UNIVERSIDAD DE HUANUCO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL

TESIS

“Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales con implementación de sistema de impulsión en el distrito de Ripán – Dos de Mayo - Huánuco”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Capcha Requelme, Abner Oswaldo

ASESORA: Cecilio Reyes, Fátima Rosaria

HUÁNUCO – PERÚ

2026

U

D

H

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional( )
- Trabajo de Investigación ( )
- Trabajo Académico ( )

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Hidráulica
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)
CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:
Área: Ingeniería, Tecnología
Sub área: Ingeniería civil
Disciplina: Ingeniería civil

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniero Civil
Código del Programa: P07
Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ( )
- Fondos Concursables ( )

DATOS DEL AUTOR:
Documento Nacional de Identidad (DNI): 73022106
DATOS DEL ASESOR:
Documento Nacional de Identidad (DNI): 47064856
Grado/Título: Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible
Código ORCID: 0009-0001-5016-5538

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Verastegui Ayala, Yessica Julia	Doctora en ingeniería civil	43962020	0000-0002-4387-5013
2	Malpartida Valderrama, Yenerit Pamela	Grado de magíster en medio ambiente y desarrollo sostenible mención en gestión ambiental	22516875	0000-0003-2705-4300
3	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 09:00 horas del día **martes 15** de setiembre de 2026, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

- DRA. YESSICA JULIA VERASTEGUI AYALA — PRESIDENTE
- MG. YENERIT PAMELA MALPARTIDA VALDERRAMA — SECRETARIO
- MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO — VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 1654-2026-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: **"PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE IMPULSIÓN EN EL DISTRITO DE RIPAN – DOS DE MAYO – HUÁNUCO"**, presentado por el (la) Bachiller. Bach: **Abner Oswaldo CAPCHA REQUELME,** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) ..Aprobado.... por ..Unanimidad.. con el calificativo cuantitativo de ...12.... y cualitativo de ..suficiente... (Art. 47).

Siendo las ..10:00.. horas del día **15 del mes de setiembre** del año 2026, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

DRA. YESSICA JULIA VERASTEGUI AYALA
DNI: 43962020
ORCID: 0000-0002-4387-5013
PRESIDENTE

MG. YENERIT PAMELA MALPARTIDA VALDERRAMA
DNI: 22516875
ORCID: 0000-0003-2705-4300
SECRETARIO (A)

MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO
DNI: 41891649
ORCID: 0000-0001-8392-1769
VOCAL

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: **ABNER OSWALDO CAPCHA REQUELME**, de la investigación titulada "**PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE IMPULSIÓN EN EL DISTRITO DE RIPÁN - DOS DE MAYO - HUÁNUCO**", con asesor(a): **FATIMA ROSARIA CECILIO REYES**, designado(a) mediante documento: **RESOLUCIÓN N° 1262-2024-D-FI-UDH** del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del **10 %** verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 12 de junio de 2026

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
RESPONSABLE DE TURNITIN
HUÁNUCO - PERÚ

MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

Nota: La presente constancia tendrá una **vigencia de cuatro (4) meses**, conforme a lo establecido en la **Directiva del Software de Identificación de Similitud y Originalidad**, aprobada mediante **Resolución N° 532-2024-P-CD-UDH**.

Vencido dicho plazo, el solicitante deberá realizar nuevamente el procedimiento correspondiente para la emisión de una nueva constancia.

Válida hasta el 12 de octubre de 2026.

39. CAPCHA REQUELME Abner Oswaldo.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%	9%	4%	4%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unach.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1%

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
RESPONSABLE DE TURNITIN
HUÁNUCO - PERÚ

MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo, en primer lugar, a Dios, por brindarme la vida, la fortaleza y la sabiduría necesarias para culminar esta etapa importante de mi formación profesional.

A mi madre, por su apoyo incondicional, por su esfuerzo constante y por creer en mí en todo momento. Gracias por acompañarme en este camino, por preocuparte siempre por mi formación, por impulsarme a seguir adelante y por haber sido un pilar fundamental en el logro de esta meta.

A mis hermanos, por su apoyo y motivación a lo largo de este proceso, así como por su ayuda en los momentos en que más lo necesité, siendo parte importante en este logro.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más sincero agradecimiento a mi asesor, por su orientación, apoyo y conocimientos brindados durante el desarrollo de la presente investigación.

Asimismo, agradezco a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco, por su formación académica y por contribuir en mi desarrollo profesional.

De igual manera, agradezco a las instituciones y entidades que facilitaron la información y los recursos necesarios para la elaboración de este trabajo.

Finalmente, agradezco a mi familia por su apoyo constante y motivación a lo largo de este proceso.

ÍNDICE

DEDICATORIA II

AGRADECIMIENTOS III

ÍNDICE IV

ÍNDICE DE TABLAS VIII

ÍNDICE DE FIGURAS IX

RESUMEN X

ABSTRACT XI

INTRODUCCIÓN XII

CAPÍTULO I 14

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 14

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 14

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 16

1.2.1. PROBLEMA GENERAL 16

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS 16

1.3. OBJETIVO GENERAL 16

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 16

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 17

1.5.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA 17

1.5.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA 17

1.5.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA 17

1.5.4. JUSTIFICACIÓN SOCIAL 18

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN 18

1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN 19

1.7.1. VIABILIDAD TÉCNICA 19

1.7.2. VIABILIDAD ECONÓMICA 20

CAPÍTULO II 21

MARCO TEÓRICO 21

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 21
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES 21
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES 22
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES 24
2.2. BASES TEÓRICAS 27
2.2.1. DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL 27
2.2.2. PLANTA DE TRATAMIENTO 27
2.2.3. ESTUDIO TOPOGRÁFICO 30
2.2.4. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS 33
2.2.5. ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA 35
2.2.6. COMPONENTES ESTRUCTURALES PTAR 38
2.2.7. AGUAS RESIDUALES 43
2.2.8. SISTEMA DE IMPULSIÓN POR BOMBEO 44
2.2.9. CAUDAL DE DISEÑO 45
2.2.10. ALTURA MANOMÉTRICA 46
2.2.11. PÉRDIDA DE CARGA 46
2.2.12. DIÁMETRO DE TUBERÍA 47
2.2.13. VELOCIDAD DE FLUJO 47
2.2.14. VOLUMEN ÚTIL 47
2.2.15. PRESIÓN MÁXIMA 48
2.2.16. MÓDULO DE ELASTICIDAD 48
2.2.17. ESPESOR DE PARED DE TUBERÍA 49
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES 49
2.4. HIPÓTESIS 51
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL 51
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS 51
2.5. VARIABLES 51
2.5.1. VARIABLES DEPENDIENTES 51

2.5.2. VARIABLES INDEPENDIENTES 51
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES 52
CAPÍTULO III 54
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 54
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN 54
3.1.1. ENFOQUE 54
3.1.2. ALCANCE O NIVEL 55
3.1.3. DISEÑO 55
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA 55
3.2.1. POBLACIÓN 55
3.2.2. MUESTRA 56
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS. 56
3.3.1. TÉCNICAS 56
3.3.2. INSTRUMENTOS 57
3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN. 57
3.4.1. PROCESAMIENTO 57
3.4.2. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN 58
CAPÍTULO IV 59
RESULTADOS 59
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS 59
4.1.1. PARÁMETROS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE IMPULSIÓN POR BOMBEO PARA LA PROPUESTA HIDRÁULICA DE LA PTAR.. 59
4.1.2. ESTUDIOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO INTEGRAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES 89
4.1.3. IDENTIFICACIÓN DE NIVELES DE CONTAMINACIÓN E IMPACTO AMBIENTAL 93
4.2. VERIFICACIÓN TÉCNICA DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO 97
CAPÍTULO V 99

DISCUSIÓN DE RESULTADOS 99
CONCLUSIONES 103
RECOMENDACIONES 105
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 107
ANEXOS 115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *LMP de efluentes en PTAR* 37
Tabla 2 *Módulo de elasticidad de materiales* 48
Tabla 3 *Operacionalización de la VD.* 52
Tabla 4 *Operacionalización de la VI.* 53
Tabla 5 *Datos de diseño de cámara de rejas* 60
Tabla 6 *Parámetros de diseño de cámara de rejas* 61
Tabla 7 *Criterios de diseño de cámara de rejas* 62
Tabla 8 *Parámetros de diseño - desarenador* 64
Tabla 9 *Parámetros de diseño - desarenador* 65
Tabla 10 *Parámetros de diseño – tanque imhoff* 68
Tabla 11 *Parámetros de diseño – tanque imhoff* 69
Tabla 12 *Parámetros de diseño – lecho de secado* 70
Tabla 13 *Parámetros de diseño – cámara de cloro* 72
Tabla 14 *Parámetros de diseño – filtro biológico* 73
Tabla 15 *Parámetros hidráulicos de pozo de impulsión* 75
Tabla 16 *Parámetros para las bombas sumergibles* 77
Tabla 17 *Parámetros hidráulicos de la cámara de recepción* 78
Tabla 18 *Parámetros de balance de masa inicial* 79
Tabla 19 *Características de suelos analizado* 89
Tabla 20 *Análisis de microbiología de aguas* 91
Tabla 21 *Riesgos e impacto en la salud pública* 96
Tabla 22 *Parámetros de calidad de agua respecto a los ECA* 102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Proceso general de una PTAR* 30
Figura 2 *Consistencia de suelos* 34
Figura 3 *Diseño de un tanque Imhoff* 40
Figura 4 *Componentes de un filtro percolador* 42
Figura 5 *Componentes de un lecho de secado de arena* 43
Figura 6 *Tipos de aguas residuales* 44
Figura 7 *Cámara de rejas (longitudinal)* 62
Figura 8 *Cámara de rejas (transversal)* 63
Figura 9 *Desarenador (longitudinal)* 66
Figura 10 *Desarenador (transversal)* 67
Figura 11 *Corte estructural – cámara de rejas* 81
Figura 12 *Corte estructural - desarenador* 82
Figura 13 *Corte transversal - desarenador* 83
Figura 14 *Corte estructural – pozo de impulsión* 85
Figura 15 *Corte estructural – cámara de recepción* 88

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como fin determinar de qué manera la implementación de un sistema de impulsión condiciona el diseño de una PTAR, la problemática identificada se relaciona con la inexistencia de infraestructura de tratamiento y las limitaciones topográficas del terreno, las cuales dificultan el transporte adecuado de las aguas residuales hacia las unidades de tratamiento.

La metodología empleada correspondió a una investigación de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, nivel explicativo y diseño no experimental, para el desarrollo del análisis se realizaron análisis de calidad del agua, levantamiento topográfico, permitiendo definir los parámetros técnicos necesarios para el diseño hidráulico y de impulsión proyectado.

Entre los principales resultados se determinó un rango de caudales entre 0.385 y 1.540 L/s, una altura manométrica de 5.82 m y pérdidas de carga de 0.34 m en la línea de impulsión, asimismo, el estudio geotécnico identificó un suelo tipo GC con capacidad admisible de 1.83 kg/cm², favorable para la cimentación de las estructuras proyectadas, del mismo modo, se diseñaron unidades de tratamiento conformadas por desarenador, tanque Imhoff, filtros biológicos, cámara de cloro, integradas mediante un sistema de impulsión conformado por dos bombas sumergibles de operación alternada, garantizando la continuidad hidráulica del proceso.

Se concluye que la implementación del sistema de impulsión condiciona directamente el diseño hidráulico de la PTAR, debido a las diferencias topográficas del terreno, asimismo, el diseño propuesto permitirá mejorar el tratamiento de las aguas residuales en el distrito de Ripán.

Palabras clave: PTAR, sistema de impulsión, diseño hidráulico, aguas residuales, diseño estructural.

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine how the implementation of a pumping system influences the design of a wastewater treatment plant (WWTP). The identified problem relates to the lack of treatment infrastructure and the topographical limitations of the terrain, which hinder the proper transport of wastewater to the treatment units.

The methodology employed was applied research with a quantitative approach, an explanatory level, and a non-experimental design. The analysis included water quality analysis and a topographic survey, allowing for the definition of the necessary technical parameters for the projected hydraulic and pumping system design.

Among the main results, a flow rate range between 0.385 and 1.540 L/s, a manometric head of 5.82 m, and head losses of 0.34 m in the pumping line were determined. Furthermore, the geotechnical study identified a GC-type soil with an allowable bearing capacity of 1.83 kg/cm², favorable for the foundation of the planned structures. Similarly, treatment units were designed, consisting of a grit chamber, Imhoff tank, biological filters, and a chlorination chamber, integrated by a pumping system comprised of two submersible pumps operating alternately, thus ensuring the hydraulic continuity of the process.

It is concluded that the implementation of the pumping system directly influences the hydraulic design of the wastewater treatment plant (WWTP) due to the topographical variations of the terrain. Moreover, the proposed design will improve wastewater treatment in the Ripán district.

Keywords: WWTP, pumping system, hydraulic design, wastewater, structural design.

INTRODUCCIÓN

La gestión de las aguas residuales constituye uno de los problemas dentro de la ingeniería sanitaria, debido a los impactos que ocasiona sobre la salud pública y la calidad, en muchas localidades rurales y semiurbanas del Perú, la carencia de infraestructura para el tratamiento ocasiona la descarga directa de efluentes hacia cuerpos receptores, generando contaminación microbiológica y deterioro progresivo de los ecosistemas acuáticos, en el distrito de Ripán, esta problemática se presenta en las localidades de Shayan y Conoc, afectando las condiciones sanitarias.

Debido a ello, surge la necesidad de realizar una propuesta orientada al diseño de una PTAR que permita mejorar el manejo y tratamiento de las aguas generadas en Ripán, sin embargo, y las limitaciones de excavación detectadas en la zona de análisis dificultan el funcionamiento hidráulico del sistema únicamente por gravedad, en ese contexto, la incorporación de un sistema de impulsión mediante bombas sumergibles se plantea como una alternativa técnica necesaria para garantizar la continuidad hidráulica entre las unidades de tratamiento en el funcionamiento de la PTAR propuesta.

En ese sentido, se tuvo como problema general determinar de qué manera la implementación de un sistema de impulsión condiciona el diseño de una PTAR en el distrito de Ripán, asimismo, el objetivo general estuvo orientado a determinar de qué manera la implementación de un sistema de impulsión condiciona el diseño hidráulico de la PTAR propuesta, considerando las condiciones topográficas, hidráulicas y geotécnicas.

Desde el punto de vista práctico, plantea una alternativa técnica en las localidades de Shayan y Conoc, desde el aspecto teórico, contribuye al conocimiento relacionado con el diseño de PTAR en terrenos con condiciones topográficas desfavorables y sistemas de impulsión aplicados al transporte de aguas residuales, metodológicamente, el análisis se sustenta en la realización de estudio de calidad del agua, levantamiento topográfico y estudios de mecánica de suelos, permitiendo establecer parámetros técnicos, social y ambientalmente, la investigación busca contribuir a la reducción de la contaminación y a la protección de la salud pública en el distrito de Ripán.

Metodológicamente, el proyecto corresponde a un estudio aplicado, cuantitativo, explicativo y no experimental, para el desarrollo del estudio se realizaron trabajos de campo y gabinete, incluyendo levantamiento topográfico, análisis microbiológico de agua y estudio geotécnico del terreno, asimismo, se empleó información proveniente de normativa técnica nacional, bibliografía especializada y antecedentes relacionados con el diseño de PTAR y sistemas de impulsión.

Entre los principales hallazgos obtenidos se determinó un rango de caudales entre 0.385 y 1.540 L/s, una altura manométrica de 5.82 m y pérdidas de carga de 0.34 m en la línea de impulsión, asimismo, el estudio geotécnico identificó un suelo tipo GC con capacidad admisible de 1.83 kg/cm², favorable para la cimentación de las estructuras proyectadas. Del mismo modo, el estudio microbiológico evidenció concentraciones superiores a 1600 NMP/100 mL de coliformes totales, confirmando la necesidad de implementar un sistema para menorar la carga contaminante descargada al río Vizcarra.

La presente tesis se estructura en cinco capítulos. El Capítulo I comprende el planteamiento del problema, formulación, objetivos y justificación del proyecto, el Capítulo II desarrolla el marco teórico, antecedentes y bases conceptuales relacionadas con el tratamiento de aguas residuales y sistemas de impulsión, el Capítulo III presenta la metodología empleada para el desarrollo del análisis, el Capítulo IV expone los hallazgos obtenidos, incluyendo el diseño hidráulico y estructural de la PTAR y del sistema de impulsión, finalmente, el Capítulo V contiene la discusión de hallazgos, conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación.

En síntesis, se plantea una propuesta técnica de PTAR con sistema de impulsión adaptada a las condiciones topográficas y geotécnicas del distrito de Ripán, orientada a mejorar el tratamiento de las aguas residuales.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el mundo, de acuerdo con los datos de la OMS, aproximadamente 1 800 millones de habitantes enfrentan dificultades para acceder a agua potable óptimamente; esto se agrava aún más por el hecho de que menos del 1% de toda el agua disponible es potable y segura para ser consumida (Pandey et al., 2021). De manera preocupante, la UNESCO reveló que más del 80% de las aguas residuales contienen sustancias químicas tóxicas, microorganismos, sustancias biológicas, microplásticos, petróleo y virus que sin recibir algún tipo de tratamientos previos se vierten dentro de los cuerpos de agua (Abuhasel et al., 2021).

Dentro de este contexto, las PTAR surgen como alternativa para eliminar contaminantes presentes antes de su reintroducción en el medio ambiente; sin embargo, aún persisten desafíos importantes dado que se estima a nivel mundial que alrededor del 52,8% de las aguas residuales tienden a ser sometidas a tratamiento, aunque alrededor del 47,2% restante se vierte con ausencia de tratamiento previo; esta disparidad se observa enormemente sobre países en desarrollo, evidenciando diseños hidráulicos estructurales inadecuados para tratar las aguas residuales, siendo una realidad preocupante (Enns et al., 2023).

En el Perú, las PTAR presentan problemas a consecuencia de la escasez de personal capacitado, de equipamiento necesarios para un adecuado diseño de estas plantas de tratamiento, siendo insuficientes las actividades mantenimiento ante la presencia de sobrecargas hidráulicas en el 50% del total general instalado (Zela & Olivas, 2022).

Por otra parte, a pesar de los esfuerzos realizados en Puno, resulta evidente la persistente problemática que afecta a los sistemas que tratan las aguas residuales ubicados en las cercanías del Lago Titicaca; a pesar de su existencia, estos sistemas no logran operar a plena capacidad, lo que impide el tratamiento adecuado de las aguas residuales domésticas que se

ocasionan en cierta población estimada a 1’132,378 personas, esta situación crítica se debe principalmente al colapso de los sistemas o a su baja eficiencia operativa, lo que agrava la problemática ambiental (Medrano et al., 2020).

Dentro de las localidades de Huánuco, Huancavelica, Ucayali, San Martín, Loreto, Apurímac y Madre de Dios existe una notable falta en las aguas residuales de tratamiento previo donde alrededor del 40% recibe algún tipo de tratamiento a fin de poder verterse, originando deficiencias en los cuerpos de agua en su calidad con el transcurrir del tiempo por medio de contaminantes, tras la presencia de pérdidas de carga en el sistema o por la existencia de presiones superiores a las del diseño inicial en todo el sistema (Paucar & Iturregui, 2020).

Por otro lado, en Huánuco, se han establecido un total de 3 PTAR con la finalidad de abordar la gestión de los desechos líquidos generados por la comunidad, operando en conjunto para tratar un caudal estimado en 1.10 l/s; sin embargo, a pesar de su existencia, la cantidad total de agua residual tratada representa solamente el 0.39% del volumen total de aguas residuales producidas en la localidad, donde las aguas sin tratar pueden contener sustancias nocivas que representa un punto riesgoso sobre la salud de las personas (Zela & Olivas, 2022).

En el distrito de Ripán se encuentran las localidades de Shayan y Conoc, ahí el tratamiento adecuado tiene una grave preocupación, ya que un tratamiento inadecuado tiene repercusiones negativas para el entorno natural y la salud humana. Dado ello, se ha planteado el diseño estructural de la PTAR cercana al río Vizcarra, el cual tiene de fin principal la eliminación de la mayor cantidad posible de sólidos suspendidos a través de tratamientos correctivos antes de descargar el agua por medio de la implementación del sistema de impulsión dado que el punto final del alcantarillado está ubicado a un nivel más bajo que el lugar donde se diseñará la PTAR, siendo necesario utilizar un sistema de impulsión, como bombas sumergibles, para elevar las aguas desde el punto final del alcantarillado hasta la PTAR a fin de garantizar un flujo continuo a lo largo de todo el proceso.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿De qué manera la implementación de un sistema de impulsión condiciona el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Ripán – Dos de Mayo – Huánuco?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Qué parámetros hidráulicos requiere el sistema de impulsión por bombeo para el diseño de la PTAR?
- ¿Qué condiciones técnicas evidencian los estudios básicos para el diseño de la PTAR con sistema de impulsión?
- ¿Qué condiciones técnicas establece el diseño propuesto de la PTAR con sistema de impulsión orientadas a la reducción de la carga contaminante?

1.3. OBJETIVO GENERAL

- Determinar de qué manera la implementación de un sistema de impulsión condiciona el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Ripán – Dos de Mayo – Huánuco.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los parámetros hidráulicos que requiere el sistema de impulsión por bombeo para el diseño de la PTAR.
- Determinar las condiciones técnicas evidenciadas en los estudios básicos para el diseño de la PTAR con sistema de impulsión.
- Determinar las condiciones técnicas establecidas en el diseño propuesto de la PTAR con sistema de impulsión orientadas a la reducción de la carga contaminante.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

A nivel práctico, los problemas que se presentan en el distrito de Ripán, son evidentes y significativos, la ausencia de una PTAR y el inadecuado manejo de aguas residuales son un peligro para la salud de la población y ambiental, en ese sentido, la propuesta del sistema de tratamiento con impulsión hidráulica para mejorar las condiciones sanitarias, garantizando la seguridad del entorno natural (Zela & Olivas, 2022).

1.5.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

A nivel teórico, el diseño estructural de una PTAR requiere conocimientos de ingeniería civil, hidráulica y ambiental, los cuales permiten garantizar la eficiencia en la remoción de desechos y el funcionamiento del sistema. En ese sentido, el análisis ofrece la oportunidad de aplicar y evaluar principios, criterios y modelos teóricos relacionados con el diseño de PTAR, adaptándolos a las características específicas de las localidades de Shayan y Conoc (Kehrein et al., 2020; Smol, 2023).

Asimismo, el sistema de impulsión dentro de la planta permitirá analizar la conducta hidráulica del flujo en condiciones donde la topografía limita el funcionamiento por gravedad, contribuyendo al desarrollo de soluciones técnicas orientadas a mejorar el transporte y tratamiento, así como a la reducción la protección del agua (Oré et al., 2023).

1.5.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

A nivel metodológico, se sustenta en la aplicación de procedimientos técnicos propios de la ingeniería sanitaria e hidráulica para el diseño de una PTAR. Para ello, se analizó las condiciones de la zona de estudio, donde el análisis de mecánica de suelos constituye la base para el diseño estructural de las unidades de la PTAR, permitiendo definir criterios de cimentación del terreno por cargas hidráulicas (Kehrein et al., 2020; Oré et al., 2023).

Con base en esta información, se ejecutó el diseño integral de la planta considerando criterios y normativas técnicas, así como el dimensionamiento de sus componentes hidráulicos y estructurales. Asimismo, se incorporó el sistema de impulsión como alternativa técnica frente a las limitaciones del terreno, con el fin de garantizar la funcionalidad y viabilidad del sistema (Smol, 2023).

1.5.4. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

La implementación del presente estudio apoyará a mejorar la calidad de vida de la población de las localidades de Shayan y Conoc, al promover un adecuado tratamiento. Esto permitirá reducir riesgos sanitarios y conservar el entorno ambiental. Asimismo, la ejecución del proyecto favorecerá el desarrollo local mediante el fortalecimiento de la gestión sostenible (Oré et al., 2023).

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- Limitada disponibilidad de datos actualizados, lo cual generó incertidumbre en la etapa inicial del análisis. Esta situación obligó a complementar la información mediante el uso de referencias normativas, antecedentes de estudios similares y criterios técnicos de ingeniería, a fin de garantizar la coherencia en la estimación de parámetros de diseño como caudal, carga orgánica y proyección poblacional.

- Dificultades de acceso a la zona de análisis debido a la topografía irregular y a las condiciones geográficas propias de la zona, caracterizada por pendientes variables y vías de acceso limitadas. Estas condiciones restringieron el tiempo disponible para la ejecución de trabajos de campo, tales como el levantamiento topográfico, reconocimiento del terreno y toma de muestras, influyendo en la planificación y logística de las actividades técnicas desarrolladas.

- Restricción en el tiempo de transporte de las muestras de agua hacia el laboratorio, considerando que estas debían ser trasladadas desde las localidades de Shayan y Conoc hasta la ciudad de Huánuco en un periodo menor a 8 horas, con el fin de preservar sus características microbiológicas. Esta limitación implicó la necesidad de coordinar de

manera precisa el muestreo, conservación y traslado, bajo condiciones controladas, para evitar la alteración de los parámetros analizados.

- Variabilidad en las características del terreno, identificándose suelos clasificados como tipo GC (gravas arcillosas) con comportamiento cohesivo y baja permeabilidad, lo cual condicionó los criterios de diseño estructural de las unidades de la PTAR, esta condición geotécnica requirió adoptar parámetros conservadores en el diseño de cimentaciones y estructuras hidráulicas, a fin de garantizar la estabilidad, evitar asentamientos diferenciales y prevenir posibles fallas estructurales a largo plazo.

