta o permanente

Tabla 52 Carga muerta o permanente

Tipo de carga	Valor	Unidad
Peso propio de la estructura	Por prediseño se tomará el 10% de la carga última	Kg/m ²
Peso de la cubierta Plancha Traslucida-Tipo Zinc, espesor 0,3 mm.	Depende del catálogo, por lo general se toma un valor de 10	Kg/m ²

Fuente: Vinicio Ortega

➤ Carga por granizo (ceniza)

La carga de granizo se toma en cuenta para regiones con una cota superior a 1500 msnm.

Carga de granizo $S = p_s * H_s$ Ecuación 19

Dónde:

ps: Peso específico del granizo (100kg/m³)

Hs: Altura de acumulación (m), se considera una acumulación de 5 cm

Tabla 53 Carga de granizo

Carga de Granizo	Carga Uniforme
Cubiertas planas, inclinadas y curvas (pendientes iguales o menores al 15%)	50 kg/m ²

Fuente: NEC 2015 - SE – CG Cargas (No Sísmicas)

➤ Carga por viento y carga por sismo

Al ser una estructura de una altura aproximada de 2,5m de un nivel no se tomarán las cargas por viento ni por sismo. Cabe recalcar que este tipo de cargas se tomen especialmente en estructuras con alturas mayores a 5 m.

➤ Combinación de Cargas

Combinación $1,2 CM + 1,6CV$ Ecuación 20

$$1,2 (10 + 50) + 1,6(70)$$

$$184 \text{ kg/m}^2$$

➤ Carga última

Cabe mencionar que se tomará el peso propio de la estructura como el 10% más a la combinación de cargas entonces:

$$Wu = 1,10 \left(184 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right)$$

$$Wu = 202,4 \text{ kg/m}^2$$

• Predimensionamiento de los pilares

Se aplicó el Diseño por Factores de Carga y Resistencia (LRFD) en base al esfuerzo crítico disponible para miembros a compresión según el Instituto Americano de la Construcción en Acero (American Institute of Steel Construction AISC).

Tabla 54 Datos a tomar en cuenta al momento de predimensionar la columna

Longitud de la columna (L)	2,55 m
Fy-A36	2530 kg/cm ²
Número de Pisos (n)	1
Área tributaria de la columna (2,5x2,5m)	6,25 m ²

Fuente: Vinicio Ortega

➤ Carga última puntual para una columna

$$Pu = Wu * A_{tri} * n$$

$$Pu = (202,4 \text{ kg/m}^2) * (6,25 \text{ m}^2) * (1)$$

$$Pu = 1265 \text{ kg}$$

➤ Asumimos una relación de esbeltez ($\frac{KL}{r}$)

Dónde:

K: factor de longitud efectiva (recomendable K= 1, Articulada-Articulada)

r: radio de giro

L: Longitud libre de la columna

KL: Longitud efectiva

$$\frac{KL}{r} = \text{recomendado (40 - 60)}$$

$$\frac{KL}{r} = 50$$

- Esfuerzo crítico disponible para miembros de compresión

Con el valor anterior buscamos en la Tabla 4-22 propuesta por el AISC

Tabla 55 Esfuerzo crítico disponible para miembros de compresión

Fy=36 ksi	
KL/r	$\phi_c F_{cr}$ ksi LRFD
50	28,4

Fuente: Tabla 4-22 AISC

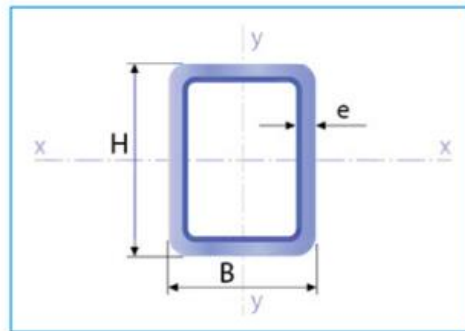
$$\phi_c F_{cr} = 28,4 \text{ ksi} \left(\frac{70,3 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{1 \text{ ksi}} \right) = 1996,56 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

- Área requerida

$$A_{req} = \frac{Pu}{\phi_c F_{cr}} = \frac{1265 \text{ kg}}{1996,56 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 0,64 \text{ cm}^2$$

- Buscamos un catálogo mayor al área requerida

Tabla 56 Detalle estructura metálica rectangular.



Designaciones			Área	Peso	Propiedades Estáticas					
B	H	e			Eje x-x			Eje y-y		
					Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro	Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro
mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm
40	80	1,50	3,45	2,71	28,99	7,25	2,90	9,94	4,97	1,70
		1,80	4,11	3,22	34,09	8,52	2,88	11,64	5,82	1,68
		2,00	4,54	3,56	37,36	9,34	2,87	12,73	6,36	1,67
		2,50	5,59	4,39	45,12	11,28	2,84	15,27	7,64	1,65
		3,00	6,61	5,19	52,28	13,07	2,81	17,59	8,79	1,63
		4,00	8,55	6,71	64,90	16,22	2,76	21,59	10,79	1,59

Fuente: Catálogo IPAC 2019

- Calculamos la relación de esbeltez

$$\frac{KL}{r}; r = \text{radio de giro}$$

$$\frac{KL}{r} = \frac{KL}{\sqrt{\frac{I; \text{Momento de inercia}}{A_{\text{perfil}}; \text{Área del perfil}}}}$$

$$= \frac{(1)(2,55\text{m}) \left(\frac{100 \text{ cm}}{1\text{m}}\right)}{\sqrt{\frac{17,59 \text{ cm}^4}{6,61 \text{ cm}^2}}}$$

$$\frac{KL}{r} = 156,32 \approx 156$$

- Esfuerzo crítico disponible para miembros de compresión

Con el valor anterior buscamos en la Tabla 4-22 propuesta por el AISC

Tabla 57 Esfuerzo crítico disponible para miembros de compresión

Fy=36 ksi	
KL/r	$\phi_c F_{cr}$ ksi LRFD
156	9,28

Fuente: Tabla 4-22 AISC

$$\phi_c F_{cr} = 9,28 \text{ ksi} \left(\frac{70,3 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{1 \text{ ksi}} \right) = 652,384 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

- Cálculo de carga última

$$Pu_1 = A_{\text{perfil}} * \phi_c F_{cr}$$

$$Pu_1 = (6,61 \text{ cm}^2) \left(652,384 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

$$Pu_1 = 4312,26 \text{ kg}$$

- Comprobación

$$Pu_1 > Pu \rightarrow \text{Cumple, soporta}$$

$$4312,26 \text{ kg} > 1265 \text{ kg} \rightarrow \text{Cumple}$$

Nota: Elegimos el perfil rectangular 80x40x3 mm, cabe mencionar que la PTAR está en una zona montañosa dónde el viento promedio diario es de 12,2 km/h.

Correas de la cubierta

Para el predimensionamiento tomaremos como punto de partida la forma de selección de una correa para una cubierta simple propuesta por el catálogo IPAC 2019.

Tabla 58 Datos de la correa estructural a predimensionar

Separación entre correas	1,15 m
Luz libre de la correa	4.60m

Fuente: Vinicio Ortega

- Para determinar la correa adecuada, se sugiere utilizar la siguiente fórmula:

$$P = Q * A$$

Dónde:

P: Carga admisible de la correa (kg/m)

Q: Carga por m² elegido

A: Separación entre correas

L: Luz libre de la correa

$$P = Q * A$$

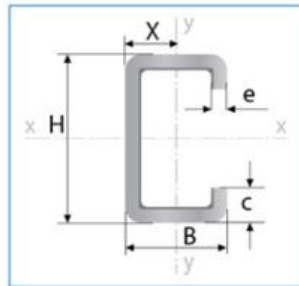
$$P = 60 \frac{kg}{m^2} * (1,15 m - 0,10m)$$

(10 cm Traslape de la plancha)

$$P = 63 kg/m$$

Buscamos una correa que tenga una carga admisible mayor a 63 kg

Tabla 59 Detalle estructural Correa



Descripción	Espesor	P = Carga admisible (kg/m) incluido peso propio de viga					
		L = Luz (m)					
		3	4	5	6	7	8
60 x 30 x 10	2	62,06	34,91	22,34	15,51	11,40	8,73
	3	87,08	48,98	31,35	21,77	15,99	12,25
80 x 40 x 15	2	110,23	62,00	39,68	27,56	20,25	15,50
	3	153,90	86,57	55,40	38,47	28,27	21,64

Fuente: IPAC 2019

Nota: la luz libre de nuestra correa es 4,60 m, se encuentra en un intervalo de (4-5 m de luz libre), entonces se promedió la carga admisible.

$$Carga\ admisible_1 = \frac{86,57 + 55,40}{2} = 70,985 \frac{kg}{m}$$

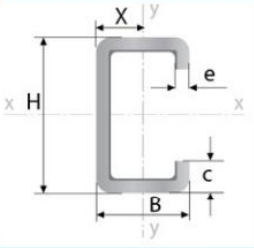

➤ Comprobación

$$Carga\ admisible_1 > Carga\ admisible$$

$$70,985 \frac{kg}{m} > 63 \frac{kg}{m} \rightarrow Cumple$$

➤ Correa estructural elegida

Tabla 60 Detalle perfil estructural correa.

	Largo Normal: 6 metros Recubrimiento: Negro o Galvanizado Calidad de Acero: ASTM A36 / ASTM A572 Gr 50 / ASTM A653 Norma de Fabricación: NTE INEN 1623 Espesores: Desde 1,40 a 4,00 mm Observaciones: Otras dimensiones y largos, previa consulta			> Aplicaciones - Conformado de elementos estructurales: · Vigas · Viguetas · Columnas - Estructura para cubiertas. - Estructura para galpones. - Estructuras en general.								
												
Designaciones	Espesor	Peso	Área	Propiedades Estáticas								
				Eje x-x			Eje y-y			Distancia de eje menor y superficie		
H	B	c	e	P	A	I	W	i	I		W	i
mm	mm	mm	mm	kg/6m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm
60	30	10	1,40	8,62	1,83	10,38	3,46	2,38	2,30	1,19	1,12	1,06
			1,50	9,19	1,95	11,01	3,67	2,38	2,43	1,25	1,11	1,06
			1,80	10,87	2,31	12,83	4,28	2,36	2,78	1,43	1,10	1,06
			2,00	11,95	2,54	13,96	4,65	2,35	3,00	1,55	1,09	1,06
			2,50	14,55	3,09	16,57	5,52	2,32	3,47	1,78	1,06	1,05
			3,00	16,99	3,61	18,84	6,28	2,29	3,84	1,97	1,03	1,05
80	40	15	1,40	11,92	2,53	25,78	6,44	3,19	6,02	2,37	1,54	1,47
			1,50	12,73	2,70	27,42	6,85	3,19	6,38	2,52	1,54	1,47
			1,80	15,10	3,21	32,20	8,05	3,17	7,42	2,93	1,52	1,46
			2,00	16,66	3,54	35,25	8,81	3,16	8,07	3,18	1,51	1,46
			2,50	20,44	4,34	42,46	10,61	3,13	9,56	3,76	1,48	1,46
			3,00	24,06	5,11	49,05	12,26	3,10	10,85	4,27	1,46	1,46

Fuente: IPAC 2019

Plancha Traslucida-
Tipo Zinc 0.30 mm

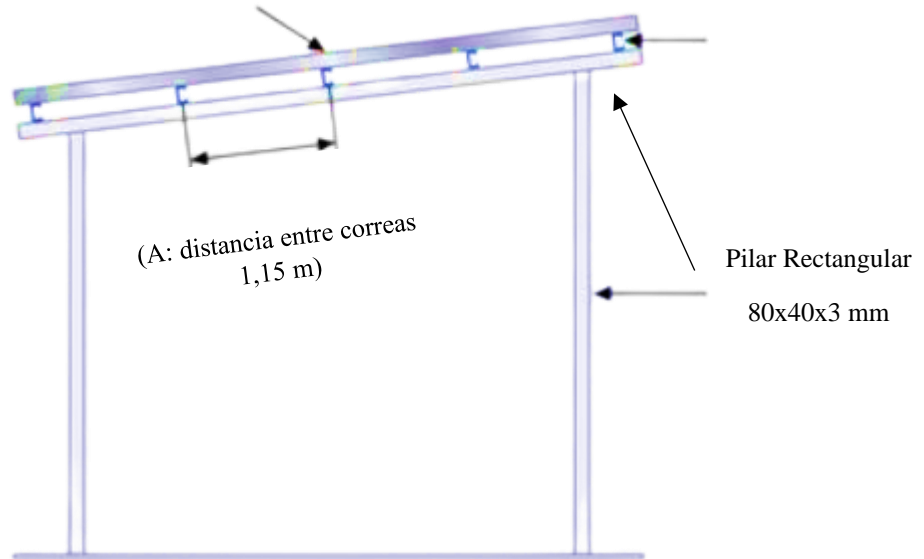


Fig. 55 Vista Lateral de la Cubierta.

Fuente: Vinicio Ortega

Correa tipo G
80x50x15x3 mm

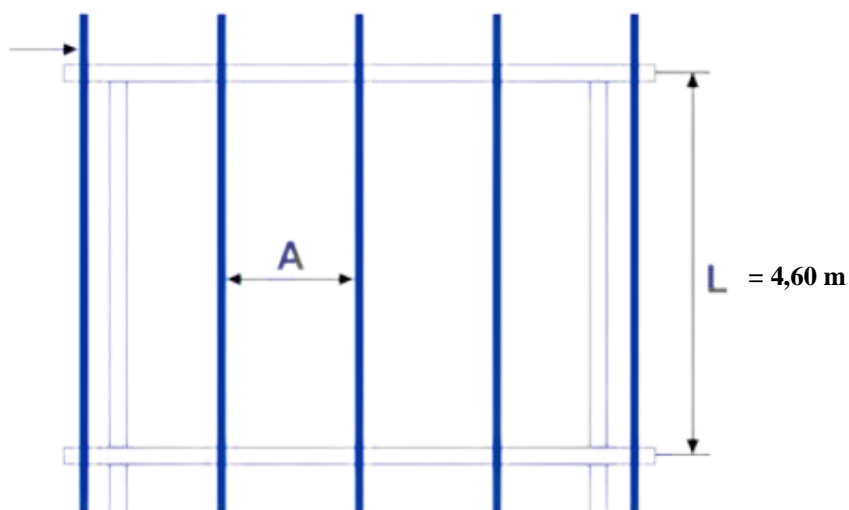


Fig. 56 Vista Superior Cubierta

Fuente: Vinicio Ortega

Tabla 61 Presupuesto Referencial para la implantación de una cubierta en el lecho de secado

No.	Rubro / Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
	Medida 1. Implantación de cubierta en el lecho de secado de lodos				
1	Instalación de estructura metálica, acero A36	kg	469,91	4,30	2020,61
2	Instalación de zinc translucido e=0,30 mm	m ²	50,00	10,02	501,00
3	Canal y bajante de agua lluvia	ml	10,00	15,49	154,90
				Subtotal	
				1	2676,51

Fuente: Vinicio Ortega

Nota: El presupuesto referencial anterior abarca el costo de las dos cubiertas al tener dos lechos de secado de lodos

Medida 2: Operación-Mantenimiento del Tanque repartidor de caudales, cribado, (Canal de criba).

- **Descripción**

Los desechos de gran tamaño conducidos por el sistema de alcantarillado sanitario que ingresan a la PTAR a través del tanque repartidor de caudales en dirección al cribado deben ser retiradas frecuentemente por un operador impidiendo que dichos sólidos obstruyan la circulación del agua residual.

- Limpieza de la rejilla de retención de sólidos y basura
De la rejilla devastadora deben ser extraídos los sólidos y basura retenidas en ella, al menos dos veces al día, una a medio día y otra a las cuatro de la tarde. En caso de que la cantidad de basuras y sólidos sea pequeña la limpieza podrá hacerse una vez al día, a las cuatro de la tarde, siguiendo los siguientes pasos:
 - Utilizar el rastrillo y la pala para retirar el material retenido, para posteriormente colocarlos sobre la plataforma perforada y más adelante después de 15 minutos transportarlos hasta el sitio de disposición
- Limpieza del canal de criba
El material orgánico e inorgánico depositado la parte baja del canal de cribado, debe teóricamente ser desalojado una vez cada 15 días en condiciones normales de funcionamiento. Cuando se presenta acumulaciones excesivas los intervalos de limpieza serán más cortos, actividades complementarias:
 - Verificar el nivel de sedimentos acumulados en el nivel bajo del sedimentador, que no sobrepase el nivel marcado, caso contrario proceder con su desalojo.
- Limpieza del tanque repartidor
 - Retirar los residuos acumulados en las paredes con una pala.

Tabla 62 Resumen de las actividades de mantenimiento y operación de la Unidad: Tanque repartidor-Criba

Actividades	Frecuencia	Herramienta	Responsable	Costo
Limpieza Manual de la rejilla	Semanalmente Duración: 20 min	-Equipo de protección personal (EPP) -Rastrillo -Carretilla -Pala cuadrada	Operador de la PTAR	50,93 \$/mes
Limpieza manual del canal de criba	Quincenalmente Duración: 60 minutos	-EPP -Rastrillo -Carretilla -Pala	-Operador de la PTAR -Ayudante	
Limpieza manual del tanque separador de caudales	Quincenalmente Duración: 60 minutos	-EPP -Pala cuadrada -Carretilla -Escoba	Operador de la PTAR -Ayudante	

Fuente: Vinicio Ortega

Medida 3: Operación y Mantenimiento del Tanque Séptico (Fosa Séptica)

- **Descripción**

La operación y mantenimiento de un tanque séptico debe realizarse mediante la inspección periódica de las cámaras, por lo menos una vez al año.

- Operación de la fosa séptica
 - Inspección de las cámaras que conforman la fosa séptica, verificar la acumulación de lodos y el flujo constante de caudal.
 - Destapar las tapas de ingreso y salida de las cámaras por lo menos 10 minutos para su ventilación, no encender materiales inflamables.
 - Verificar que el nivel de lodos este por debajo de 1,10 m, esto permite una operación óptima.
 - Redactar cualquier anomalía en el funcionamiento.
- Medición de niveles de lodos

El nivel de lodos es un indicativo que permite ejecutar una limpieza de la fosa, se lo realiza trimestralmente, actividades complementarias:

 - Destapar las cajas de inspección y dejar que se ventilen por 10 minutos.
 - Introducir perpendicularmente un tubo delgado de PCV que permita medir la profundidad del nivel de lodos, durante 30 segundos, medir con un flexómetro la distancia manchada del tubo y registrar su valor.
- Remoción de espuma y natas

Es necesario remover la capa de espumas y natas para que no afecten a las siguientes unidades de descontaminación, procedimiento:

- Retirar la espuma y natas que estén flotando y transportarla al lecho de secado.
- Extracción de lodos

En la parte baja del tanque séptico se acumula una capa de lodos, formada por sólidos sedimentables y materia orgánica, provocando la reducción de la capacidad volumétrica de la fosa, disminuyendo su eficiencia. Un criterio técnico para realizar la extracción de lodos es verificar que haya alcanzado una altura de 1,10 m. Cabe mencionar que de un tanque se extrae solamente el 80% de su contenido, dejando el 20% como material “semilla”, de esta forma el tratamiento continuará con el material biológico adaptado. Finalmente, terminada la extracción de lodos NUNCA se debe desinfectar las paredes con sustancias que perjudiquen el funcionamiento de la fosa séptica.[46]
- Control de olores

Si se presenta olores fuertes y se evidencia su acidificación, se debe dosificar una base de cal hidratada de 300 gr con 10 litros el agua residual, reposarla por 5 minutos y echarla a las cámaras.
- Control de proliferación de vectores

Ejecutar trimestralmente el desbroce de maleza, limpieza de áreas verdes, implementar fumigación anual para ahuyentar roedores e insectos.

Tabla 63 Resumen de las actividades de mantenimiento y operación de la Unidad: Tanque séptico

Actividades	Frecuencia	Herramienta	Responsable	Costo
Medición de niveles	Trimestral Duración: 30 minutos	-Equipo de protección personal (EPP) -Cinta métrica -Tuvo delgado PVC	Operador de la PTAR	75,89\$/mes
Remoción de espumas y natas	Mensual Duración: 3 horas	-EPP -Balde -Carretilla -Cernidera de mala fina	-Operador de la PTAR -Ayudante	
Extracción de lodos	Anual Duración: 4 horas	-EPP -Llave de válvula	Operador de la PTAR -Ayudante	

Fuente: Vinicio Ortega

Medida 4: Operación y Mantenimiento del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)

- **Descripción**

Lo recomendable es realizar una limpieza de los materiales del filtro cada 6 meses, se debe abrir la válvula de desagüe y enviar agua limpia por la parte superior del material filtrante para la remoción de arenas y lodos acumulados entre la grava. En casos especiales se debe remover el material de filtro, lavarlas y reubicarlas nuevamente

- Vaciar el filtro anaerobio de flujo ascendente, por medio de la válvula que conecta a la caja de revisión
- Dejar que los lodos acumulados en la parte superior del material filtrante se deshidraten para posteriormente retirarlos.
- Lavar superficialmente el lecho, removiendo los lodos y arenas a la parte inferior del filtro, en ocasiones es necesario lavar el material manualmente.

Tabla 64 Resumen de las actividades de mantenimiento y operación de la Unidad: FAFA

Actividades	Frecuencia	Herramienta	Responsable	Costo
Desagüe de lodos acumulados en la parte inferior del FAFA	Trimestral Duración: 2 hora	-Equipo de protección personal (EPP) -Llave de válvula	-Operador de la PTAR -Ayudante	60,72\$/mes
Retiro y lavado del lodo acumulado en la parte superior del filtro	Trimestral Duración: 4 horas	-EPP -Balde	-Operador de la PTAR -Ayudante	

Fuente: Vinicio Ortega

Medida 5: Operación y Mantenimiento del Lecho de secado de lodos

- **Descripción**

El lodo primario (cribado) y el lodo secundario (fosa séptica) deben ubicarse en el lecho de secado. Por su parte, los lodos secundarios antes de ser transportados requieren una estabilización con cal hidratada para aumentar su pH superior a 9, desfavoreciendo a la supervivencia de microorganismos.

- El nivel del lodo en los lechos de secado de los procesos de cribado y el tanque séptico no será mayor a 0,50m, para no exceder su capacidad. Es conveniente

que esta actividad se realice preferentemente en la estación de verano.

- El nivel de sedimentos acumulados en el lecho de secado del desarenador no debe exceder los 0,50m y su desalojo debe hacerse después del lavado de cada una de las cámaras, esperando que el agua se infiltre y evapore totalmente. Los sedimentos removidos serán depositados y enterrados en lugares preestablecidos.
- Por acción del sol, el contenido de agua del lodo de los reactores es eliminado, quedando solamente en estado seco, el cual será removido y podrá ser utilizado como abono para árboles silvestres aledañas a la PTAR.

Tabla 65 Resumen de las actividades de mantenimiento y operación de la Unidad: Lecho de secado

Actividades	Frecuencia	Herramienta	Responsable	Costo
Remoción del lodo antiguo	Cuando haya alcanzado su deshidratación Duración: 2 horas	-Equipo de protección personal (EPP) -Pala -Sacos	-Operador de la PTAR -Ayudante	70,83\$/mes
Escarificar y acomodo superficial de lodos	Semanal Duración: 2 horas	-EPP -Rastrillo -Pala	-Operador de la PTAR -Ayudante	
Reemplazo de arena perdida	Trimestral Duración: 3 horas	-EPP -Pala -Arena	Operador de la PTAR -Ayudante	

Fuente: Vinicio Ortega

Medida 6: Mantenimiento del área exterior de la PTAR

- **Descripción**

Es de gran importancia mantener controlada la vegetación y el volumen de contaminantes retirados de las etapas que componen el proceso de tratamiento de las aguas residuales. Se debe verificar la puerta de ingreso a la PTAR se encuentre cerrado para evitar que personas no autorizadas ingresen.

Tabla 66 Resumen de las actividades de mantenimiento del área exterior a los procesos unitarios de descontaminación

Actividades	Frecuencia	Herramienta	Responsable	Costo
Limpieza de césped, mala hierba y	Trimestralmente Duración: 3 horas	-Equipo de protección personal (EPP) -Pala -Sacos	-Operador de la PTAR -Ayudante	

limpieza general.		-Machete -Azadón		50,59\$/mes
Disposición final de los lodos como abono en la flora silvestre	Cuando se haya deshidratado al 100% Duración: 2 horas	-EPP -Pala -Carretilla	-Operador de la PTAR -Ayudante	

Fuente: Vinicio Ortega

Medida 7: Pintura de impermeabilizante en los procesos unitarios de la PTAR

- **Descripción**

La PTAR se ubica en una zona de clima bajo-húmedo el cual daña las estructuras hidráulicas provocando el cascareo de la pintura, a fin de tener un funcionamiento óptimo en su funcionamiento se recomienda impermeabilizar los procesos unitarios.

Tabla 67 Resumen de las actividades de pintura e impermeabilización de los procesos unitarios

Actividades	Frecuencia	Herramienta	Responsable	Costo
Limpieza y lijado de las paredes	Anual	-Equipo de protección personal (EPP) -Brocha -Lijas -Rodillos	-Operador de la PTAR -Ayudante	608,74\$/mes
Pintura en las paredes	Anual	-Equipo de protección personal (EPP) -Brocha -Lijas -Rodillos	-Operador de la PTAR -Ayudante	

Fuente: Vinicio Ortega

Medida 8: Implementación señalética

- **Descripción**

Las señaléticas de prevención, información y prohibición forman parte de las señales de seguridad con formas geométricas y colores, a las que se les añade un símbolo o pictograma de comprensión universal permiten informar o advertir la existencia de un riesgo o peligro. Actualmente alrededor del cerramiento de la PTAR se encuentran ubicados las señaléticas de prevención y prohibición con su respectiva información, sin embargo, las unidades de descontaminación de la PTAR no tienen letreros de información, que incluyan sus dimensiones y el riesgo a contacto directo sin EPP, por ello es necesario la implementación de letreros que brinden información y advertencia.

Tabla 68 Resumen de las actividades de monitoreo de Análisis Físicoquímico del efluente

Actividades	Frecuencia	Herramienta	Responsable	Costo
Colocación de señalética de información en cada unidad de descontaminación.	Anual	-Letrero 0,50x0,30m -Accesorios de agarre y tornillera	-Operador de la PTAR	97,15\$

Fuente: Vinicio Ortega



Fig. 57 Detalle de la señalética de información en cada unidad de Tratamiento

Fuente: Vinicio Ortega

Medida 9: Monitoreo del Análisis Físicoquímico del agua residual de entrada y salida de la PTAR

- **Descripción**

A fin de verificar el funcionamiento óptimo de la PTAR es necesario realizar un monitoreo de caracterización del agua residual cruda y tratada, si los parámetros de caracterización del agua residual tratada estén bajo los límites de la TULSMA se permitirá su descarga, caso contrario, se recomienda ejecutar en un 100% el plan de operación y mantenimiento. De acuerdo con la medición de caudales realizado, la toma de muestra se debe ejecutarse en horas de la tarde a partir de 15:00 pm a 16:00 pm, especialmente los miércoles, cuando el flujo de agua residual aumenta, llevando consigo más contaminantes.

Tabla 69 Resumen de las actividades de monitoreo de Análisis Físicoquímico del efluente

Actividades	Frecuencia	Herramienta	Responsable	Costo
Toma de muestra del afluente y efluente de la PTAR	Trimestral	-Balde para tomar de muestra -Embace de vidrio color ámbar	-Operador de la PTAR	159,74\$/mes

Fuente: Vinicio Ortega

A continuación, en la tabla 70 se presenta un presupuesto referencial para la ejecución del Plan de Operación y Mantenimiento de la PTAR, el análisis de precios unitarios se encuentra detallados en el Anexo 4

Tabla 70 Presupuesto referencial Plan de Operación y Mantenimiento de la PTAR.

No.	Rubro / Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
	Medida 1. Implantación de cubierta en el lecho de secado de lodos				
1	Instalación de estructura metálica, acero A36	kg	469,91	4,30	2020,61
2	Instalación de zinc translucido e=0,30 mm	m ²	50,00	10,02	501,00
3	Canal y bajante de agua lluvia	ml	10,00	15,49	154,90
				Subtotal 1	2676,51
4	Medida 2. Operación y mantenimiento del tanque repartidor y cribado	u	1	50,93	50,93
5	Medida 3. Operación y mantenimiento del tanque séptico	u	2	75,89	151,78
6	Medida 4. Operación y mantenimiento del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente	u	2	60,71	121,42
7	Medida 5.- Operación y mantenimiento del lecho de secado de lodos	u	2	70,83	141,66
8	Medida 6.- Mantenimiento del medio exterior	u	1	51,00	51,00
9	Medida 7.- Impermeabilización y pintura	m ²	201,57	3,02	608,74
10	Medida 8.- Implementación de señalética	u	5	19,43	97,15
11	Medida 9.- Monitoreo del análisis físico – químico	u	2	79,87	159,74
				Subtotal 2	1382,01
TOTAL					4058,93

Fuente: Vinicio Ortega

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- El diseño actual con el que se encuentra trabajando la PTAR del sector Cardo Santo, cantón Santiago de Píllaro, provincia de Tungurahua, y se determinó que sus etapas actuales (tanque séptico, filtro anaerobio de flujo ascendente y lecho de secado de lodos) están cumpliendo con su propósito de dar tratamiento eficaz del agua residual y que pueda ser descargada a un cuerpo receptor de agua dulce o quebrada.
- El levantamiento de información permitió conocer datos importantes de la PTAR, siendo lo más relevante que su construcción fue en el 2018, diseñada para una población de 646 personas con un caudal de 2,25 l/s, actualmente la PTAR trata el agua residual proveniente de las comunidades de San Juan Rumipungo y Cardo Santo.
- EL caudal de aguas residuales que ingresan a la PTAR mediante el método volumétrico, siendo el caudal máximo horario al ingreso de 1,33 l/s y 1,16 l/s de salida; y para realizar la evaluación de la planta de tratamiento actual se utilizó el caudal de ingreso. El caudal máximo horario por lo general se da entre las horas de la tarde de 15:00 pm-16:00 pm, a causa del retorno de las personas a sus hogares y las reuniones que se realizan en la casa comunal.
- Los parámetros de caracterización; demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), sólidos suspendidos, sólidos totales, están bajos los límites máximos permisibles establecidos para descargas en cuerpos de agua dulce normados en TULSMA 2015. $DQO = 142 \frac{mg}{L}$, $DBO_5 = 79 \frac{mgO_2}{L}$, $Sólidos Suspendidos = 41 \frac{mg}{L}$, $Sólidos Totales = 476 mg/L$, los valores son menores a los límites máximos permisibles por la TULSMA, por ende, se puede descargar el agua residual sin causar un gran impacto de contaminación al medio ambiente.
- A fin de mantener el funcionamiento óptimo de las unidades de descontaminación se planteó un manual para realizar el mantenimiento y operación de la PTAR, enfocado en garantizar un correcto tratamiento de las aguas residuales.

4.2.Recomendaciones

- Llevar una bitácora de todas las actividades y mantenimientos realizados en la PTAR, capacitar al operador de la PTAR. Hacer hincapié en el manual de mantenimiento y operación
- Realizar los análisis periódicos trimestrales de la caracterización de las aguas residuales con el fin de verificar que se cumpla con los límites permisibles para el tratamiento de aguas residuales establecidos en la norma TULSMA 2015, adicional se recomienda presentar los resultados de los análisis fisicoquímicos a los moradores de las comunidades San Pablo y Yanayacu, a fin de reducir sus preocupaciones e inquietudes.
- Solicitar al GAD del cantón Salcedo y Píllaro la socialización de proyectos a ejecutarse cerca al río Yanayacu, de esta manera se evitará suspensiones y retrasos en la ejecución de construcciones. Por otra parte, se plantea a los GADs realizar un estudio de caracterización del río Yanayacu y mitigar su contaminación causada por la disposición de basura.
- Implementar un laboratorio de Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de aguas, análisis fisicoquímicos de suelos en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] P. Burek *et al.*, “Water Futures and Solution Fast Track Initiative-Final Report,” 2016. [Online]. Available: www.iiasa.ac.at
- [2] “Aguas Residuales, El recurso desaprovechado,” 2017. [Online]. Available: www.unesco.org/open-access/terms-use-ccbysa-en
- [3] “Progress on Wastewater Treatment,” 2021. Accessed: Jan. 29, 2023. [Online]. Available: https://unhabitat.org/sites/default/files/2021/08/sdg6_indicator_report_631_progress_on_wastewater_treatment_2021_english_pages.pdf
- [4] “EXECUTIVE SUMMARY.” [Online]. Available: www.infrastructurereportcard.org
- [5] N. Unidas, “Segundo informe anual sobre el progreso y los desafíos regionales de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe,” 2030. [Online]. Available: www.cepal.org/es/suscripciones
- [6] N. Hamed García Villanueva *et al.*, “Red de Institutos Nacionales Iberoamericanos de Ingeniería e Investigación Hidráulica,” 2013.
- [7] “Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales 2015 (Agua y Alcantarillado).”
- [8] “Source Book of Alternative Technologies for Freshwater Augmentation in Latin America and the Caribbean.” [Online]. Available: <http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea59e/begin.htm>
- [9] L. G. Tello and A. A. Sánchez, “La contaminación ambiental en los acuíferos de Ecuador. Necesidad de su reversión desde las políticas públicas con enfoque bioético,” *Rev. iberoam. bioecon. cambio clim.*, vol. 5, no. 9, pp. 1053–1102, Jun. 2019, doi: 10.5377/RIBCC.V5I9.7946.
- [10] “Estrategia Nacional de Calidad de Agua,” 2016.
- [11] J. V. Reyes and J. V. Reyes, “Determinación de la eficiencia del aserrín y la fibra de coco utilizados como empaques para la remoción de contaminantes en Biofiltros para el tratamiento de aguas residuales,” *Enfoque UTE*, vol. 7, no. 3, pp. 41–56, Sep. 2016, doi: 10.29019/ENFOQUEUTE.V7N3.104.
- [12] J. G. Castillo Sánchez and J. E. Chimbo Solórzano, “Eficiencia en la remoción de materia orgánica mediante lombrifiltros (*Eisenia foetida*) en aguas residuales domésticas para zonas rurales,” *Enfoque UTE*, vol. 12, no. 2, pp. 80–99, Apr. 2021, doi: 10.29019/ENFOQUEUTE.746.
- [13] V. Abello-Passteni, E. M. Alvear, S. Lira, and E. Garrido-Ramírez, “Evaluación de eco-eficiencia de tecnologías de tratamiento de aguas residuales domésticas en Chile / Eco-efficiency assessment of domestic wastewater treatment technologies used in

- Chile,” *Tecnología y ciencias del agua*, vol. 11, no. 2, pp. 190–228, Mar. 2020, doi: 10.24850/J-TYCA-2020-02-05.
- [14] J. Tohá Castellá and Z. Fleming, “Vista de Tecnología de depuración de aguas residuales ‘Made in Chile’. Sistema Tohá: un éxito de innovación eficiente y ecológica atrae al mundo,” *Universidad de Chile*, Accessed: Jan. 28, 2023. [Online]. Available: <https://revistasdex.uchile.cl/index.php/bm/article/view/2754/2690>
- [15] Y. I. Mendoza Guerra, F. L. Castro Echavez, J. C. Marín Leal, and E. Hedwig Behling, “Fitorremediación como alternativa de tratamiento para aguas residuales domésticas de la ciudad de Riohacha (Colombia),” *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, vol. 39, no. 2, pp. 071–079, 2016, Accessed: Jan. 29, 2023. [Online]. Available: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702016000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- [16] *Parámetros y límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y otras disposiciones*. Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colombia, 2015. Accessed: Jan. 29, 2023. [Online]. Available: <http://www.emserchia.gov.co/PDF/Resolucion631.pdf>
- [17] F. R. M. Fiallos, W. S. M. Robalino, and B. E. P. Beltrán, “Biofiltración sobre Cama de Turba, para el Tratamiento de Aguas Residuales Provenientes del Lavado de Jeans,” *Revista Publicando*, vol. 4, no. 10 (2), pp. 579–590, Jun. 2017, Accessed: Jan. 28, 2023. [Online]. Available: <https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/article/view/515>
- [18] F. Morales-Fiallos, L. M. Narváez, G. Nuñez-Aldás, G. Paredes-Cabezas, 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,” *Tecnología y ciencias del agua*, vol. 13, no. 5, pp. 365–395, Sep. 2022, doi: 10.24850/J-TYCA-13-05-10.
- [19] A. K. N. Vargas *et al.*, “Análisis de los principales sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales domésticas en Colombia,” *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. 28, no. 2, pp. 315–322, Jun. 2020, doi: 10.4067/S0718-33052020000200315.
- [20] I. Echeverría, C. Escalante, O. Saavedra, R. Escalera, G. Heredia, and R. Montoya, “Evaluación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales basadas en lagunas de estabilización acopladas a un reactor anaerobio compartimentado,” *INVESTIGACION & DESARROLLO*, vol. 21, no. 1, Jul. 2021, doi: 10.23881/IDUPBO.021.1-3I.
- [21] T. Matsumoto and I. A. Sánchez Ortiz, “Desempeño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de São João de Itacema (Brasil),” *Ingeniería*, vol. 21, no. 2, pp. 176–186, May 2016, doi: 10.14483/UDISTRITAL.JOUR.REVING.2016.2.A04.
- [22] C. Cárde Nas *et al.*, “Evaluation of the units that conform the wastewater treatment plant south Maracaibo,” 2005.

- [23] Y. Caldera, E. Gutiérrez, M. Luengo, J. Chávez, and L. Ruesga, "Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales de industria avícola," *Revista Científica*, vol. 20, no. 4, pp. 409–416, 2010, Accessed: Jan. 29, 2023. [Online]. Available: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592010000400011&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- [24] "Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos," República de Venezuela, Decreto 883, Oct. 1995. Accessed: Jan. 29, 2023. [Online]. Available: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/ven174040.pdf>
- [25] M. Mayacela, L. Maldonado, F. Morales, and B. Suquillo, "Physical characteristics of materials of Ecuadorian origin for water treatment," *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 958, no. 1, p. 012020, Dec. 2021, doi: 10.1088/1755-1315/958/1/012020.
- [26] R. J. Vilaña Chungandro, "Evaluación y Rediseño del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para los Barrios Villaflora y el Rosario, parroquia Píntag, cantón Quito, provincia de Pichincha," Quito, Nov. 2016.
- [27] D. A. Bunces Sunta, "Planteamiento de Alternativas para la selección de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales para la ciudad de Francisco de Orellana (Coca)," Quito, Jul. 2014.
- [28] M. E. Landi Paucar, "Evaluación Técnica de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Industria Láctea," Quito, May 2018.
- [29] "Plan de Ordenamiento y Desarrollo Territorial del cantón Santiago de Píllaro," Píllaro, 2020.
- [30] E. Metcalf, "Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y recirculación," *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., vol. 1, no. 2000, pp. 1–528, 1995, Accessed: Nov. 27, 2022. [Online]. Available: https://www.academia.edu/35963101/Ingeniería_de_aguas_residuales_Volumen_1_3ra_Edición_METCALF_and_EDDY_FREELIBROS_ORG_pdf
- [31] B. F. L. Metcalf & Eddy B. Tchobanoglous G., *Metcalf & Eddy Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización*. 1998.
- [32] MAE, "REFORMA TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA, MEDIO AMBIENTE, LIBRO VI, Decreto Ejecutivo 3516," *REFORMA TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA, MEDIO AMBIENTE, LIBRO VI, Decreto Ejecutivo 3516*, vol. 0, 2015.
- [33] Dell-pc, "PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS," 2014.
- [34] GAD San Andrés, "Diagnóstico del GAD Parroquia Rural San Andrés, Cantón Santiago de Píllaro," 2015.
- [35] T. Otzen and C. Manterola, "Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio Sampling Techniques on a Population Study," 2017.
- [36] Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:2013, "AGUA, CALIDAD DEL AGUA, MUESTREO, TÉCNICAS DE MUESTREO," 2013.

- [37] Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:2013, “AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS,” 2013.
- [38] “Laboratorio de Servicios Ambientales – Sistema de Gestión de la Calidad – UNACH.” <https://sgc.unach.edu.ec/laboratorio-de-servicios-ambientales-2/> (accessed Jan. 24, 2023).
- [39] “REFORMA TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA, MEDIO AMBIENTE, LIBRO VI, Decreto”, Accessed: Jan. 24, 2023. [Online]. Available: www.lexis.com.ec
- [40] Ministerio del Ambiente, “Registro Oficial Suplemento 387 de 4 de Noviembre de 2015,” 2015. Accessed: Jan. 24, 2023. [Online]. Available: https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf
- [41] Organización Panamericana de Salud OPS2005, “GUÍA PARA EL DISEÑO DE TANQUES SÉPTICOS, TANQUES IMHOFF Y LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN,” 2005. Accessed: Jan. 24, 2023. [Online]. Available: https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS%202005.%20Gu%C3%ADa%20para%20el%20dise%C3%B1o%20de%20tanques%20s%C3%A9pticos.pdf
- [42] “Noma Técnica I.S. 020 - Tanques Sépticos.”
- [43] Q. -Ecuador, C. de Ecuatoriano La Construcción Cec, and P. Edición, “INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN CÓDIGO DE PRÁCTICA ECUATORIANO CPE INEN 5 Parte 9.2:1997 Primera revisión CODE OF PRACTICE FOR THE DESIGN OF RUNNING WATER SUPPLY SYSTEMS, EXCRETA AND LIQUID RESIDUES DISPOSAL IN RURAL AREAS. First Edition”, doi: 10.07-610.
- [44] Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable 2009-EMAAP-Q, *Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para EMAAP-Q*. 2009. Accessed: Jan. 24, 2023. [Online]. Available: https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/08/NORMAS_ALCANTARILLADO_EMAAP.pdf
- [45] Comisión Nacional del Agua CONAGUA, *Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente*. Accessed: Jan. 25, 2023. [Online]. Available: www.conagua.gob.mx
- [46] E. Rosales Escalante, “Tanque sépticos. Conceptos teóricos base y aplicaciones,” *Tencología en Marcha*, vol. 18, no. 2, 2003.