- La variabilidad en el caudal influyó directamente en el dimensionamiento de la PTAR, debido a la carencia de registros históricos continuos que permitan establecer patrones precisos de generación, en ese sentido, fue necesario considerar factores de seguridad y criterios de diseño flexibles, que permitan responder ante posibles incrementos futuros de la población o variaciones en la descarga de aguas.

- Limitaciones operativas asociadas con la disponibilidad de equipos y recursos durante el desarrollo de la investigación, lo cual condicionó la frecuencia de muestreo y el alcance de los ensayos realizados. Esta situación fue mitigada mediante la priorización de parámetros clave para el diseño sanitario, tales como coliformes, DBO y características físico-químicas del agua.

1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. VIABILIDAD TÉCNICA

Se realizó un estudio detallado de la topografía local, que permitió la planimetría, altimetría y perfil longitudinal del terreno, para hallar la ubicación óptima de los componentes estructurales de la PTAR.

Se efectuó el análisis de la mecánica de suelos para comprender las cualidades del terreno, haciendo inclusión de la granulometría, los límites de consistencia y el perfil estratigráfico, lo que permitirá diseñar cimentaciones adecuadas para los componentes de la PTAR.

Se hizo un estudio exhaustivo de la calidad del agua a tratar, que incluirá análisis microbiológicos y composición físico-química del agua, para determinar los procesos de tratamiento más efectivos y adecuados.

Se desarrolló un diseño estructural que cumpla con las normas de seguridad y durabilidad establecidos según los componentes estructurales de la PTAR y los parámetros requeridos para el sistema de impulsión por bombeo.

1.7.2. VIABILIDAD ECONÓMICA

La viabilidad económica del presente estudio no solo se sustenta en la optimización del diseño hidráulico de la PTAR, sino también en los beneficios económicos indirectos que generará su implementación en la población de las localidades de Shayan y Conoc, la ausencia de tratamiento de aguas residuales genera impactos en la salud pública, principalmente enfermedades de origen hídrico, lo cual implica gastos constantes en atención médica, medicamentos y pérdida de jornadas laborales, en ese sentido, la implementación de la PTAR permitirá reducir la exposición a agentes contaminantes, disminuyendo la incidencia de estas enfermedades y, por ende, los costos asociados a la salud de la población, asimismo, la reducción de la contaminación del río Vizcarra contribuirá a la conservación del recurso hídrico, evitando costos futuros relacionados con la recuperación ambiental, tratamiento adicional de agua y afectación a actividades locales que dependen del recurso hídrico, en lo productivo, la mejora en las condiciones sanitarias favorece la continuidad de las tareas económicas de la población, al menorar ausentismo laboral y mejorar la capacidad productiva.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Córdova y Salazar (2022) en su estudio establecieron por objetivo diseñar la PTAR con cárcamo de bombeo en la ciudad de Guaranda, Ecuador. Emplearon una metodología no experimental, aplicada y descriptiva. Evidenciaron por resultados que la característica topográfica oscilaba entre los 5% y 12%; el suelo se clasificó según SUCS como fino; respecto a la calidad del agua presentó un DBO5 de 19 y 12 mg/L con pH de 7.10 y 7.83 en 2 muestras; para el diseño del tanque Imhoff consideró un ancho de 1.25 m, longitud de 5 m y profundidad total de 6 m, lecho de secado de ancho, longitud y profundidad de 3.50 m, 5.50 m y 1.20 m; sistema de bombeo con tuberías de 2” y 3” de Ø, altura manométrica de 9.63 m para un caudal de 3.39 L/s con pérdidas de 0.24 m y diferencias de presión de 0.5 m. Concluyeron que para el diseño de la PTAR debe considerar 2 tanques Imhoff y 2 lechos de secado.

Mora (2021) en su estudio abordó por objetivo diseñar la PTAR tras la evaluación de su condición actual en Tocaima-Colombia. Empleó la metodología aplicada, descriptivo y mixta. Evidenció por resultados que de acuerdo al estudio topográfico presentó pendientes moderadas; de la estratigrafía determinó la presencia de rellenos de arena limosa, capa vegetal y estratos de limo orgánico; para el diseño del sistema impulsión por bombeo contempló para las tuberías de impulso Ø iguales a 6”, velocidad de 2.284 m/s, caudal de 0.04170 m^3/s y para las tuberías de salida 2 bombas con caudal de bombeo de 0.02080 m^3/s, velocidad de 1.50 m/s y Ø iguales a 6”, con pérdidas de fricción de 0002640 m/m; para el filtro percolador contempló una altura media filtrante de 7.20 m y Ø del tanque de 10.3 m. Concluyó que la topografía del terreno permite la presencia de una planta de

tratamiento, siendo apta para la oxigenación del río brindando calidad de vida a los pobladores aledaños.

Masson y Pacheco (2020) en su estudio tuvieron por objetivo diseñar, simular y efectuar la implementación del sistema de bombeo en una PTAR en San Vicente de Lacas, Ecuador. Emplearon la metodología no experimental, aplicada y descriptiva. Evidenciaron por resultados con el estudio bacteriológico y físico - químico del agua procedente de la PTAR que fue apta para servir como agua para riego; respecto al sistema de bombeo el cual debe contemplar diámetros nominales para tuberías de 90 mm, potencia del equipo de bombeo igual a 21 HP correspondiente a un caudal de 6.00 L/s y altura de bombeo de 33.740 mca. Concluyeron que con la presencia del sistema de bombeo en la PTAR no existe flujo transitorio respecto al comportamiento del fluido.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Velasquez (2023) a través de su análisis estableció por fin diseñar una planta de tratamiento al evaluar la cantidad en la localidad de Capazo-Puno. Empleó la metodología deductiva, aplicada y no experimental. Evidenció por resultados de acuerdo al análisis de calidad del agua, la composición físico-química supera los límites exigidos de grasas y aceites en 46.20 mg/L, DBO5 en 220 mg/L y pH no cumple al tener 4.2, por otro lado, del análisis microbiológico supera en 110,000 NMP/100; del estudio topográfico evidenció que en la parte baja la superficie fue irregular accidentada y en la parte alta regular; del diseño consideró un caudal de 2.460 L/s, cámara de rejas con espaciamiento de 25 mm, tanque Imhoff de largo, ancho y profundidad de 4.2 m, 1.1 m y 6.9 m, filtro percolador de largo, ancho y profundidad de 19.5 m, 5.5 m y 2 m, lecho de secado de largo y ancho de 5 m. Concluyó que emplear plantas de tratamiento combinados que funcionan por gravedad, no es necesario un sistema de impulsión.

Monteza (2022) en su estudio abordó el objetivo de efectuar el sistema de impulsión por bombeo a razón de aprovechar el agua

residual en riego agrícola, CP La Quinta-Lajas. Empleó la metodología de diseño no experimental y tipo aplicada. Evidenció por hallazgos que la característica topográfica fue irregular con pendientes que oscilan entre el 2% y 8%, para diseñar el sistema de impulsión, optó por implementar una red de tuberías fabricadas en polietileno de alta densidad contemplando por Ø igual a 2 1/2 pulgadas y una longitud total equivalente a 1.2 kilómetros, compuesta por 4 bombas, distribuidas estratégicamente para garantizar un flujo eficiente, 1 de 30 HP, 2 de 15 HP y 1 de 10 HP, complementadas con un reservorio de concreto armado de 8.00 m^3 para la acumulación del flujo. Concluyó que el propósito de este sistema es generar facilidad en el transporte a partir del efluente de la PTAR hasta el embalse de riego. con capacidad de almacenamiento de 87 m^3.

Vásquez (2022) en su estudio estableció por objetivo efectuar una evaluación y mejora de la PTAR en Cajabamba, Cajamarca. Empleó la metodología de diseño no experimental y tipo aplicada. Evidenció por hallazgos de acuerdo al estudio de calidad del agua, la composición físico-química cumple los límites exigidos de grasas y aceites en 20 mg/L, DQO 200 mgO2/L y DBO5 en 150 mgO2/L, sin embargo, del análisis microbiológico supera en 10,000 NMP/100; del diseño del sistema de impulsión consideró un caudal de 76.13L/s y tuberías de Ø igual a 25 cm, cámara de rejas con altura y longitud de 50 cm y 4.350 cm, 2 tanques Imhoff de longitud y ancho de 18 m y 5.750 m, los filtros percoladores tienen por Ø 19 cm, 2 tanques Dortmund de Ø igual a 5.70 cm con profundidad de 4.55 m. Concluyeron que los tanques están dotados de 2 tolvas en la cuales se acumulan los lodos y que debido a la gravedad es retirado por presión hidrostática hacia las cisternas de la estación de bombeo de lodo.

Cola (2020) en su estudio abordó por objetivo hallar el vínculo de la PTAR y el impacto que este logra generar al medio ambiente, Huacho, Huaura, Lima. Empleó una metodología aplicada, descriptiva, cuantitativa y no experimental. Evidenció por hallazgos que el diseño de la PTAR contó con 1 cámara de impulsión de bombeo con una

capacidad de flujo de 2.98 L/s con una presión de salida de 2 m de altura manométrica 20.89 m, pérdida de carga igual a 10.980 m con Ø para tuberías de impulsión de 1.52”, asimismo, implementó una cámara de rejas con un flujo de 1.67 litros por segundo, en lo que respecta al tanque séptico, lo estableció a una distancia de 1,160 metros, además, instaló una trampa de grasa con una capacidad mínima de 2,500 litros. Concluyó que debe implementarse el diseño de la PTAR a razón de minimizar el impacto ambiental.

Tafur (2020) en su estudio estableció por objetivo diseñar la PTAR en la localidad de San Marcos-Cajamarca. Empleó la metodología aplicada, descriptivo y no experimental. Logró por hallazgos del estudio topográfico 89.40 m de altura, 6.80% de pendiente y 1+ 325 km de longitud del perfil longitudinal; del estudio de mecánica de suelos tuvo una clasificación AASHTO denominada A-1-a (0) con A - 1 y SUCS denominada GP con IP, LP y LL no plástico (NP); de acuerdo al estudio de calidad del agua, la composición físico-química no está dentro de los límites exigidos pH en 23.70, DQO en 225 mg/L y DBO5 en 115 mg/L, sin embargo, del análisis microbiológico estuvo dentro del rango con 94 UFC/100; del diseño para la cámara de rejas debe contemplar barandas de seguridad de Ø entre 1/2 y 1", losa de drenaje de 1.20 m con Ø 3/8"; del tanque Imhoff Ø de 6" para tubos de drenaje de lodos y Ø de 3/8" cada 0.20 para mallas simples; filtro percolador con tuberías de PVC y HFD; tanque Dortmund de 7.00 m de Ø y 4.6 m de altura; cámara de bombeo de 4.2 m y 2.1 m para su altura y ancho respectivamente. Concluyó con el cumplimiento de los estándares definidos en materia de aguas residuales tratadas, el implementar la PTAR estará enfocada en reducir de manera significativa la contaminación originada por estas aguas residuales.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Chavez et al. (2023) por medio del análisis abordaron por objetivo efectuar la valoración y diseño de la eficiencia de una PTAR en Ripán-Huánuco. Emplearon la metodología descriptiva, aplicada y no experimental. Evidenciaron por resultados de acuerdo al estudio de

calidad del agua, la composición físico-química no cumple con los límites exigidos de grasas y aceites en 47.8 mg/L, DBO5 en 751.50 mg/L, DQO en 3835 mg/L y pH al tener 6.910, de igual forma, del análisis microbiológico no cumple al superar en 2'300,000 NMP/100; del diseño consideró un caudal de 30.490 L/s, cámara de rejas gruesas de 11 barras con 60 cm de ancho y 11 cm de tirante; tanque Imhoff con sedimentador de 54.880 m^2 de área del, 109.760 m^3 de volumen y 8 m de largo; filtro percolador con 359 m^3 de volumen, 68 m^2 de área superficial y 9.30 m de Ø. Concluyeron que la instalación de la PTAR debe ser ubicada teniendo de consideración 2500 m^2 de área de terreno.

Oré et al. (2023) en su artículo establecieron proponer un diseño para una planta de tratamiento de lixiviados de residuos sólidos en Santa Rosa de Shapajilla-Huánuco. Contemplaron por metodología identificar las zonas de pendiente, clasificar los ríos e identificar los puntos aptos de instalación de la PTAR. Evidenciaron en sus resultados pendientes menores al 15%, ríos con una clasificación superior a 500 m, sugiriendo en el diseño un desarenador de 10.80 m de largo y 1.30 m de ancho como pretratamiento, seguido de un decantador de 432.0 m^3 como tratamiento primario; el tratamiento secundario consistió en un reactor biológico anaerobio con un volumen de 108.2160 m^3; para el tratamiento terciario, recomendaron un tanque de homogeneización y un sedimentador con capacidades de 520 m^3 y 121.970 m^3, respectivamente. Concluyeron que se debe instalar un sistema de desinfección de 120.000 m^3 con un tanque de almacenamiento de agua tratada contemplando por volumen igual a 250.000 m^3.

Ramos (2022) en su estudio abordó en uno de sus objetivos el cálculo y diseño de una PTAR en el Centro Poblado Ingenio-Huánuco. Empleó la metodología aplicada, no experimental y descriptivo. Evidenció en sus resultados respecto al diseño del tanque Imhoff con un caudal medio de 29.05 m^3/día un ancho, largo y altura de 1.00 m, 4.20 m y 2.90 m respectivamente; por otro lado, el lecho de secado de lodos tuvo por ancho y largo de 4.00 m y 8.00 m respectivamente.

Concluyeron que el tanque Imhoff tendrá un sedimentador que contemple 36.320 m^3/día de caudal, su diámetro y dimensión osciló entre los 3.430 m con 3.40 m de profundidad, de igual forma contó con 50.820 m^3 de volumen para el almacenamiento de digestión.

Galán y Caballero (2022) en su estudio establecieron en uno de sus objetivos evaluar la conformación de la PTAR con equipo de bombeo para 10 y 20 años. Emplearon la metodología aplicada, no experimental y cuantitativo. Evidenciaron por resultados que la PTAR para 20 años con un caudal horario de 58.341 l/s contará con 2 bombas con tuberías de impulsión de 250 mm, 1 cámara de rejas, 3 tolvas de desarenador, 2 bombas adicionales, 4 filtros y 4 sedimentadores secundarios; para 10 años con un caudal horario de 48.954 l/s contará con 2 bombas con tuberías de impulsión de 250 mm, 1 cámara de rejas, 3 tolvas de desarenador, 2 bombas adicionales, 2 filtros y 2 sedimentadores secundarios. Concluyeron la importancia de la instalación de PTAR para remover los compuestos contaminantes del agua.

Bueno (2021) en su estudio abordó el objetivo de examinar la calidad del agua en el río Huancachupa, afectada por la presencia de descargas de aguas residuales en los distritos de Pillco Marca y San Francisco en Huánuco. Empleó la metodología de enfoque cuantitativo y nivel correlacional. Por medio de sus resultados encontró que los niveles de coliformes termotolerantes fueron en el primer y segundo mes de 41 y 32 NMP/100mL respectivamente, superando el límite de 20 NMP/100mL, sin embargo, los resultados estuvieron dentro del límite exigido; en cuanto a la DBO registró valores de 4 mg/L y 3 mg/L en el primer y segundo mes, excediendo el límite de 3 mg/L, pero dentro del límite máximo permisible; la DQO logró contemplar un valor igual a 7 mg/L y 5 mg/L en el primer y segundo mes respectivamente, superando el límite de 10 mg/L. Concluyeron que la calidad del agua en el río excede los estándares establecidos por las normas de calidad ambiental en cada punto de muestreo, aunque lograron estar dentro del límite máximo permisible general.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL

El diseño hidráulico y estructural es un sistema que debe adaptarse a las nuevas exigencias, implementando materiales, así como procesos constructivos novedosos que puedan garantizar el correcto funcionamiento estructural de la infraestructura de tratamiento. Es por ello, que se debe adaptar el diseño hidráulico de la estructura a los requisitos de material, proceso y carga, así como las consideraciones económicas, pudiendo aprovechar al máximo los componentes, donde las cargas del ciclo de vida desde el punto productor hasta la operación se incluyen en la simulación estructural y el desarrollo del diseño (Heins et al., 2021).

2.2.2. PLANTA DE TRATAMIENTO

Es un esquema que permite recuperar el recurso hídrico mediante la eliminación de residuos; por ende, tiene relevancia en el desarrollo urbano sostenible para proteger a los usuarios aguas contaminadas que puedan generar riesgos para la salud, además de proteger la naturaleza al prevenir la contaminación de nutrientes en las aguas superficiales, ya que se eliminan elementos nocivos como el nitrógeno (N) y el fósforo (P). El potencial de recuperación de recursos y rentabilidad contrasta con las altas demandas de energía y las grandes huellas ambientales de los diseños actuales. Existen varios enfoques para las aguas residuales en su tratamiento, pero el más popular es el proceso tradicional de lodos activados (CAS), en el que las bacterias aeróbicas alimentan continuamente oxígeno para descomponer la fracción orgánica de las aguas residuales (Kehrein et al., 2020).

Considerándose que, las PTAR cumplen una función en la protección del medio ambiente, al asegurar que las aguas servidas reciban un tratamiento adecuado. No obstante, estos sistemas se caracterizan por un elevado requerimiento energético. En los países desarrollados, se estima que las PTAR concentran cerca del 1 % del consumo total de electricidad, siendo la aireación de los procesos

biológicos la principal responsable, con una participación que oscila entre el 40 % y el 75 % del consumo eléctrico total. En un contexto marcado, frente a la variabilidad propia de las fuentes de energía renovable, surge la necesidad de que se optimice la operación de los grandes consumidores industriales (Miederer et al., 2025).

Es así que, las PTAR cumplen ese rol en la reducción de la contaminación del medio acuático al disminuir la concentración de contaminantes mediante procesos específicos; no obstante, su operación, tanto en instalaciones nuevas como en aquellas con varios años de servicio, implica un elevado consumo de energía y materiales. En zonas urbanas antiguas, las deficiencias en el diseño de las redes de alcantarillado y de los sistemas existentes de tratamiento generan problemas como escalas operativas poco eficientes, bajas tasas de carga, altos costos de tratamiento, incumplimiento de estándares de descarga y un uso excesivo de energía, situación observada en diversas plantas de tratamiento urbanas. Ante este escenario, la garantía de una operación segura y estable, una adecuada calidad del efluente y lodos con características acordes a la normativa (Wang et al., 2021).

Uno de los componentes de una PTAR es el sistema de alcantarillado, cuya función es recolectar las aguas residuales y transportarlas hasta la planta para su tratamiento, en una PTAR se aplican distintos niveles de tratamiento, los cuales generalmente comprenden varias etapas, primero, el pretratamiento consiste en desechar los sólidos, como trapos y plásticos, así como de materiales más pequeños, por ejemplo, arenas y gravas presentes, posteriormente, el tratamiento primario permite la remoción de partículas finas mediante flotación: los sólidos más pesados se depositan en el fondo de los tanques, mientras que los materiales más ligeros y las grasas ascienden a la superficie, siendo ambos separados del líquido, el efluente resultante es conducido al tratamiento secundario o, en algunos casos, descargado en el cuerpo receptor (Smol, 2023).

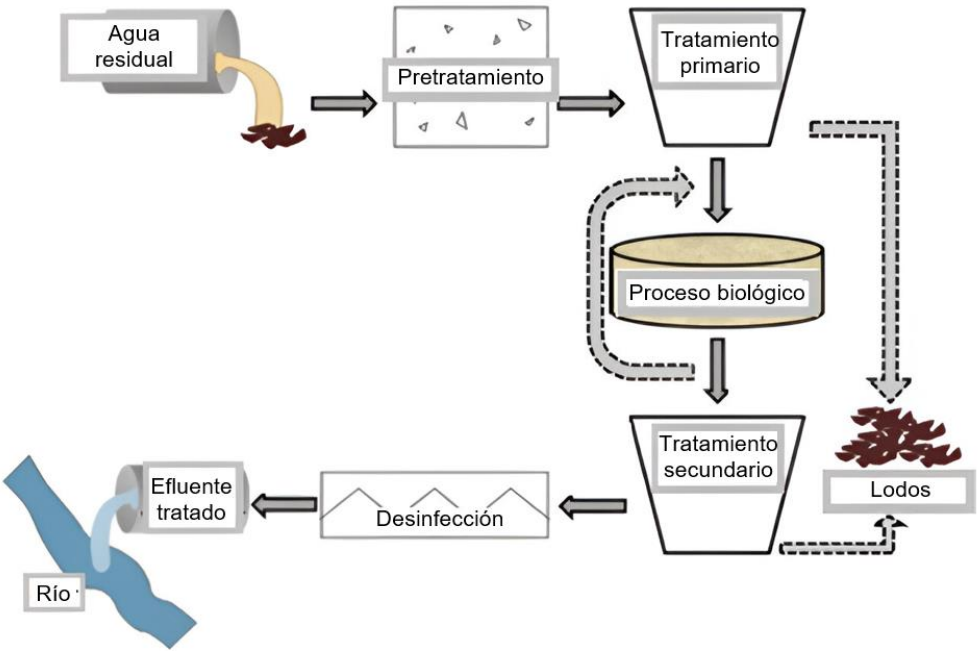
Biológicamente tiene como objetivo la eliminación de la materia orgánica restante y determinados microorganismos, como virus, bacterias y parásitos; adicionalmente, contribuirá a la reducción parcial de nutrientes y sustancias químicas, por último, el tratamiento avanzado o terciario se aplica cuando se requiere una depuración más estricta, especialmente para eliminar nutrientes residuales antes de la descarga en cuerpos de agua sensibles, e incluye procesos como la desinfección y otras tecnologías orientadas a la remoción (Smol, 2023).

La remoción requiere un consumo significativo de energía y el tratamiento de lodos excedentes, lo que genera costos operativos que no pueden ser compensados mediante productos comercialmente rentables. Asimismo, la operación de una PTAR conlleva impactos ambientales relevantes, tales como emisiones directas de GEI derivadas de los procesos asociados al consumo energético (electricidad y calefacción), la disposición de lodos en el suelo y la toxicidad de los productos químicos empleados (Revollar et al., 2020).

Estos costos ambientales incidirán directamente en la sostenibilidad del proceso, la cual constituye un aspecto dentro de la gestión operativa en condiciones reales, en consecuencia, si bien la eficiencia en el desecho de contaminantes es el fin central de la operación de una PTAR, resulta igualmente necesario considerar la gestión eficiente de los recursos en emisiones, a fin de garantizar la viabilidad económica y la sostenibilidad del sistema, por ello, las condiciones de operación deben definirse a partir de una evaluación del desempeño de la planta, considerando la interacción entre las distintas unidades y subsistemas que la conforman, como la línea de agua y la línea de lodos (Revollar et al., 2020).

Figura 1

Proceso general de una PTAR



Nota. Recuperado de Grehs et al. (2021).

Según Grehs et al. (2021), dentro de los procesos generales de mayor influencia para el desemboque en un cuerpo de agua se encuentra:

- Pretratamiento: Es la primera etapa, donde se realizan operaciones básicas de control de sólidos y eliminación de materiales gruesos; el pretratamiento ayuda a proteger los equipos.

2.2.3. ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Un estudio topográfico compone una evaluación técnica del terreno para la cual existen diferentes técnicas y dispositivos de diferente precisión, los cuales varían según la tarea topográfica a realizar. No obstante, la ejecución de un trabajo topográfico suele requerir la existencia previa de cotas geodésicas que servirán de referencia para los datos de las mediciones, midiendo aspectos como la altimetría, planimetría o perfil longitudinal dentro del proceso de nivelación geométrica ejecutada con la ayuda de un nivel y una mira, que permite determinar la diferencia de nivel, por ello es necesario que

los puntos que se trazan sean duraderos para calcular las posiciones planimétricas y altimétricas de objetos (o puntos) en la superficie terrestre (Ly et al., 2021).

Este estudio sustenta el diseño hidráulico al determinarse pendientes, cotas de rasante y ubicación óptima de colectores y estaciones de bombeo, conforme a criterios del RNE (RNE, OS.090 y OS.070), desde el enfoque sanitario, garantiza que el sistema funcione por gravedad cuando sea técnicamente viable, asegurando velocidades de autolimpieza, ambientalmente, se ubicará la PTAR fuera de zonas inundables o de protección hídrica.

A) Planimetría

Representa una actividad técnica que implica la recopilación meticulosa de datos métricos para proporcionar una base precisa sobre las dimensiones y características del espacio en cuestión; este proceso desempeña un papel crucial en la definición de los criterios espaciales necesarios para cualquier proyecto o diseño arquitectónico desde la delimitación de terrenos hasta la planificación urbana, abarcando la identificación y catalogación de características relevantes del terreno, como elevaciones, pendientes y ubicaciones de infraestructuras existentes (Ly et al., 2021).

Ello se vincula al diseño hidráulico al definirse el trazado horizontal más eficiente de redes y líneas de impulsión, minimizando pérdidas de carga y optimizando costos. En el ámbito sanitario, se delimitará el área de influencia del sistema conforme a criterios del MVCS. Ambientalmente, se evitarán interferencias con cuerpos receptores y zonas de protección ambiental reguladas por la ANA.

B) Altimetría

Emerge como un procedimiento para la determinación precisa de cotas y desniveles entre distintos puntos del terreno,

independientemente de su ubicación planimétrica; dicho proceso, que se enmarca dentro del estudio detallado del relieve y la configuración del terreno, se limita a la medición de alturas absolutas, al igual que también abarca la identificación y análisis de variaciones de elevación a lo largo de un área específica (Ly et al., 2021).

Con esta se calcularán pendientes hidráulicas mínimas exigidas por el RNE OS.070, garantizando velocidades que eviten sedimentación. En el ámbito sanitario, se definirá la necesidad de bombeo cuando las condiciones topográficas impiden el flujo por gravedad. En el aspecto ambiental, se previenen estancamientos y posibles focos de contaminación superficial.