ANEXOS

ANEXOS 1-
MEDICIÓN DE
CAUDALES/DÍA-
SEMANA

SEMANA 1							
MEDICIÓN DE CAUDALES ENTRADA PTAR - (LTS/SEG)							
PERÍODO:	Desde Miércoles 07 de septiembre hasta Domingo 11 de septiembre 2022						
Hora de Medición	sep-22						
	5	6	7	8	9	10	11
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00			0,65	0,42	0,51	0,51	0,56
9:00			0,53	0,4	0,46	0,44	0,46
10:00			0,78	0,42	0,55	0,55	0,54
11:00			0,97	0,85	0,96	0,43	0,55
12:00			0,67	0,31	0,42	0,48	0,44
13:00			0,51	0,31	0,39	0,52	0,42
14:00			0,52	0,35	0,42	0,68	0,46
15:00			0,65	0,82	0,73	0,97	0,78
16:00			1,33	1,09	0,76	0,58	0,47

SEMANA 2							
MEDICIÓN DE CAUDALES ENTRADA PTAR - (LTS/SEG)							
PERÍODO:	Desde Lunes 12 de septiembre hasta Domingo 18 de septiembre de 2022						
Hora de Medición	sep-22						
	12	13	14	15	16	17	18
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	0,67	0,83	1	0,41	0,65	0,65	0,65
9:00	0,68	0,62	0,83	0,4	0,59	0,58	0,58
10:00	0,63	0,75	0,67	0,42	0,59	0,55	0,65
11:00	0,42	0,91	0,91	0,86	0,69	0,44	0,55
12:00	0,41	0,88	0,69	0,31	0,48	0,47	0,48
13:00	0,62	0,68	0,6	0,31	0,5	0,53	0,56
14:00	0,48	0,75	0,59	0,35	0,5	0,67	0,52
15:00	0,83	0,83	0,75	0,83	0,81	0,99	0,83
16:00	1,02	0,91	1,54	1,07	1,09	0,57	0,74

SEMANA 3							
MEDICIÓN DE CAUDALES ENTRADA PTAR - (LTS/SEG)							
PERÍODO:		Desde Lunes 19 de septiembre hasta Domingo 25 de septiembre de 2022					
Hora de Medición	sep-22						
	19	20	21	22	23	24	25
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	0,62	0,88	1,01	0,4	0,57	0,56	0,61
9:00	0,69	0,62	0,82	0,41	0,67	0,55	0,58
10:00	0,63	0,75	0,67	0,42	0,59	0,54	0,65
11:00	0,42	0,92	0,88	0,88	0,58	0,43	0,62
12:00	0,41	0,88	0,68	0,3	0,72	0,48	0,49
13:00	0,62	0,69	0,59	0,31	0,66	0,53	0,52
14:00	0,49	0,76	0,6	0,35	0,71	0,65	0,55
15:00	0,84	0,83	0,75	0,84	0,78	0,93	0,72
16:00	1,03	0,92	1,49	1,1	0,92	0,58	0,85

SEMANA 4							
MEDICIÓN DE CAUDALES ENTRADA PTAR - (LTS/SEG)							
PERÍODO:		Desde Lunes 26 de septiembre hasta Domingo 02 de octubre de 2022					
Hora de Medición	sep-oct 22						
	26	27	28	29	30	1	2
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	0,61	0,85	0,66	0,4	0,59	0,54	0,58
9:00	0,67	0,62	0,59	0,92	0,68	0,58	0,66
10:00	0,64	0,74	0,58	0,44	0,58	0,63	0,61
11:00	0,42	0,89	0,64	0,48	0,56	0,64	0,56
12:00	0,41	0,86	1,41	0,69	0,74	0,56	0,65
13:00	0,62	0,68	0,79	0,62	0,67	0,57	0,62
14:00	0,48	0,77	0,76	0,9	0,69	0,77	0,76
15:00	0,81	0,82	1,12	0,62	0,71	1,32	0,79
16:00	1,04	0,93	1,08	0,68	0,8	1,04	0,78

SEMANA 5							
MEDICIÓN DE CAUDALES ENTRADA PTAR - (LTS/SEG)							
PERÍODO:	Desde Lunes 03 de octubre hasta Domingo 06 de octubre de 2022						
Hora de Medición	oct-22						
	3	4	5	6	7	8	9
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	0,59	0,76	0,69	0,4			
9:00	0,68	0,62	0,58	0,91			
10:00	0,72	0,72	0,57	0,44			
11:00	0,47	0,87	0,64	0,49			
12:00	0,43	1	1,36	0,67			
13:00	0,55	0,74	0,81	0,61			
14:00	0,51	0,79	0,75	0,93			
15:00	0,77	0,71	1,17	0,63			
16:00	0,98	0,81	1,23	0,79			

SEMANA 1							
MEDICIÓN DE CAUDALES SALIDA PTAR - (LTS/SEG)							
PERÍODO:	Desde Miércoles 07 de septiembre hasta Domingo 11 de septiembre 2022						
Hora de Medición	sep-22						
	5	6	7	8	9	10	11
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00			0,82	0,45	0,56	0,65	0,63
9:00			0,58	0,67	0,47	0,46	0,46
10:00			0,92	0,46	0,62	0,66	0,76
11:00			0,96	0,87	0,92	0,46	0,68
12:00			0,78	0,34	0,42	0,51	0,46
13:00			0,6	0,35	0,38	0,59	0,46
14:00			0,67	0,37	0,37	0,8	0,51
15:00			0,69	0,97	0,87	0,99	0,78
16:00			1,19	1,16	0,65	0,67	0,49

SEMANA 2							
MEDICIÓN DE CAUDALES SALIDA PTAR - (LTS/SEG)							
PERÍODO:	Desde Lunes 12 de septiembre hasta Domingo 18 de septiembre de 2022						
Hora de Medición	sep-22						
	12	13	14	15	16	17	18
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	0,8	0,77	1,08	0,42	0,74	0,78	0,78
9:00	0,73	0,85	0,85	0,43	0,67	0,65	0,67
10:00	0,67	1	0,83	0,47	0,66	0,67	0,74
11:00	0,43	0,93	0,95	0,88	0,72	0,45	0,57
12:00	0,51	0,96	0,85	0,43	0,5	0,49	0,53
13:00	0,7	0,79	0,74	0,37	0,58	0,67	0,67
14:00	0,5	0,93	0,67	0,39	0,59	0,8	0,59
15:00	0,85	1,05	0,89	0,87	0,84	0,95	0,84
16:00	1,05	1,11	1,25	1,19	1,25	0,7	0,84

SEMANA 3							
MEDICIÓN DE CAUDALES SALIDA PTAR - (LTS/SEG)							
PERÍODO:	Desde Lunes 19 de septiembre hasta Domingo 25 de septiembre de 2022						
Hora de Medición	sep-22						
	19	20	21	22	23	24	25
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	0,65	0,92	0,38	0,69	0,67	0,67	0,6
9:00	0,73	0,66	0,4	0,76	0,63	0,62	0,66
10:00	0,76	0,83	0,44	0,64	0,6	0,62	0,66
11:00	0,45	1,05	0,92	0,65	0,42	0,46	0,69
12:00	0,49	0,9	0,32	0,76	0,56	0,56	0,58
13:00	0,64	0,75	0,32	0,65	0,57	0,64	0,58
14:00	0,56	0,87	0,34	0,74	0,78	0,74	0,74
15:00	0,79	0,87	0,8	0,88	0,88	0,93	0,76
16:00	1,08	1,1	1,22	0,96	0,76	0,64	0,8

SEMANA 4							
MEDICIÓN DE CAUDALES SALIDA PTAR - (LTS/SEG)							
PERÍODO:	Desde Lunes 26 de septiembre hasta Domingo 02 de octubre de 2022						
Hora de Medición	sep-oct 22						
	26	27	28	29	30	1	2
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	0,65	0,79	0,75	0,49	0,65	0,66	0,63
9:00	0,78	0,73	0,65	0,94	0,67	0,65	0,78
10:00	0,64	0,92	0,72	0,46	0,74	0,75	0,87
11:00	0,48	0,9	0,69	0,45	0,7	0,8	0,64
12:00	0,5	0,96	1,13	0,67	0,87	0,7	0,65
13:00	0,74	0,76	0,74	0,67	0,77	0,69	0,64
14:00	0,58	0,85	0,87	1,05	0,87	0,86	0,87
15:00	0,78	0,89	1,13	0,65	0,92	1,41	0,84
16:00	1,07	0,94	1,05	0,77	0,94	1,28	0,76

SEMANA 5							
MEDICIÓN DE CAUDALES SALIDA PTAR - (LTS/SEG)							
PERÍODO:	Desde Lunes 03 de octubre hasta Domingo 06 de octubre de 2022						
Hora de Medición	oct-22						
	3	4	5	6	7	8	9
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	0,66	0,85	0,74	0,35			
9:00	0,75	0,63	0,63	0,89			
10:00	0,73	0,81	0,65	0,46			
11:00	0,56	0,89	1,46	0,57			
12:00	0,46	1,05	1,05	0,66			
13:00	0,59	0,73	1,21	0,71			
14:00	0,56	0,89	0,99	1,46			
15:00	0,87	0,74	1,21	0,6			
16:00	0,94	0,87	1,1	0,74			

ANEXOS 2-

FOTOGRAFÍAS



Fig. 58 Diálogo con los moradores de la comunidad Yanayacu.
Fuente: Vinicio Ortega.



Fig. 59 Vista de las válvulas conectadas a los FAFA que desfogan los lodos sedimentados en la zona baja de la misma.
Fuente: Vinicio Ortega



Fig. 60 Inspección de las cajas de revisión.
Fuente: Vinicio Ortega.



Fig. 61 Inspección del estado actual de las válvulas.
Fuente: Vinicio Ortega



Fig. 62 Medición del FAVA de la PTAR.
Fuente: Vinicio Ortega.



Fig. 63 Medición del lecho de secado de lodos.
Fuente: Vinicio Ortega.

ANEXOS 3-
RESULTADOS
DE
LABORATORIO



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

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



N° SE: 071-22

INFORME DE ANÁLISIS

NOMBRE: Oscar Vinicio Ortega Liquinchano¹

INFORME N.º 071 - 22

EMPRESA: Proyecto de Tesis UTA¹

N.º SE: 071 - 22

DIRECCIÓN: Ambato¹

TELÉFONO: 0939773682¹

FECHA DE RECEPCIÓN: 30/11/2022

FECHA DE INFORME: 06/12/2022

NÚMERO DE MUESTRAS: 2, Agua residual, PTAR¹

TIPO DE MUESTRA:

IDENTIFICACIÓN: MA - 137-22 Entrada¹
MA - 138-22 Salida¹

Agua residual
Agua residual

Condiciones Ambientales	T máx:	25 °C
	T mín:	10°C

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA – 137-22

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	PE-LSA-01	7,76	+/- 0,08	30/11/2022
* DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220 - D	184	N/A	30/11/2022
* DBO ₅	mg O ₂ /L	STANDARD METHODS 5210 - B	89	N/A	30/11/2022
* Sólidos Suspendidos	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - D	84	N/A	30/11/2022
* Sólidos Totales	mg/L	STANDARD METHODS 2540 B	476	N/A	30/11/2022

-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: 071-22

MA – 138-22

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	PE-LSA-01	7,37	+/- 0,08	30/11/2022
* DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220 - D	142	N/A	30/11/2022
* DBO ₅	mg O ₂ /L	STANDARD METHODS 5210 - B	79	N/A	30/11/2022
* Sólidos Suspendidos	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - D	41	N/A	30/11/2022
* Sólidos Totales	mg/L	STANDARD METHODS 2540 B	340	N/A	30/11/2022

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

REGLA DE DECISIÓN ACORDADA: No aplica

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

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



firmado digitalmente 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



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

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



N° SE: 007-23

INFORME DE ANÁLISIS

NOMBRE: Oscar Vinicio Ortega Liquinchano¹

INFORME N.º 007 - 23

EMPRESA: Proyecto de Tesis UTA¹

N.º SE: 007 - 23

DIRECCIÓN: Ambato¹

TELÉFONO: 0939773682¹

FECHA DE RECEPCIÓN: 08/02/2023

FECHA DE INFORME: 14/02/2023

NÚMERO DE MUESTRAS: 1, Agua residual, PTAR¹

TIPO DE MUESTRA:

IDENTIFICACIÓN: MA - 024-23 Entrada¹

Agua residual

Condiciones	T máx:	25 °C
Ambientales	T mín:	10°C

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

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 024-23

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	PE-LSA-01	7,42	+/- 0,08	08/02/2023
* DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220 - D	537	N/A	08/02/2023
* DBO ₅	mg O ₂ /L	STANDARD METHODS 5210 - B	233	N/A	08/02/2023
* Sólidos Suspendidos	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - D	167	N/A	08/02/2023
* Sólidos Totales	mg/L	STANDARD METHODS 2540 B	1420	N/A	08/02/2023

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

REGLA DE DECISIÓN ACORDADA: No aplica

ANEXOS 4-

APUS



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



Elaborado por: Oscar Vinicio Ortega Liquinchano

Proyecto: Mejoramiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Sector Cardo Santo

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:

1

UNIDAD:

kg

ESPECIFICACIÓN:

Instalación de estructura metálica, acero A36

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5% M.O					0,02
Soldadora eléctrica 300 A	1,00	1,88	1,88	0,0546	0,10
Compresor de aire 250 CFM	0,10	15,00	1,50	0,0546	0,08
Amoladora	2,00	3,75	7,50	0,0546	0,41
				SUBTOTAL M:	0,62
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Ayudante de fierro (Estruc. Ocup. E2)	1,00	4,05	4,05	0,0546	0,22
Maestro soldador especializado (Estruc. Ocup. C1)	1,00	4,55	4,55	0,0546	0,25
				SUBTOTAL N:	0,47
MATERIALES					
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
			A	B	C=A*B
Perfil estructural A-36		kg	1,05	1,50	1,58
Thinner comercial		gal	0,01	16,52	0,17
Disco de corte metal 350x2.8x25.4mm		u	0,05	7,50	0,38
Electrodo AGA 7018 1/8"		kg	0,05	7,39	0,37
Anticorrosivo Gris mate		gal	0,01	16,45	0,16
				SUBTOTAL O:	\$ 2,65
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
		A	B		
				SUBTOTAL P:	0,00
TOTAL COSTO DIRECTO					3,74
INDIRECTOS				15,00%	0,56
UTILIDADES				0,00%	0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					4,30
VALOR OFERTADO					4,30



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



Elaborado por: Oscar Vinicio Ortega Liquinchano

Proyecto: Mejoramiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Sector Cardo Santo

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 2

UNIDAD: m²

ESPECIFICACIÓN:

Instalación de zinc translucido e=0,30 mm

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5% M.O					0,07
Taladro eléctrico	0,30	1,10	0,33	0,30	0,10
				SUBTOTAL M:	0,16
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	1,00	4,05	4,05	0,16	0,65
Albañil (Estruc. Ocup. D2)	1,00	4,10	4,10	0,16	0,66
				SUBTOTAL N:	1,30
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Alutecho 1030x6000, 0.30mm	plancha	0,446	15,76	7,03	
Gancho J 3"	u	1,785	0,08	0,14	
Capuchon	u	1,785	0,04	0,07	
				SUBTOTAL O:	\$ 7,24
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
		A	B		
				SUBTOTAL P:	0,00
TOTAL COSTO DIRECTO					8,71
INDIRECTOS				15,00%	1,31
UTILIDADES				0,00%	0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					10,02
VALOR OFERTADO					10,02



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



Elaborado por: Oscar Vinicio Ortega Liquinchano

Proyecto: Mejoramiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Sector Cardo Santo

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:

6

UNIDAD:

u

ESPECIFICACIÓN:

Medida 4. Operación y mantenimiento del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5% M.O					2,51
				SUBTOTAL M:	2,51
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	1,00	4,05	4,05	6,00	24,30
Operador responsable de PTAR (Estruc. Ocup. C2)	1,00	4,33	4,33	6,00	25,98
				SUBTOTAL N:	50,28
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
				SUBTOTAL O:	\$ -
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
		A	B		
				SUBTOTAL P:	0,00
TOTAL COSTO DIRECTO					52,79
INDIRECTOS				15,00%	7,92
UTILIDADES				0,00%	0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					60,71
VALOR OFERTADO					60,71



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



Elaborado por: Oscar Vinicio Ortega Liquinchano

Proyecto: Mejoramiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Sector Cardo Santo

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:

7

UNIDAD:

u

ESPECIFICACIÓN:

Medida 5.- Operación y mantenimiento del lecho de secado de lodos

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5% M.O					2,93
				SUBTOTAL M:	2,93
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	1,00	4,05	4,05	7,00	28,35
Operador responsable de PTAR (Estruc. Ocup. C2)	1,00	4,33	4,33	7,00	30,31
				SUBTOTAL N:	58,66
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
				SUBTOTAL O:	\$ -
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
		A	B		
				SUBTOTAL P:	0,00
TOTAL COSTO DIRECTO					61,59
INDIRECTOS				15,00%	9,24
UTILIDADES				0,00%	0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					70,83
VALOR OFERTADO					70,83



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



Elaborado por: Oscar Vinicio Ortega Liquinchano

Proyecto: Mejoramiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Sector Cardo Santo

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: 10

UNIDAD: u

ESPECIFICACIÓN:

Medida 8.- Implementación de señalética

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5% M.O					0,09
SUBTOTAL M:					0,09
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	1,00	4,05	4,05	0,40	1,62
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0,10	4,55	0,46	0,40	0,18
SUBTOTAL N:					1,80
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Letrero de identificación 0.50x0.30m inc. accesorios y tornillería	u	1,00	15,00	15,00	
SUBTOTAL :					15,00
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
		A	B		
SUBTOTAL P:					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO					16,89
INDIRECTOS					15,00% 2,53
UTILIDADES					0,00% 0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					19,43
VALOR OFERTADO					19,43



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

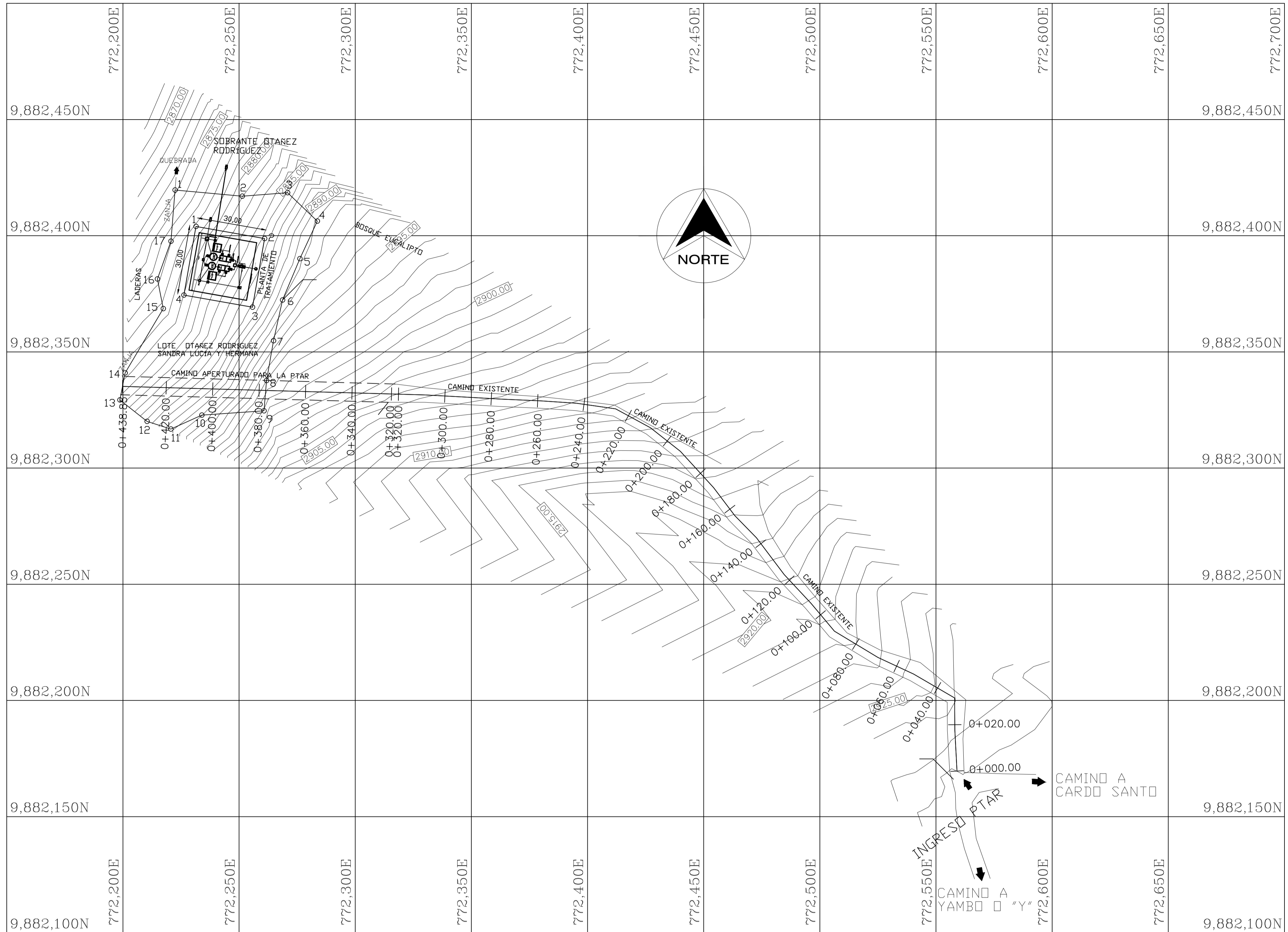
TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA: EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR CARDO SANTO DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS PERTENECIENTE AL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA

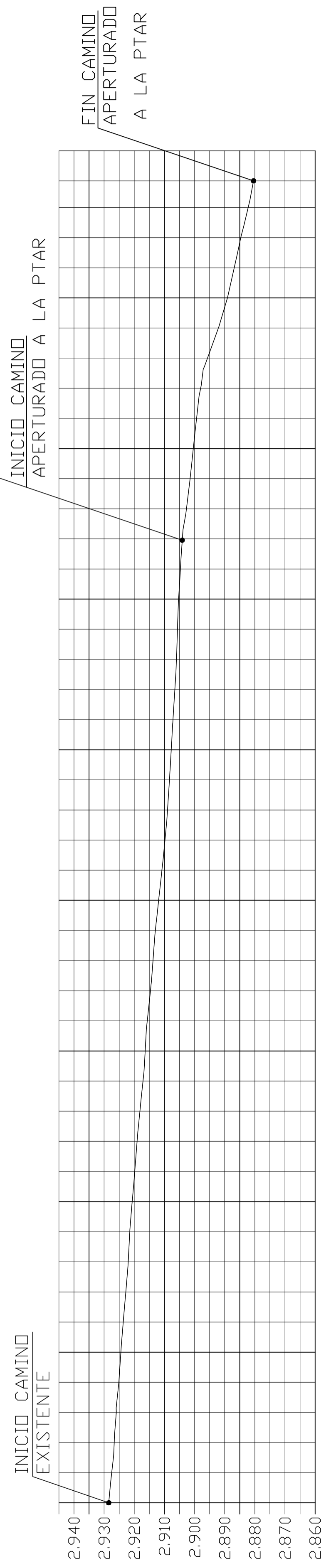
No.	Rubro / Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
	Medida 1. Implantación de cubierta en el lecho de secado de lodos				
1	Instalación de estructura metálica, acero A36	kg	469,91	4,30	2020,61
2	Instalación de zinc translucido e=0,30 mm	m ²	50,00	10,02	501,00
3	Canal y bajante de agua lluvia	ml	10,00	15,49	154,90
				Subtotal 1	2676,51
4	Medida 2. Operación y mantenimiento del tanque repartidor y cribado	u	1	50,93	50,93
5	Medida 3. Operación y mantenimiento del tanque séptico	u	2	75,89	151,78
6	Medida 4. Operación y mantenimiento del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente	u	2	60,71	121,42
7	Medida 5.- Operación y mantenimiento del lecho de secado de lodos	u	2	70,83	141,66
8	Medida 6.- Mantenimiento del medio exterior	u	1	51,00	51,00
9	Medida 7.- Impermeabilización y pintura	m ²	201,57	3,02	608,74
10	Medida 8.- Implementación de señalética	u	5	19,43	97,15
11	Medida 9.- Monitoreo del análisis físico – químico	u	2	79,87	159,74
				Subtotal 2	1382,42
TOTAL					4058,93