C) Perfil Longitudinal

Es una de las técnicas primordiales dentro del ámbito topográfico, brindando una representación detallada y precisa del eje central de una rasante o camino a lo largo de un determinado tramo; este levantamiento topográfico ofrece una visualización de las cotas altimétricas de la superficie del terreno, al igual que también presenta la proyección de la línea teórica que se pretende ejecutar, permitiendo así una comparación directa entre la realidad del terreno y el diseño propuesto, en su representación gráfica, la escala horizontal generalmente es diez veces mayor que la escala vertical, lo que facilita la visualización clara y proporcionada de las variaciones de elevación a lo largo del perfil (Ly et al., 2021).

Con este perfil se verificará técnicamente la compatibilidad entre terreno natural y rasante proyectada, asegurando estabilidad hidráulica y estructural. En diseño sanitario, se facilitará el control de profundidades de instalación y recubrimientos mínimos normativos. Ambientalmente, se

optimizarán movimientos de tierra reduciendo impactos en el ecosistema local.

2.2.4. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Compone uno de los estudios que se encarga de evaluar las condiciones geológicas in situ según la mecánica y la hidráulica del suelo para establecer ciertos valores o correlaciones que parten del análisis del suelo, reconociendo que tienen una relación numérica que puede ser medible según una o varias propiedades. Pudiendo calcular diferentes propiedades a partir de las demás según algunas leyes de regresión, encontrando diferentes modelos para clasificarlos como el método SUCS Y AASHTO a los cuales se someten las muestras del suelo, reconociendo su granulometría tanto gruesa como fina presente en el suelo, y los parámetros límites de consistencia, o índices plásticos según corresponda (Portilla, 2022).

Este estudio se vinculará al diseño estructural de unidades de tratamiento y tuberías, conforme a lo establecido en el RNE – E.050. Desde el enfoque sanitario, se garantizará la estabilidad de cámaras, tanques y estaciones de bombeo. Ambientalmente, se prevendrán las filtraciones hacia acuíferos y fallas estructurales que puedan generar contaminación del subsuelo.

A) Granulometría

Se trata de un grupo de procedimientos destinados a categorizar la disposición de los tamaños de partículas de un material específico, como el suelo; dicho método, según las directrices de la NTP (NTP 400.012), implica el uso de tamices, donde un operador, mediante un proceso mecánico, hace pasar el material a través de varias mallas, cada una con aberturas de diámetros diferentes; posteriormente, se registra el peso del material retenido y, mediante análisis estadístico, se determina su distribución de partículas (Damiani et al., 2021).

La granulometría incidirá en la permeabilidad y capacidad portante del suelo, aspectos clave para cimentaciones y

estabilidad de zanjas según RNE E.050. Desde el enfoque sanitario, se influirá en la protección de tuberías frente a asentamientos diferenciales. Ambientalmente, se evaluará el riesgo de migración de contaminantes en suelos permeables.

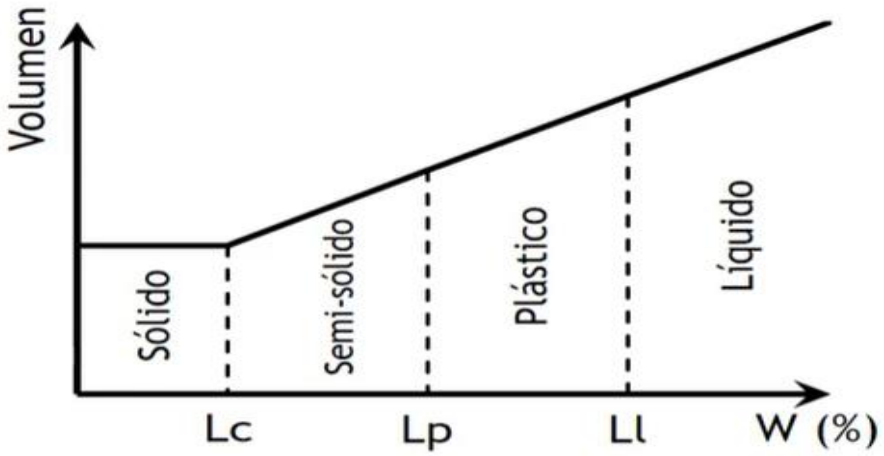
B) Límites de consistencia

Los límites de consistencia permiten caracterizar el comportamiento de estos materiales; a través de ello se establece una relación entre los diferentes rangos de humedad del suelo y su estado plástico. Además, indican los puntos de transición entre los diversos estados del suelo; es importante tener en cuenta que los suelos pueden presentar múltiples estados en función de su contenido de humedad; cuanto mayor sea la cantidad de agua presente, menor será la interacción entre las partículas del suelo, lo que podría llevar al suelo a comportarse como un líquido (Karakan, 2022).

Con estos límites, se evaluará la expansión o contracción del suelo por variaciones de humedad, por lo que, en el diseño sanitario, se evitarán deformaciones que afecten colectores y estructuras de concreto. Ambientalmente, se reducirá el riesgo de fisuras que podrían llegar a provocar infiltraciones a causa de aguas residuales.

Figura 2

Consistencia de suelos



Nota. Recuperado de Karakan (2022).

C) Perfil estratigráfico

Es el resultado del estudio de las distintas capas que componen un suelo, conocidas como estratos; dicho análisis se realiza utilizando datos recopilados de perforaciones, prospecciones geofísicas (investigaciones en el terreno para identificar yacimientos minerales, fuentes de agua u otros recursos) y mediante el examen de cortes naturales o artificiales presentes en la zona de análisis. Con esta información, se construye una columna estratigráfica que proporciona una representación visual de la estratigrafía del subsuelo; la profundidad de este análisis varía según los objetivos específicos del proyecto en cuestión (Portilla, 2022).

Con este perfil, se definirá el tipo de cimentación adecuada y la profundidad de desplante de estructuras, conforme a criterios geotécnicos del RNE E.050. Desde el enfoque ambiental, se identificarán estratos permeables o presencia de napa freática que requieren medidas de impermeabilización para proteger el recurso hídrico subterráneo (ANA).

2.2.5. ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA

Corresponde al proceso de evaluación sobre el estado del agua con la finalidad de generar un monitoreo y posteriormente poder mejorar la calidad que esta posee, puesto que un adecuado nivel de

agua es crucial para desarrollar las actividades humanas, es por ello que tienden a ser establecidos los índices de calidad del agua (WQI), siendo estos mismos compuestos por estudios a nivel físico-químico del agua, así como el análisis microbiológico. Para ello, se calculan las concentraciones de diferentes elementos como metales pesados, principalmente con el propósito de comprender los riesgos para la salud. Puesto que la deficiente calidad del agua se convierte en el problema mundial que se presenta en varios países y regiones (Yan et al., 2022).

Dentro del estudio estándar del agua, se consideran diversos parámetros que indican su calidad; entre estos se encuentran los coliformes termotolerantes, que son bacterias indicadoras de contaminación fecal y un riesgo potencial; asimismo, se evalúan los niveles de aceites y grasas, los cuales pueden provienen de fuentes como vertidos industriales o residenciales, y pueden causar problemas ambientales y de tratamiento. La DBO es otro de los parámetros cruciales, ya que indica la proporción de oxígeno que el microorganismo requiere a fin de alcanzar la descomposición de materia orgánica presente; junto a la DBO, se evalúa la DQO, que mide la proporción total de materia de medio orgánico e inorgánico oxidable; por último, se analizan los sólidos suspendidos totales, que pueden ser partículas de materia orgánica, sedimentos, o materiales inorgánicos suspendidos en el agua, afectando su claridad y calidad (Oré et al., 2023).

Este análisis sustenta el diseño sanitario de la PTAR al definirse la carga orgánica y contaminante que deberá removerse, en cumplimiento de los LMP (MINAM, 2010) y las normas de Calidad Ambiental para Agua. Hidráulicamente, se condicionará el dimensionamiento de unidades de tratamiento según el caudal y concentración. Ambientalmente, se asegurará que el efluente tratado no deteriore el cuerpo receptor.

Tabla 1

LMP de efluentes en PTAR

Parámetros	Unidad	LMP para vertidos a cuerpos de agua
Aceites y grasas	mg/L	20
Sólidos totales	mL/L	150
pH	unidad	6.50 – 8.50
DQO	mg/L	200
DBO	mg/L	100
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Temperatura	°C	< 35

Nota. Recuperado del Ministerio del Ambiente (2010)

A) Análisis microbiológico

Un análisis microbiológico exhaustivo se lleva a cabo para discernir las variaciones microbianas presentes en las aguas naturales, abordando tanto células eucariotas con núcleos diferenciados como células procariotas, así como virus; los resultados que se obtengan revelan que el estudio microbiológico de la calidad del agua puede proporcionar datos sobre el tipo de contaminación presente en una fuente de agua determinada, sin embargo, es importante destacar que este análisis no brinda una evaluación completa del grado de contaminación que enfrenta un río específico donde desembocan aguas no tratadas en la actualidad (Oré et al., 2023).

Con ello, se determinará la necesidad de procesos de desinfección para cumplir los LMP en coliformes termotolerantes establecidos por el MINAM. Sanitariamente, se protegerá la salud pública; ambientalmente, se evitarán riesgos en los usos aguas abajo del cuerpo receptor (MINAM, 2010).

B) Composición físico-químico del agua

Es esencial para obtener información detallada sobre su calidad; este estudio nos permite concentrarnos en determinar la

DBO, la cual indica la cantidad de oxígeno necesaria; siendo fundamental asegurarnos de que los resultados de la DBO estén dentro de los estándares establecidos por el gobierno de Perú (Yan et al., 2022).

Los parámetros de DBO, DQO y SST determinan el tipo de tratamiento (primario, secundario o terciario) conforme al RNE OS.090. Hidráulicamente, influirán en los tiempos de retención y volumen de los reactores. Ambientalmente, se garantizará el cumplimiento de estándares de vertimiento y la protección del ecosistema acuático.

2.2.6. COMPONENTES ESTRUCTURALES PTAR

Existe una importancia imprescindible en el diseño de una PTAR, puesto la creciente incidencia de desastres naturales y tecnológicos en los últimos años plantea amenazas a las infraestructuras, generando la necesidad de infraestructuras resilientes dentro de un marco sostenible para garantizar la seguridad ambiental y humana. Para ello se debe tener en consideración el diseño y el comportamiento del material además de las cuestiones locales sobre los componentes del proceso de filtración en línea o de contacto o requerimientos propios de una PTAR a razón de evitar componentes pueden afectar la vulnerabilidad estructural (Kerpelis et al., 2021).

Estos componentes deben diseñarse conforme al RNE (E.060, E.030 y OS.090), considerando cargas hidráulicas y condiciones geotécnicas. Sanitariamente, cada unidad debe dimensionarse según el caudal de diseño y carga contaminante proyectada. Ambientalmente, una infraestructura resiliente previene fallas operativas y vertimientos sin tratamiento, asegurando sostenibilidad y cumplimiento normativo ante la ANA y el MINAM.

Asimismo, Amar y Uribe (2020) describen que una PTAR permite el tratamiento de aguas químicas y crudas mediante un filtrado ya sea de manera orgánica o no, además de pasar por trampas de grasa y un proceso biodegradable para finalmente pasar a la separación del agua

de los lodos. Siendo uno de los sistemas de tratamiento principalmente aeróbico comprendido por aireaciones extendidas a fin de alcanzar la digestión de la materia orgánica. Cuyos componentes estructurales deben cumplir las siguientes requerimientos o sistemas:

1. Sistema de bombeo desde la red de alcantarillado hasta la cámara de tratamiento.
2. Tanque o cámara de tratamiento.
3. Tanque de sedimentación.
4. Tanque de filtración rápida.
5. Tanque de almacenamiento de agua tratada.
6. Tanque de bombeo de agua tratada.
7. Lechos de secado.

A) Cámara de rejas

Es una etapa original en la implementación de un PTAR, la cual tiene un alcance preliminar, la cual esta está compuesta por un desarenador-cámara de rejas que permite retirar aquellos residuos sólidos gruesos para luego pasarlo a las lagunas y continuar con el proceso del tratamiento mediante un medio de distribución equitativo del caudal al ingresar a los diversos tipos de lagunas (Echeverría et al., 2021).

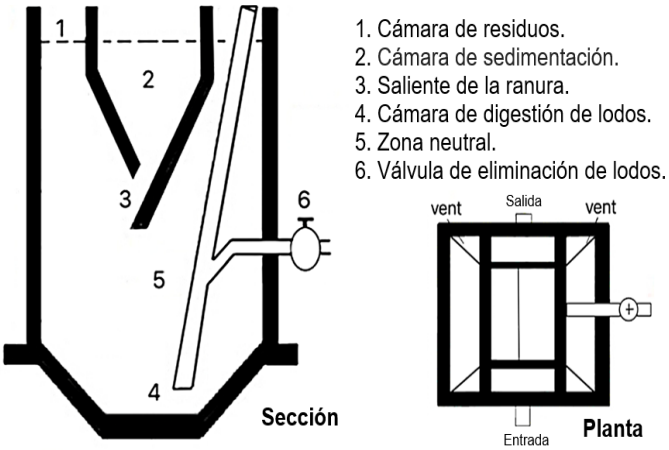
B) Tanque Imhoff

Es un dispositivo de tanques, el cual incorpora un mecanismo de eliminación adicional a la digestión anaeróbica, por lo cual a diferencia de los clarificadores primarios o filtros rotativos donde los sólidos separados se eliminan continuamente, dentro de las fosas sépticas y de Imhoff los sólidos se dejan acumular en el sistema durante largos períodos, separando los sólidos de los líquidos además de generar una digestión de los sedimentos. Durante estos periodos, gracias a

la ausencia de oxígeno, pueden acumularse bacterias que median procesos anaeróbicos en la masa sólida acumulada. Como resultado de sus actividades microbianas, se generan gases como CH4, CO2, hidrógeno molecular (H2) y sulfuro de hidrógeno (H2S), lo cual beneficia al entorno general y a los seres humanos de los cuales viven en la zona circundante al prevenir la liberación de sustancias químicas explosivas, olorosas y potencialmente mortales (Boiocchi et al., 2023).

Figura 3

Diseño de un tanque Imhoff



Nota. Recuperado de Boiocchi et al. (2023).

C) Percolador

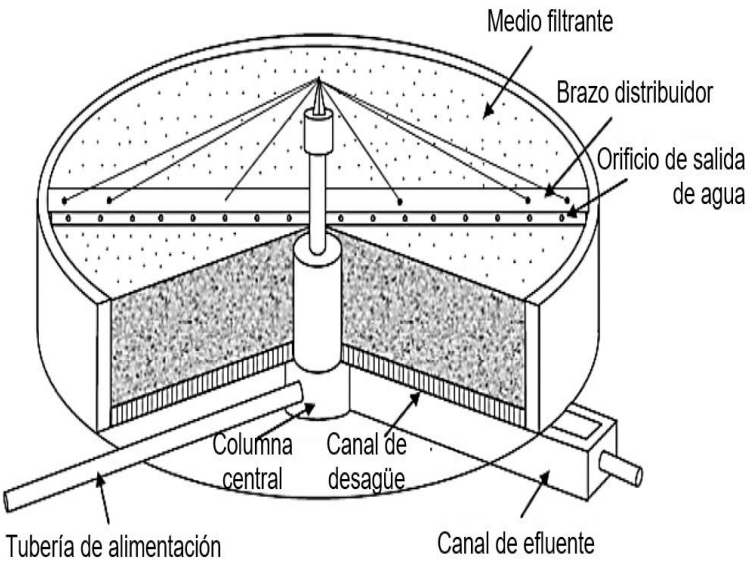
El sistema de percolador consiste en uno de los procesos de filtrado que retiene a ciertos microorganismos, generalmente en desechos finos los cuales se introducen en un percolador donde se irrigan y airean. Luego, la corriente de percolado líquido se envía a una digestión anaeróbica y finalmente pasa por un proceso de compostaje y un posterior cribado convirtieron el compost bruto en uno maduro y de calidad como una de las alternativas de medio sostenible de tratamiento de las aguas residuales (Gadaleta et al., 2022).

Según Bahaa (2021) un filtro percolador es un dispositivo que se caracteriza por:

- Emplea un tanque poco profundo relleno de material poroso, como grava o rocas trituradas, para filtrar aguas residuales, basado en un proceso de filtración natural y biológica altamente eficiente.
- Por lo general, los filtros suelen tener una profundidad que oscila entre 0,9 y 2,5 metros; dicha característica está diseñada de manera específica para permitir que se lleven a cabo adecuadamente los procesos de sedimentación
- La superficie del material filtrante proporciona un entorno adecuado para que se formen biopelículas, las cuales son importantes para el tratamiento biológico del agua.
- La granulometría del material utilizado generalmente se encuentra en el rango de 50 a 100 mm, con una porosidad que varía entre el 40% y el 50%El agua residual se distribuye sobre el material mediante un brazo rotativo desde la parte superior del tanque.
- Para mantener activos los microorganismos y aumentar el nivel de oxígeno disuelto en el agua, se recircula una parte del líquido, con relaciones típicas de recirculación entre 0.5 y 3.

Figura 4

Componentes de un filtro percolador



Nota. Recuperado de Bahaa (2021).

D) Lecho de secado

Corresponde al proceso donde se tratan los lodos para estabilizar el contenido orgánico que posee. Uno de los métodos para menorar el contenido de agua es espesar o concentrar el contenido de sólidos, deshidratar y secar. Dicha deshidratación se ejecuta en lechos de secado, teniendo un área adecuada para esparcir el lodo digerido en un lecho de arena y grava bien drenado. El espesor de la capa de lodo suele ser de 15 a 20 cm. Este sistema permite la reducción de hasta un 70% del contenido de agua y su volumen en un 60% teniendo según Nuralhuda (2020) los siguientes requisitos:

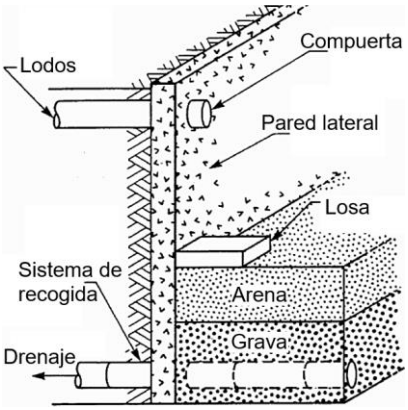
- Área de superficie del lecho requerida para lodos primarios digeridos = 0,1–0,25 m 2 /cápita. Y para lodos primarios digeridos y mixtos activados = 0,15–0,28 m 2 /cápita.
- Tiempo de secado de lodos = 2–4 semanas.

- Tamaño de la cama (a) 6–30 m de largo (b) 3–8 m de ancho.
- Tasa de carga específica de sólidos de lodo = 50–210 Kg/m^2 año.

El lecho de secado de arena consiste en un lecho conformado por una capa de arena de 15 a 30 cm de espesor, con partículas de hasta 0,5 mm, dispuesta sobre una base de grava graduada y tubos de drenaje; los lodos se distribuyen en capas de 12 a 24 pulgadas y se dejan drenar por el agua a través del lecho. Estos lechos pueden ser cubiertos o descubiertos, y su diseño y funcionamiento dependen de varios parámetros, como la profundidad de aplicación del lodo, el tipo y la dosis de polímero utilizado, la profundidad y el tamaño del medio, el número y la frecuencia de aplicaciones, así como las condiciones de mezcla (Qrenawi & Rabah, 2020).

Figura 5

Componentes de un lecho de secado de arena



Nota. Recuperado de Qrenawi y Rabah (2020)

2.2.7. AGUAS RESIDUALES

Componen el residuo procedente de la disposición final del agua según sus diferentes orígenes ya sean industriales, urbanos o domésticos, por ende, se pueden encontrar diferentes elementos en su composición final, ya sean a nivel químico, físico o biológico. Dichas aguas poseen en general un alto nivel contaminante por lo cual suelen

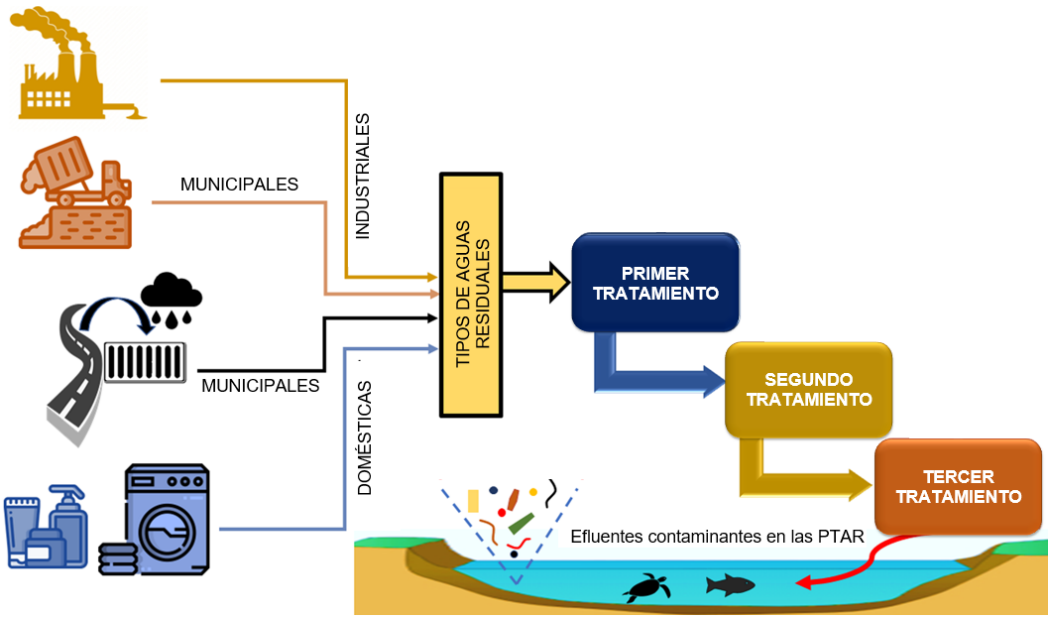
y deben ser sometidas a filtración que permitan reducir las impurezas para que esta no sea perjudicial a la salud humana y de la naturaleza (Karia et al., 2024).

Según Acarer (2023) las aguas residuales tienden a ser clasificadas de la siguiente manera:

- Aguas residuales municipales: Engloban los fluidos provenientes de actividades cotidianas dentro de los hogares, como el uso del agua para el baño, la cocina, la limpieza y el lavado; estas aguas pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial, provenientes de la lluvia, junto con aguas residuales tratadas derivadas de procesos industriales, con el propósito de ingresar a sistemas de alcantarillado.

Figura 6

Tipos de aguas residuales



Nota. Adaptado de Acarer (2023)

2.2.8. SISTEMA DE IMPULSIÓN POR BOMBEO

Es un conjunto de elementos hidráulicos diseñado para transportar el flujo cuando las condiciones topográficas no permiten el funcionamiento por gravedad. Este sistema está conformado principalmente por bombas, tuberías de impulsión, válvulas y

accesorios, los cuales deben ser seleccionados en función del caudal de diseño, la altura dinámica total y las condiciones de operación, garantizando eficiencia y continuidad del servicio (Oré et al., 2023; Smol, 2023).

Desde el enfoque de la ingeniería sanitaria, la selección de las bombas debe considerar el caudal de diseño y las condiciones de operación del sistema, con el fin de asegurar un funcionamiento eficiente y continuo, en el presente proyecto se plantea la instalación de dos bombas sumergibles para aguas residuales, las cuales trabajarán de manera alternada, permitiendo mantener operativa la PTAR en caso de mantenimiento o falla de una de las unidades, asimismo, la implementación del sistema de impulsión permitirá superar las limitaciones topográficas y las restricciones de excavación ocasionadas por la cercanía al río y la presencia de nivel freático elevado, asegurando el adecuado transporte del agua residual hacia las unidades posteriores de tratamiento, de igual manera, un sistema de bombeo correctamente dimensionado contribuirá a evitar reboses, descargas no controladas y posibles impactos sobre el cuerpo receptor.

2.2.9. CAUDAL DE DISEÑO

Es el volumen de agua que debe ser transportado y tratado por un sistema en un tiempo determinado, constituyendo un parámetro fundamental para el dimensionamiento de infraestructuras hidráulicas. Este se determina considerando condiciones máximas de operación, asegurando que las estructuras y equipos funcionen adecuadamente bajo escenarios críticos de demanda (Oré et al., 2023; Smol, 2023).

El caudal es la variable base del dimensionamiento hidráulico, ya que determina la capacidad de conducción de tuberías, equipos de bombeo y estructuras sanitarias, en ingeniería sanitaria, se calculará a partir de la población proyectada, la dotación normativa (RNE OS.100) y coeficientes de variación, garantizando que el sistema opere bajo condiciones máximas sin colapsar, desde el enfoque ambiental, un caudal correctamente estimado asegura que la PTAR tenga capacidad

suficiente para tratar la carga contaminante generada, evitando sobrecargas que comprometan la calidad del efluente final.

2.2.10. ALTURA MANOMÉTRICA

Es el parámetro hidráulico que representa la energía total que debe dar una bomba para transportar un fluido, considerando la altura geométrica (succión e impulsión) y las pérdidas de carga, es crucial en el bombeo, ya que permite seleccionar adecuadamente el equipo y garantizar su funcionamiento eficiente (Oré et al., 2023; Smol, 2023).

Esta integra la altura geométrica y las pérdidas de carga del sistema, en el diseño hidráulico del sistema de impulsión, su correcta determinación garantizará que la bomba supere las diferencias topográficas y resistencias internas del sistema, en términos sanitarios, una altura manométrica subestimada provocará fallas operativas y posibles vertimientos accidentales; mientras que, ambientalmente, una adecuada determinación permitirá mantener un flujo continuo hacia la planta de tratamiento, reduciendo riesgos de contaminación del entorno.

2.2.11. PÉRDIDA DE CARGA

Corresponde a la disminución de energía de un fluido durante su conducción a través de tuberías y accesorios, debido principalmente a la fricción interna del fluido y su interacción con las paredes del conducto, estas pérdidas pueden clasificarse en pérdidas continuas y pérdidas locales en sistemas hidráulicos (Oré et al., 2023; Smol, 2023).

Este representa la energía disipada por fricción y accesorios en el sistema de conducción, siendo un elemento clave en el cálculo hidráulico de redes de impulsión, en ingeniería sanitaria, su cuantificación permite seleccionar bombas con la potencia adecuada y evitar sobrepresiones o deficiencias de flujo, desde la perspectiva ambiental, minimizar pérdidas de carga contribuye a optimizar el consumo energético asociada al funcionamiento continuo de la infraestructura.

2.2.12. DIÁMETRO DE TUBERÍA

Para el diseño y adecuada funcionalidad de un sistema hidráulico, se debe calcular el diámetro económico de las tuberías de impulsión, con la finalidad de que permita el transporte adecuado del agua sin generar obstrucciones ni pérdidas de presión, para ello, se debe considerar la presión nominal (PN), el trazado, el tipo de instalación y el esquema de diseño del sistema, garantizando que el diámetro cumpla con los requerimientos hidráulicos establecidos (Martínez et al., 2022).

En sistemas sanitarios, un diámetro insuficiente generará sobrepresiones y obstrucciones, mientras que uno sobredimensionado incrementa costos sin justificación técnica, desde el enfoque ambiental, un dimensionamiento adecuado prevendrá fugas, reboses y fallas estructurales que impacten negativamente en el suelo y cuerpos de agua cercanos.

2.2.13. VELOCIDAD DE FLUJO

El agua que se desplaza por una tubería presenta inercia, por lo que el flujo circula a una velocidad determinada por el volumen transportado en el tiempo. Esto puede generar variaciones abruptas en la velocidad del flujo. Si bien cerrar una válvula rápidamente produce aumentos de presión o golpes de ariete, un cierre lento permite disipar la energía del flujo progresivamente, reduciendo incrementos bruscos de presión en las tuberías (Forti & Cevallos, 2022).

2.2.14. VOLUMEN ÚTIL

El volumen útil corresponde a la capacidad de almacenamiento de agua dentro de un sistema hidráulico, permitiendo regular el flujo antes de su impulsión. Su estimación se basa en los requerimientos del sistema y en el caudal de diseño, determinando el volumen máximo de agua que debe ser almacenado y transportado en condiciones de operación (Arias et al., 2021).

Relacionándose este volumen con la capacidad de almacenamiento temporal antes de la impulsión, siendo fundamental

para regular variaciones horarias del caudal. Desde el diseño sanitario, se evitarán arranques excesivos de la bomba y se garantizará una operación eficiente. En el ámbito ambiental, un volumen adecuadamente calculado previene desbordes en horas pico y minimiza la probabilidad de vertimientos sin tratamiento.

2.2.15. PRESIÓN MÁXIMA

La presión máxima es el valor límite de presión que puede alcanzar un sistema de impulsión, siendo un parámetro fundamental para el diseño y selección de equipos hidráulicos. Se mide en kilopascales (kPa) y depende del tipo de bomba utilizada, ya sea de desplazamiento positivo o dinámica, las cuales transmiten energía al fluido para generar el flujo requerido (Nico & Dalton, 2021).

Constituyéndose en un parámetro de seguridad estructural dentro del diseño hidráulico. En ingeniería sanitaria, deberá considerarse para seleccionar tuberías, accesorios y bombas capaces de soportar condiciones extremas de funcionamiento. Ambientalmente, el control de la presión máxima reducirá el riesgo de fallas mecánicas y rupturas que generen descargas contaminantes no controladas en el entorno.

2.2.16. MÓDULO DE ELASTICIDAD

Tiende a ser una propiedad que indica la rigidez de un material, el cual se mide en kg/m^2. Siendo una relación directa la cantidad de rigidez junto al valor de su módulo de elasticidad. Asimismo, los valores de este mismo en mención según las tuberías empleadas se exhiben por medio de la siguiente tabla (Guevara et al., 2021):

Tabla 2

Módulo de elasticidad de materiales

Material de la tubería	Ɛ (kg/cm^2)
PE alta densidad	$9X10^7$
PE baja densidad	$2X10^7$
PVC	$3X10^8$

Hormigón	$2X10^{9}$
Fundición	$1X10^{10}$
Hierro y acero	$2X10^{10}$

Nota. Recuperado de Guevara et al. (2021)

La Tabla 2 tiene los valores del módulo de elasticidad para distintos materiales de tuberías, evidenciando que materiales como el acero y la fundición presentan mayor rigidez, mientras que materiales como el polietileno presentan menor rigidez, lo cual influye en su comportamiento estructural frente a cargas hidráulicas.

2.2.17. ESPESOR DE PARED DE TUBERÍA

El diámetro interior dependerá del espesor de la pared de las tuberías especificado en el número de cédula. Cuanto mayor sea la presión de servicio interna, mayor será el número de cédula y viceversa, puesto que, ante una mayor presión interna y volumen de agua, se requerirá un mayor espesor en las paredes de las tuberías (Golwalkar & Kumar, 2022).

En ingeniería sanitaria, su cálculo asegurará resistencia estructural frente a presiones internas, tránsito vehicular o asentamientos del terreno. Ambientalmente, un espesor adecuado previene fracturas y fugas, asegurando la integridad del sistema de impulsión.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Aguas residuales:** Son desechos líquidos producto de actividades humanas y procesos industriales, contienen una diversidad de compuestos, desde contaminantes orgánicos e inorgánicos (Echeverría et al., 2021).
- **Agua tratada:** Es agua que ha sido tratada para la extinción de impurezas, gérmenes o algún contaminante, haciéndola segura para el uso humano o industrial (Vilakati et al., 2021).

- **Coliformes termotolerantes:** Son un tipo de bacterias indicadoras de contaminación fecal que pueden desarrollarse a altas temperaturas y se utilizan para valorar la calidad microbiológica del agua (Bueno, 2021).
- **DBO:** Es uno de los parámetros que evalúa la cantidad de oxígeno disuelto que logra requerir cada microorganismo a fin de alcanzar la descomposición de los materiales orgánicos del agua durante un periodo de tiempo determinado (Oré et al., 2023).
- **DQO:** Es una de las medidas de la cantidad de oxígeno del cual se requiere a fin de oxidar los materiales de medio orgánico e inorgánico del agua mediante procesos químicos (Oré et al., 2023).
- **Eficiencia del tratamiento:** Es el valor porcentual de contaminantes o impurezas eliminados o reducidos del agua o efluente, evaluado por la capacidad del proceso de tratamiento para alcanzar criterios de calidad definidos (Gadaleta et al., 2022).
- **Filtración:** Es uno de los procesos de separación de partículas en suspensión, partículas y otros contaminantes del agua utilizando medios filtrantes como arena, carbón activado u otros materiales porosos (Kerpelis et al., 2021).
- **pH:** Es una de las medidas de la acidez o alcalinidad del agua u otras soluciones, que refleja la concentración de iones de hidrógeno comprometidas en una escala de medida establecida (Oré et al., 2023).
- **Planimétrico:** Representación de la superficie terrestre en un plano, no teniendo en consideración elevaciones o altitudes; se utiliza habitualmente en cartografía para representar características bidimensionales del paisaje (Ly et al., 2021).
- **Sedimentación:** Proceso físico por el que las partículas sólidas del agua se logran depositar dentro del fondo de un depósito o masa de agua debido a la gravedad, lo que facilita su eliminación y tratamiento posterior (Boiocchi et al., 2023)

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

- La implementación de un sistema de impulsión condiciona el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Ripán – Dos de Mayo – Huánuco.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Los parámetros hidráulicos del sistema de impulsión por bombeo permiten establecer condiciones hidráulicas adecuadas para el diseño de la PTAR.
- Los estudios básicos permiten determinar condiciones técnicas adecuadas para el diseño de la PTAR con sistema de impulsión.
- El diseño propuesto de una planta de tratamiento de aguas residuales con sistema de impulsión establece condiciones técnicas orientadas a la reducción de la carga contaminante.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLES DEPENDIENTES

Y1: Diseño de una PTAR

Descripción: Es una de las instalaciones hidráulicas y estructurales diseñadas con el fin de efectuar la eliminación de contaminantes que están dentro del agua residual antes de su descarga al medio ambiente o al ser reutilizada (Gadaleta et al., 2022).

2.5.2. VARIABLES INDEPENDIENTES

X1: Implementación del sistema de impulsión

Descripción: Es un conjunto de elementos que ayudan a transportar fluidos desde un punto inicial a uno final, empleando bombas, tuberías y otros componentes para superar obstáculos topográficos o distancias extensas (Nico & Dalton, 2021).

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 3

Operacionalización de la VD.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Tipo de variable	Escala de medición	Instrumento de medición
Y1: Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales	Es una infraestructura sanitaria diseñada para la eliminación de contaminantes presentes en las aguas residuales antes de su descarga o reutilización (Gadaleta et al., 2022).	Se evalúa mediante el desarrollo de estudios básicos (topografía, suelos y calidad de agua) y el dimensionamiento de los componentes de la PTAR conforme a criterios técnicos y normativos.	Estudio topográfico Mecánica de suelos Calidad de agua Componentes Ptar	Planimetría Altimetría Perfil Longitudinal Granulometría Límites de consistencia Perfil estratigráfico Coliformes termotolerantes DBO DQO SST Cámara de rejas Tanque Imhoff Filtro percolador Lecho de secado	Cuantitativa continua	De razón	Guía de observación.

Nota. Elaborado con base en los datos de la investigación.

Tabla 4

Operacionalización de la VI.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Tipo de variable	Escala de medición	Instrumento de medición
X1: Implementación del sistema de impulsión	Es un grupo de elementos que permiten transportar aguas residuales desde un punto inicial a uno final, empleando bombas, tuberías y accesorios para superar condiciones topográficas (Nico & Dalton, 2021)	Se evalúa mediante el dimensionamiento hidráulico del sistema de impulsión considerando parámetros de diseño como caudal, presión y características de tuberías.	Sistema de impulsión por bombeo	Caudal de diseño Altura manométrica Pérdida de carga Diámetro de tubería Velocidad de flujo Volumen útil Presión máxima Módulo de elasticidad Espesor de pared de tubería	Cuantitativa continua	De razón	Guía de análisis documental

Nota. Elaborado con base en los datos de la investigación.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Este tipo llega a tener de meta sortear desafíos prácticos, dado que se enfoca en aplicar los conocimientos derivados de un estudio puro a fin de abordar diversas problemáticas, como la innovación tecnológica y la comprensión de movimientos; este tipo se vale de conocimientos, métodos y técnicas que posibilitan, por ejemplo, alcanzar mejoras en los procesos de producción o generar soluciones respecto a conflictos en la sociedad. (Rebollo & Ábalos, 2022).

Dado ello, el estudio se enfocará en abordar los desafíos relacionados con el tratamiento en las localidades de Shayan y Conoc, a través de una PTAR en compañía de un sistema de impulsión por bombeo, contribuyendo a la mejora de la calidad del agua y la preservación del entorno natural.

3.1.1. ENFOQUE

Se apoya en la medición y estudio minucioso de las características que componen cada uno de los fenómenos de interés, iniciando por derivar, a partir de un marco conceptual apropiado y sólido que logra ajustarse al problema bajo examinación, una serie de proposiciones o supuestos que logran expresar las relaciones y conexiones que llegan a esperarse entre las variables que son estudiadas, estableciendo un esquema que guiará la recolección y análisis de datos (Niño, 2021).

Dado ello, la investigación abarcará en este enfoque debido a que se emplearán guías estructuradas y mediciones específicas que se relacionaron con el tema de diseño de una PTAR, generando la búsqueda de obtención de datos cuantitativos a través del estudio topográfico.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Los alcances explicativos buscan determinar los efectos y causas de los fenómenos investigados; logrando ser identificados y analizados las relaciones mutuas entre variables, evidenciando una comprensión profunda de por qué y cómo logran acontecer ciertos eventos; intentando dar una explicación sobre los mecanismos y razones subyacentes que conectan dichas variables (Reyes, 2022).

Acorde a ello, se contará con este alcance debido a que llegará a explicarse de forma minuciosa los procesos de obtención del diseño para una PTAR en compañía de un sistema de impulsión por bombeo en las localidades de Shayan y Conoc, haciendo la inclusión de sus componentes, funcionamiento, alcance y estado actual, por otro lado, llegarán a analizarse las necesidades presentes en la población y los desafíos presentes en estos tipos de sistemas.

3.1.3. DISEÑO

El diseño no experimental no implica la manipulación de variables, sino la observación de los fenómenos en su contexto natural para su posterior estudio, permitiendo describir y comprender su comportamiento (Villanueva, 2020).

Acorde a ello, se tomará en consideración este diseño debido a que llegará a diseñarse la PTAR para las localidades de Shayan y Conoc sin generar una intervención directa en su estructura o sobre su funcionamiento, se realizará la recolección de datos de los estudios básicos en base de la observación y análisis de información previa a fin de brindar una propuesta de diseño óptimo.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Es el grupo total de unidades de análisis que comparten cualidades comunes dentro del estudio (Reyes, 2022).

En el estudio, la población está formada por los centros poblados del distrito de Ripán, departamento de Huánuco, los cuales generan

aguas residuales domésticas y forman parte del ámbito de intervención del sistema de saneamiento.

Desde el enfoque estadístico, esta población corresponde a un conjunto finito de unidades geográficas (centros poblados), que constituyen el universo de análisis.

Desde el enfoque técnico, la delimitación de la población se fundamenta en criterios de ingeniería sanitaria, tales como la generación de aguas residuales, la dotación de agua potable, la cobertura del sistema de alcantarillado y la disposición final de los efluentes (MVCS, 2016). Asimismo, se considera la relación directa de estos centros poblados con el cuerpo receptor, en este caso el río Vizcarra.

En ese sentido, la población de la investigación está constituida por los centros poblados del distrito de Ripán, los cuales representan el universo de análisis para el diseño de la PTAR.

3.2.2. MUESTRA

Es un subconjunto de la población que permite obtener información representativa (Niño, 2021), en la presente investigación, la muestra está conformada por los centros poblados de Shayan y Conoc, pertenecientes al distrito de Ripán.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. TÉCNICAS

El análisis documental es una técnica que permite la revisión y evaluación crítica de documentos relevantes, como normativas y estudios previos (Rebollo & Ábalos, 2022). En la presente investigación, esta técnica se usó para analizar normativa técnica (RNE) y criterios de diseño de plantas de PTAR, necesarios para el desarrollo del proyecto.

Adicionalmente, se realizó el análisis de calidad de agua del río Vizcarra con fines de diagnóstico ambiental, permitiendo determinar la

situación actual de contaminación del cuerpo receptor en la zona de estudio.

3.3.2. INSTRUMENTOS

La guía de análisis documental es un instrumento que permite organizar y sistematizar la revisión de documentos mediante criterios previamente establecidos (Villanueva, 2020). En la presente investigación, se empleó para analizar normativa técnica, estudios previos y criterios de diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales, necesarios para el desarrollo del proyecto.

La ficha de observación es un instrumento que permite registrar de manera ordenada la información obtenida mediante la observación directa en campo (Reyes, 2022). En este estudio, se empleó durante el levantamiento topográfico para registrar datos de planimetría, altimetría y perfil longitudinal del terreno.

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

El análisis se realizó en base a criterios de ingeniería sanitaria e hidráulica, considerando los hallazgos de los estudios de campo (topografía y calidad del agua) para el dimensionamiento de la PTAR.

3.4.1. PROCESAMIENTO

Se realizó mediante la organización y sistematización de los datos obtenidos a partir de los estudios básicos y criterios técnicos necesarios para el diseño de la PTAR.

En una primera etapa, se desarrollaron los estudios básicos, los cuales permitieron obtener información fundamental para el diseño del sistema, tales como:

- Levantamiento topográfico, para la determinación de pendientes, cotas y condiciones del terreno.

- Estudio de mecánica de suelos, realizado conforme a la Norma E.050 del RNE, para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

En una segunda etapa, se determinaron los parámetros de diseño del sistema de impulsión por bombeo, considerando variables hidráulicas como altura manométrica, diámetro de tubería, volumen útil, presión máxima, módulo de elasticidad y espesor de pared de tubería, los cuales permitieron establecer las condiciones de funcionamiento.

Finalmente, se realizó el diseño de los componentes estructurales de la PTAR, tales como la cámara de rejas, tanque Imhoff, filtro percolador, considerando los parámetros obtenidos en las etapas anteriores, con el fin de garantizar un adecuado tratamiento de las aguas residuales generadas en las localidades de Shayan y Conoc.

3.4.2. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Se realizó mediante un enfoque explicativo, a partir de la organización e interpretación de los datos obtenidos en los estudios básicos y en el diseño del sistema.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

Se desarrolló mediante trabajo de campo y trabajo de gabinete, en la etapa de campo se ejecutó el levantamiento topográfico, considerando la planimetría, altimetría y perfil longitudinal del terreno, con el fin de identificar las condiciones físicas para el diseño de la PTAR; asimismo, se ejecutó una calicata y se efectuó la toma de muestras de agua del río Vizcarra para sus respectivos análisis físico-químicos y microbiológicos, posteriormente, en gabinete, se procesó la información recopilada mediante hojas de cálculo y criterios establecidos en el RNE, iniciando con la determinación de la población de diseño y los caudales de operación, considerando una población proyectada de 700 habitantes para un horizonte de diseño de 20 años, con base en estos resultados, se desarrolló el dimensionamiento hidráulico, comprendiendo la cámara de rejas, entre otros, además del sistema de impulsión requerido por las condiciones topográficas del terreno, dicho sistema estuvo conformado por un pozo de impulsión, dos bombas sumergibles de operación alternada y una cámara de recepción destinada a estabilizar el flujo impulsado antes de su ingreso a las unidades posteriores de tratamiento, finalmente, se elaboraron los planos generales y de detalle de cada componente de la PTAR, asegurando la coherencia técnica y funcional del diseño propuesto.

4.1.1. PARÁMETROS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE IMPULSIÓN POR BOMBEO PARA LA PROPUESTA HIDRÁULICA DE LA PTAR

Diseño hidráulico

- **Cámaras de rejas**

Caudal de diseño

El dimensionamiento de la cámara de rejas se realizó considerando los caudales característicos previamente determinados para el sistema de tratamiento, los cuales fueron obtenidos a partir de

la población proyectada y los criterios hidráulicos establecidos para el diseño de la PTAR, para ello, se calcularon el caudal promedio, caudal máximo diario y caudal mínimo, permitiendo evaluar el comportamiento hidráulico, asimismo, se adoptó el caudal máximo horario como condición crítica para el diseño de la unidad, debido a que representa la mayor demanda hidráulica del sistema durante los periodos de máxima descarga, estos parámetros permitieron establecer las dimensiones y condiciones de funcionamiento de la cámara de rejas, garantizando una adecuada retención y la protección de las unidades posteriores de tratamiento.

Tabla 5

Datos de diseño de cámara de rejas

Descripción	Dato	Cant	Und
Cau. prom.	Qp:	0.770	l/s
Cau. Máx. diar.	Qmd:	1.001	l/s
Cau. Máx. hor.	Qmh:	1.540	l/s
Cau. mín.	Qmin:	0.385	l/s

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

En la Tabla 5 se tiene los caudales adoptados para el diseño hidráulico de la cámara de rejas, el caudal promedio obtenido fue de 0.770 L/s, mientras que el caudal máximo diario alcanzó 1.001 L/s, asimismo, el caudal máximo horario fue de 1.540 L/s, valor que fue considerado como condición crítica para el dimensionamiento hidráulico debido a que representa la mayor demanda del sistema durante los periodos pico de operación, por otro lado, el caudal mínimo registrado fue de 0.385 L/s, permitiendo evaluar el comportamiento hidráulico de la unidad en condiciones de baja circulación.

Posteriormente, se definieron los parámetros geométricos e hidráulicos necesarios para el diseño de la cámara de rejas, considerando criterios relacionados con la velocidad de flujo, retención de sólidos y pérdidas de carga dentro del sistema.

Tabla 6

Parámetros de diseño de cámara de rejas

Descripción	Dato	Cant	Und
Forma de la barra rectangular	K:	2.42	*
Espesor de la barra 5 - 15 mm	e :	1/4	pulg
Separación entre barras 20 - 55 mm	a :	1	pulg
Profundidad de las barras 30 - 75 mm	b:	1 1/2	l/s
Velocidad en las barras (0.60 - 0.75 m/s)	Vr :	0.70	m/s
Vel. anates de las barras (0.30 -0.60 m/s)	Vc :	0.60	m/s
Ang. de inclinación de las barras 45 - 60º	θ :	45	º
Gravedad	g :	9.81	m/s
Coef. De rugosidad del canal	n:	0.013	*

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

En la Tabla 6 adoptó una barra rectangular con coeficiente K de 2.42, debido a que este tipo de geometría permite menorar las pérdidas de carga y mejorar el comportamiento hidráulico del flujo. Asimismo, el espesor de barras de 1/4 pulgada y la separación de 1 pulgada fueron seleccionados para garantizar una adecuada retención de sólidos gruesos sin generar obstrucciones en la unidad.

Respecto a las condiciones hidráulicas, se adoptó una velocidad a través de las barras de 0.70 m/s y una velocidad de aproximación de 0.60 m/s, valores están en los rangos recomendados para evitar sedimentación y turbulencias excesivas, del mismo modo, se consideró una inclinación de barras de 45°, facilitando la limpieza manual y reduciendo la acumulación de residuos sólidos dentro de la cámara, finalmente, el coeficiente de rugosidad de 0.013 y la aceleración de gravedad de 9.81 m/s² permitieron efectuar el análisis hidráulico correspondiente y estimar adecuadamente las pérdidas de carga del sistema.

Posteriormente, se definieron los criterios geométricos complementarios de la cámara de rejas, relacionados con las dimensiones del canal y el diámetro de ingreso del flujo hacia la unidad.

Tabla 7

Criterios de diseño de cámara de rejas

Descripción	Dato	Cant	Und
Anch. del Can.	B :	0.30	m
Diám. de ingr.	Φ :	0.20	m

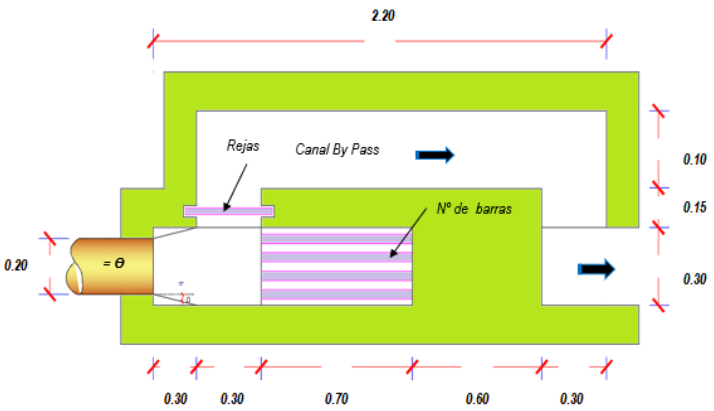
Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

En la Tabla 7 se presentan los criterios geométricos complementarios adoptados para la cámara de rejas, se estableció un ancho de canal de 0.30 m y un diámetro de ingreso de 0.20 m, dimensiones que permiten conducir adecuadamente el caudal de diseño sin generar incrementos excesivos en la velocidad del flujo ni pérdidas de carga significativas, asimismo, estas dimensiones garantizan un comportamiento hidráulico estable dentro de la unidad y facilitan la continuidad del flujo hacia las etapas posteriores del sistema de tratamiento.

La Figura 7 muestra el diseño longitudinal de la cámara de rejas, donde se aprecia la disposición general de la unidad, así como la pendiente adoptada para garantizar el flujo continuo del agua residual hacia las estructuras posteriores de tratamiento.

Figura 7

Cámara de rejas (longitudinal)



Nota. Elaborado con base en los datos de la investigación.

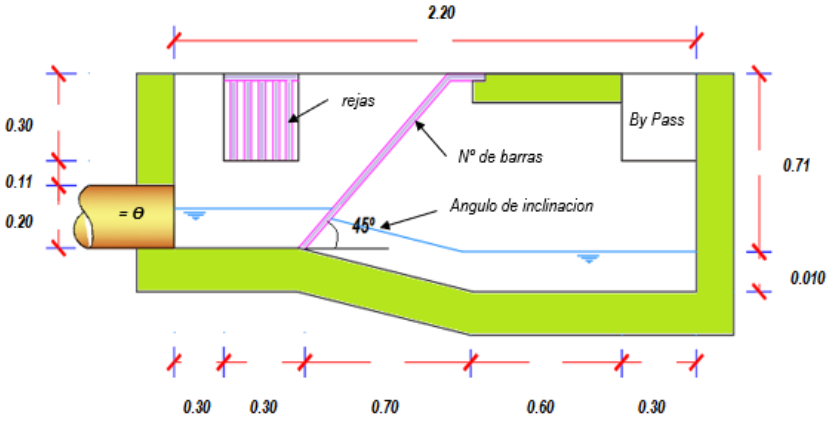
En la Figura 7 se observa el diseño longitudinal de la cámara de rejas, apreciándose la configuración hidráulica de la unidad y la

pendiente considerada para mantener el flujo continuo del agua residual. Asimismo, se visualiza la disposición estructural de la cámara y el sistema de conducción hacia las unidades posteriores de tratamiento, garantizando la continuidad hidráulica dentro de la PTAR.

La Figura 8 presenta el diseño transversal de la cámara de rejas, donde se observa la disposición de las barras y la separación de 1 pulgada adoptada en el diseño, permitiendo la retención eficiente de sólidos gruesos sin afectar el comportamiento hidráulico del flujo dentro de la unidad.