ANEXOS 5-

PLANOS



INGRESO A PTAR



ABSCISAS	COTA TERRENO
2.928,47	0+000,00
2.926,65	0+020,00
2.925,12	0+040,00
2.923,68	0+060,00
2.922,02	0+080,00
2.920,70	0+100,00
2.919,06	0+120,00
2.917,11	0+140,00
2.915,70	0+160,00
2.913,81	0+180,00
2.911,91	0+200,00
2.909,82	0+220,00
2.908,33	0+240,00
2.907,18	0+260,00
2.906,01	0+280,00
2.905,31	0+300,00
2.904,05	0+320,00
2.904,08	0+323,03
2.901,49	0+340,00
2.899,33	0+360,00
2.895,69	0+380,00
2.889,07	0+400,00
2.884,65	0+420,00
2.880,43	0+438,84

ESCALA PERFILES
 HORIZONTAL -----1:1000
 VERTICAL -----1:1000

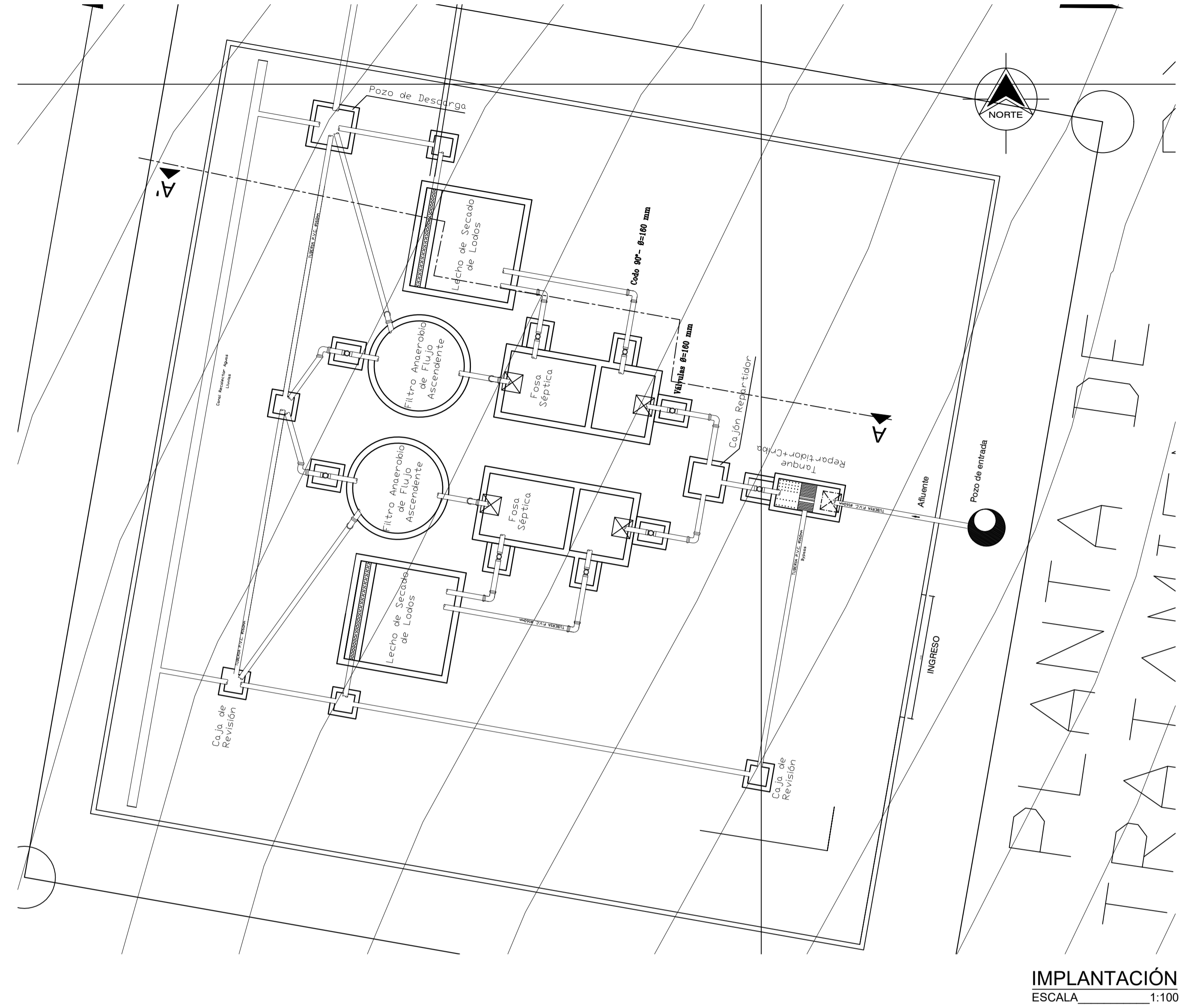
<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p>		
PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR CARDO SANTO	ESCALA: INDICADAS	
UBICACIÓN: SECTOR CARDO SANTO, PARROQUIA SAN ANDRÉS CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO-TUNGURAHUA	FECHA: MARZO/2023	
CONTIENE: -IMPLANTACIÓN DE LA PTAR -PERFIL DE ENTRADA A LA PTAR		
DIBUJADO POR: OSCAR VINICIO ORTEGA LIQUINCHANO	REVISADO POR: ING. MG. FABIAN RODRIGO MORALES FIALLOS	PLANO: 1/7

LOTE N°	ÁREA M ²	PUNTO N°	COORDENADAS		LADO	LONG. M
			NORTE	ESTE		
L1	5.522,89	1	9'882.419,6655	772.222,4432	1-2	29,03
		2	9'882.417,0027	772.251,3531	2-3	19,57
		3	9'882.418,5065	772.270,8631	3-4	17,72
		4	9'882.406,2869	772.283,6959	4-5	17,83
		5	9'882.390,1191	772.276,1889	5-6	19,32
		6	9'882.372,3099	772.268,7074	6-7	17,93
		7	9'882.354,8068	772.264,8346	7-8	17,40
		8	9'882.337,6654	772.261,8292	8-9	13,06
		9	9'882.324,6491	772.260,7324	9-10	26,83
		10	9'882.322,8019	772.233,9664	10-11	14,62
		11	9'882.316,7810	772.220,6479	11-12	10,76
		12	9'882.320,0851	772.210,4102	12-13	14,92
		13	9'882.329,3368	772.198,7001	13-14	11,81
		14	9'882.340,9336	772.200,9268	14-15	32,19
L2	900,00	1	9'882.368,6142	772.217,3645	15-16	13,00
		2	9'882.381,3661	772.214,8581	16-17	17,29
		3	9'882.397,6385	772.220,6994	17-1	22,10
		4	9'882.403,9967	772.231,4622	1-2	30,00
L3	900,00	1	9'882.398,7882	772.261,0066	2-3	30,00
		2	9'882.369,2438	772.255,7981	3-4	30,00
		3	9'882.374,4523	772.226,2537	4-1	30,00
		4	9'882.374,4523	772.226,2537	4-1	30,00

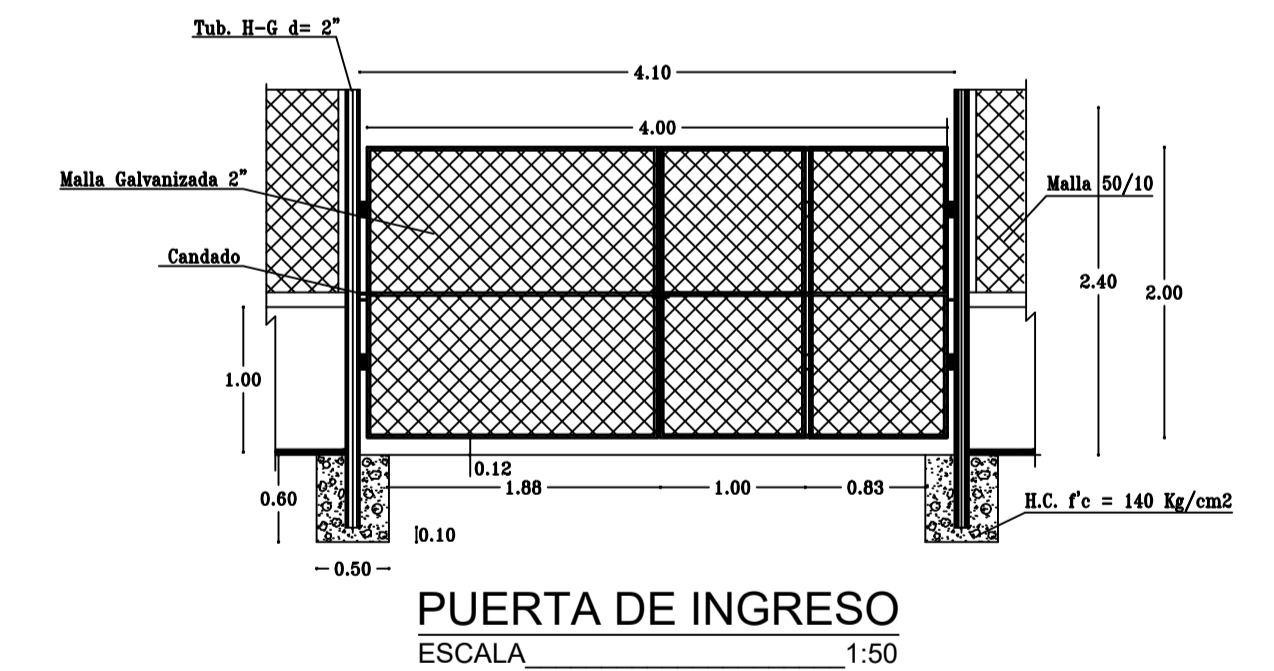
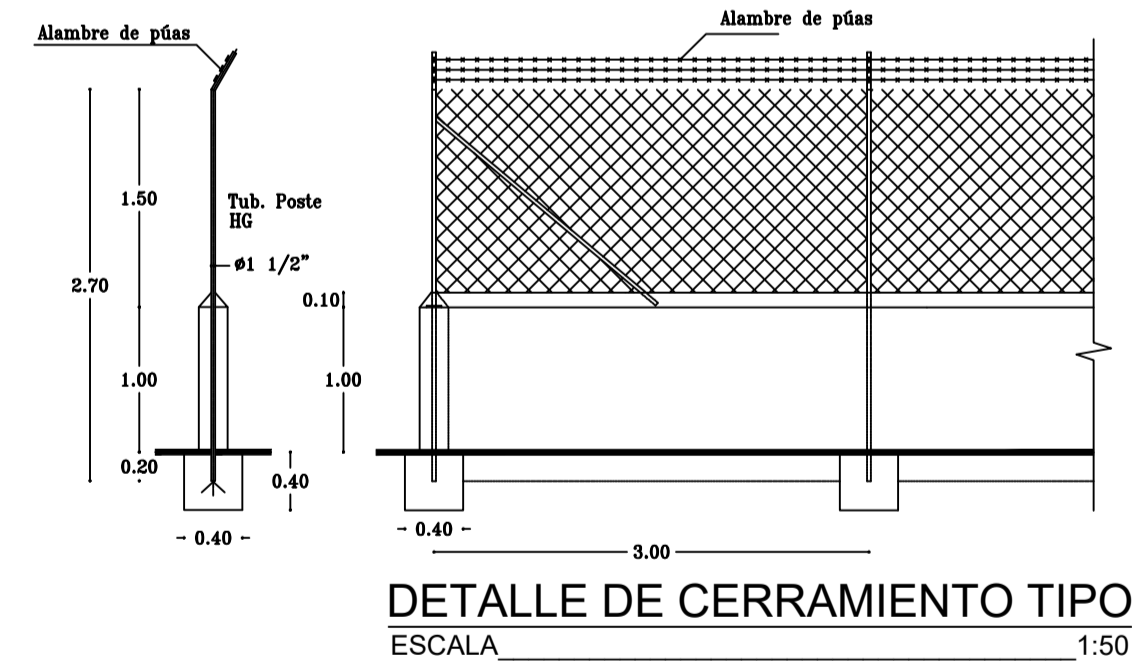
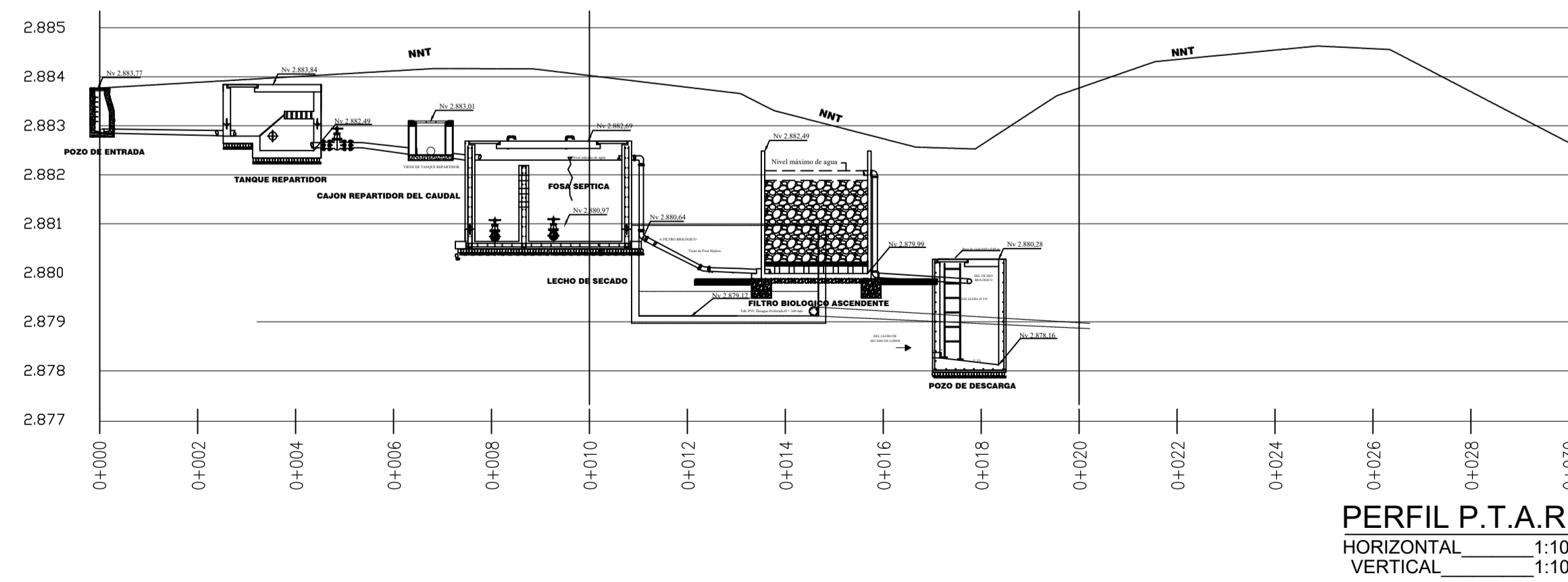
IMPLANTACIÓN GENERAL PLANTA DE TRATAMIENTO



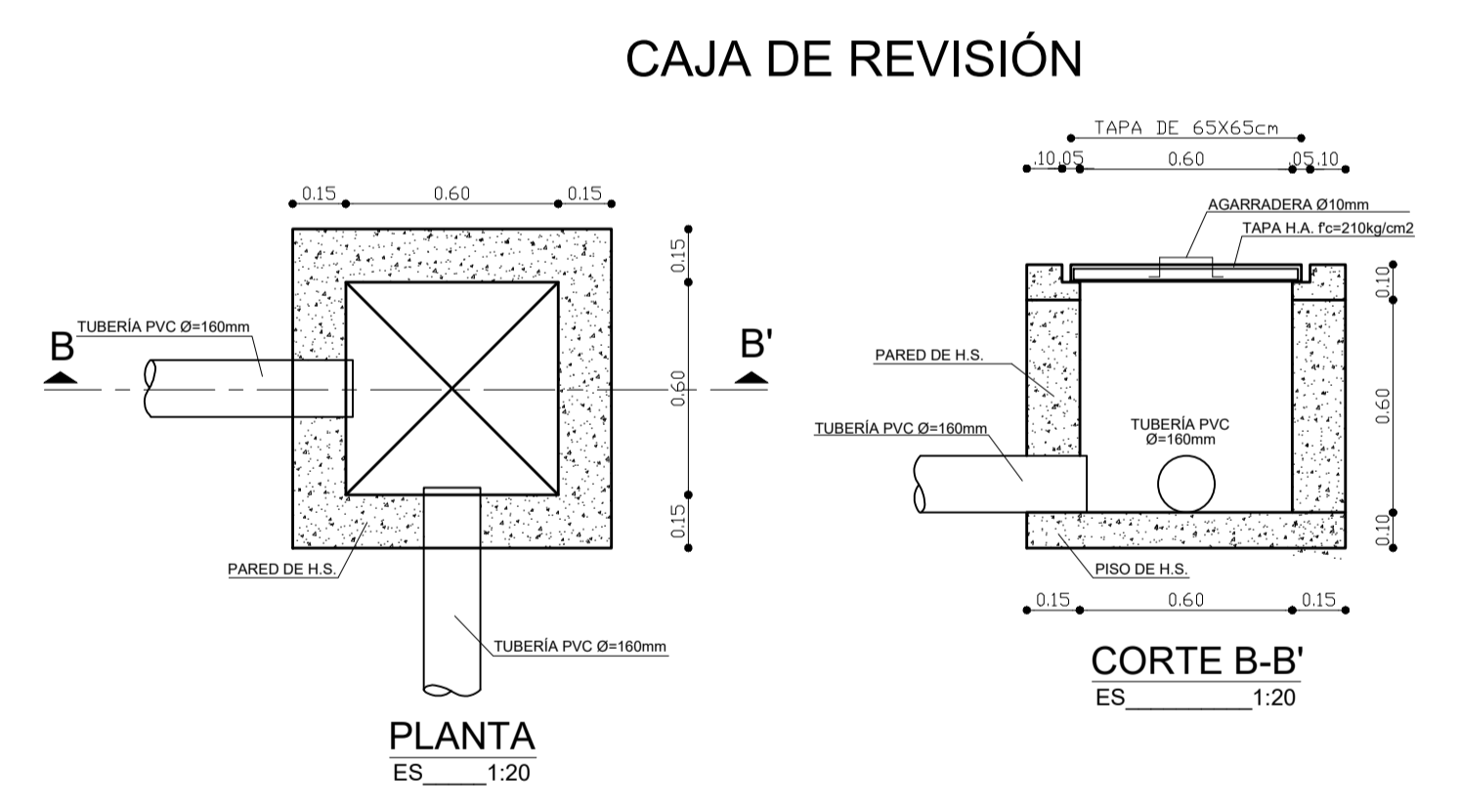
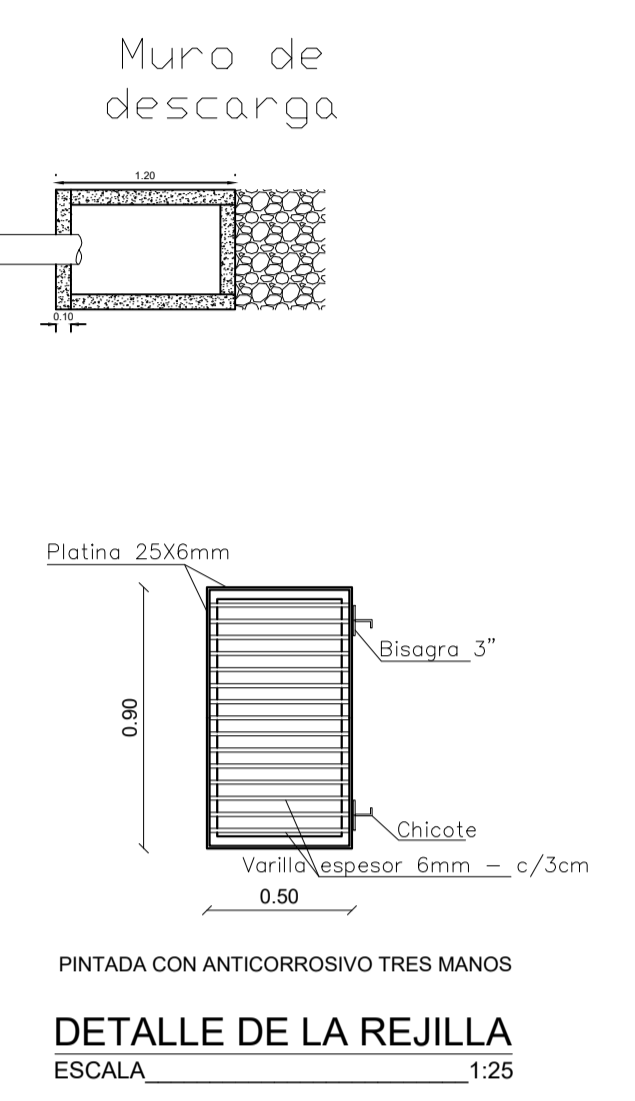
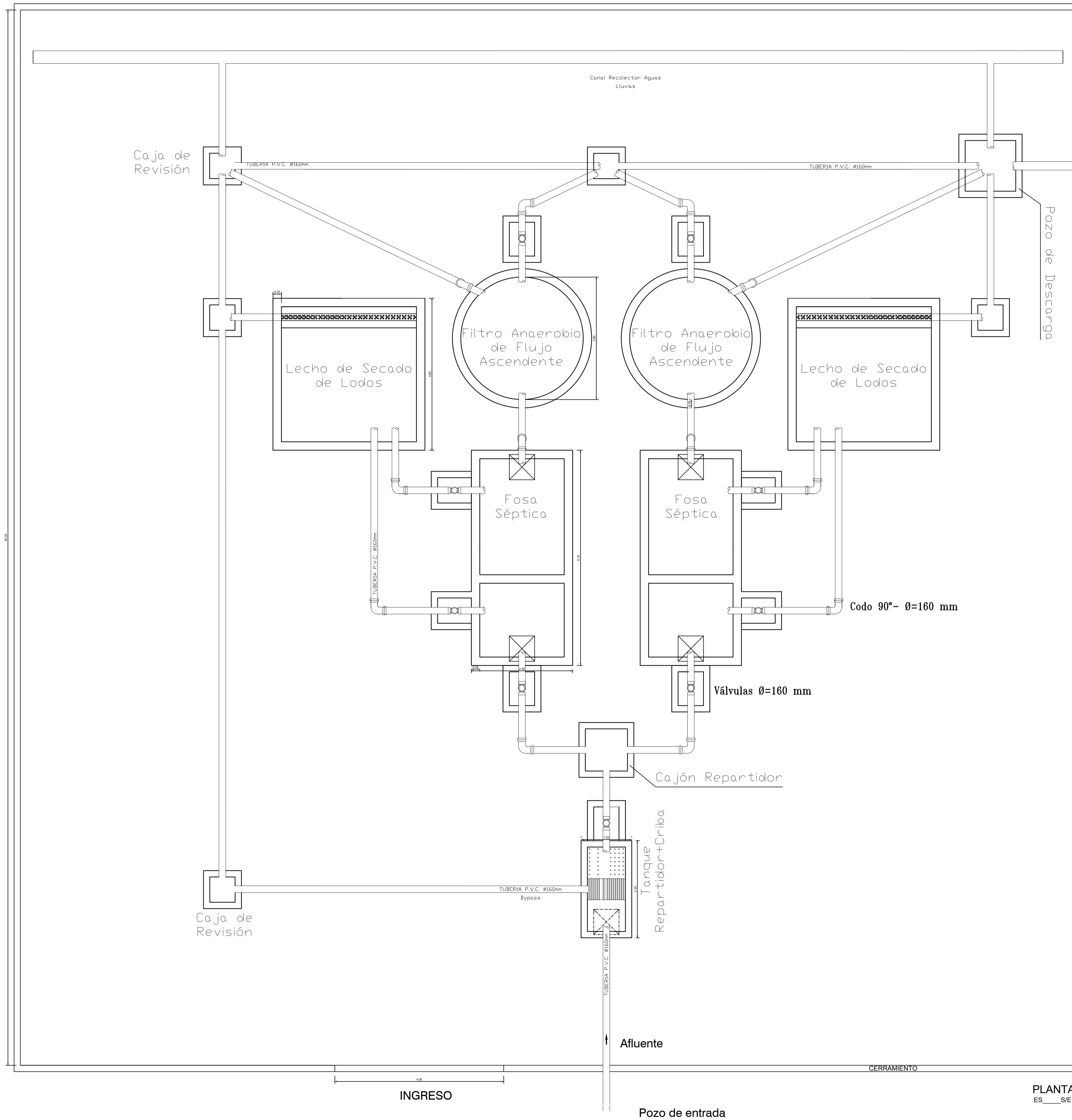
PLANTA DE TRATAMIENTO