Figura 8

Cámara de rejas (transversal)



Nota. Elaborado con base en los datos de la investigación.

En la Figura 8 se aprecia la vista transversal, observándose la distribución de las barras metálicas y la separación adoptada entre ellas para la retención de residuos sólidos gruesos. Del mismo modo, se visualiza la geometría de la unidad y las dimensiones consideradas en el diseño, las cuales permiten mantener velocidades adecuadas del flujo y reducir pérdidas de carga dentro del sistema.

- **Desarenador**

Parámetros de diseño

El diseño del desarenador se realizó considerando los caudales característicos previamente determinados para el sistema de tratamiento, los cuales fueron obtenidos a partir de la población

proyectada y de los criterios hidráulicos establecidos para la PTAR. Para ello, se evaluaron parámetros físicos e hidráulicos necesarios para garantizar la remoción eficiente de partículas inorgánicas, principalmente arenas, evitando su ingreso hacia las unidades posteriores del sistema y reduciendo problemas de abrasión, sedimentación no controlada y disminución de eficiencia operativa.

Tabla 8

Parámetros de diseño - desarenador

Descripción	Dato	Cant	Und
Densidad relativa de la arena	Dr :	2.65	*
Diámetro de la partícula 0.50mm	Φ :	0.050	cm
Viscocidad sinetica	b:	0.0101	cm2/s
Velocidad horizontal 0.30 + 20%	Vh :	0.30	m/s
Velocidad de sedimentation	Vs:	0.053	m/s
Tasa de remoción 40 -70 m3/m2/h	Gr :	70	m3/m2/h
Coef. De rugosidad del canal	n:	0.013	*

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

En la Tabla 8 se tienen los parámetros hidráulicos y físicos considerados para el diseño del desarenador. Se adoptó una densidad relativa de arena de 2.65 y un diámetro de partícula de 0.50 mm, valores representativos de partículas inorgánicas presentes en aguas residuales domésticas. Asimismo, se consideró una viscosidad cinética de 0.0101 cm^2/s, parámetro necesario para evaluar el comportamiento hidráulico.

Respecto a las condiciones de operación, se adoptó una velocidad horizontal de 0.30 m/s, valor recomendado para desarenadores de flujo horizontal, debido a que permite mantener en suspensión la materia orgánica mientras facilita la sedimentación de partículas pesadas como arenas y gravas finas, del mismo modo, la velocidad de sedimentación de 0.053 m/s garantiza que las partículas inorgánicas se depositen adecuadamente en el fondo de la unidad durante el tiempo de recorrido del flujo.

Por otro lado, se adoptó una tasa de remoción de 70 $m^3/m^2/h$, permitiendo una adecuada eficiencia de separación de sólidos inorgánicos. Asimismo, el coeficiente de rugosidad de 0.013 corresponde a superficies de concreto y permitió evaluar correctamente las condiciones hidráulicas del flujo dentro del canal del desarenador.

Posteriormente, se determinaron las dimensiones geométricas de la unidad, considerando criterios hidráulicos relacionados con el tiempo de retención, velocidad de flujo y estabilidad hidráulica dentro del sistema.

Tabla 9

Parámetros de diseño - desarenador

Descripción	Dato	Cant	Und
Ancho de desarenador	B:	0.30	m
Altura del canal	H:	0.50	m
Longitud de desarenador	Lf:	3.50	m
Pendiente del canal	S:	0.1821	%
Longitud de zona de transición	Ls :	1.00	m

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

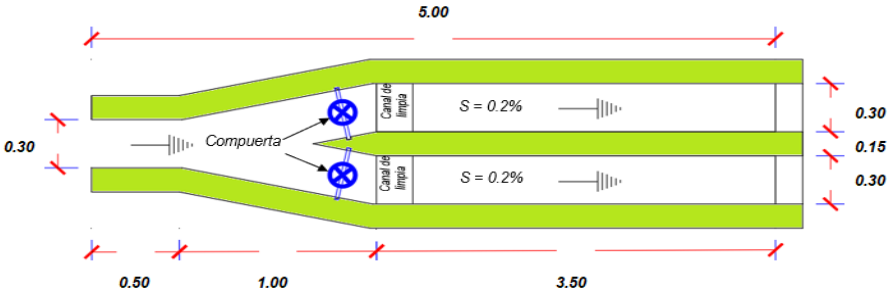
En la Tabla 9 se tiene las dimensiones geométricas adoptadas para el diseño del desarenador. Se estableció un ancho de canal de 0.30 m y una altura de 0.50 m, dimensiones que permiten conducir adecuadamente el caudal de diseño sin generar velocidades que afecten el proceso de sedimentación. Asimismo, la longitud del desarenador se fijó en 3.50 m, proporcionando un tiempo de retención suficiente para favorecer la deposición de partículas inorgánicas en el fondo de la unidad.

La pendiente del canal de 0.1821% permite mantener el flujo continuo del agua residual, evitando acumulaciones y zonas muertas dentro de la estructura, del mismo modo, se consideró una longitud de transición de 1.00 m, la cual contribuye a estabilizar el flujo antes de ingresar a la zona principal de sedimentación, reduciendo turbulencias.

La Figura 9 muestra el diseño longitudinal del desarenador, donde se aprecia la longitud total de la unidad y la pendiente adoptada para mantener una velocidad de flujo controlada a lo largo del canal.

Figura 9

Desarenador (longitudinal)



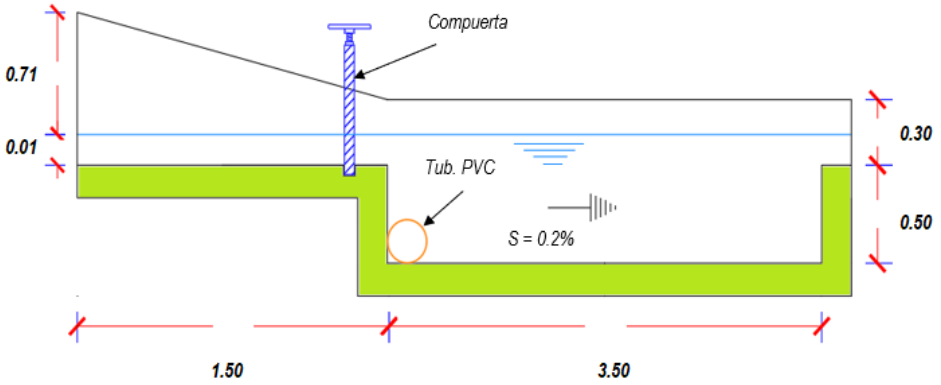
Nota. Elaborado con base en los datos de la investigación.

En la Figura 9 el diseño longitudinal del desarenador, apreciándose la configuración hidráulica de la unidad, la longitud de sedimentación y la pendiente adoptada para garantizar el flujo continuo del agua residual. Asimismo, se visualiza la disposición general del canal y la zona de transición considerada para estabilizar el flujo antes del proceso de sedimentación, favoreciendo la remoción progresiva de partículas inorgánicas.

Por otro lado, la Figura 10 presenta el diseño transversal del desarenador, donde se visualizan las dimensiones del canal y la geometría adoptada para mantener condiciones hidráulicas adecuadas dentro de la unidad.

Figura 10

Desarenador (transversal)



Nota. Elaborado con base en los datos de la investigación.

En la Figura 10 se aprecia la vista transversal del desarenador, observándose el ancho y la altura del canal definidos para el diseño hidráulico de la unidad. Asimismo, se visualiza la configuración geométrica adoptada para mantener velocidades adecuadas del flujo y permitir la sedimentación eficiente de partículas inorgánicas, evitando turbulencias que puedan generar resuspensión de los sólidos depositados.

- **Tanque Imhoff**

Parámetros de diseño

Se desarrolló considerando los caudales característicos previamente determinados para el sistema de tratamiento, así como los criterios hidráulicos y operacionales establecidos en la Norma RNE OS.090. Esta unidad fue proyectada con la finalidad de remover sólidos sedimentables y realizar la digestión anaerobia de los lodos generados durante el proceso de tratamiento, permitiendo reducir la carga orgánica del efluente antes de ingresar a las unidades posteriores de la PTAR. Para ello, se evaluaron parámetros relacionados con la sedimentación, acumulación de lodos, tiempo de retención y condiciones geométricas de la estructura.

Tabla 10

Parámetros de diseño – tanque imhoff

Descripción	Dato	Cant	Und	Fuente
Zona de sedimentador				
Carga superficial	Cs :	1.00	m3/m2/h	RNE OS.090
Periodo de retención 1.5 -2.5	Tr :	2.00	hrs	RNE OS.090
Angulo de inclinación fondo 50 - 60º	β :	60	º	RNE OS.090
Ancho de la arista central 0.15 - 0.20	a :	0.20	m	RNE OS.090
Prolongación de lado 0.15 - 0.20	l :	0.20	m	RNE OS.090
Borde libre	BL :	0.30	m	RNE OS.090
La relación Largo/Ancho 3.00 - 10.00 m	L/B :	4.00	m	RNE OS.090
La relación Largo/Altura 5.00 - 30.00 m	L/H :	6.00	m	RNE OS.090
Numero de sedimentadores	NS:	1.00	und	Criterio tecnico - propio
Zona de digestion				
Densidad de solidos	Ds :	1.05	kg/l	RNE OS.090
Altura máxima de lodos	Hl :	0.50	m	RNE OS.090
Angulo de inclinación fondo 15 - 30º	α :	30	º	RNE OS.090
Espaciamiento libre mínimo 1.00m	e :	1.00	m	RNE OS.090
superficie libre será 30% super. Total	Al :	30.00	%	RNE OS.090
Temperatura del aire	T:	10.00	ºc	Estudio de la zona
Tasa de acumulación de lodos	Tal :	70.00	l/hab. Año	RNE OS.090

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

En la Tabla 10 se presentan los principales parámetros adoptados para el diseño del tanque Imhoff. En la zona de sedimentación se consideró una carga superficial de 1.00 m³/m²/h y un periodo de retención de 2.00 horas, valores que se encuentran dentro de los rangos establecidos y que permiten garantizar una adecuada remoción de sólidos sedimentables.

Posteriormente, se realizó el dimensionamiento hidráulico y geométrico del tanque Imhoff considerando los parámetros previamente establecidos para las zonas de sedimentación y digestión.

Tabla 11

Parámetros de diseño – tanque imhoff

Descripción	Dato	Cant	Und
Cálculo de sedimentador			
Área de sedimentador	As:	2.77	m2
Volumen de sedimentador	Vs:	5.54	m3
Ancho unitario de sedimentador	B:	1.50	m
Longitud unitaria de sedimentador	L:	6.00	m
Altura de sedimentador	HT:	2.50	m
Cálculo de zona de espuma			
Número de digestores	ND:	2	und
Ancho unitario de área libre	Altu:	0.10	m
Dimensionamiento de la cámara de digestión			
Volumen de cada tolva	Vtdu:	77.22	M3
Altura total de tanque IMOHFF	HT:	7.00	m

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

En la Tabla 11 se presenta el dimensionamiento hidráulico y geométrico del tanque Imhoff. Se obtuvo un área de sedimentación de 2.77 m² y un volumen de sedimentador de 5.54 m³, dimensiones que permiten garantizar un tiempo de retención adecuado para la separación de sólidos sedimentables.

Asimismo, las dimensiones adoptadas para el sedimentador, con un ancho de 1.50 m, una longitud de 6.00 m y una altura de 2.50 m, permiten mantener condiciones hidráulicas estables dentro de la unidad, evitando cortocircuitos y favoreciendo un flujo uniforme durante el proceso de sedimentación.

En relación con la zona de digestión, se consideró la implementación de dos digestores, permitiendo una mejor distribución de los lodos y favoreciendo el proceso de digestión anaerobia. Del mismo modo, el volumen de cada tolva de 77.22 m³ garantiza una capacidad adecuada de almacenamiento de lodos, evitando acumulaciones excesivas que puedan afectar el funcionamiento de la unidad.

Finalmente, se determinó una altura total del tanque Imhoff de 7.00 m, dimensión que permite separar adecuadamente las zonas de sedimentación y digestión, garantizando la estabilidad hidráulica y el funcionamiento eficiente del sistema de tratamiento.

- **Lecho de secado**

Parámetros de diseño

Se realizó considerando la cantidad de lodos derivados durante el proceso de tratamiento, tomando en cuenta la carga de sólidos y el volumen de lodos producidos diariamente en el sistema. Para ello, se evaluaron parámetros asociados con la concentración de sólidos, producción de lodos, con la finalidad de garantizar un adecuado secado.

Tabla 12

Parámetros de diseño – lecho de secado

Descripcion	Dato	Cant	Und
Balanza de masa	Ss :	1066.02	mgSs/l
Contribución Percapita de sol.	Cs:	70.92	Kgss/dia
Mas. de sol.	Msd :	23.05	Kd Msd/dia
Vol. Diar. de lod.	Vld :	221.63	Lt/dia
Vol. de lod. a extraer	Vel :	9.31	m3
Ár. de lech. de sec.	Als :	31.03	m2
Ár. unitaria de lech.	Alsu:	15.51	m2
Ancho asumido de lech.	B:	4.00	m
Longitud calculada	L:	3.90	m

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

En la Tabla 12 se tienen los apartados adoptados para el diseño del lecho de secado. Se determinó una concentración de sólidos de 1066.02 mgSS/L y una contribución per cápita de sólidos de 70.92 KgSS/día, valores que permitieron estimar una masa de sólidos diaria de 23.05 Kg/día, correspondiente a los lodos generados durante el proceso de tratamiento.

Asimismo, se obtuvo un volumen diario de lodos de 221.63 litros por día y un volumen de lodos a extraer de 9.31 m^3, parámetros que permitieron determinar el área necesaria para el secado y deshidratación de los lodos ocasionados en el sistema.

En función de estos resultados, se determinó un área total de lecho de secado de 31.03 m^2, la cual fue distribuida en dos unidades, obteniendo un área unitaria de 15.51 m^2, esta distribución permite una operación alternada de los lechos, facilitando las labores de mantenimiento, limpieza y extracción de lodos durante la operación del sistema.

Del mismo modo, se adoptó un ancho de lecho de 4.00 m y una longitud de 3.90 m, dimensiones que permiten desarrollar adecuadamente los procesos de drenaje y evaporación del contenido de humedad presente en los lodos, favoreciendo su deshidratación y reduciendo considerablemente su volumen final.

En conjunto, los parámetros considerados permiten garantizar una adecuada estabilización y secado de los lodos generados en la PTAR, transporte y disposición final, además de reducir posibles impactos ambientales y sanitarios en la zona de estudio.

- **Cámara de cloro**

Parámetros de diseño

El diseño de la cámara de cloración se realizó con la finalidad de garantizar la desinfección del efluente tratado antes de su descarga al cuerpo receptor, permitiendo reducir la presencia de microorganismos patógenos y mejorar las condiciones sanitarias del agua residual tratada. Para ello, se consideraron parámetros hidráulicos y operacionales relacionados con la dosificación de cloro, tiempo de contacto y volumen de almacenamiento requerido para asegurar la eficiencia del proceso de desinfección.

Tabla 13

Parámetros de diseño – cámara de cloro

Formula	Descripción	Dato	Cant	Und
Clr =0.0864 x qp x cl	Clor. requerido	Clr :	0.27	Kg/d
$Ct = \frac{(\frac{Ce}{Cf})^{(-\frac{1}{3})} - 1}{0.23 * TRH}$	Cant. de clor. en el efluen.	Ct :	0.53	Mg/l
Vc = 0.06 x qp x trh	Vol. de la cám. de cloro	Vc:	1.39	M3
Ac = vc / h	Área de la cám.	Ac:	1.39	M2
B = ac / l	Anch. de la cám.	B:	0.60	M
Nb = l / 0.30	Num. de briquetas	Nb :	8.00	Und

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

En la Tabla 13 se tiene los parámetros adoptados para el diseño de la cámara de cloración, se determinó un requerimiento de cloro de 0.27 Kg/día, calculado en función del caudal promedio y de la concentración necesaria para garantizar la desinfección del efluente tratado, asimismo, se consideró una concentración de cloro en el efluente de 0.53 mg/L, valor que permite reducir la presencia de microorganismos patógenos antes de la descarga final del agua tratada.

Respecto a las condiciones hidráulicas, se determinó un volumen de cámara de cloro de 1.39 m³, considerando un tiempo de retención hidráulico adecuado para ayudar el contacto entre el cloro y el agua residual, este tiempo de contacto resulta fundamental para asegurar la inactivación de bacterias, virus y otros microorganismos.

Asimismo, se determinó un número de ocho briquetas de cloro, las cuales permiten una dosificación continua y controlada del agente desinfectante durante la operación del sistema. En conjunto, los parámetros considerados permiten garantizar un adecuado proceso de desinfección del efluente tratado, contribuyendo a reducir la carga

microbiológica y minimizar impactos sanitarios y ambientales sobre el cuerpo receptor.

- **Filtro biológico**

Para el tratamiento biológico secundario se proyectaron dos filtros biológicos, con la finalidad de menorar la carga orgánica presente en el efluente proveniente del tanque Imhoff antes de su ingreso a la etapa de desinfección. El diseño de esta unidad se realizó considerando las condiciones hidráulicas y orgánicas del sistema, así como los criterios definidos en la Norma RNE OS.090 para filtros percoladores, permitiendo garantizar un adecuado desarrollo de la biopelícula encargada de la degradación.

Tabla 14

Parámetros de diseño – filtro biológico

Altura del medio filtrante	H :	3.00	m	RNE OS 0.90 Item 5.5.4.3
A = Vc / H	Area de medio filtrante	A:	24.02	m2	Area del filtro percolador
B =(A/2)$^{1/2}$	Ancho del filtro	B :	3.50	m	Ancho del filtro percolador
L = 2 x B	Largo del filtro	L :	7.00	m	Largo del filtra percolador
Tas = Qp / A	Tasa de aplicación Superficial	Tas :	2.77	m3/m2.dia	Tasa de aplicacion superficial
Co = Wg / Vc	Carga organica	Co:	0.13	Kg/m3.dia	Carga organica

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

En la Tabla 14 se tienen los indicadores adoptados para el diseño del filtro biológico. Se consideró una altura del medio filtrante de 3.00 m, valor establecido de acuerdo con la Norma RNE OS.090, permitiendo un adecuado crecimiento de la biopelícula responsable de la degradación biológica de la materia orgánica presente en el efluente.

Asimismo, se determinó un área total de filtración de 48.04 m², distribuida en dos unidades de tratamiento, lo cual permite una mejor distribución hidráulica del caudal y facilita las labores de operación y mantenimiento del sistema, a partir de esta área, se establecieron dimensiones de 3.50 m de ancho y 7.00 m de largo para cada filtro, garantizando condiciones hidráulicas adecuadas para el proceso biológico.

Respecto al comportamiento hidráulico del sistema, se obtuvo una tasa de aplicación superficial de 2.77 m³/m².día, valor que permite mantener un flujo uniforme sobre el medio filtrante y favorecer el contacto entre el agua residual y la biopelícula adherida al material de soporte, del mismo modo, se determinó una carga orgánica de 0.13 Kg/m³.día, parámetro que asegura condiciones adecuadas para el tratamiento biológico sin generar sobrecarga orgánica dentro de la unidad.

- **Pozo de impulsión**

El diseño hidráulico del pozo de impulsión se realizó considerando los caudales característicos previamente determinados para el sistema de tratamiento, así como las condiciones topográficas presentes en el área de estudio, las cuales impiden el transporte del agua residual únicamente por gravedad. En ese sentido, fue necesaria la incorporación de un sistema de impulsión por bombeo que permita garantizar la continuidad hidráulica entre las unidades de la PTAR y mantener un funcionamiento estable del sistema de tratamiento.

Para el dimensionamiento hidráulico del pozo de impulsión se consideró el caudal máximo horario de 1.540 L/s como condición crítica de operación, debido a que representa la máxima demanda hidráulica del sistema durante los periodos pico, asimismo, se tomó en cuenta el caudal mínimo de 0.385 L/s y el caudal promedio de 0.770 L/s, permitiendo evaluar el comportamiento hidráulico del sistema bajo diferentes condiciones de funcionamiento.

Tabla 15

Parámetros hidráulicos de pozo de impulsión

Descripción	Dato	Cantidad	Und
Caud. Prom	Qp:	0.770	l/s
Caud. Máx. hor.	Qmh:	1.540	l/s
Caud. mín.	Qmin:	0.385	l/s
Altura manométrica total	Hmt:	5.82	M
Diám. de tub. de imp.	D:	0.20	M
Velocidad de impulsión	Vi:	0.60	m/s
Coeficiente de rugosidad	n:	0.013	-
Número de bombas	Nb:	2	Und
Tipo de operación		Alternada	-

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

En la Tabla 15 se tienen los parámetros hidráulicos considerados para el diseño del pozo de impulsión, se adoptó una altura manométrica total de 5.82 m, valor que permite vencer las diferencias de nivel y pérdidas de carga presentes en el sistema de impulsión, garantizando el transporte adecuado hacia las unidades posteriores.

Asimismo, se consideró una tubería de impulsión de 0.20 m de diámetro y una velocidad de impulsión de 0.60 m/s, parámetros que permiten mantener condiciones hidráulicas adecuadas dentro de la línea de impulsión, evitando velocidades excesivas que puedan generar pérdidas de carga elevadas o desgaste prematuro de las tuberías.

Por otro lado, se adoptó un coeficiente de rugosidad de 0.013, correspondiente a tuberías y estructuras de concreto, permitiendo evaluar el comportamiento hidráulico del flujo y estimar adecuadamente las pérdidas de carga del sistema.

En relación con el sistema de bombeo, se consideró la implementación de dos bombas de operación alternada, configuración que permite asegurar continuidad operativa, facilitar labores de mantenimiento y reducir riesgos de interrupción del sistema en caso de falla de uno de los equipos.

En conjunto, los parámetros hidráulicos adoptados garantizan el adecuado funcionamiento del sistema de impulsión, permitiendo conducir el agua residual hacia la PTAR de manera continua y segura, superando las limitaciones topográficas presentes en el área de estudio y asegurando la operatividad del sistema de tratamiento propuesto.

- **Bombas sumergibles**

Para el funcionamiento del sistema de impulsión de la PTAR, se proyectó la instalación de dos bombas sumergibles para aguas residuales, las cuales operarán de manera alternada con la finalidad de mantener la continuidad operativa del sistema durante labores de mantenimiento o ante una posible falla de una de las unidades. El bombeo se realizará desde el pozo de impulsión hacia la cámara receptora, permitiendo conducir el agua residual hacia las siguientes unidades de tratamiento.

La selección de las bombas se efectuó considerando el caudal máximo horario de diseño de 1.540 L/s, una altura manométrica total de 5.82 m y un diámetro de tubería de impulsión de 0.20 m. Asimismo, se consideró una velocidad de impulsión de 0.60 m/s y las pérdidas de carga generadas durante la conducción del flujo, parámetros necesarios para garantizar un funcionamiento hidráulico adecuado del sistema de bombeo.

Tabla 16

Parámetros para las bombas sumergibles

Descripción	Unidad	Valor
Caudal promedio	L/s	0.770
Caudal máximo horario	L/s	1.540
Caudal mínimo	L/s	0.385
Altura manométrica total	M	5.82
Diámetro de tubería de impulsión	M	0.20
Velocidad de impulsión	m/s	0.60
Tipo de bomba	-	Sumergible para aguas residuales
Número de bombas	und	2
Tipo de operación	-	Alternada
Sistema de respaldo	-	1 operativa + 1 de reserva
Fluido bombeado	-	Aguas residuales domésticas
Material recomendado	-	Hierro fundido o acero inoxidable
Paso de sólidos	mm	≥ 50
Tipo de impulsor	-	Semiabierto o vortex
Protección del motor	-	Sumergible hermético
Potencia estimada	HP	1.0
Condición de trabajo	-	Operación continua
Sólidos suspendidos	mg/L	31.98

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

En la Tabla 16, se presentan los parámetros hidráulicos y técnicos considerados para la implementación de las bombas sumergibles del sistema de impulsión de la PTAR. La selección se realizó considerando el caudal máximo horario de diseño y la altura manométrica total calculada, permitiendo garantizar el transporte adecuado del agua residual hacia las unidades posteriores. Asimismo, las características técnicas propuestas para las bombas permitirán una operación continua y adecuada frente a la presencia de sólidos planteado.

- **Cámara de recepción**

La cámara de recepción fue diseñada con la finalidad de recibir el agua residual impulsada desde el pozo de bombeo y estabilizar el flujo antes de su ingreso a las unidades de pretratamiento de la PTAR, su incorporación dentro del sistema permite controlar las variaciones hidráulicas generadas por el proceso de impulsión, favoreciendo una transición uniforme del flujo y reduciendo turbulencias que puedan afectar el funcionamiento de las unidades posteriores.

Para el diseño hidráulico de la cámara de recepción se consideraron los caudales característicos previamente determinados para el sistema, adoptándose como condición crítica el caudal máximo horario de 1.540 L/s, debido a que representa la mayor demanda hidráulica durante la operación del sistema, asimismo, se consideró el comportamiento del flujo impulsado y las pérdidas de carga generadas durante el transporte del agua residual desde el pozo de impulsión.

Tabla 17

Parámetros hidráulicos de la cámara de recepción

Descripción	Dato	Cantidad	Und
Caud. Prom.	Qp:	0.770	l/s
Caud. Máx. horario	Qmh:	1.540	l/s
Caud. Mín.	Qmin:	0.385	l/s
Altura de cámara	H:	5.82	M
Diámetro de cámara	D:	2.50	M
Velocidad de ingreso	Vi:	0.60	m/s
Coeficiente de rugosidad	n:	0.013	-
Tipo de flujo	Uniforme	-	

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

En la Tabla 17 se tienen los parámetros hidráulicos considerados para el diseño de la cámara de recepción, se adoptó una altura de 5.82 m y un diámetro de 2.50 m, dimensiones que permiten recibir adecuadamente el caudal impulsado desde el sistema de bombeo y mantener condiciones hidráulicas estables antes del ingreso.