PERFIL PLANTA CORTE A-A'

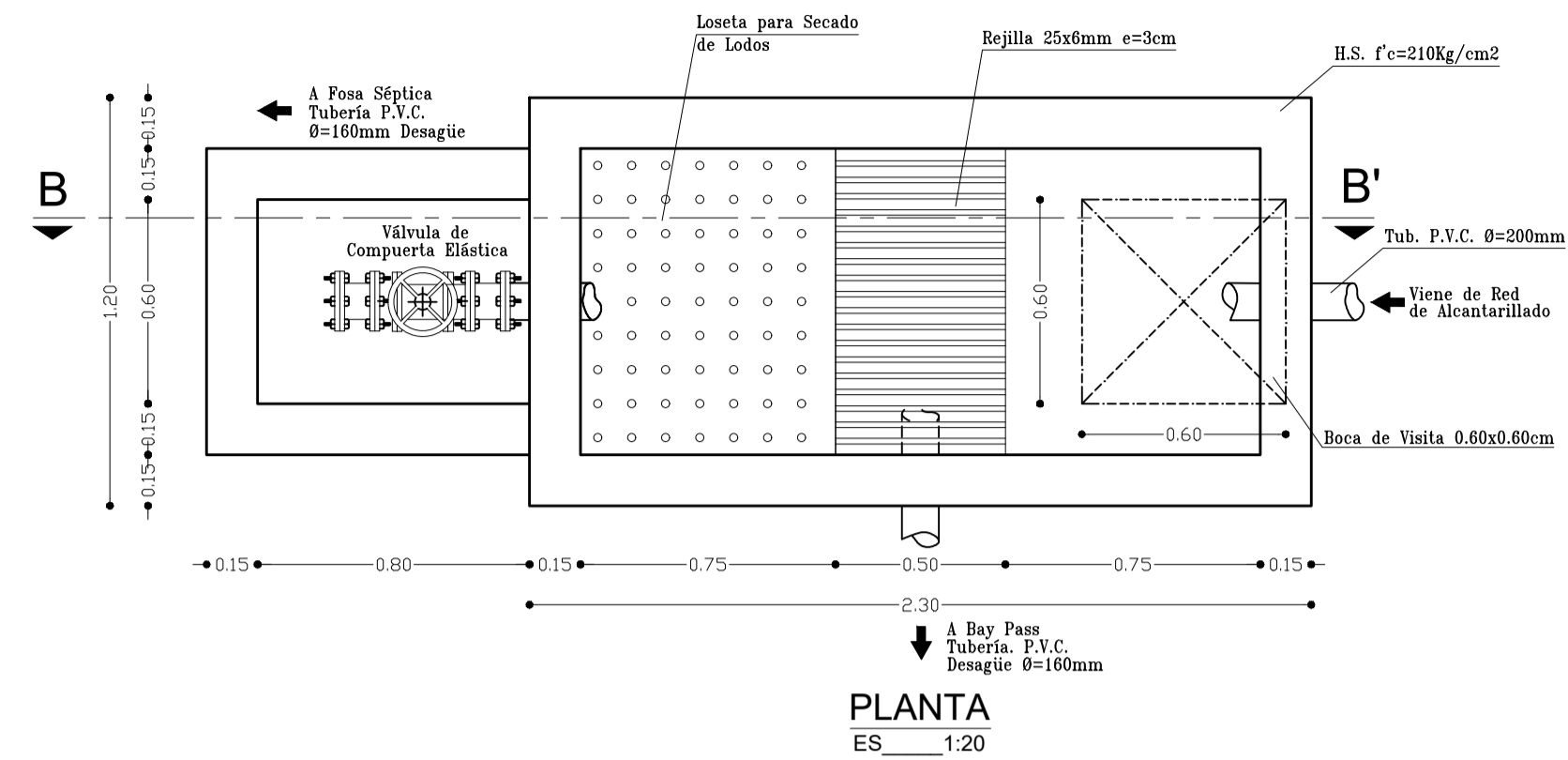


 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR CARDO SANTO	ESCALA: INDICADAS	
UBICACIÓN: IMPLANTACIÓN PTAR PERFIL PTAR-CERRAMIENTO TIPO	FECHA: MARZO/2023	
CONTIENE: - LECHO DE SECADO DE LODOS - CAJA DE REVISIÓN		
DIBUJADO POR: OSCAR VINICIO ORTEGA LIQUINCHANO	REVISADO POR: ING. MG. FABIAN RODRIGO MORALES FIALLOS	PLANO: 2/7

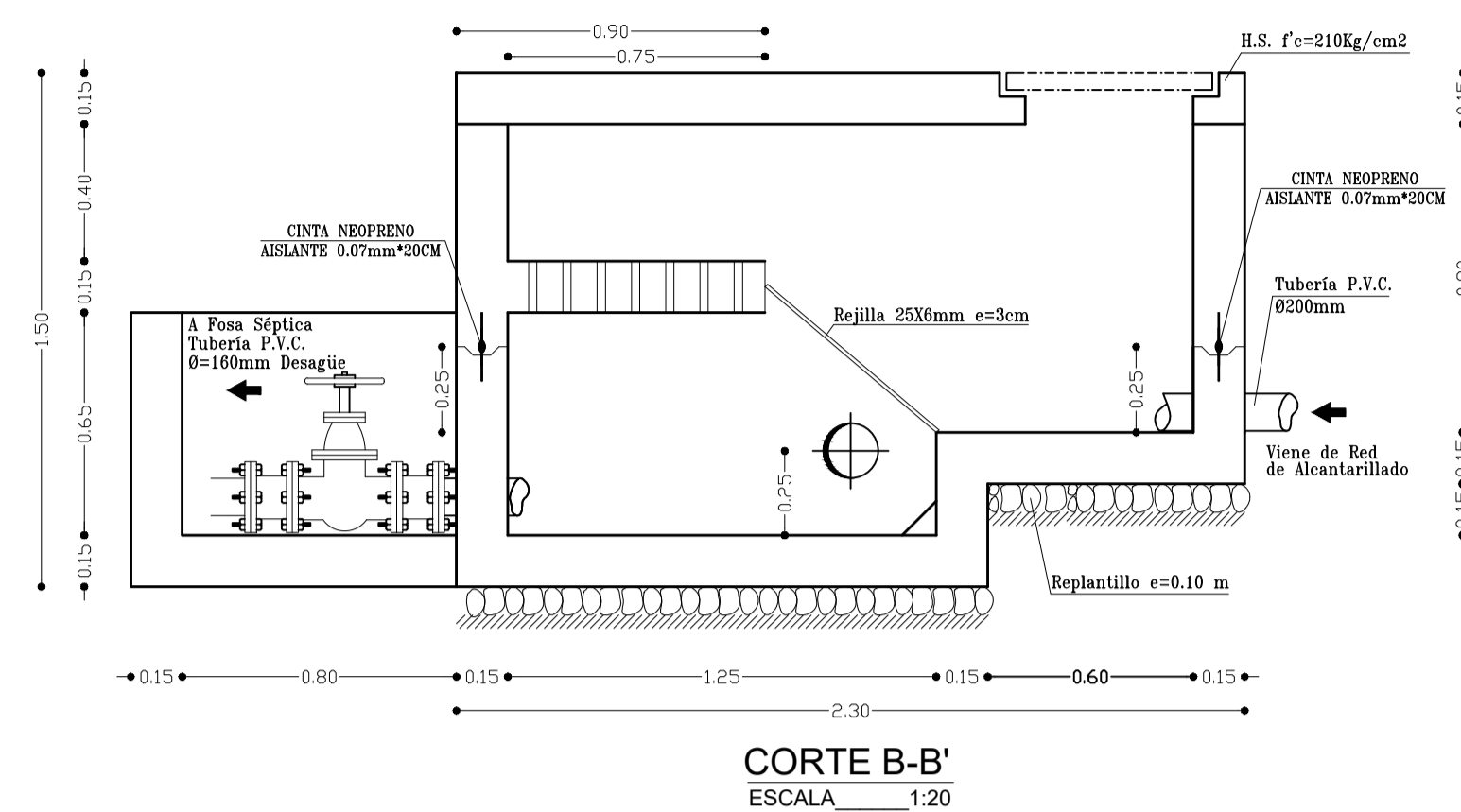


 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR CARDO SANTO	ESCALA: INDICADAS	
UBICACIÓN: SECTOR CARDO SANTO, PARROQUIA SAN ANDRÉS CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO-TUNGURAHUA	FECHA: MARZO/2023	
CONTIENE: -TREN DE DESCONTAMINACIÓN PTAR -REJILLA-CAJA DE REVISIÓN		
DIBUJADO POR: OSCAR VINICIO ORTEGA LIQUINCHANO	REVISADO POR: ING. MG. FABIAN RODRIGO MORALES FIALLOS	PLANO: 3/7