Asimismo, se consideró una velocidad de ingreso de 0.60 m/s, valor que permite reducir turbulencias y favorecer una distribución uniforme del flujo dentro de la estructura, del mismo modo, el coeficiente de rugosidad de 0.013 permitió evaluar el comportamiento

hidráulico del flujo y estimar adecuadamente las pérdidas de carga presentes en la unidad.

En conjunto, los parámetros hidráulicos adoptados garantizan un adecuado funcionamiento de la cámara de recepción, permitiendo estabilizar el flujo impulsado y asegurar continuidad hidráulica hacia las unidades posteriores de la PTAR, contribuyendo al correcto funcionamiento del sistema de tratamiento.

- **Balance de masa inicial**

El balance de masa inicial permitió evaluar la calidad del efluente tratado en relación con los ECA para agua y los LMP definidos para descargas de aguas residuales, con la finalidad de verificar el cumplimiento de la normativa ambiental vigente antes de la descarga final al río Vizcarra. Para ello, se analizaron parámetros relacionados con la carga orgánica, sólidos suspendidos, oxígeno disuelto.

Tabla 18

Parámetros de balance de masa inicial

Parámetro	Ecas (categoría 3)	Límites máximos permisibles	Valor en descarga	Valor en mezcla	Observación
Dbo5 (mg/l)	< 15	100	49.75	15.0	No requiere tratamiento adicional
Solidos suspendidos (mg/l)	< 100	150	31.98	99.9	No requiere tratamiento adicional
Coliformes termotolerantes nmp/100ml)	< 1000	10000	2.37e+03	1.00e+03	No requiere tratamiento adicional
Oxígeno disuelto (mg/l)	> 04	-	7.00	4.00	No requiere tratamiento adicional

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

En la Tabla 18 se tiene los resultados obtenidos del balance de masa inicial para los principales parámetros de calidad del efluente tratado, respecto a la DBO_5, se obtuvo un valor de descarga de 49.75

mg/L y un valor en mezcla de 15.0 mg/L, valor que se aproxima al límite de referencia establecido por los ECA para cuerpos de agua categoría 3, estos resultados evidencian una adecuada reducción de materia orgánica mediante las unidades de tratamiento proyectadas.

Asimismo, los sólidos suspendidos totales registraron un valor de 31.98 mg/L en descarga y 99.9 mg/L en mezcla, valores considerados en la evaluación de la calidad del efluente y del cuerpo receptor. Estos resultados reflejan un adecuado desempeño de las unidades de sedimentación y tratamiento biológico, permitiendo reducir las partículas suspendidas en el efluente final.

Componentes estructurales

- **Cámara de rejas**

El diseño estructural de la cámara de rejas se ejecutó considerando las normas definidas para estructuras de concreto armado, con la finalidad de asegurar la estabilidad y resistencia de la unidad frente a las cargas hidráulicas y presiones generadas por el terreno circundante. Para ello, se consideraron los parámetros mínimos de refuerzo establecidos para muros de concreto armado, permitiendo asegurar un comportamiento estructural adecuado durante la operación del sistema.

Asimismo, el artículo 14.3 de la normativa establece una cuantía mínima de acero de refuerzo para muros, definiendo una cuantía horizontal de 0.002 y una cuantía vertical de 0.0015, en función de estos criterios, se adoptó una cuantía de refuerzo de ρ = 0.002, aplicando la relación:

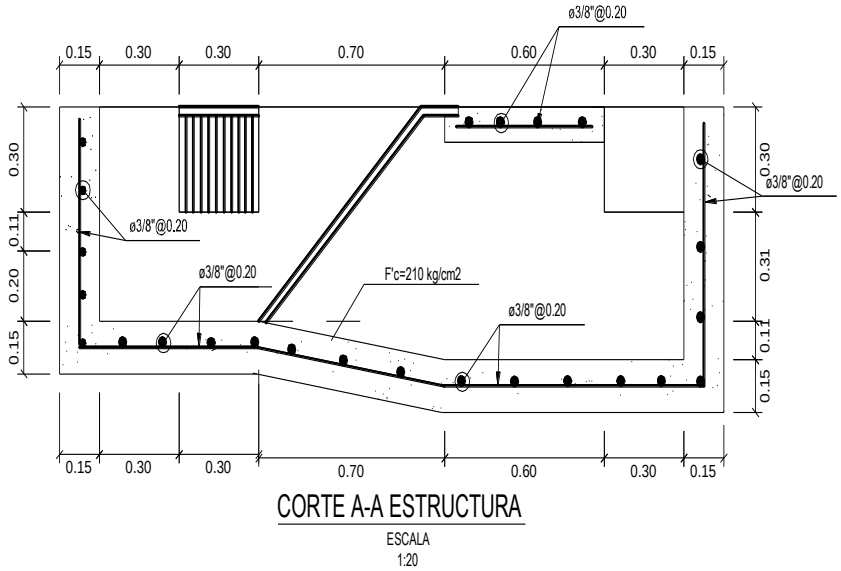
$$\rho = \frac{A_S}{\mathrm{b.d}}$$

A partir de esta expresión se obtuvo un área mínima de acero de refuerzo de As = 3.03 cm², valor que permite garantizar la resistencia necesaria del elemento estructural frente a esfuerzos de tracción y posibles deformaciones ocasionadas durante la operación de la unidad.

Del mismo modo, la disposición del acero de refuerzo fue considerada para controlar la formación de fisuras y asegurar la integridad estructural de la cámara de rejas durante su vida útil. Esta configuración permite mantener condiciones adecuadas de estabilidad frente a las cargas hidráulicas internas y las presiones laterales del suelo, contribuyendo a la seguridad y funcionamiento de la estructura proyectada.

Figura 11

Corte estructural – cámara de rejas



Nota. Elaborado con base en los datos de la investigación.

En la Figura 11 se presenta el corte estructural de la cámara de rejas, donde se observa la configuración del elemento de concreto armado y la disposición del acero de refuerzo considerado en el diseño, asimismo, se visualizan las dimensiones estructurales de la unidad y los elementos de soporte adoptados para asegurar estabilidad y resistencia frente a las cargas hidráulicas y presiones del terreno durante la operación del sistema.

- **Desarenador**

El desarenador fue diseñado como una estructura de concreto armado, considerando los criterios establecidos en la Norma RNE

E.060 – Concreto Armado, con la finalidad de garantizar estabilidad estructural frente a las cargas hidráulicas y presiones laterales generadas por el suelo y el agua durante la operación del sistema. Para ello, se adoptaron muros con un espesor mínimo de 0.25 m y una altura de 3.60 m, utilizando concreto con resistencia de f'c = 210 kg/cm² y acero de refuerzo con fy = 4200 kg/cm². Asimismo, la estructura fue considerada arriostrada en ambos lados, permitiendo mejorar su comportamiento estructural y reducir deformaciones ante las cargas actuantes.

En relación con el diseño del acero de refuerzo, se consideró lo establecido en el artículo 14.3 de la Norma RNE E.060, el cual establece una cuantía mínima de acero para muros de concreto armado de 0.002 en sentido horizontal y 0.0015 en sentido vertical, para el dimensionamiento del refuerzo se adoptó una cuantía de:

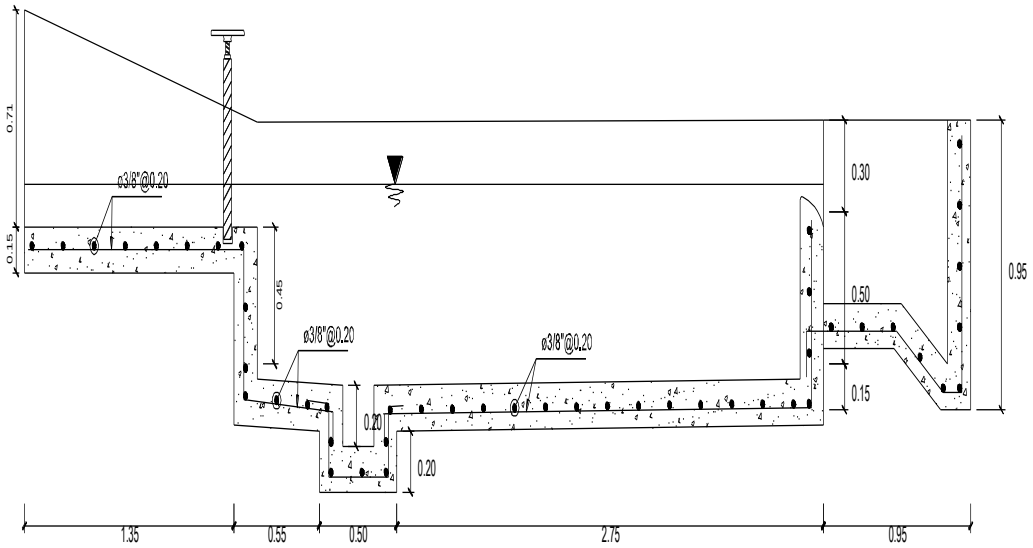
$$\rho = \frac{A_S}{\mathrm{b.d}}$$

Aplicando esta relación, se obtuvo un área mínima de acero de refuerzo de As = 3.03 cm², valor que permite garantizar la resistencia necesaria frente a esfuerzos de tracción y controlar la aparición de fisuras en los muros de la estructura.

Asimismo, para cumplir con la cuantía requerida, se seleccionó acero de refuerzo de ø 3/8", dispuesto con una separación de ø 3/8" @ 0.20 m, configuración que permite una adecuada distribución del acero y un comportamiento estructural seguro frente a las condiciones de servicio.

Figura 12

Corte estructural - desarenador

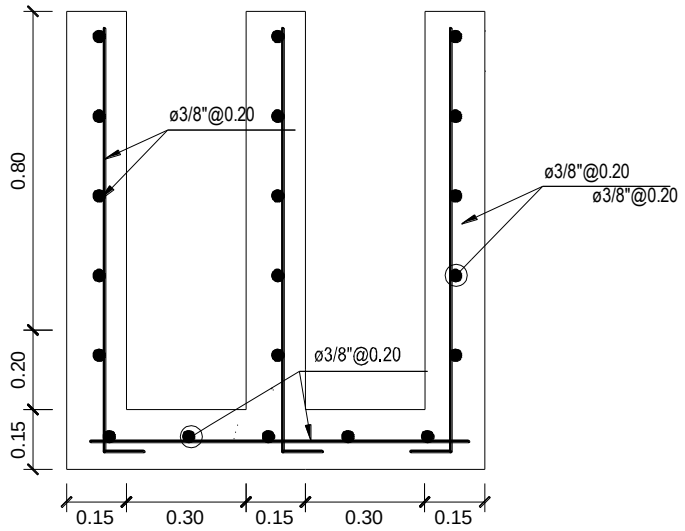


Nota. Elaborado con base en los datos de la investigación.

En la Figura 12 se presenta el corte estructural del desarenador, donde se observa la configuración general de la estructura de concreto armado, así como la disposición del acero de refuerzo considerado para el diseño de los muros. Asimismo, se visualizan las dimensiones estructurales adoptadas para garantizar estabilidad frente a las cargas hidráulicas y presiones laterales del terreno.

Figura 13

Corte transversal - desarenador



Nota. Elaborado con base en los datos de la investigación.

En la Figura 13 se muestra el corte transversal del desarenador, apreciándose la geometría interna de la estructura y las dimensiones consideradas para mantener condiciones hidráulicas y estructurales adecuadas durante la operación del sistema. Del mismo modo, se observa la disposición de los elementos de refuerzo y la configuración del canal, permitiendo garantizar un funcionamiento seguro y estable de la unidad dentro de la PTAR.

- **Pozo de impulsión**

El pozo de impulsión fue diseñado como una estructura de concreto armado, considerando las exigencias estructurales e hidráulicas propias de un sistema sometido a presiones internas y externas durante su operación. Para ello, se adoptaron dimensiones mínimas de muro de 0.25 m de espesor, una altura total de 5.82 m y un diámetro de 2.50 m, utilizando concreto con resistencia de f'c = 280 kg/cm² y acero de refuerzo con fy = 4200 kg/cm². Asimismo, la estructura fue considerada arriostrada en ambos lados, permitiendo mejorar su estabilidad frente a las cargas hidráulicas y geotécnicas generadas por el terreno y el almacenamiento del agua residual.

En relación con el diseño de la losa de fondo, se consideró un espesor de 0.20 m y una cuantía de refuerzo de ρ = 0.002, obteniéndose un área mínima de acero de As = 3.40 cm². Para cumplir con este requerimiento estructural, se dispuso acero de refuerzo de ∅ 3/8" @ 0.20 m en doble malla, configuración que permite resistir adecuadamente los esfuerzos de flexión y controlar la fisuración del elemento estructural.

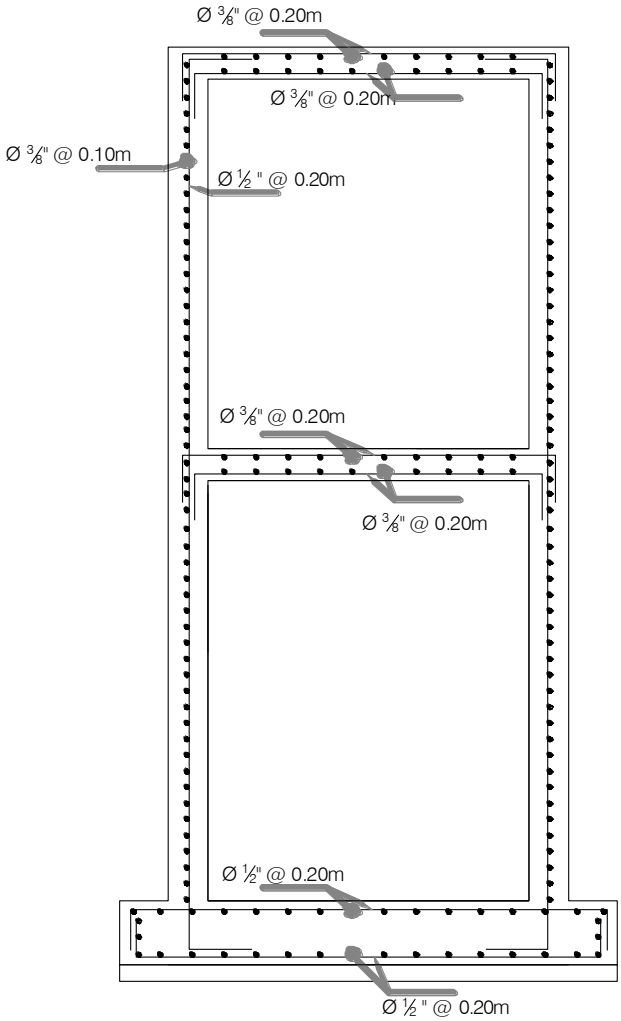
Por otro lado, para el diseño de los muros se adoptó una cuantía horizontal de ρ = 0.002, obteniéndose un área de acero de As = 4.00 cm², motivo por el cual se seleccionó refuerzo de ∅ 3/8" @ 0.15 m. Asimismo, el refuerzo vertical fue diseñado considerando una cuantía de ρ = 0.003, obteniéndose un área de acero de As = 4.50 cm², adoptándose barras de ∅ 1/2" @ 0.20 m. Estas disposiciones permiten garantizar resistencia estructural frente a las presiones hidrostáticas

internas y las presiones laterales del suelo, evitando fisuración excesiva, deformaciones y posibles fallas estructurales durante la operación del sistema.

Desde el punto de vista hidráulico, el pozo de impulsión cumple una función fundamental dentro de la PTAR, debido a que permite elevar el agua residual hacia las unidades de tratamiento cuando las condiciones topográficas del terreno no permiten el transporte por gravedad. En ese sentido, su adecuado dimensionamiento garantiza la continuidad del flujo y el correcto funcionamiento del sistema de impulsión por bombeo.

Figura 14

Corte estructural – pozo de impulsión



Nota. Elaborado con base en los datos de la investigación.

En la Figura 14 se tiene el corte estructural del pozo de impulsión, donde se observa la disposición interna del sistema de bombeo y las líneas de impulsión utilizadas para conducir el agua residual hacia niveles superiores dentro de la PTAR, asimismo, se visualiza la configuración estructural del pozo y la distribución de los elementos hidráulicos considerados para garantizar un adecuado almacenamiento temporal y una conducción eficiente del efluente.

Como hallazgo principal, se determinó que el rango de caudales comprendido entre 0.385 y 1.540 L/s, junto con las condiciones topográficas del terreno, hacen indispensable la implementación de un sistema de impulsión, evidenciando que el diseño hidráulico de la PTAR depende directamente de la necesidad de bombeo para garantizar la continuidad del flujo.

- **Cámara de recepción.**

La cámara de recepción fue diseñada como una estructura de concreto armado, considerando las condiciones hidráulicas y estructurales del sistema de impulsión, con la finalidad de garantizar estabilidad y continuidad del flujo hacia las unidades de tratamiento de la PTAR, para ello, se adoptaron dimensiones mínimas de muro de 0.25 m de espesor, una altura de 5.82 m y un diámetro de 2.50 m, utilizando concreto con resistencia de f'c = 280 kg/cm² y acero de refuerzo con fy = 4200 kg/cm², asimismo, la estructura fue considerada arriostrada en ambos lados, permitiendo mejorar su comportamiento estructural frente a las cargas hidráulicas y geotécnicas actuantes.

Desde el punto de vista estructural, el diseño se desarrolló conforme a lo establecido en la Norma RNE E.060 y criterios del ACI 318, considerando cuantías mínimas de refuerzo para garantizar la resistencia y durabilidad de la estructura. Para la losa de fondo, con un espesor de 0.20 m, se adoptó una cuantía de ρ = 0.002, obteniéndose un área mínima de acero de As = 3.40 cm², motivo por el cual se dispuso refuerzo de ∅ 3/8" @ 0.20 m en doble malla, permitiendo resistir

adecuadamente los esfuerzos de flexión y controlar la fisuración del elemento estructural.

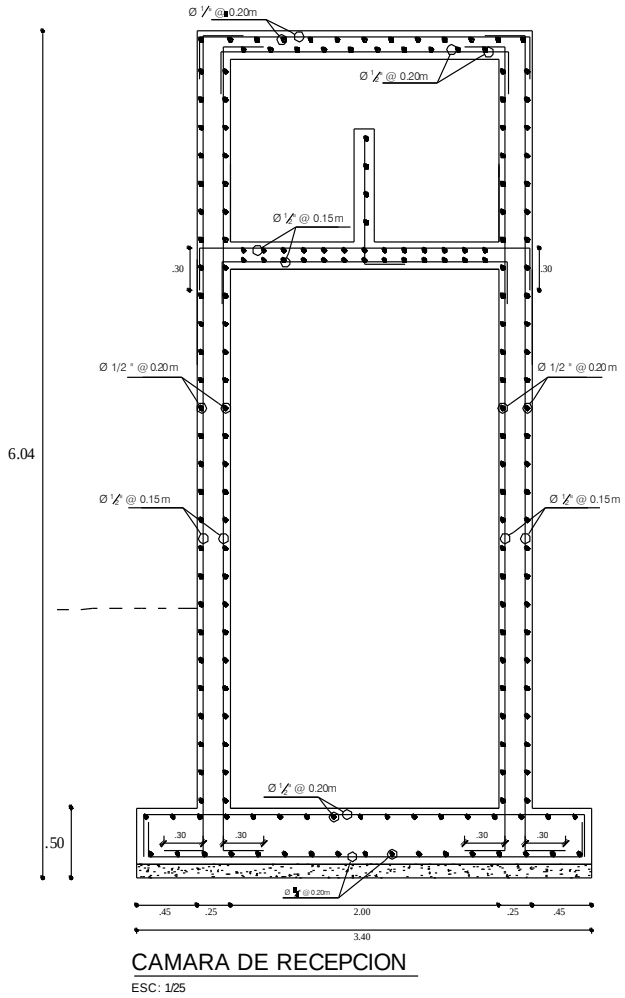
En los muros de 0.25 m de espesor, el refuerzo horizontal fue diseñado con una cuantía de ρ = 0.002, obteniéndose un área de acero de As = 4.00 cm², adoptándose barras de ø 1/2” @ 0.20 m. Por otro lado, el refuerzo vertical se calculó considerando una cuantía de ρ = 0.003, obteniéndose un área de acero de As = 6.00 cm², por lo que se dispusieron barras de ø 1/2” @ 0.15 m en doble malla, garantizando resistencia frente a los esfuerzos de tracción generados por las presiones internas y externas de la estructura.

Asimismo, para la cimentación se diseñó una zapata de 0.40 m de espesor, considerando una cuantía de ρ = 0.0018 y un área de acero de As = 6.30 cm², adoptándose refuerzo de ø 1/2” @ 0.20 m en doble malla, configuración que permite una adecuada distribución de cargas hacia el suelo de fundación y mejora el comportamiento estructural de la unidad.

Desde el punto de vista hidráulico, la cámara de recepción cumple la función de recibir el agua impulsada desde el pozo de bombeo, permitiendo estabilizar el flujo antes de su ingreso a las unidades de tratamiento, su adecuado dimensionamiento favorece una transición hidráulica uniforme, reduciendo turbulencias y minimizando pérdidas de carga dentro del sistema.

Figura 15

Corte estructural – cámara de recepción



Nota. Elaborado con base en los datos de la investigación.

En la Figura 15 se presenta el corte estructural de la cámara de recepción, donde se observa la configuración general de la estructura de concreto armado y la disposición del acero de refuerzo considerado en muros, losa. Asimismo, se visualiza la geometría hidráulica adoptada para estabilizar el flujo proveniente del sistema de impulsión, garantizando un adecuado comportamiento estructural e hidráulico de la unidad dentro de la PTAR.

4.1.2. ESTUDIOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO INTEGRAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

- **Estudio de mecánica de suelos (EMS)**

La evaluación geotécnica del área de estudio se realizó mediante la excavación de una calicata exploratoria a cielo abierto (C-01), permitiendo la obtención de muestras representativas del terreno. Posteriormente, las muestras fueron evaluadas conforme a la Norma Técnica Peruana NTP 400.012, desarrollándose ensayos de granulometría por tamizado y determinación de límites de Atterberg, con la finalidad de identificar las cualidades físicas y mecánicas del suelo presente en la zona proyectada para la PTAR.

Como resultado de los ensayos realizados, el suelo fue clasificado según el sistema SUCS como GC (gravas arcillosas), presentando una coloración gris oscura, estructura compacta y comportamiento cohesivo, debido a la presencia de gravas, arenas y finos arcillosos, asimismo, los resultados de laboratorio permitieron determinar un límite líquido de 24.36%, un límite plástico de 13.98% y un índice de plasticidad de 10.39%, parámetros que corresponden a un suelo de plasticidad media y comportamiento relativamente estable frente a variaciones de humedad.

Tabla 19

Características de suelos analizado

Ensayo	Resultados
Limite liquido (LL)	24.36%
Limite plástico (LP)	13.98%
Índice de plasticidad (IP)	10.39%
Peso especifico	1.560 ton/m^3
Angulo de fricción interna del suelo	25.6°
Cohesión (c)	0.12

Fuente: AZTRATA Laboratorio Especializado en Ensayos de Suelos, Rocas y Pavimentos (2025).

En la Tabla 19 se tienen las principales cualidades físicas y mecánicas del suelo analizado, los hallazgos muestran un índice de plasticidad de 10.39%, valor que evidencia un comportamiento cohesivo moderado y una adecuada estabilidad para fines de cimentación superficial. Asimismo, el ángulo de fricción interna de 25.6° y la cohesión de 0.12 reflejan una resistencia al corte favorable para soportar las cargas generadas por las estructuras proyectadas de la PTAR.

Del mismo modo, se determinó un peso específico de 1.560 ton/m³, parámetro utilizado para el análisis de cargas y estabilidad de las estructuras hidráulicas, estos resultados permitieron establecer condiciones adecuadas para el diseño geotécnico y estructural de unidades como el pozo de impulsión y el tanque Imhoff, las cuales presentan mayores profundidades y exigencias de cimentación.

El análisis de capacidad portante, realizado mediante el método de Terzaghi, permitió obtener una capacidad admisible del terreno de 1.83 kg/cm², valor que garantiza condiciones seguras para el empleo de cimentaciones superficiales en las estructuras proyectadas, asimismo, el análisis de asentamientos inmediatos, desarrollado mediante el método elástico, determinó deformaciones aproximadas de 2.54 cm, valor que se encuentra dentro de los límites permisibles para estructuras hidráulicas, evidenciando un comportamiento adecuado del suelo frente a las cargas de servicio.

En relación con las condiciones hidráulicas del terreno, los ensayos de percolación indicaron una tasa de infiltración aproximada de 59.53 L/m²/día, evidenciando una permeabilidad baja a moderada, característica típica de suelos con presencia de material arcilloso, esta condición resulta favorable desde el punto de vista ambiental, debido a que reduce el riesgo de migración de contaminantes hacia el subsuelo y contribuye a mejorar la estabilidad de las excavaciones y estructuras enterradas.

Desde el enfoque técnico, la clasificación GC indica un suelo con buena capacidad portante y estabilidad estructural, adecuado para la

cimentación de unidades como el pozo de impulsión de 5.82 m de profundidad y el tanque Imhoff de 7.00 m de altura, empleando concretos con resistencias comprendidas entre f'c = 210 kg/cm² y f'c = 280 kg/cm², asimismo, la baja permeabilidad identificada contribuye a minimizar riesgos de infiltración y favorece el comportamiento hidráulico y estructural de las unidades proyectadas.

- **Estudio de calidad del agua y microbiología**

El muestreo de agua se realizó directamente en el río Vizcarra, considerado como cuerpo receptor de las descargas actuales generadas en el distrito de Ripán. Las muestras fueron recolectadas, rotuladas y trasladadas al Laboratorio de Microbiología de Aguas de la DIRESA Huánuco para su análisis físico-químico y bacteriológico, siguiendo metodologías estándar establecidas por la APHA para evaluación de calidad de agua.

Los resultados obtenidos muestran que los parámetros físico-químicos presentan valores relativamente estables, registrándose una conductividad eléctrica de 377 µmho/cm, sólidos totales de 189 mg/L, turbidez de 3 UNT y un pH de 8.4, encontrándose dentro de los rangos establecidos por los ECA para cuerpos de agua.

Sin embargo, los hallazgos microbiológicos evidencian una condición crítica de contaminación sanitaria, registrándose concentraciones de coliformes totales superiores a 1600 NMP/100 mL, coliformes fecales de 920 NMP/100 mL y Escherichia coli de 540 NMP/100 mL, valores asociados principalmente a descargas directas sin tratamiento previo.

Tabla 20

Análisis de microbiología de aguas

Parámetro físico-químico/ bacteriológico	Unidad de medida	Valor muestreado	Límite máximo permisible según ECA (D.S. N° 004-2017-MINAM)

Conductividad eléctrica	µmho/cm	377	1500 µmho/cm (protección ecológica)
Sólidos totales	mg/L	189	1000 mg/L
Turbidez	UNT	3	5 UNT
Color	UCV	23	15 UCV
pH	---	8.4	6.5 – 8.5
Coliformes totales	NMP/100 mL	>1600	50 NMP/100 mL
Coliformes fecales	NMP/100 mL	920	20 NMP/100 mL
Escherichia coli	NMP/100 mL	540	0 NMP/100 mL

Fuente: Laboratorio de Microbiología de Aguas – DIRESA Huánuco (2025).

En la Tabla 20 se tienen los hallazgos del estudio físico-químico y microbiológico realizado al agua del río Vizcarra. Los parámetros físico-químicos evaluados muestran que la conductividad, sólidos totales, turbidez y pH se mantienen dentro de los límites permisibles establecidos por la normativa ambiental; sin embargo, el parámetro color registró un valor de 23 UCV, superando el límite referencial de 15 UCV establecido por los ECA.

Respecto a los parámetros microbiológicos, se evidenció una elevada concentración de coliformes totales, coliformes fecales y Escherichia coli, superando ampliamente los límites establecidos para protección ambiental y sanitaria, en particular, los coliformes fecales alcanzaron un valor de 920 NMP/100 mL, excediendo considerablemente el límite máximo permisible de 20 NMP/100 mL establecido en el D.S. N° 004-2017-MINAM para protección de vida acuática.

Estos hallazgos evidencian una contaminación microbiológica severa, situación que tiene un riesgo significativo para la salud pública y para el equilibrio ecológico del cuerpo receptor, en función de los hallazgos obtenidos, se justifica técnicamente la implementación de un sistema de tratamiento que incluya una etapa biológica secundaria mediante filtros percoladores y un proceso final de desinfección

mediante cámara de cloro, el diseño hidráulico propuesto considera una demanda de cloro de 0.27 kg/día, permitiendo alcanzar una remoción bacteriológica superior al 99% y contribuir al cumplimiento de los LMP establecidos para vertimiento de efluentes tratados.

Como hallazgo crítico, se determinó que la descarga aproximada de 105 m^3/día de aguas residuales, asociada a una carga bacteriológica estimada de 9.66×10^8 NMP/día, evidencia un alto nivel de contaminación del río Vizcarra, representando un riesgo sanitario significativo y justificando la necesidad de implementar la PTAR propuesta como medida de mitigación ambiental y sanitaria.

4.1.3. IDENTIFICACIÓN DE NIVELES DE CONTAMINACIÓN E IMPACTO AMBIENTAL

- **Análisis de la relación entre la ausencia de una PTAR y los niveles de contaminación.**

En el distrito de Ripán no existe actualmente una PTAR que permita tratar los efluentes domésticos antes de su disposición final, situación que constituye una de las causas de contaminación del río Vizcarra y de las áreas aledañas al cuerpo receptor.

- **Estimación del impacto ambiental y sanitario de la falta de tratamiento de aguas residuales en la región.**

Impacto ambiental

El vertimiento directo de aguas residuales domésticas al río Vizcarra, sin ningún tipo de tratamiento previo, viene generando impactos ambientales que afectan de manera gradual la calidad del agua, el suelo y el entorno natural del área de estudio, esta situación se relaciona principalmente con la presencia de materia orgánica, microorganismos patógenos y residuos provenientes de las actividades domésticas de la población.

Uno de los principales efectos identificados es la contaminación del recurso hídrico, los hallazgos obtenidos en el análisis microbiológico evidencian concentraciones elevadas de coliformes fecales y

Escherichia coli, lo que confirma la presencia de contaminación de origen doméstico en el río Vizcarra, esta carga contaminante incrementa la DBO y reduce el oxígeno disuelto del agua, afectando los procesos naturales de autodepuración y perjudicando las condiciones necesarias para el desarrollo de especies acuáticas.

Asimismo, la infiltración de aguas residuales hacia terrenos cercanos y áreas agrícolas puede generar alteraciones, la acumulación de materia orgánica, detergentes y microorganismos patógenos deteriora progresivamente la calidad del terreno y podría afectar la productividad agrícola en zonas que utilizan aguas cercanas al río para riego o actividades agropecuarias.

Otro impacto importante corresponde a la contaminación del aire, la descomposición anaerobia de la materia orgánica presente en las aguas residuales y lodos genera gases como metano (CH_4) y amoníaco (NH_3), los cuales producen olores desagradables y afectan las condiciones ambientales en los sectores próximos al punto de descarga.

Impacto sanitario

La presencia de aguas residuales sin tratamiento representa un riesgo importante para la población del distrito de Ripán y para las personas que mantienen contacto directo o indirecto con el río Vizcarra, la elevada concentración de coliformes fecales y Escherichia coli identificada en el análisis microbiológico evidencia contaminación de origen doméstico, situación que se encuentra asociada a enfermedades de transmisión hídrica como diarreas agudas, hepatitis A, parasitosis intestinales y otras infecciones gastrointestinales.

Asimismo, estudios desarrollados en la región Huánuco han reportado problemas similares de contaminación bacteriológica en fuentes de agua utilizadas por la población, el estudio “Calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú” (Universidad San Martín de Porres, 2022) señala que una proporción importante de muestras analizadas en Huánuco presenta contaminación

fecal, evidenciando que esta problemática sanitaria se mantiene en diferentes localidades de la región.

Para el caso específico del distrito de Ripán, considerando una población aproximada de 700 habitantes y una dotación promedio de 150 L/hab·día, se estimó una generación de aguas residuales de aproximadamente 105 m^3/día, al relacionar este volumen con la concentración de coliformes fecales obtenida en el análisis microbiológico (920 NMP/100 mL), se determinó una carga bacteriológica aproximada de 9.66×10^8 NMP/día descargada hacia el río Vizcarra, lo cual evidencia un nivel elevado de contaminación sanitaria.

Esta situación representa un riesgo potencial para la población que realiza actividades agrícolas, contacto directo con el agua o uso doméstico indirecto del recurso hídrico, entre los principales efectos asociados se encuentran la contaminación de cultivos, infecciones dérmicas, proliferación de microorganismos patógenos y propagación de enfermedades relacionadas con el agua contaminada, afectando principalmente a niños, adultos mayores y grupos vulnerables de la población.

En ese contexto, la implementación de la PTAR propuesta permitirá reducir considerablemente la carga bacteriológica descargada al río Vizcarra, contribuyendo a mejorar las condiciones sanitarias del entorno y disminuyendo los riesgos para la salud pública en el área de estudio.

Síntesis del impacto

En conjunto, la ausencia de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Ripán viene generando impactos ambientales y sanitarios importantes, reflejados principalmente en el deterioro progresivo de la calidad del agua del río Vizcarra, la alteración de las condiciones ecológicas del entorno y el aumento de riesgos para la salud pública.

- **Identificación de riesgos para la salud pública y el medio ambiente debido a la ausencia de un sistema de tratamiento**

La ausencia de una PTAR en el distrito de Ripán genera riesgos ambientales y sanitarios que afectan tanto a la población como al ecosistema del río Vizcarra. Estos riesgos se relacionan principalmente con la descarga directa de aguas residuales domésticas sin tratamiento, situación que incrementa la presencia de microorganismos patógenos, materia orgánica y compuestos contaminantes en el entorno.

Tabla 21

Riesgos e impacto en la salud pública

Categoría de riesgo	Descripción del impacto	Nivel de riesgo	Medidas de mitigación propuestas
Riesgo sanitario	Presencia de patógenos (coliformes fecales, E. coli) que pueden causar enfermedades gastrointestinales, especialmente en niños y adultos mayores.	Alto	Implementar sistema de desinfección (cloración o UV) en la PTAR; educación sanitaria.
Riesgo ecológico	Reducción de biodiversidad acuática y alteración de la cadena trófica del río Vizcarra.	Alto	Tratamiento biológico secundario y monitoreo de vida acuática.
Riesgo agrícola	Contaminación del suelo por riego con aguas servidas; afectación a la productividad y a la inocuidad alimentaria.	Medio-Alto	Promover reúso controlado solo después de desinfección; control periódico de suelos.
Riesgo atmosférico	Generación de gases nocivos (H_2S, NH_3) por descomposición anaerobia de lodos; olores ofensivos.	Medio	Implementar digestores cerrados y manejo técnico de lodos.
Riesgo socioambiental	Conflictos comunitarios y deterioro de la percepción social del ambiente; pérdida del valor paisajístico.	Medio	Programas de sensibilización ambiental y vigilancia participativa.

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación.

En la Tabla 21 se presentan los principales riesgos ambientales y sanitarios identificados en el área de estudio debido a la ausencia de un

sistema de tratamiento de aguas residuales, los resultados evidencian que el riesgo sanitario constituye el impacto más crítico, debido a la elevada carga bacteriológica identificada en el río Vizcarra, situación que incrementa la probabilidad de enfermedades en la población expuesta.

Asimismo, el riesgo ecológico refleja una afectación progresiva sobre el ecosistema acuático, debido a la disminución del oxígeno disuelto y microorganismos presentes en el cuerpo receptor, del mismo modo, el riesgo agrícola evidencia posibles afectaciones en terrenos utilizados para actividades agropecuarias, principalmente por el contacto con aguas contaminadas.

Por otro lado, la generación de malos olores y gases producto de la descomposición anaerobia de materia orgánica representa un riesgo atmosférico moderado, afectando las condiciones ambientales y la percepción de la población respecto al entorno, asimismo, el riesgo socioambiental se relaciona con el deterioro de la calidad de vida ocasionada por la contaminación del río Vizcarra.

En ese contexto, la implementación de una PTAR con sistema de impulsión conforma una medida técnica necesaria para reducir los niveles de contaminación y mitigar los riesgos identificados, el sistema propuesto permitirá interceptar y tratar las aguas residuales antes de su descarga al río Vizcarra, contribuyendo a mejorar las condiciones ambientales y sociales del distrito de Ripán.

4.2. VERIFICACIÓN TÉCNICA DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO

Por la naturaleza aplicada y propositiva del estudio, la verificación de las hipótesis se realizó mediante la comparación de los parámetros calculados con los criterios técnicos de diseño, sin aplicar pruebas estadísticas inferenciales. En ese sentido, la investigación estuvo orientada al diseño de infraestructura sanitaria, por lo que la validación se sustentó en los hallazgos obtenidos durante el proceso de diseño de la PTAR. Para ello, se consideró la relación existente entre los parámetros hidráulicos determinados, tales como el caudal de diseño, la altura manométrica y las pérdidas de carga, las características

topográficas del terreno y el dimensionamiento de las unidades que integran el sistema.

Respecto a la hipótesis general, los hallazgos obtenidos evidencian que la implementación del sistema de impulsión condiciona el diseño de la PTAR, debido a que las condiciones topográficas del terreno y la cercanía al río limitan la profundidad de excavación de las estructuras proyectadas. En ese sentido, si bien el ingreso del agua residual hacia las unidades iniciales de tratamiento se realiza por gravedad, fue necesario incorporar un sistema de impulsión dentro de la PTAR para elevar el efluente y garantizar la continuidad hidráulica entre las unidades de tratamiento posteriores. Esta condición influyó directamente en los criterios considerados para el diseño y dimensionamiento de las estructuras proyectadas.

Por otra parte, la propuesta desarrollada fue sometida a evaluación mediante juicio de expertos, quienes revisaron la consistencia técnica del diseño planteado considerando criterios de la ingeniería sanitaria e hidráulica, como resultado de dicha evaluación, se determinó que la propuesta presenta viabilidad técnica y concordancia con las condiciones del terreno y los parámetros considerados durante el diseño, lo cual se encuentra sustentado en los formatos de evaluación adjuntos en los anexos del estudio.

En consecuencia, los resultados alcanzados permiten sustentar técnicamente la propuesta planteada, debido a que existe coherencia entre el diseño desarrollado, las características topográficas del terreno y los criterios técnicos empleados en la investigación, garantizando la funcionalidad y viabilidad del sistema propuesto.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Este resultado responde al **objetivo general**, orientado a determinar de qué manera la implementación de un sistema de impulsión condiciona el diseño de una PTAR en el distrito de Ripán, los resultados obtenidos evidencian que las condiciones topográficas del terreno hicieron inviable el funcionamiento integral del sistema únicamente por gravedad, siendo necesaria la adición de un sistema de impulsión para asegurar la continuidad hidráulica del tratamiento., el levantamiento topográfico permitió identificar diferencias de nivel entre las estructuras proyectadas, mientras que el rango de caudales determinado entre 0.385 y 1.540 L/s condicionó directamente el diseño hidráulico del sistema. Asimismo, se proyectó un pozo de impulsión con una altura de 5.82 m y diámetro de 2.50 m, parámetros que permitieron asegurar el almacenamiento temporal y bombeo continuo del efluente, del mismo modo, el sistema fue diseñado considerando velocidades de flujo de 0.60 m/s y un coeficiente de rugosidad de 0.013, evitando pérdidas excesivas de carga y sedimentación dentro de las tuberías, en el aspecto estructural, el estudio de mecánica de suelos determinó la presencia de un suelo tipo GC con cohesión de 0.12 kg/cm² y capacidad admisible de 1.83 kg/cm², condiciones que permitieron desarrollar estructuras hidráulicas estables sin requerir mejoramiento del terreno, estos hallazgos guardan relación con lo señalado por Monteza (2022), quien sostiene que los sistemas de impulsión son necesarios cuando las condiciones topográficas impiden garantizar un flujo continuo por gravedad, asimismo, Colan (2020) señala que el diseño de una PTAR debe adaptarse a las condiciones reales y del sistema hidráulico proyectado, en consecuencia, los hallazgos evidencian que la implementación del sistema de impulsión condiciona directamente el diseño hidráulico y estructural de la PTAR propuesta para el distrito de Ripán.

Este resultado responde al **objetivo específico 1**, referido a determinar los parámetros hidráulicos requeridos por el sistema de impulsión para el diseño de la PTAR. Los resultados obtenidos evidencian que el sistema

hidráulico estuvo condicionado principalmente por el caudal de diseño, altura manométrica, velocidad de flujo y pérdidas de carga presentes durante el transporte del agua residual. Para la cámara de rejas se determinó un caudal promedio de 0.770 L/s, un caudal máximo diario de 1.001 L/s y un caudal máximo horario de 1.540 L/s, adoptándose este último como condición crítica para el diseño hidráulico. Asimismo, en el diseño del desarenador se consideró una velocidad horizontal de 0.30 m/s y una velocidad de sedimentación de 0.053 m/s, permitiendo garantizar la remoción de partículas inorgánicas sin afectar el transporte de materia orgánica. Del mismo modo, el pozo de impulsión fue diseñado con una altura manométrica total de 5.82 m, una tubería de impulsión de 0.20 m de diámetro y una velocidad de impulsión de 0.60 m/s, parámetros que permitieron establecer la implementación de dos bombas sumergibles de operación alternada con una potencia aproximada de 1 HP por unidad, garantizando continuidad operativa, control de pérdidas de carga y transporte continuo del efluente hacia las unidades posteriores de tratamiento. En relación con el tratamiento biológico, el filtro percolador fue diseñado con una altura de medio filtrante de 3.00 m, una tasa de aplicación superficial de 2.77 m^3/m^2.día y una carga orgánica de 0.13 kg/m^3.día, parámetros que permiten garantizar un tratamiento biológico estable y eficiente. Estos resultados presentan similitud con lo señalado por Mora (2021), quien sostiene que el diseño de sistemas de impulsión depende directamente del caudal proyectado y de las condiciones topográficas del terreno. Asimismo, Masson y Pacheco (2020) indican que el adecuado dimensionamiento hidráulico permite evitar pérdidas excesivas de energía y asegurar la continuidad operativa del sistema. En consecuencia, los resultados evidencian que los parámetros hidráulicos determinados permitieron establecer condiciones adecuadas para el diseño de la PTAR con sistema de impulsión.

Este resultado responde al **objetivo específico 2**, orientado a determinar las condiciones técnicas evidenciadas en los análisis básicos para el diseño de la PTAR con sistema de impulsión, los hallazgos obtenidos evidencian que el levantamiento topográfico, el estudio de mecánica de suelos y el análisis microbiológico permitieron establecer parámetros técnicos

confiables para el diseño hidráulico y estructural de la propuesta, el estudio de mecánica de suelos identificó un suelo tipo GC con límite líquido de 24.36%, límite plástico de 13.98% e índice de plasticidad de 10.39%, clasificándolo como un suelo cohesivo de plasticidad media y baja permeabilidad, asimismo, se determinó un ángulo de fricción interna de 25.6° y un peso específico de 1.560 ton/m³, parámetros que permitieron verificar condiciones favorables para la cimentación de estructuras como el pozo de impulsión y tanque Imhoff, del mismo modo, el análisis de calidad del agua evidenció una conductividad eléctrica de 377 µmho/cm, sólidos totales de 189 mg/L y un pH de 8.4; sin embargo, los resultados microbiológicos reflejaron una condición sanitaria crítica, registrándose concentraciones de coliformes totales superiores a 1600 NMP/100 mL, coliformes fecales de 920 NMP/100 mL y Escherichia coli de 540 NMP/100 mL, estos valores evidencian la descarga directa de aguas residuales domésticas sin tratamiento al río Vizcarra, justificando técnicamente la necesidad de implementar una PTAR, estos hallazgos guardan relación con lo señalado por Chávez et al. (2023), quienes identificaron problemas de contaminación microbiológica similares en la misma zona de estudio. Del mismo modo, Tafur (2020) sostiene que las condiciones topográficas y geotécnicas representan factores determinantes para el diseño de sistemas de tratamiento de aguas residuales, en consecuencia, los resultados evidencian que los estudios básicos permitieron establecer condiciones técnicas adecuadas para el diseño de la PTAR con sistema de impulsión.

Este resultado responde al **objetivo específico 3**, orientado a determinar las condiciones técnicas establecidas en el diseño propuesto de la PTAR con sistema de impulsión para reducir la carga contaminante, durante el análisis microbiológico del río Vizcarra se registraron valores elevados de contaminación sanitaria asociados a la descarga directa de aguas residuales domésticas sin tratamiento, evidenciándose afectación sobre la calidad del cuerpo receptor.

Tabla 22

Parámetros de calidad de agua respecto a los ECA

Parámetro	Resultado obtenido	Norma / estándar	Valor límite	Interpretación técnica
Coliformes fecales	920 NMP/100 mL		20 NMP/100 mL	Evidencia presencia de contaminación microbiológica en el cuerpo receptor
Escherichia coli	540 NMP/100 mL	ECA Agua – Categoría 3	0 NMP/100 mL	Indica contaminación por descarga de aguas residuales domésticas
pH	8.4		6.5 – 8.5	Agua con condición ligeramente alcalina

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación.

Los hallazgos obtenidos evidencian que la propuesta de PTAR permitirá reducir significativamente la carga contaminante presente en las aguas residuales generadas en el distrito de Ripán, la incorporación de unidades como filtros biológicos, entre otros permitirá desarrollar procesos de remoción física, sedimentación, degradación biológica y desinfección del efluente antes de su descarga final al río Vizcarra. Asimismo, la cámara de cloro fue diseñada con una demanda estimada de 0.27 kg/día y un volumen de 1.39 m^3, permitiendo garantizar la reducción de microorganismos patógenos y mejorar las condiciones sanitarias del efluente tratado. Del mismo modo, el balance de masa inicial determinó valores de DBO_5 de 49.75 mg/L en descarga y 15.0 mg/L en mezcla, así como sólidos suspendidos de 31.98 mg/L, estos parámetros evidencian que el sistema propuesto permitirá reducir la carga contaminante y contribuir el cumplimiento de los ECA y LMP aplicables, estos resultados guardan relación con lo señalado por Bueno (2021) y Oré et al. (2023), quienes sostienen que la implementación de sistemas de tratamiento reduce significativamente los niveles de contaminación microbiológica y los impactos ambientales sobre los cuerpos receptores, en consecuencia, los resultados evidencian que el diseño propuesto de la PTAR con sistema de impulsión establece condiciones técnicas orientadas a la reducción de la carga contaminante en el distrito de Ripán.

CONCLUSIONES

- Este resultado responde al **objetivo general**, orientado a determinar de qué manera la implementación de un sistema de impulsión condiciona el diseño de una PTAR en el distrito de Ripán, se determinó que las condiciones topográficas del terreno y las diferencias de nivel existentes hicieron necesaria la adición de un sistema de impulsión para asegurar la continuidad hidráulica del tratamiento, el sistema fue diseñado considerando un rango de caudales entre 0.385 y 1.540 L/s, así como un pozo de impulsión de 5.82 m de altura y 2.50 m de diámetro, permitiendo asegurar el transporte continuo del efluente hacia las unidades de tratamiento, asimismo, el estudio de mecánica de suelos identificó un suelo tipo GC con capacidad admisible de 1.83 kg/cm², condición favorable para el desarrollo de las estructuras proyectadas.

- Este resultado responde al **objetivo específico 1**, referido a determinar los parámetros hidráulicos requeridos por el sistema de impulsión para el diseño de la PTAR, se concluyó que los parámetros hidráulicos adoptados permitieron garantizar un funcionamiento adecuado del sistema de tratamiento, considerando un caudal máximo horario de 1.540 L/s, una altura manométrica total de 5.82 m, una velocidad horizontal de 0.30 m/s en el desarenador y una tasa de aplicación superficial de 2.77 m³/m².día en el filtro biológico, asimismo, el diseño hidráulico permitió establecer la implementación de dos bombas sumergibles de operación alternada con una potencia estimada de 1 HP por unidad, garantizando continuidad operativa, velocidades adecuadas de flujo y reducción de pérdidas de carga dentro del sistema.

- Este resultado responde al **objetivo específico 2**, orientado a determinar las condiciones técnicas evidenciadas en los estudios básicos para el diseño de la PTAR con sistema de impulsión, se concluyó que el levantamiento topográfico y el estudio microbiológico

proporcionaron información técnica confiable para el diseño de la propuesta, el estudio geotécnico determinó un suelo tipo GC con límite líquido de 24.36%, índice de plasticidad de 10.39% y ángulo de fricción interna de 25.6°, mientras que el análisis microbiológico evidenció concentraciones superiores a 1600 NMP/100 mL de coliformes totales, 920 NMP/100 mL de coliformes fecales y 540 NMP/100 mL de Escherichia coli, confirmando la existencia de contaminación sanitaria en el río Vizcarra.

- Este resultado responde al **objetivo específico 3**, orientado a determinar las condiciones técnicas establecidas en el diseño propuesto de la PTAR con sistema de impulsión para reducir la carga contaminante, se concluyó que las unidades proyectadas, conformadas por filtros biológicos, permitirán reducir significativamente la carga orgánica y microbiológica presente en las aguas residuales del distrito de Ripán, asimismo, la cámara de cloración fue diseñada con una demanda de 0.27 kg/día y un volumen de 1.39 m³, mientras que el balance de masa inicial evidenció valores de DBO_5 de 49.75 mg/L en descarga y 15.0 mg/L en mezcla, permitiendo alcanzar condiciones compatibles con los ECA y LMP establecidos en la normativa ambiental vigente.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la Municipalidad Distrital de Ripán gestionar la evaluación técnica, presupuesto y expediente correspondiente para la implementación progresiva del sistema de impulsión dentro de la PTAR el distrito de Ripán, debido a las condiciones topográficas y limitaciones de excavación, asimismo, durante la ejecución del proyecto se deben considerar los parámetros hidráulicos establecidos en el diseño, tales como el rango de caudales entre 0.385 y 1.540 L/s, altura manométrica, velocidades de flujo y pérdidas de carga, con la finalidad de garantizar la continuidad hidráulica y el adecuado funcionamiento del sistema de tratamiento, del mismo modo, se recomienda considerar las condiciones geotécnicas determinadas en el estudio de mecánica de suelos, especialmente las cualidades del suelo tipo GC con capacidad admisible de 1.83 kg/cm², a fin de asegurar la estabilidad estructural de las unidades proyectadas.

- En relación con el sistema de impulsión proyectado, se recomienda que durante la etapa de ejecución y operación se realicen verificaciones periódicas del comportamiento hidráulico del sistema, considerando posibles variaciones del caudal de operación, funcionamiento de las bombas sumergibles y comportamiento de la línea de impulsión, asimismo, se recomienda implementar un programa de operación para el pozo de impulsión, bombas sumergibles, tuberías y accesorios hidráulicos, con la finalidad de controlar pérdidas de carga, prevenir fallas mecánicas y garantizar la continuidad del flujo hacia las unidades de tratamiento, del mismo modo, se recomienda considerar un sistema de alimentación eléctrica adecuado, incluyendo tablero de control, sistema de protección y respaldo eléctrico, a fin de asegurar el funcionamiento continuo y seguro del sistema de impulsión proyectado.