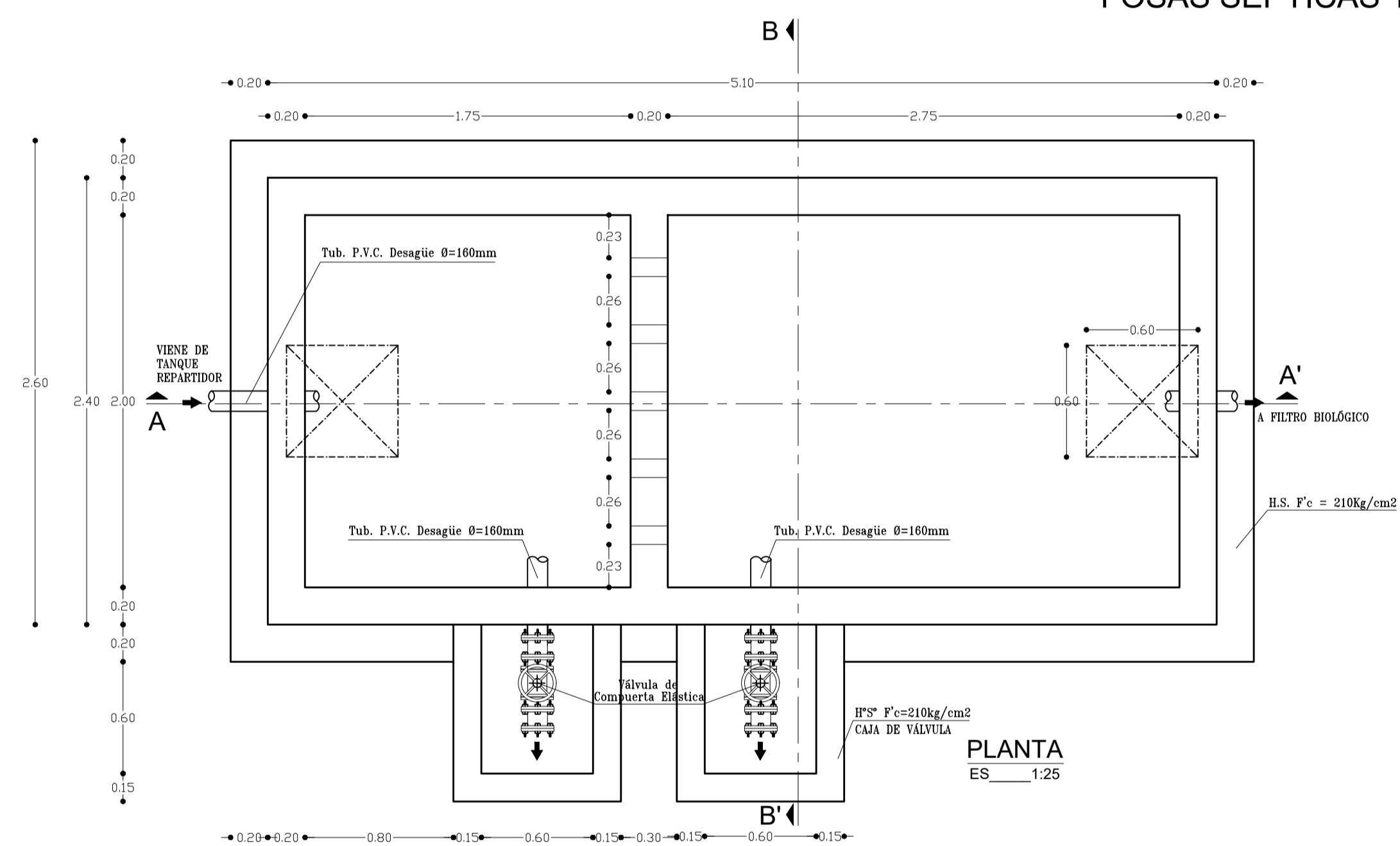
TANQUE REPARTIDOR + CRIBA



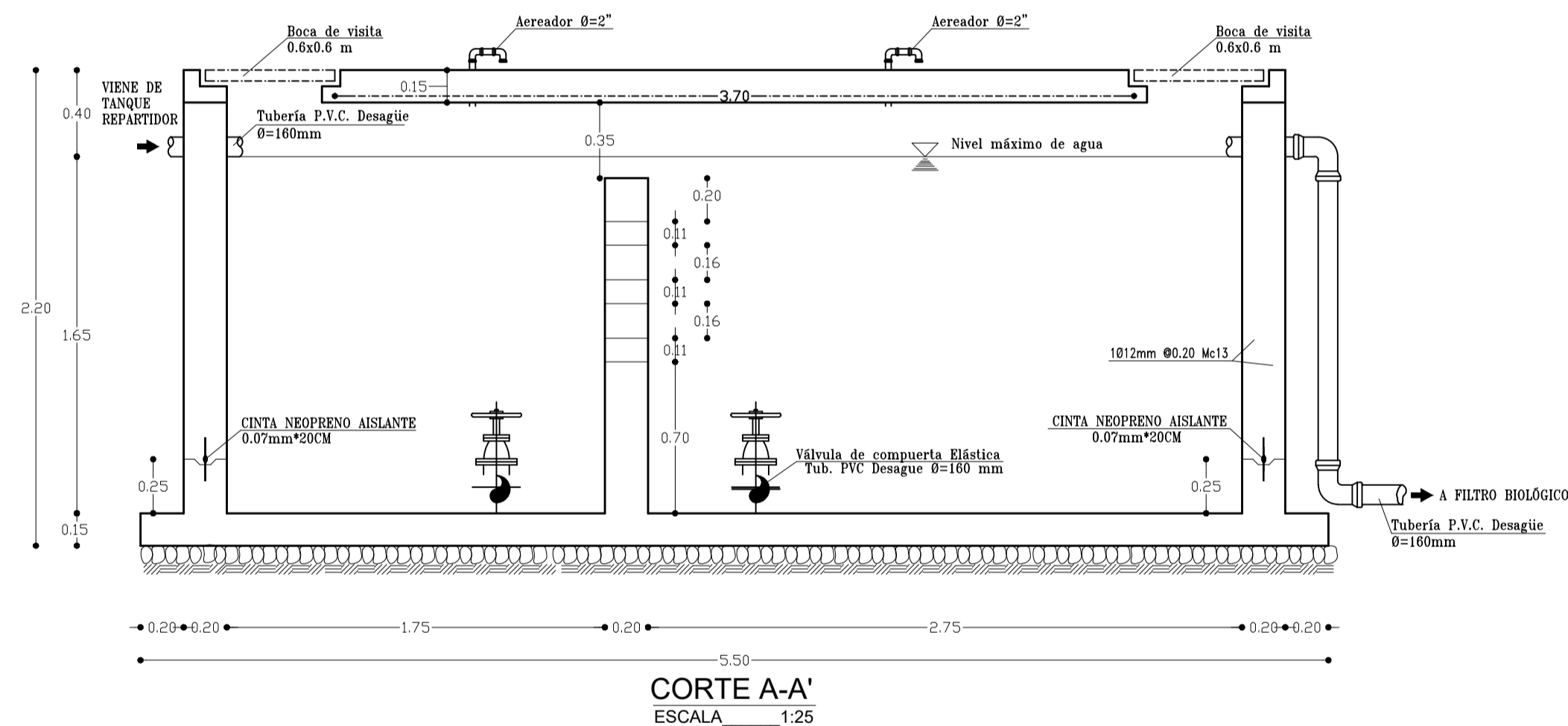
TANQUE REPARTIDOR + CRIBA



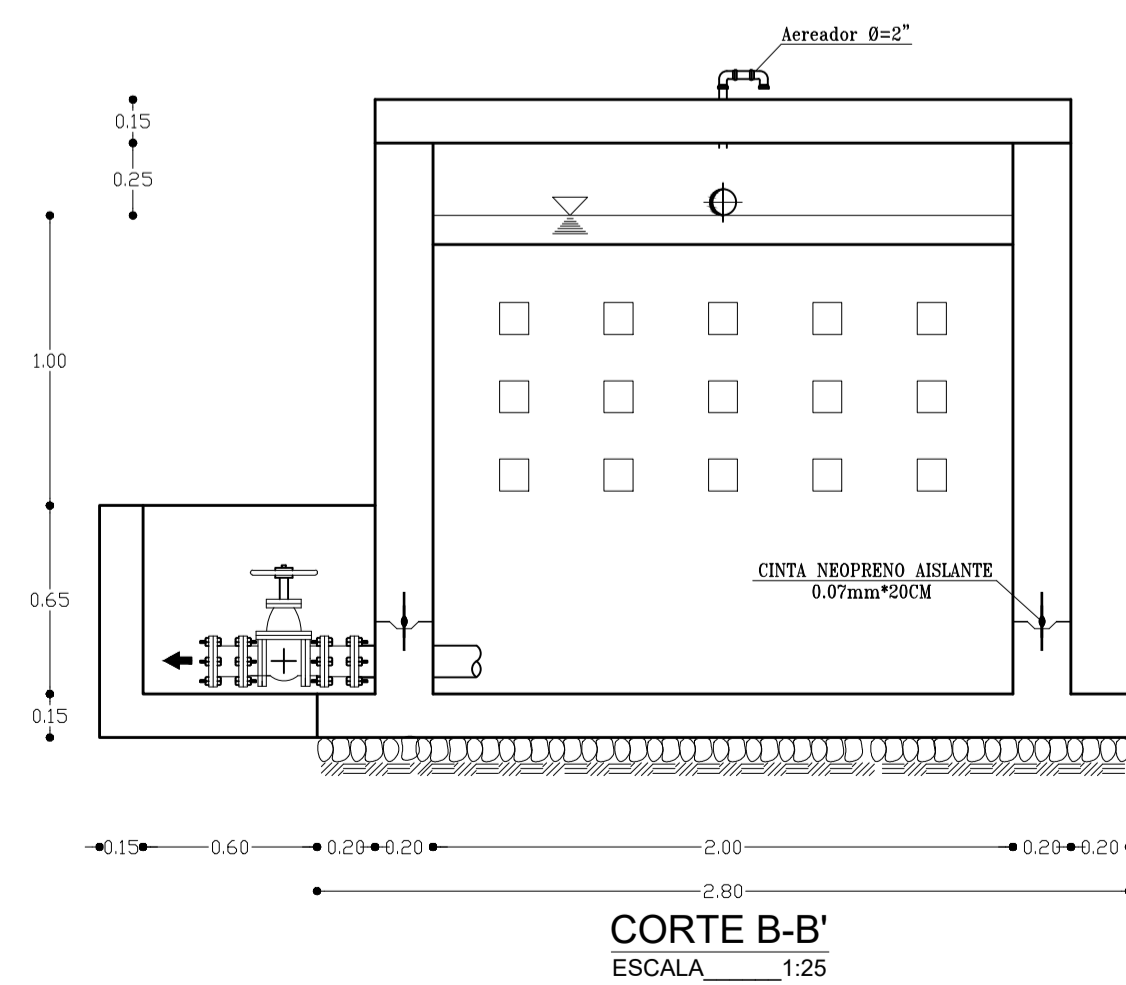
FOSAS SÉPTICAS 1 Y 2



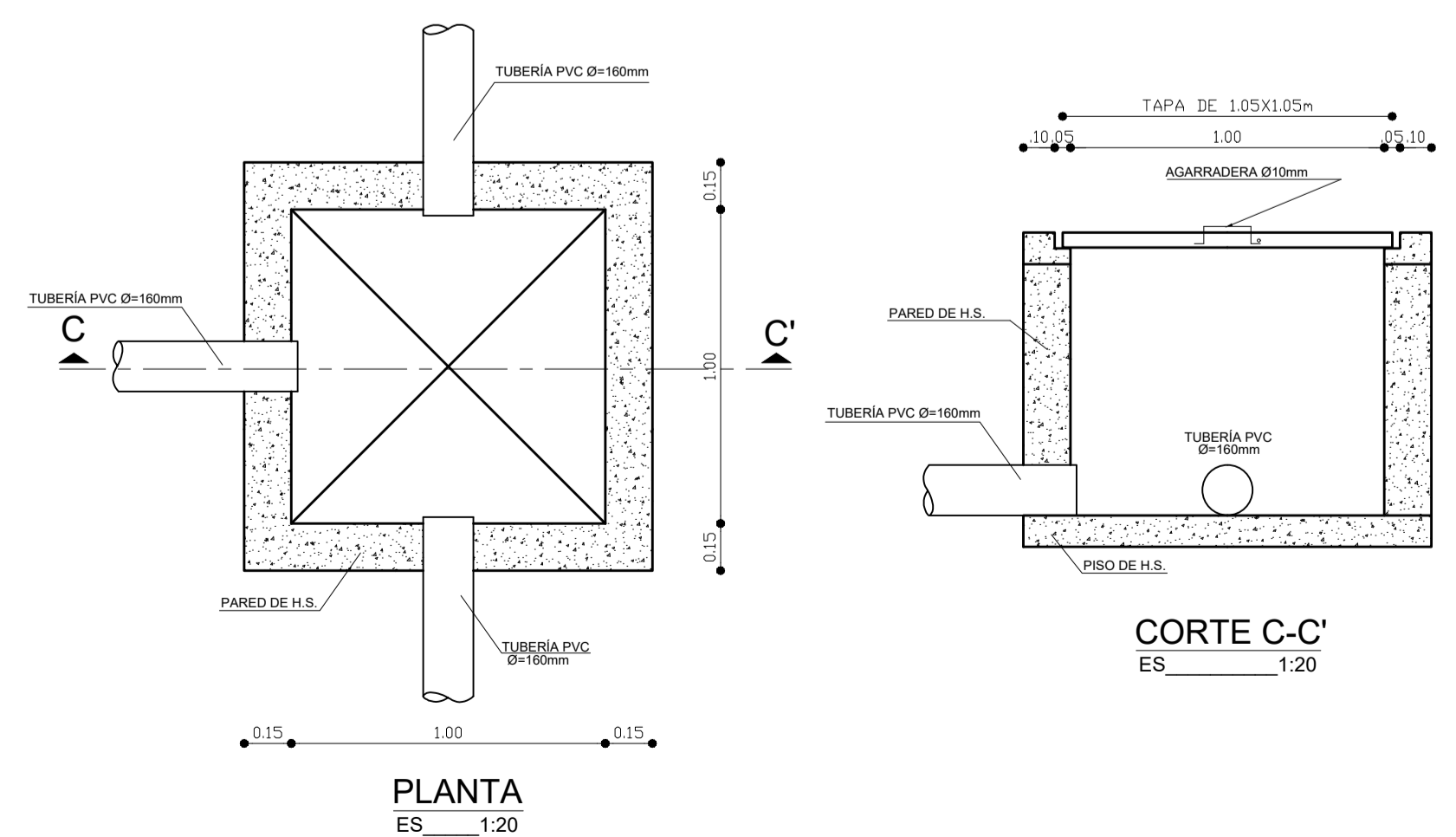
FOSAS SÉPTICAS 1 Y 2



FOSAS SÉPTICAS 1 Y 2

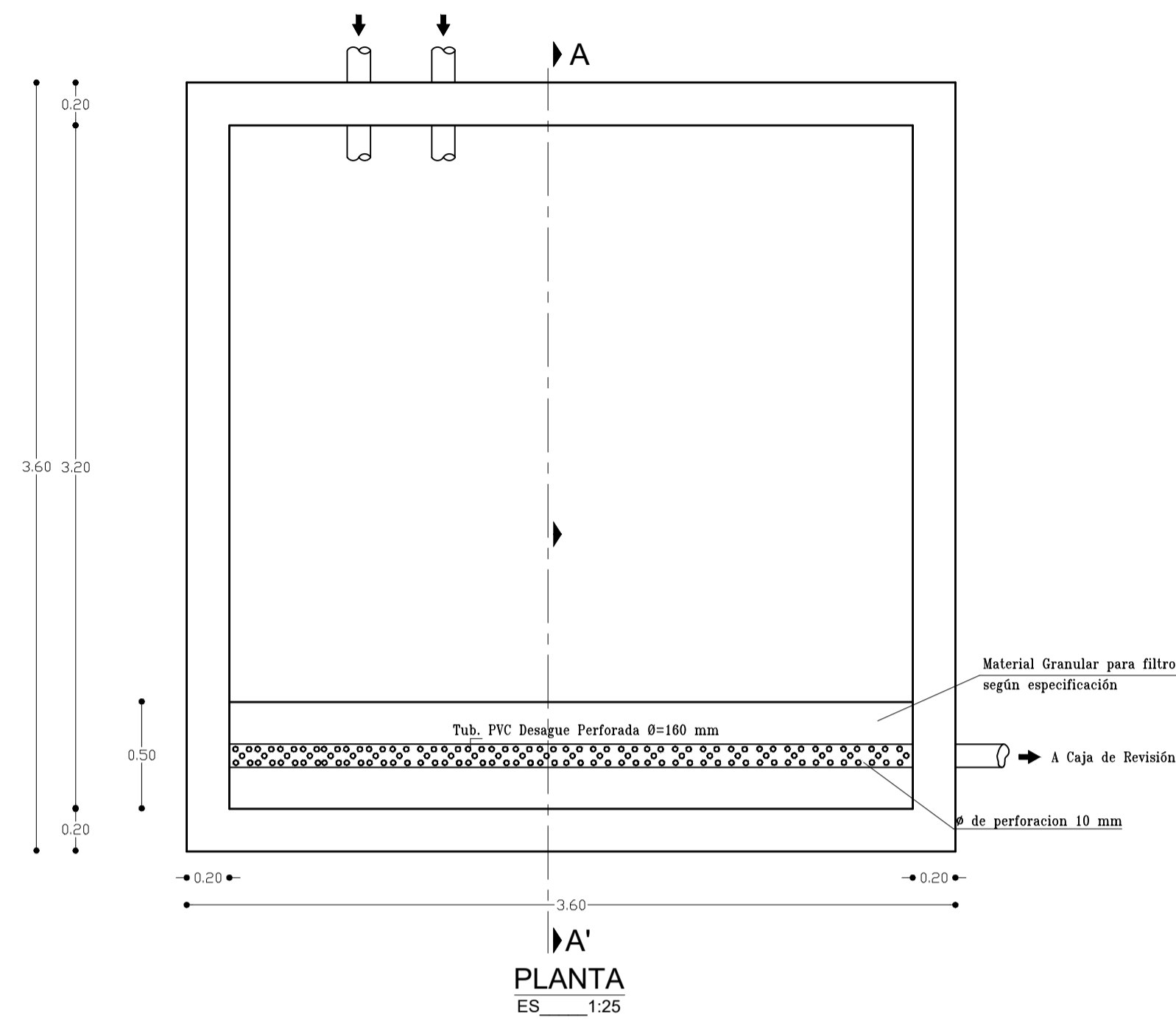


CAJÓN REPARTIDOR DE CAUDAL



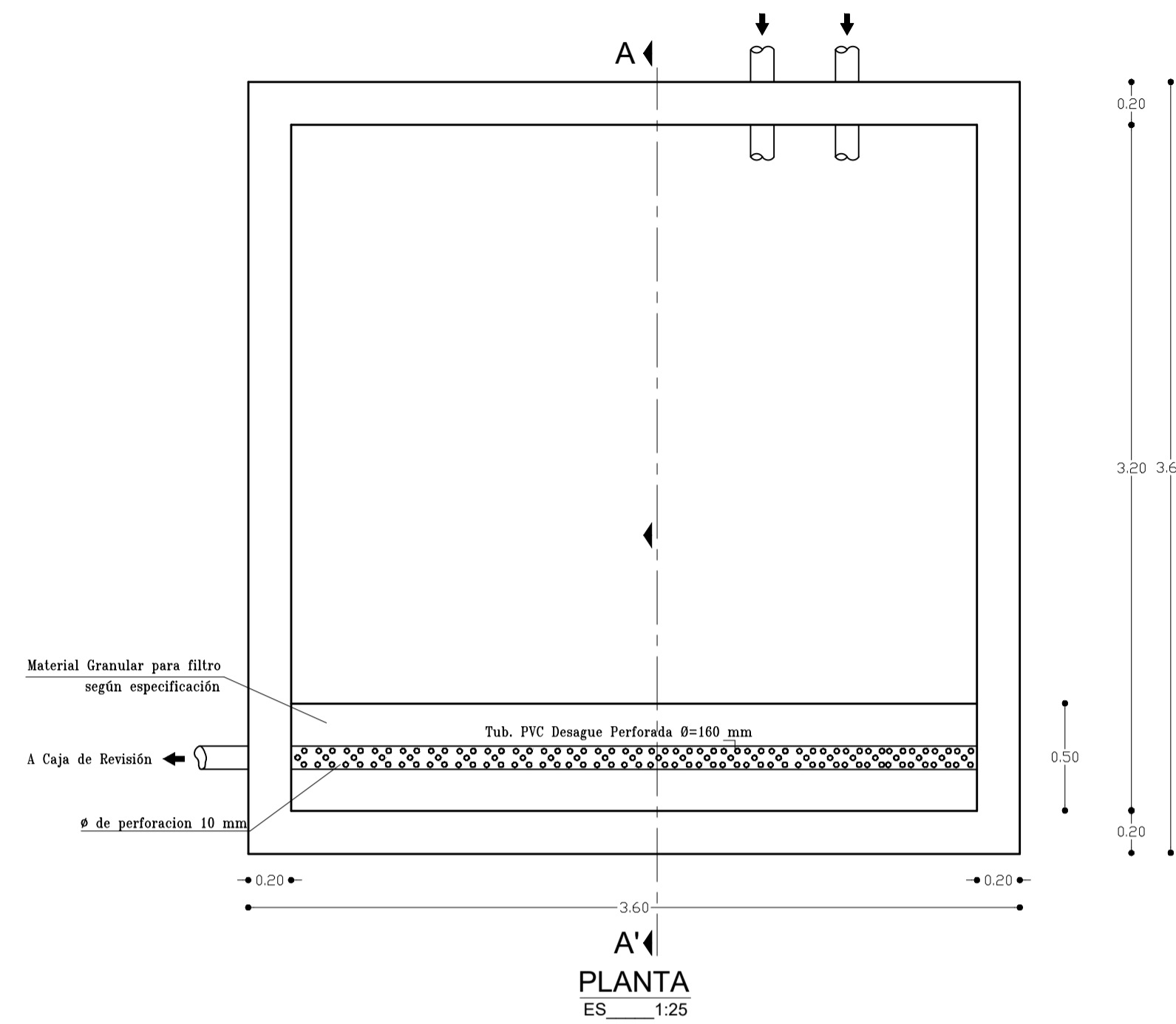
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
PROYECTO:	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR CARDO SANTO	ESCALA: INDICADAS
UBICACIÓN:	SECTOR CARDO SANTO, PARROQUIA SAN ANDRÉS CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO-TUNGURAHUA	FECHA: MARZO/2023
CONTIENE:	- LECHO DE SECADO DE LODOS - FOSA SÉPTICA	- CAJA DE REVISIÓN - CAJA REPARTIDOR CAUDAL
DIBUJADO POR:	OSCAR VINICIO ORTEGA LIQUINCHANO	REVISADO POR: ING. MG. FABIAN RODRIGO MORALES FIALLOS
		PLANO: 4/7

LECHO DE SECADO DE LODOS 1



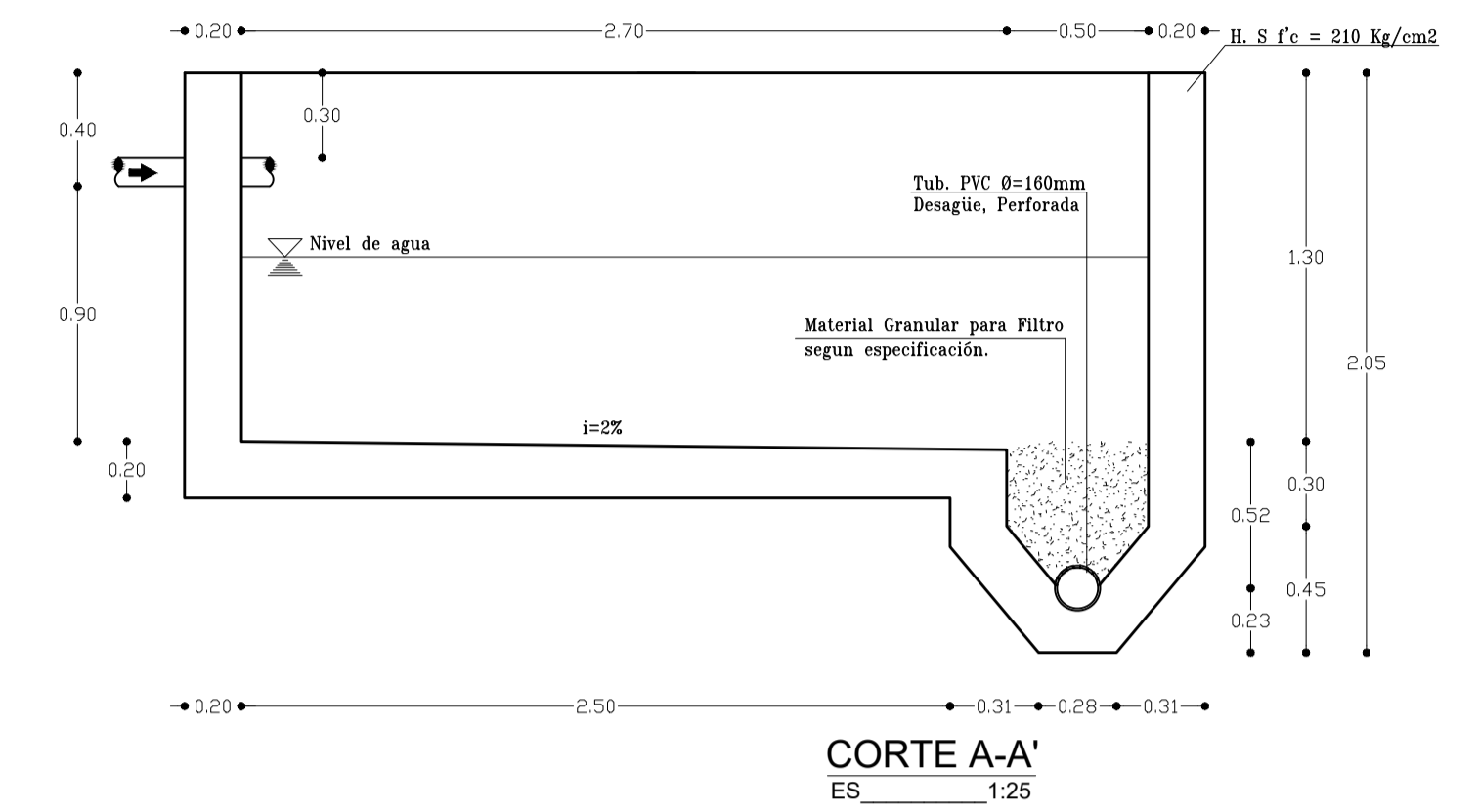
PLANTA
ES 1:25

LECHO DE SECADO DE LODOS 2



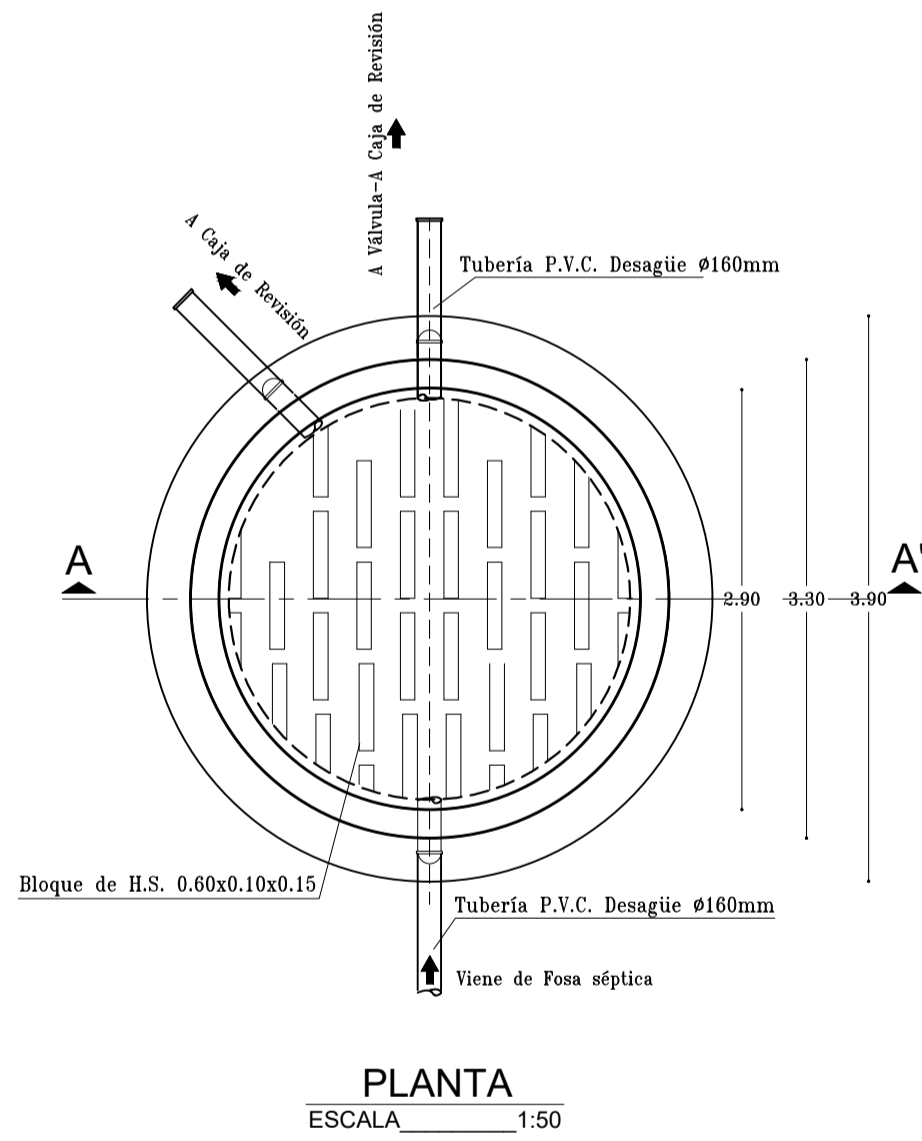
PLANTA
ES 1:25

LECHO DE SECADO DE LODOS 1 Y 2

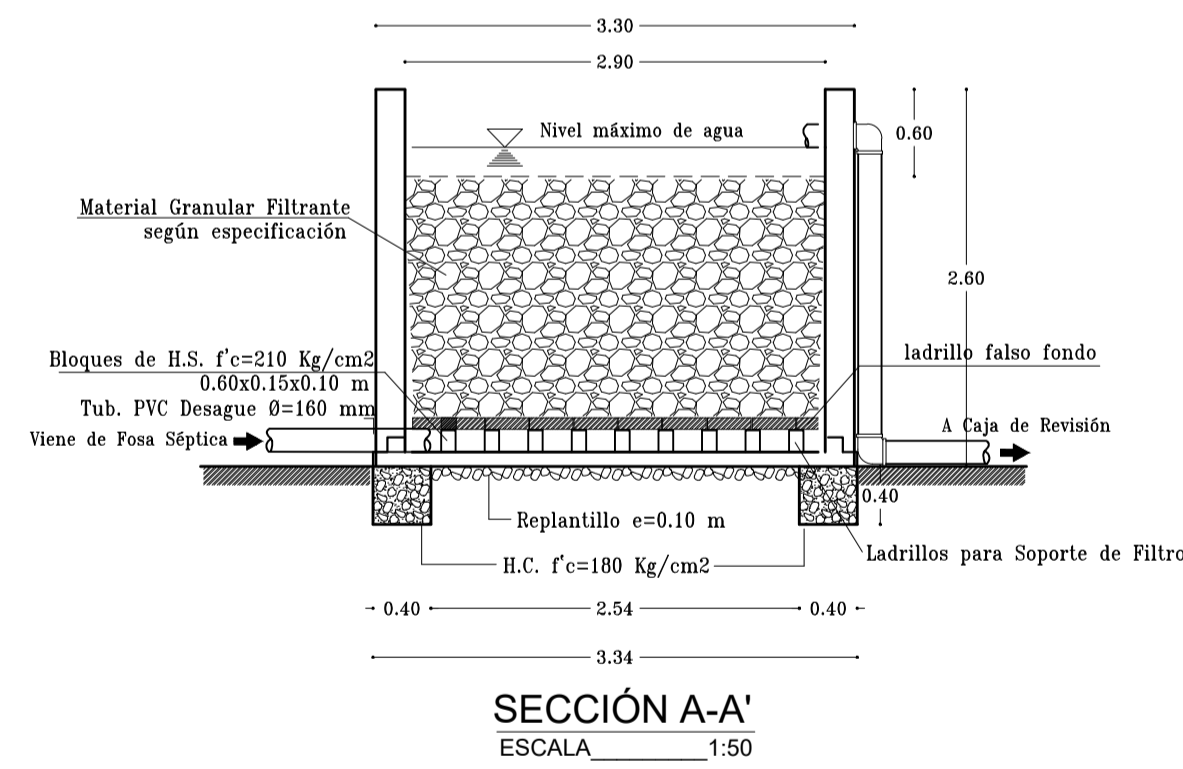


CORTE A-A'
ES 1:25

FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE 1

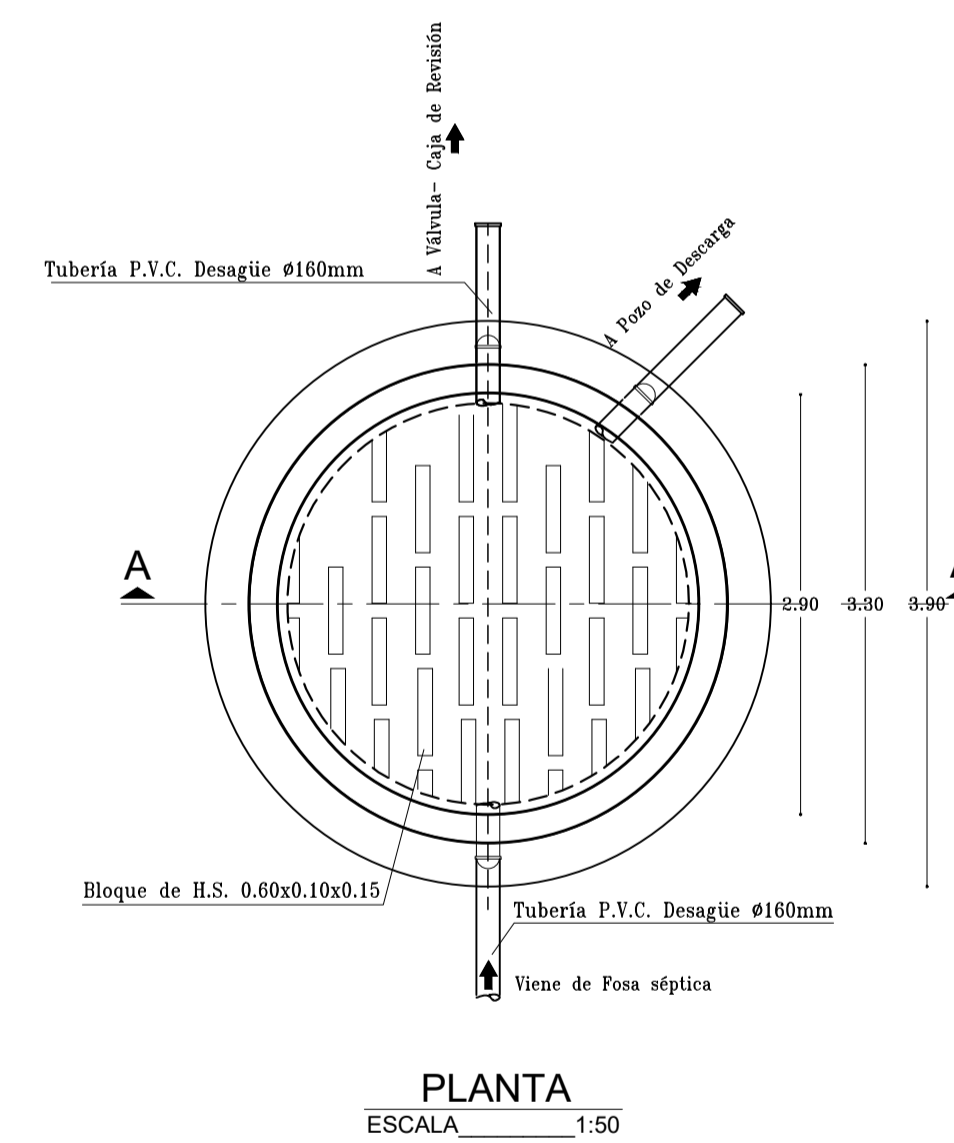


PLANTA
ESCALA 1:50

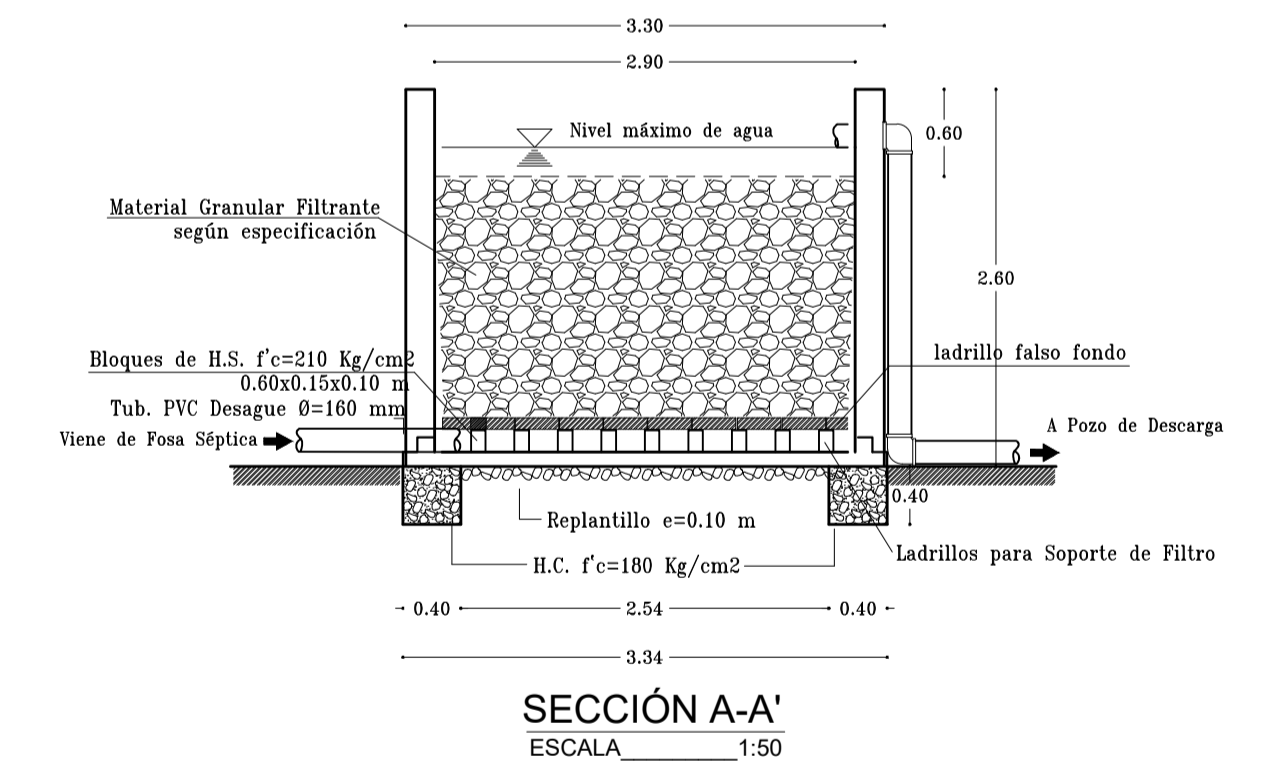


SECCIÓN A-A'
ESCALA 1:50

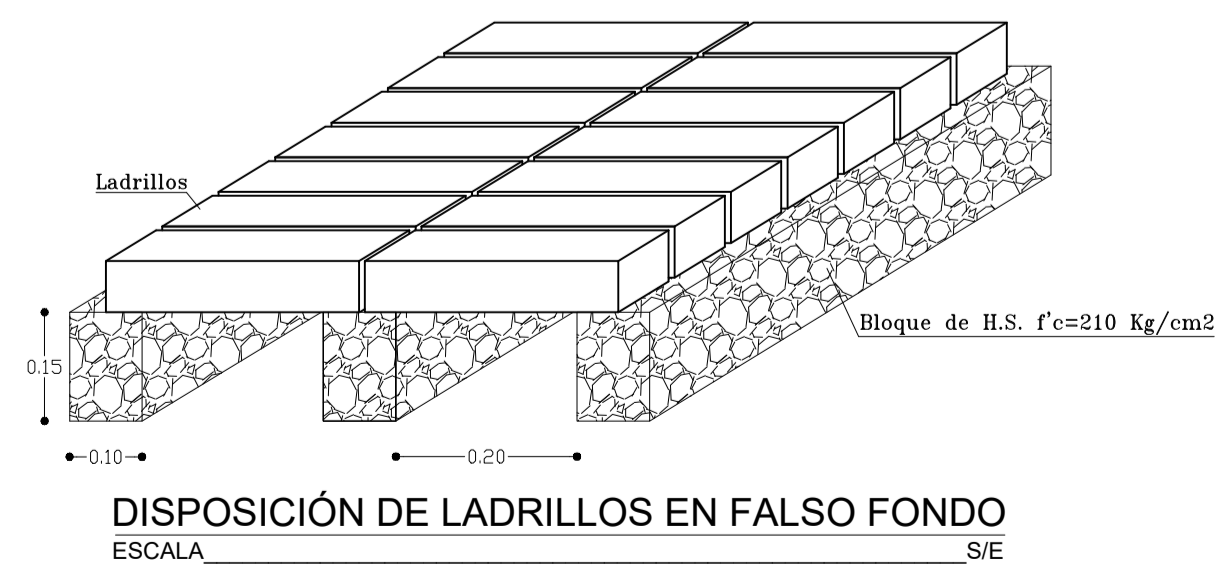
FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE 2



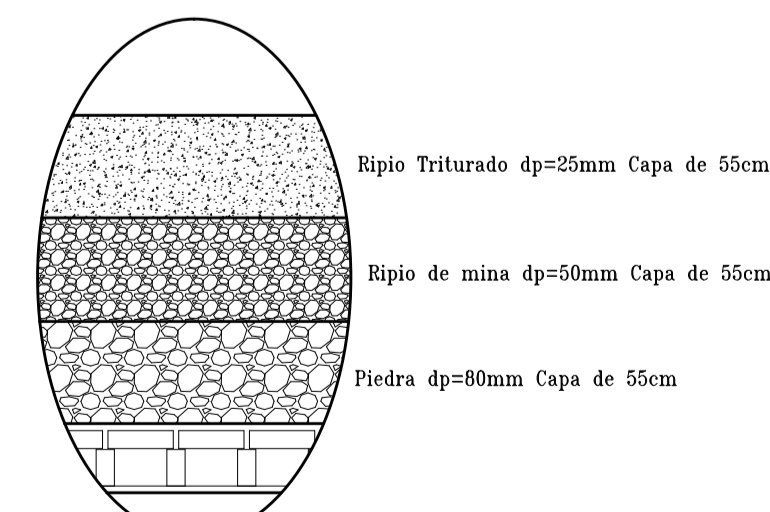
PLANTA
ESCALA 1:50



SECCIÓN A-A'
ESCALA 1:50





DISPOSICIÓN DE LADRILLOS EN FALSO FONDO
ESCALA S/E

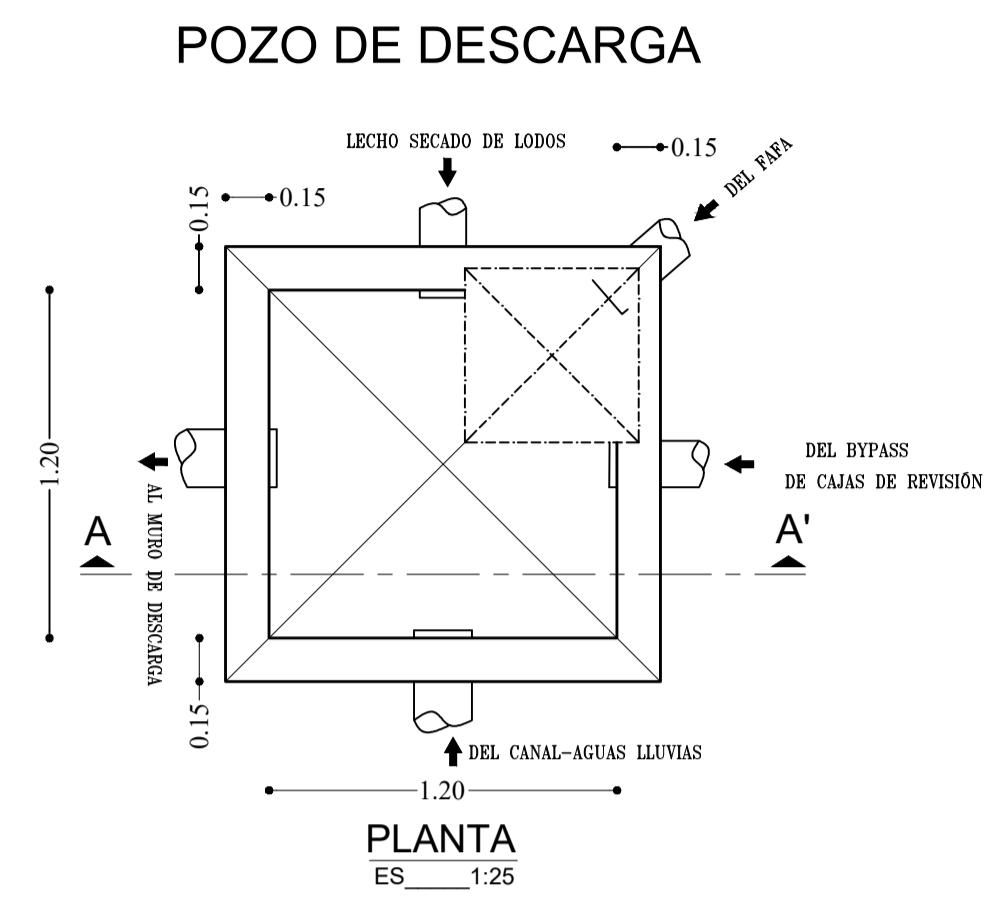


DETALLE 1 GENERAL

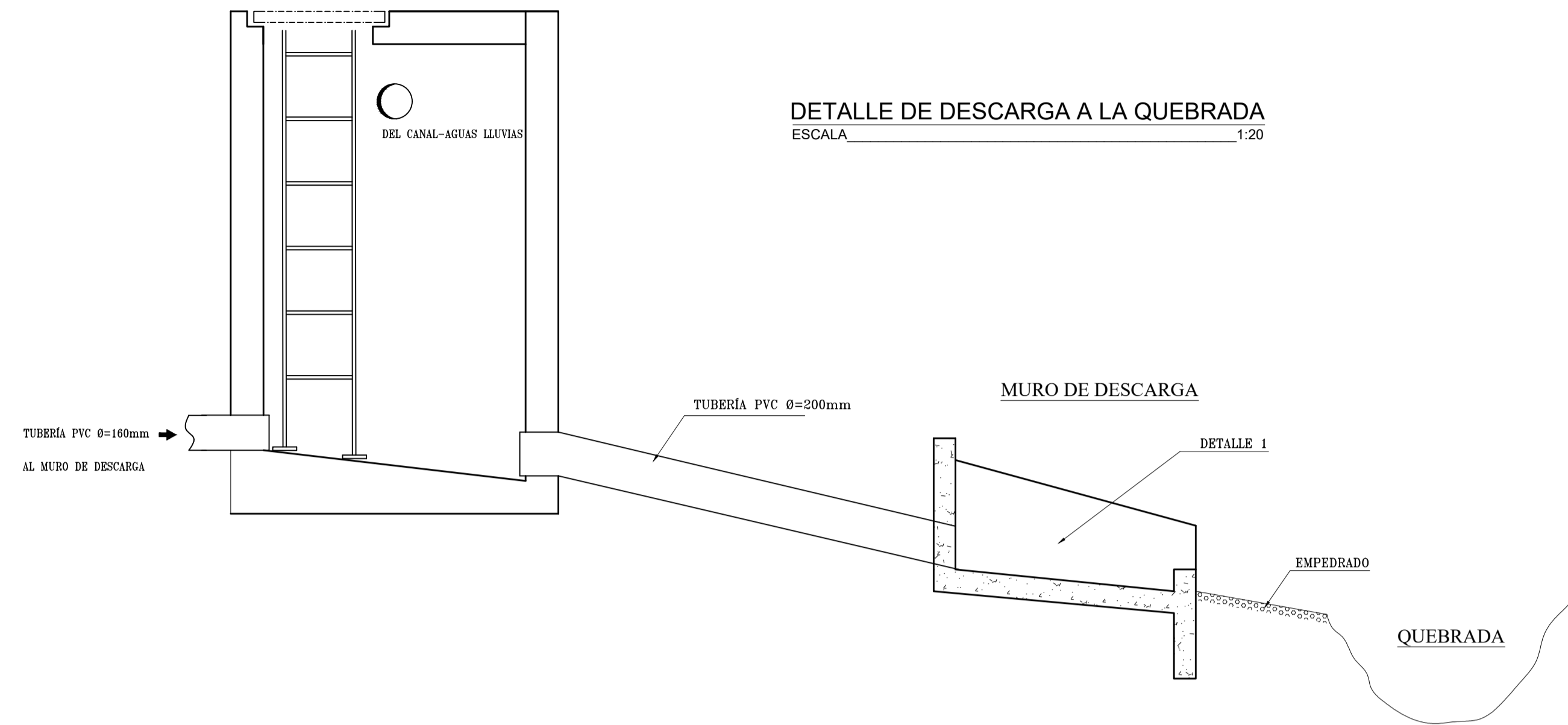
- Los pétreos serán limpios de tierras, arenas, material orgánico y/o basuras.
- Piedra dp=80mm: sus diámetros pueden variar desde 100mm a 60mm.
- Ripio de mina dp=50mm: su diámetro puede variar desde 60mm a 30mm.
- Ripio triturado dp=25mm: su diámetro puede variar desde 30mm a 15mm.
- Para lograr esta granulometría se tendrá que tamizar los materiales y desechar los que no estén dentro de los rangos.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR CARDO SANTO	ESCALA: INDICADAS	
UBICACIÓN: SECTOR CARDO SANTO, PARROQUIA SAN ANDRÉS CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO-TUNGURAHUA	FECHA: MARZO/2023	
CONTIENE: - LECHO DE SECADO DE LODOS - FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE FAFA		
DIBUJADO POR: OSCAR VINICIO ORTEGA LIQUINCHANO	REVISADO POR: ING. MG. FABIAN RODRIGO MORALES FIALLOS	PLANO: 5/7

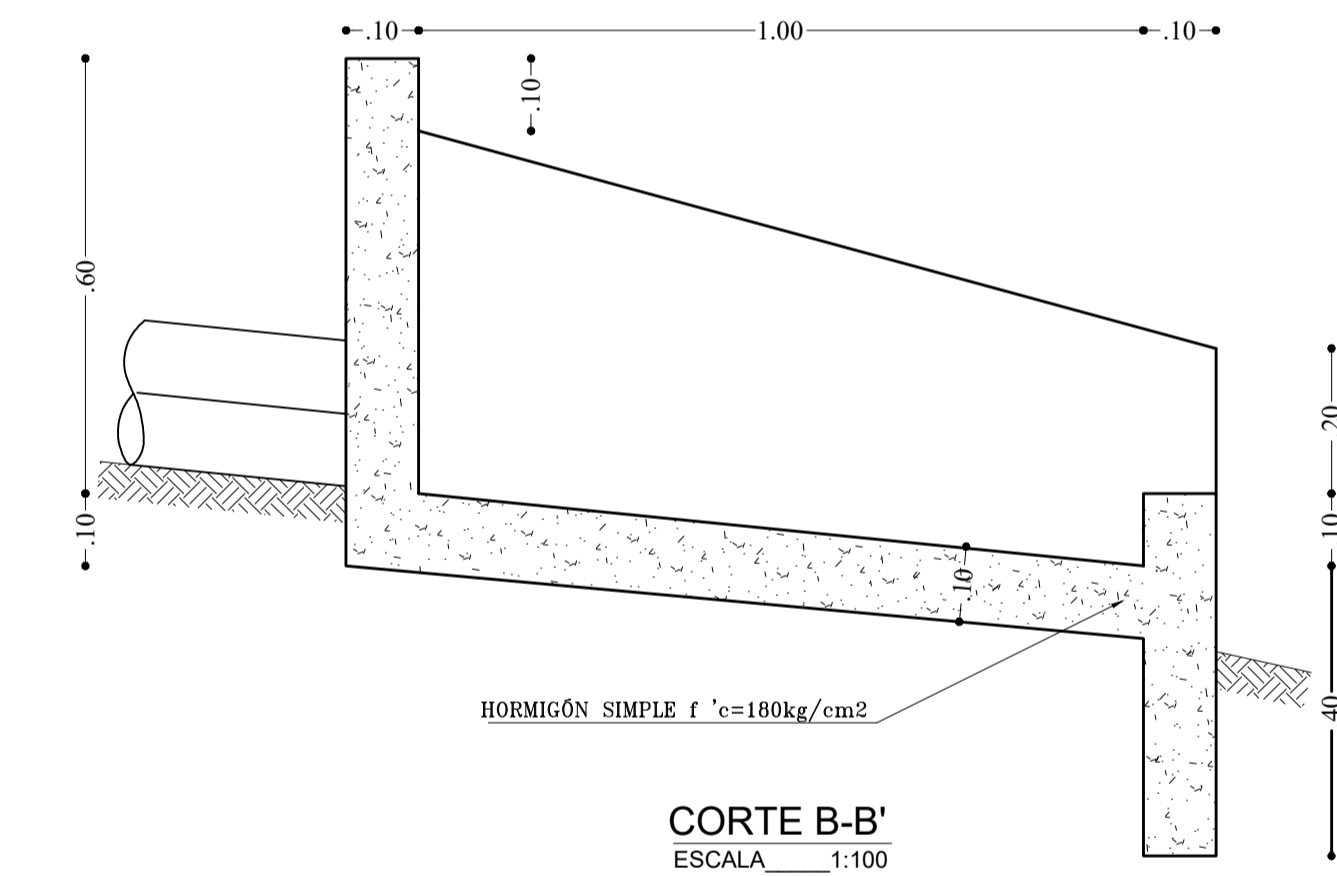
POZO DE DESCARGA



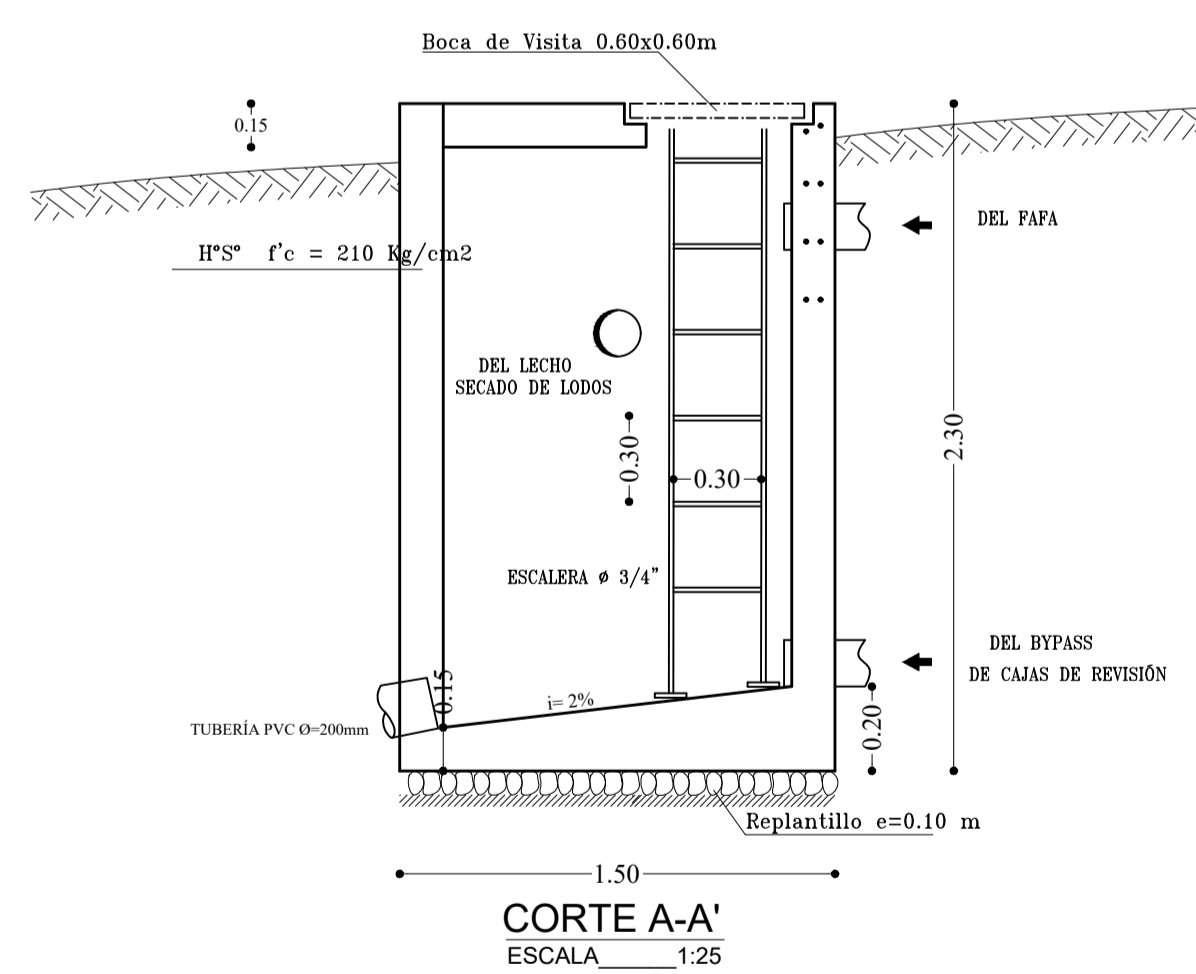
DETALLE DE DESCARGA A LA QUEBRADA
ESCALA 1:20



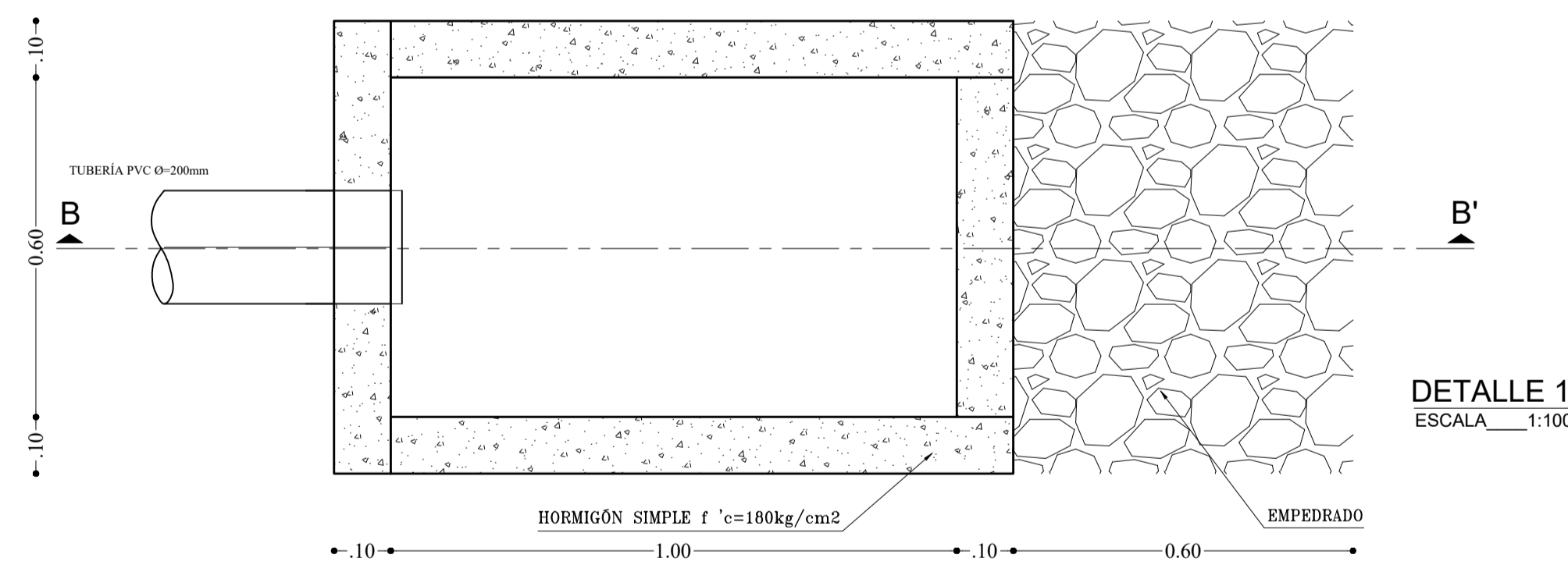
MURO DE DESCARGA SANITARIO





POZO DE DESCARGA



MURO DE DESCARGA SANITARIO

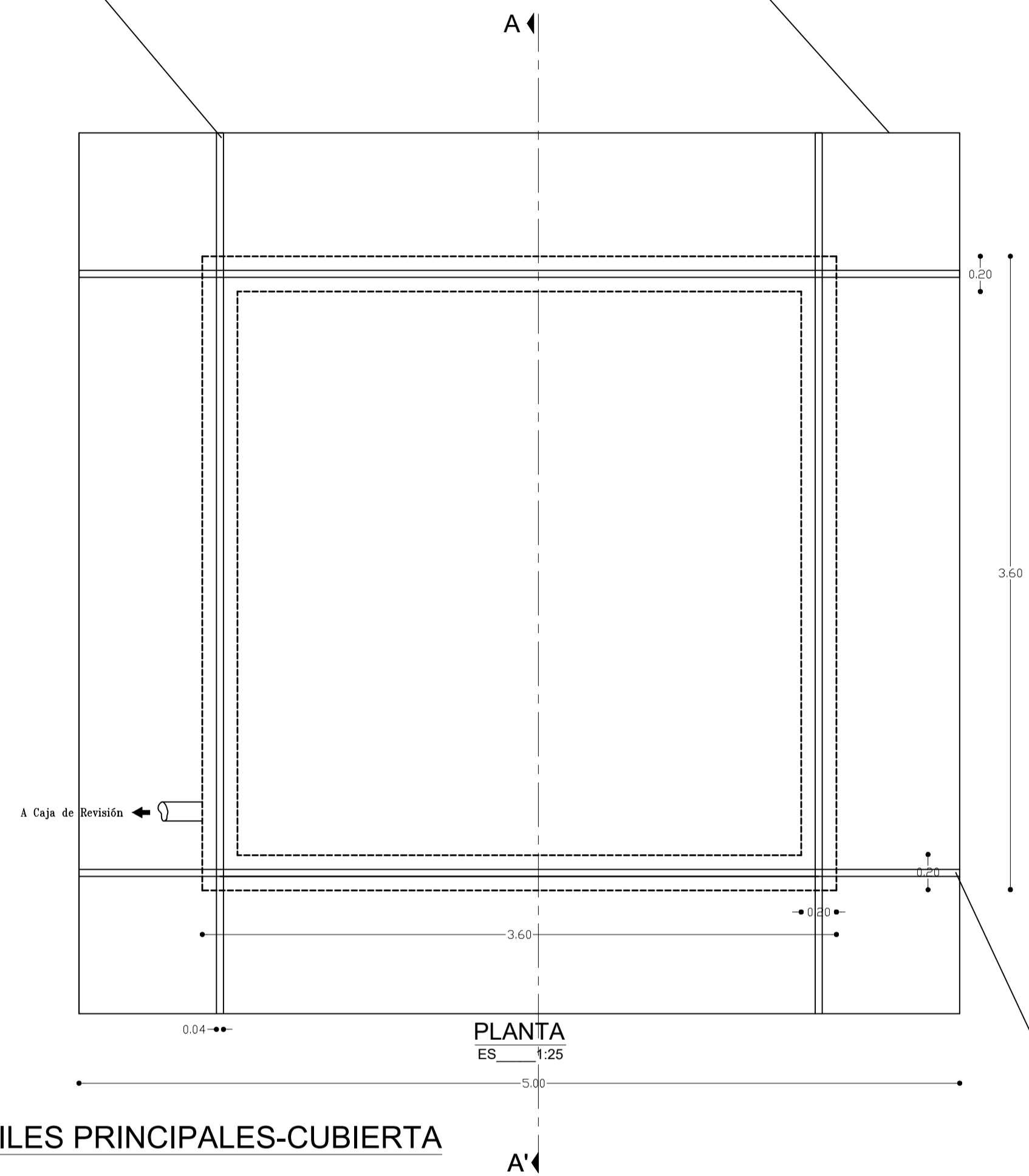


 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR CARDO SANTO	ESCALA: INDICADAS	
UBICACIÓN: SECTOR CARDO SANTO, PARROQUIA SAN ANDRÉS CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO-TUNGURAHUA	FECHA: MARZO/2023	
CONTIENE: -POZO DE DESCARGA -MURO DE DESCARGA		
DIBUJADO POR: OSCAR VINICIO ORTEGA LIQUINCHANO	REVISADO POR: ING. MG. FABIAN RODRIGO MORALES FIALLOS	PLANO: 6/7

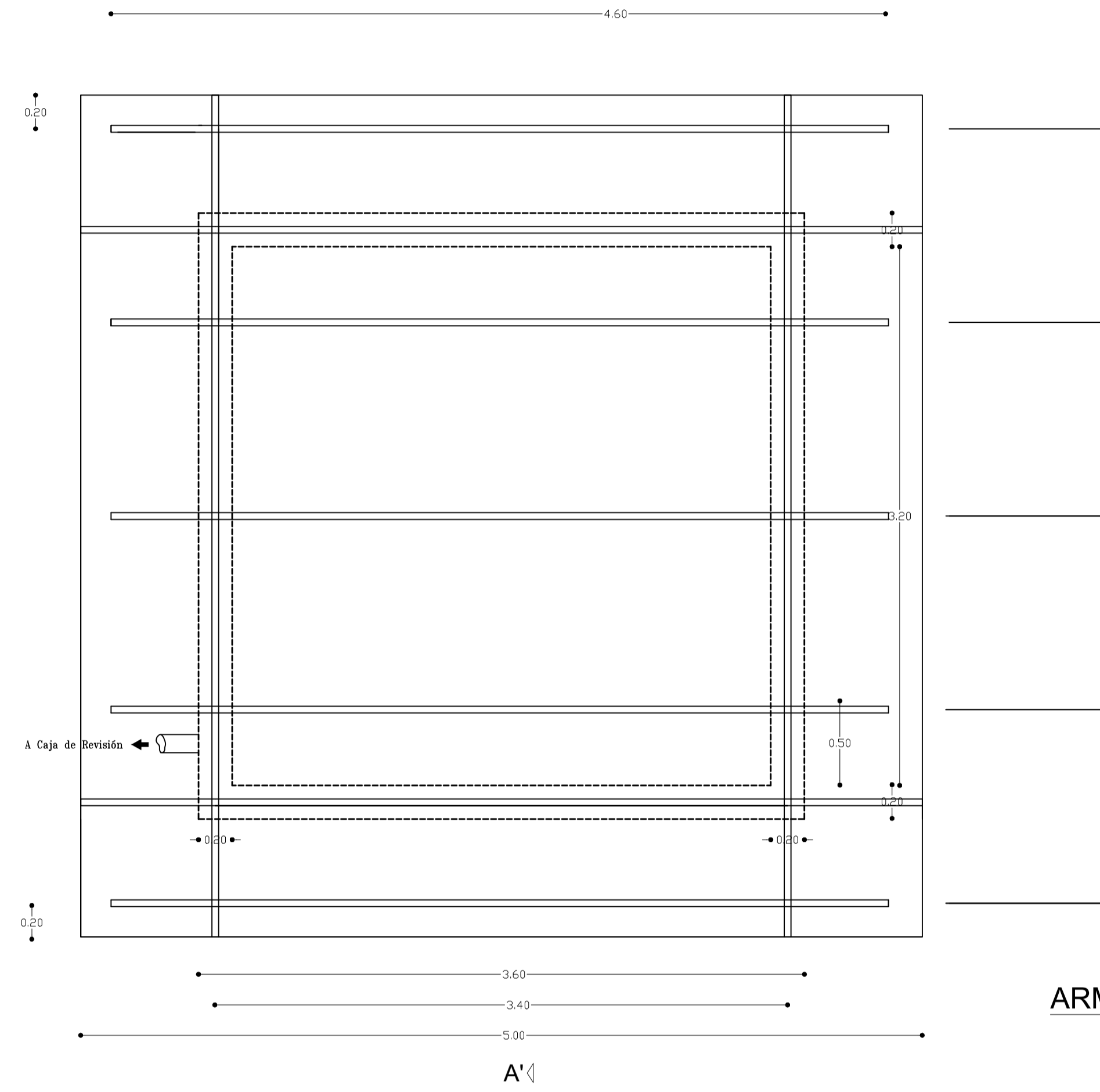
CUBIERTA LECHO SECADO DE LODOS

Perfil Rectangular 80x40x3mm

Cubierta traslúcida e = 0.30 mm

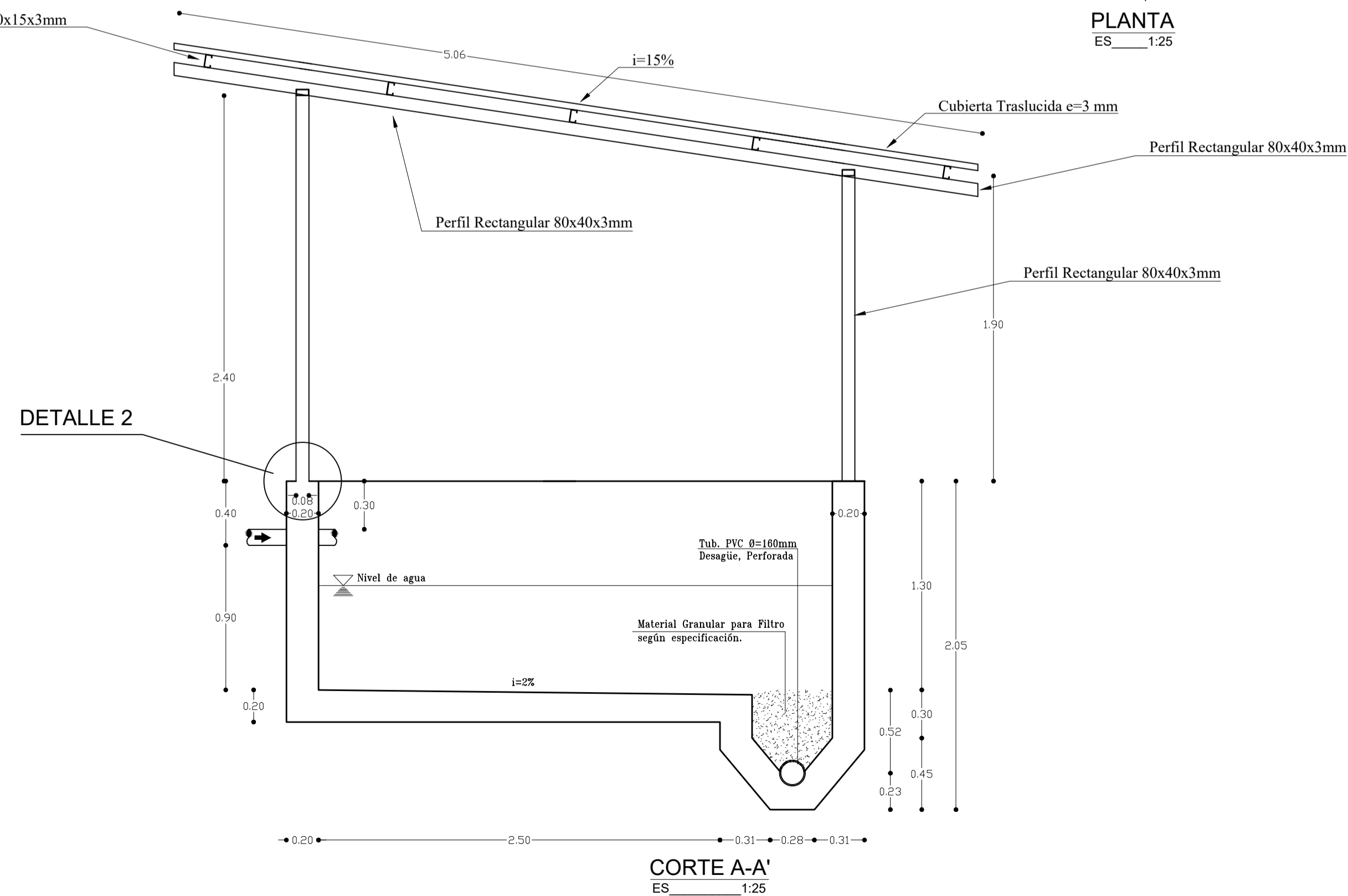


ARMADO PERFILES PRINCIPALES-CUBIERTA



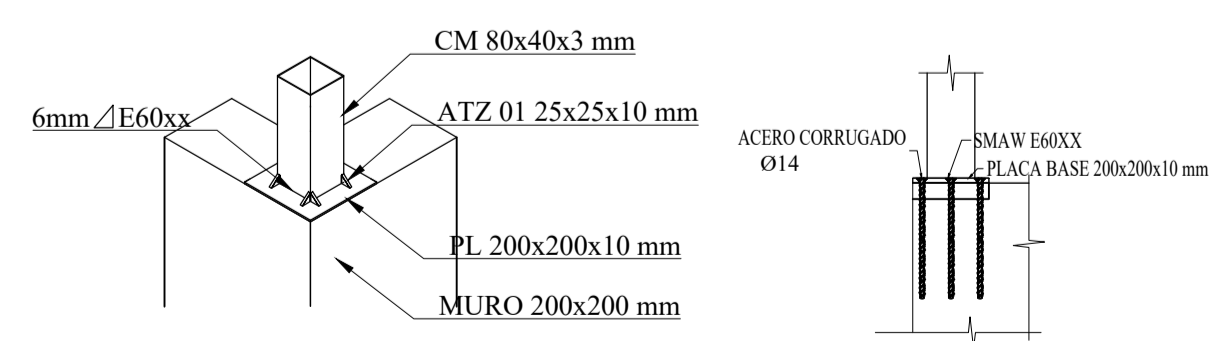
ARMADO PERFILES SECUNDARIOS-CUBIERTA

Correa Tipo G 80X40X15X3mm @1.15m



CORTE A-A'

DETALLE 2



DETALLE DE UNIÓN COLUMNAS SIN ESCALA

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR CARDO SANTO	ESCALA: INDICADAS	
UBICACIÓN: SECTOR CARDO SANTO, PARROQUIA SAN ANDRÉS CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO-TUNGURAHUA	FECHA: MARZO 2023	
CONTIENE: -DETALLE DE LA CUBIERTA EN EL LECHO DE SECADO DE LODOS		
DIBUJADO POR: OSCAR VINICIO ORTEGA LIQUINCHANO	REVISADO POR: ING. MG. FABIAN RODRIGO MORALES FIALLOS	PLANO: 7/7