- En relación con los estudios básicos desarrollados para el diseño de la PTAR, se recomienda complementar el estudio de mecánica de

suelos mediante ensayos adicionales que permitan una caracterización más detallada del terreno y contribuyan a optimizar el diseño estructural de las unidades hidráulicas proyectadas, asimismo, se recomienda realizar monitoreos periódicos de calidad del agua residual y del efluente tratado, considerando parámetros como DBO_5, sólidos suspendidos, coliformes fecales y Escherichia coli, debido a que en el río Vizcarra se identificaron concentraciones superiores a 1600 NMP/100 mL de coliformes totales, 920 NMP/100 mL de coliformes fecales y 540 NMP/100 mL de Escherichia coli, estos monitoreos permitirán evaluar la eficiencia operativa de unidades como tanque Imhoff, filtro percolador y cámara de cloración, así como verificar el cumplimiento de los ECA y LMP.

- En relación con los niveles de contaminación identificados en el río Vizcarra, se recomienda priorizar la implementación de la PTAR propuesta, especialmente de las unidades orientadas al tratamiento biológico y desinfección final del efluente, asimismo, se recomienda establecer un programa de monitoreo ambiental y sanitario, con la finalidad de evaluar el comportamiento del efluente tratado y verificar la reducción progresiva de la carga contaminante descargada al cuerpo receptor., del mismo modo, se recomienda desarrollar programas de educación sanitaria y sensibilización ambiental dirigidos a la población del distrito de Ripán, orientados al adecuado manejo de las aguas residuales y protección del recurso hídrico, contribuyendo de esta manera a la mejora progresiva de las condiciones ambientales y sanitarias de la zona de estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abuhasel, K., Kchaou, M., Alquraish, M., Munusamy, Y., & Jeng, Y. (2021). Oily Wastewater Treatment: Overview of Conventional and Modern Methods, Challenges, and Future Opportunities. *Water, 13*(7), 1-35. https://doi.org/10.3390/w13070980

Amar, F., & Uribe, H. (2020). Implementación de “Campus Sostenible”: prácticas ambientales positivas en una universidad de Colombia. *Revista Educación Superior Y Sociedad (ESS), 32*(2), 251-277. https://doi.org/10.54674/ess.v32i2.253

Arat, S. (2023). Microplastics in wastewater treatment plants: Sources, properties, removal efficiency, removal mechanisms, and interactions with pollutants. *Water Science & Technology, 87*(3), 685–710. https://doi.org/10.2166/wst.2023.022

Arias, L., Olaya, F., & Ardila, J. (2021). Caracterización y redimensionamiento de sistema de bombeo de agua para cultivos acuícolas en finca el Rubí en Aipe-Huila. *Revista Ingeniería y Región, 26*(25), 46-59. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8159799

Bahaa, Z. (2021). Wastewater Treatment Lecture 4 Instructor. *Sanitary and Environmental Engineering Branch*, 1-38. http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.13662.97606

Boiocchi, R., Mainardis, M., Rada , E., Ragazzi, M., & Salvati, S. (2023). Carbon Footprint and Energy Recovery Potential of Primary Wastewater Treatment in Decentralized Areas: A Critical Review on Septic and Imhoff Tanks. *Energies, 16*(24), 1-23. https://doi.org/10.3390/en16247938

Bueno, A. (2021). *Evaluación de la calidad de agua del rio Huancachupa, contaminado por descargas de aguas residuales en los distritos de San Francisco de Cayran y Pillco Marca, provincia y departamento de Huánuco, junio a agosto – 2019.* Repositorio Institucional UDH. http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/2961

Chavez, D., Justo, R., & Ramirez, E. (2023). *Diseño y evaluación de la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales municipales para el distrito de Ripán, provincia Dos de Mayo-Huánuco-2022.* Repositorio Institucional Continental. https://hdl.handle.net/20.500.12394/13304

Colan, J. (2020). *Implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales para disminuir los impactos negativos al medio ambiente del desembarcadero pesquero artesanal de Huacho - Huaura - Lima 2018.* Repositorio UNJFSC. https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/3870

Córdova, K., & Salazar, D. (2022). *Estudio y diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales para proyecto Construcción de viviendas de interés social para Guaranda EP-MVISG.* DSpace en ESPOL. http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/55473

Damiani, D., Cáceres, S., & Alex, M. (2021). Concrete bricks with recycled rubber fibers: an alternative material for social housing. *Revista Ingeniería Solidaria, 17*(3), 2-4. https://doi.org/10.16925/2357-6014.2021.03.01

Echeverría, I., Escalante, C., Saavedra, O., Escalera, R., Heredia, G., & Montoya, R. (2021). Evaluación de una planta de tratamiento de aguas residuales municipales basada en lagunas de estabilización acopladas a un reactor anaerobio compartimentado. *Investigación & Desarrollo, 21*(1), 37-45. http://dx.doi.org/10.23881/idupbo.021.1-3i

Enns, D., Cunze, S., Baker, N., Oehlmann, J., & Jourdan, J. (2023). Flushing away the future: The effects of wastewater treatment plants on aquatic invertebrates. *Water Research, 243*, 1-10. https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.120388

Ezugbe, E., & Rathilal, S. (2020). Membrane Technologies in Wastewater Treatment: A Review. *Membranes, 10*(5), 1-28. https://doi.org/10.3390/membranes10050089

Forti, B., & Cevallos, C. (2022). Sistema de bombeo para riego mediante ariete hidráulico en sectores aislados de la provincia de Manabí. *Zapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies, 3*(7), 71-81. https://doi.org/10.51798/sijis.v3i7.511

Gadaleta, G., Gisi, S., Todaro, F., & Notarnicola, M. (2022). Environmental Comparison of Different Mechanical–Biological Treatment Plants by Combining Life Cycle Assessment and Material Flow Analysis. *Clean Technol., 4*(2), 380-394. https://doi.org/10.3390/cleantechnol4020023

Galán, J., & Caballero, D. (2022). *Diseño para mejorar el servicio del sistema de agua potable y alcantarillado del CC.PP. La Esperanza, Amarilis, provincia de Huánuco 2022.* Repositorio Digital Institucional UCV. https://hdl.handle.net/20.500.12692/103062

Golwalkar, K., & Kumar, R. (2022). Piping Design and Pumping Systems. *Practical Guidelines for the Chemical Industry*, 81–130. https://doi.org/10.1007/978-3-030-96581-5_5

Grehs, B., Linton, M., Clasen, B., Silveira, A., & Carissimi, E. (2021). Antibiotic resistance in wastewater treatment plants: understanding the problem and future perspectives. *Archives of Microbiology, 203*, 1009–1020. https://doi.org/10.1007/s00203-020-02093-6

Guevara, G., Vargas, A., & Quesada, J. (2021). Prevención del golpe de ariete mediante el control del tiempo de cierre, al usar válvulas hidráulicas automatizadas. *Revista Tecnología en Marcha, 34*(1), 143-154. http://dx.doi.org/10.18845/tm.v34i1.4821

Heins, K., Dittel, G., Murugan, K., Raina, M., Gopinath, S., Hentzschel, O., Sachin, P., Gettu, R., & Gries , T. (2021). Modular Lightweight Wastewater Treatment Plants Made of Textile Reinforced Concrete—Means to Reliable Wastewater Treatment in Rural Areas. *Proceedings of the 75th RILEM Annual Week, 40*, 888 – 896. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21735-7_94

Karakan, E. (2022). Comparative Analysis of Atterberg Limits, Liquidity Index, Flow Index and Undrained Shear Strength Behavior in Binary Clay

Mixtures. *Applied Sciences, 12*(17), 1-21. https://doi.org/10.3390/app12178616

Karia, G., Christian, R., & Jariwala, N. (2024). *Wastewater treatment: concepts and design approach.* PHI learning private limited. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=plzjEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=wastewater+concept&ots=IYoeD6gA0A&sig=D9h_-a26pnrNce_Byfxzu5ZjigI#v=onepage&q=wastewater%20concept&f=false

Kehrein, P., Loosdrecht , M., Osseweijer, P., Garfí, M., Dewulf, J., & Posada, J. (2020). A critical review of resource recovery from municipal wastewater treatment plants – market supply potentials, technologies and bottlenecks. *Environ. Sci.: Water Res. Technol., 6*, 877-910. https://doi.org/10.1039/c9ew00905a

Kerpelis, P., Golfinopoulos , S., & Alexakis , D. (2021). A Proposed Theoretical Approach for the Estimation of Seismic Structural Vulnerability of Wastewater Treatment Plants. *Sustainability, 19*(9), 1-18. https://doi.org/10.3390/su13094835

Li, H., Liu, J., Li, K., & Liu, Y. (2021). A review of recent studies on piezoelectric pumps and their applications. *Mechanical Systems and Signal Processing, 151*, 107393. https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2020.107393

Ly, C., Diene, J., Diouf, D., & Ba, A. (2021). GNSS Technology's Contribution to Topography: Evaluative Study of Gaps between Methods Topographies. *Journal of Geographic Information System, 13*(3), 340-352. https://doi.org/10.4236/jgis.2021.133019

Martínez, Y., Riaño, F., & Acosta, L. (2022). Determinación del diámetro económico de una tubería de impulsión de polietileno de alta densidad (PEAD). *Ingeniería Hidráulica Y Ambiental*, 47–61. https://riha.cujae.edu.cu/index.php/riha/article/view/609

Masson, C., & Pacheco, J. (2020). *Diseño, simulación e implementación de un sistema de bombeo para agua procedente de una planta de tratamiento de aguas residuales en la comunidad de San Vicente de*

Lacas. DSpace ESPOCH. http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/15078

Medrano, M., Mamani, A., Muñoz, E., Díaz, R., & Medrano, E. (2020). Operatividad de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas circunlacustres al lago Titicaca-Sector Perú y el marco legal en defensa de los ecosistemas. *Ciencia y Desarrollo, 23*(3), 55-68. http://doi.org/10.21503/cyd.v23i3.2142

MINAM. (2010). *Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.* El Peruano. https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/ds003-2010-minam.pdf

Monteza, C. (2022). *Diseño de un sistema de bombeo para el aprovechamiento de aguas residuales tratadas con fines de riego en el centro poblado la Quinta, distrito de Lajas - Cajamarca.* Repositorio Institucional UNPRG. https://hdl.handle.net/20.500.12893/11666

Mora, J. (2021). *Evaluación de las condiciones actuales y diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) para el municipio de Tocaima Cundinamarca.* Repositorio institucional UNIMINUTO. https://hdl.handle.net/10656/13668

Nguyen, D., Roh, M., Kim, S., & Kim, J. (2023). Hydrodynamic and radial force characteristics with design of a single-channel pump for wastewater treatment based on the similarity law. *Process Safety and Environmental Protection, 170*, 1137-1150. https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.12.090

Nico, V., & Dalton, E. (2021). Modelling and experimental characterisation of a magnetic shuttle pump for microfluidic applications. *Sensors and Actuators A: Physical, 331*, 1-10. https://doi.org/10.1016/j.sna.2021.112910

Niño, V. (2021). *Metodología de la investigación.* Ediciones de la U. https://www.google.com.pe/books/edition/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n/WCwaEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0

NORMA OS.100. (2016). *CONSIDERACIONES BÁSICAS DE DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA SANITARIA.* https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2686381/OS.100%20Consideraciones%20b%C3%A1sicas%20de%20dise%C3%B1o%20de%20infraestructura.pdf?v=1641411282

Nuralhuda, J. (2020). The design for wastewater treatment plant (WWTP) with GPS X modelling. *Cogent Engineering, 7*(1), 1-33. https://doi.org/10.1080/23311916.2020.1723782

Oré, L., Evangelista, E., Loarte, W., Zavala, S., Oré, J., & Figueroa, D. (2023). Diseño de un sistema de tratamiento para lixiviados de residuos sólidos: Análisis de la celda transitoria de Santa Rosa de Shapajilla–Huánuco. *Journal International Environmental, 3*(2), 2-15. https://doi.org/10.47422/jie.v3i2.25

Pandey, A., Kumar, R., Kalidasan, B., Laghari, I., Samykano, M., Kothari, R., Abusorrah, A., Sharma, K., & Tyagi, V. (2021). Utilization of solar energy for wastewater treatment: Challenges and progressive research trends. *Journal of Environmental Management, 297*, 1-23. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113300

Paucar, F., & Iturregui, P. (2020). The challenges of wastewater reuse in Peru. *South Sustainability, 1*(1), 1-11. https://doi.org/10.21142/SS-0101-2020-004

Piga, T., Wodziak, W., Sobczyk, J., & Rachalski, A. (2023). Experimental Stand for Very-Low-Velocity Gas Flow Generation. *Sensors, 23*(3), 1-8. https://doi.org/10.3390/s23031569

Portilla, F. (2022). Correlación entre el CBRde laboratorio,el índice DCPypropiedades físicas ymecánicas desuelos granulares. *conciencia digital, 5*(4.1), 45–59. https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v5i4.1.2396

Qrenawi, L., & Rabah, F. (2020). Sludge management in water treatment plants: literature review. *International Journal of Environment and*

Waste Management, 27(1), 93-125. https://doi.org/10.1504/IJEWM.2021.111909

Ramos, J. (2022). *Diseño del sistema del alcantarillado sanitario del Centro Poblado Ingenio, Huácar, Ambo, Huánuco, 2022.* Repositorio Digital Institucional UCV. https://hdl.handle.net/20.500.12692/105305

Rebollo, P., & Ábalos, E. (2022). *Metodología de la Investigación/Recopilación.* Editorial Autores de Argentina. https://www.google.com.pe/books/edition/Metodolog%C3%ADa_de_la_Investigaci%C3%B3n_Recopi/vbWHEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0

Reyes, E. (2022). *Metodologia de la Investigacion Cientifica.* Page Publishing, Incorporated. https://www.google.com.pe/books/edition/Metodologia_de_la_Investigacion_Cientifi/SmdxEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0

Singh, U., Tripathi, J., & Khanna, K. (2022). Effect of pump leakage on slip and pressure loss in a hydraulic cylinder drive. *materialstoday: proceedings, 63*, 573-578. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.033

Tafur, V. (2020). *Diseño integral de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de San Marcos Cajamarca 2018.* Repositorio Digital Institucional de la UCV. https://hdl.handle.net/20.500.12692/54473

Vásquez, J. (2022). *Evaluación de la Planta de Tratamiento Nº 01 de Agua Residual de la Ciudad de Cajabamba.* Repositorio Institucional UNC. http://hdl.handle.net/20.500.14074/5049

Velasquez, R. (2023). *Evaluación de la calidad y cantidad de agua residual para el diseño de la planta de tratamiento de la localidad de Capazo, Puno - 2022.* Repositorio Institucional Continental. https://hdl.handle.net/20.500.12394/13274

Vilakati, B., Sivasankar , V., Nyoni, H., Mamba, B., Omine, K., & Msagati, T. (2021). The Py – GC-TOF-MS analysis and characterization of microplastics (MPs) in a wastewater treatment plant in Gauteng

Province, South Africa. *Ecotoxicology and Environmental Safety, 222*, 1-11. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112478

Villanueva, F. (2020). *Metodología de la investigación.* Klik Soluciones Educativas. https://www.google.com.pe/books/edition/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n/6e-KEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0&kptab=overview

Wijdeveld, W., Prot, T., Sudintas, G., Kuntke, P., Korving, L., & Van Loosdrecht, M. (2022). Pilot-scale magnetic recovery of vivianite from digested sewage sludge. *Water Research, 212*, 1-8. https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118131

Yan, T., Shen, S., & Zhou, A. (2022). Indices and models of surface water quality assessment: Review and perspectives. *Environmental Pollution, 308*, 119611. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119611

Zela, J., & Olivas, G. (2022). *Diagnósticos de las PTAR en el ámbito de las empresas prestadoras.* Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. https://www.gob.pe/institucion/sunass/informes-publicaciones/3087490-diagnosticos-de-las-ptar-en-el-ambito-de-las-empresas-prestadoras

CÓMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Capcha, A. O. (2026). *Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales con implementación de sistema de impulsión en el distrito de Ripán – Dos de Mayo - Huánuco* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. http://

ANEXOS

ANEXO 01. RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO.

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN Nº 1990-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 11 de setiembre de 2024

Visto, el Oficio N° 1368-2024-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE IMPULSIÓN EN EL DISTRITO DE RIPAN – DOS DE MAYO - HUÁNUCO",** presentado por el (la) Bach. **Abner Oswaldo CAPCHA REQUELME.**

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 1262-2024-D-FI-UDH, de fecha 31 de mayo de 2024, perteneciente al Bach. **Abner Oswaldo CAPCHA REQUELME**, se le designó como ASESOR(A) a la Mg. Fatima Rosaria Cecilio Reyes, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 1368-2024-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE IMPULSIÓN EN EL DISTRITO DE RIPAN – DOS DE MAYO - HUÁNUCO",** presentado por el (la) Bach. **Abner Oswaldo CAPCHA REQUELME**, integrado por los siguientes docentes: Mg. Yessica Julia Verastegui Ayala (Presidente), Mg. Yenerit Pamela Malpartida Valderrama (Secretario) y Mg. Biseth Miraval Rojas (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: **"PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE IMPULSIÓN EN EL DISTRITO DE RIPAN – DOS DE MAYO - HUÁNUCO",** presentado por el (la) Bach. **Abner Oswaldo CAPCHA REQUELME** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

Artículo Segundo. - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
SECRETARIA DOCENTE
Ing. Ethel Ingrani Munzone Lozano
SECRETARIO DOCENTE

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DECANO
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANA (E) DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería – PAIC – Asesor – Exp. Graduando – Interesado - Archivo.
BCR/EJML/atm.

ANEXO 02. RESOLUCIÓN DE NOMBRAMIENTO DE ASESOR.

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN Nº 1262-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 31 de mayo de 2024

Visto, el Oficio N° 897-2024-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 492030-0000005778, del Bach. **Abner Oswaldo CAPCHA REQUELME,** quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación (Tesis).

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45º inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 492030-0000005778, presentado por el (la) Bach. **Abner Oswaldo CAPCHA REQUELME**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), el mismo que propone a la Mg. Fatima Rosaria Cecilio Reyes, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27 y 28 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - DESIGNAR, como Asesor de Tesis del Bach. **Abner Oswaldo CAPCHA REQUELME** a la Mg. Fatima Rosaria Cecilio Reyes, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Artículo Segundo.- El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Ethel Jhovani Munzano Lozano
SECRETARIO DOCENTE

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
DECANO
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANA (E) DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería – PAIC – Asesor – Mat. y Reg.Acad. – Interesado – Archivo.
BLCR/EJML/nto.

ANEXO 03. MATRIZ DE CONSISTENCIA

TEMA: "PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE IMPULSIÓN EN EL DISTRITO DE RIPÁN – DOS DE MAYO - HUÁNUCO"

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensión	Indicador	Metodología
Problema General	**Objetivo General**	**Hipótesis General**	**Variable Independiente**			**Diseño**
¿De qué manera la implementación de un sistema de impulsión condiciona el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Ripán – Dos de Mayo – Huánuco?	Determinar de qué manera la implementación de un sistema de impulsión condiciona el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Ripán – Dos de Mayo – Huánuco.	La implementación de un sistema de impulsión condiciona el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Ripán – Dos de Mayo – Huánuco.	VI: Implementación del sistema de impulsión	Sistema de impulsión por bombeo	Caudal de diseño Altura manométrica Pérdida de carga Diámetro de tubería Velocidad de flujo Volumen útil Presión máxima Módulo de elasticidad Espesor de pared de tubería	**Tipo de Investigación** Aplicada **Nivel de la Investigación** Explicativo **Diseño de la Investigación** No Experimental **Técnica** Observación y Análisis documental **Instrumentos** Guía de observación y Guía de Análisis documental **Población y muestra**
Problemas Específicos ¿Qué parámetros hidráulicos requiere el sistema de impulsión por bombeo para el	**Objetivos Específicos** Determinar los parámetros hidráulicos que requiere el sistema de	**Hipótesis Específicas** **H1:** Los parámetros hidráulicos del sistema de impulsión por bombeo permiten establecer	**Variable Dependiente** VD: Diseño de una planta de tratamiento de	Estudio topográfico Mecánica de suelos	Planimetría Altimetría Perfil Longitudinal Granulometría	

diseño de la PTAR en el distrito de Ripán – Dos de Mayo – Huánuco?	impulsión por bombeo para el diseño de la PTAR en el distrito de Ripán – Dos de Mayo – Huánuco.	condiciones hidráulicas adecuadas para el diseño de la PTAR en el distrito de Ripán – Dos de Mayo – Huánuco.	aguas residuales		Límites de consistencia Perfil estratigráfico	Población: Conjunto de centros poblados del distrito de Ripán, provincia de Dos de Mayo – Huánuco. Muestra: Shayán y Conoc (muestreo intencional, zonas críticas con necesidad de impulsión).
¿Qué condiciones técnicas evidencian los estudios básicos para el diseño de la PTAR con sistema de impulsión en el distrito de Ripán – Dos de Mayo – Huánuco? ¿Qué condiciones técnicas establece el diseño propuesto de la PTAR con sistema de impulsión orientadas a la reducción de la carga contaminante en el distrito de Ripán – Dos de Mayo – Huánuco?	Determinar las condiciones técnicas evidenciadas en los estudios básicos para el diseño de la PTAR con sistema de impulsión en el distrito de Ripán – Dos de Mayo – Huánuco. Determinar las condiciones técnicas establecidas en el diseño propuesto de la PTAR con sistema de impulsión orientadas a la reducción de la carga contaminante en el distrito de Ripán – Dos de Mayo – Huánuco.	**H2:** Los estudios básicos permiten determinar condiciones técnicas adecuadas para el diseño de la PTAR con sistema de impulsión en el distrito de Ripán – Dos de Mayo – Huánuco. **H3:** El diseño propuesto de una planta de tratamiento de aguas residuales con sistema de impulsión establece condiciones técnicas orientadas a la reducción de la carga contaminante en el distrito de Ripán – Dos de Mayo – Huánuco.		Calidad de agua Componentes de PTAR	Coliformes termotolerantes DBO DQO SST Cámara de rejas Tanque Imhoff Filtro percolador Lecho de secado	

ANEXO 04. GUIA DE OBSERVACIÓN.

GUÍA DE OBSERVACIÓN

TÍTULO: Guía de observación para el diseño de una PTAR con sistema de impulsión.

PROYECTO:

"Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales con implementación de sistema de impulsión en el distrito de Ripan – Dos de Mayo – Huánuco"

DATOS GENERALES:

Lugar: Shayán y Conoc - Distritos de Ripán

Fecha: 15 / 02 / 2026

Observador: Bach. Abner Oswaldo Capcha Reyvelme

VARIABLE: Diseño de la PTAR (Variable Dependiente)

1. ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Ítem	Descripción	Sí	No	Observaciones
1.1	Se realizó levantamiento planimétrico del área.	☑	☐	Levantamiento planimétrico realizado.
1.2	Se determinó la altimetría del terreno.	☑	☐	Altimetría determinada
1.3	Se elaboró perfil longitudinal del sistema.	☑	☐	Perfil longitudinal elaborado.
1.4	El terreno presenta condiciones para sistema de impulsión.	☑	☐	Terreno requiere sist. de impulsión.

2. MECÁNICA DE SUELOS

Ítem	Descripción	Sí	No	Observaciones
2.1	Se realizó calicata en campo.	☑	☐	Calicata ejecutada
2.2	Se efectuó análisis granulométrico.	☑	☐	Granulometría realizada.

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

2.3	Se determinaron límites de Atterberg.	☑	☐	lim. de Atterberg. determinado
2.4	Se identificó tipo de suelo (SUCS).	☑	☐	Suelo clasificado como GC
2.5	El suelo es apto para cimentación de estructuras.	☑	☐	Suelo apto para cimentación

3. CALIDAD DEL AGUA

Ítem	Descripción	Sí	No	Observaciones
3.1	Se realizó muestreo de agua del río.	☑	☐	Muestreo realizado
3.2	Se analizaron parámetros físico-químicos.	☑	☐	Analizados.
3.3	Se analizaron parámetros microbiológicos.	☑	☐	Evaluados.
3.4	Se identificó contaminación del cuerpo receptor.	☑	☐	Se identificó contaminación.

4. COMPONENTES DE LA PTAR

Ítem	Descripción	Sí	No	Observaciones
4.1	Se diseñó cámara de rejas.	☑	☐	Diseñado.
4.2	Se diseñó desarenador.	☑	☐	Diseñado.
4.3	Se diseñó tanque Imhoff.	☑	☐	Diseñado.
4.4	Se diseñó filtro biológico.	☑	☐	Diseñado.
4.5	Se diseñó lecho de secado.	☑	☐	Diseñado.
4.6	Se diseñó cámara de cloro.	☑	☐	Diseñado.

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

ANEXO 05. GUIA DE ANALISIS DOCUMENTAL.

GUÍA DE ANALISIS DOCUMENTAL

TÍTULO: Guía de análisis documental para el diseño de una PTAR con sistema de impulsión.

PROYECTO:

"Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales con implementación de sistema de impulsión en el distrito de Ripan – Dos de Mayo – Huánuco"

DATOS GENERALES:

Documento revisado: Informe de diseño de PTAR y estudios básicos.

Fuente: Elaboración propia / laboratorio / normativas RNE y MINAM

Fecha: 05 / 03 / 2026

Analista: Bach. Abner Oswaldo Capcha Requelme.

VARIABLE: Diseño de la PTAR (Variable Dependiente)

1. NORMATIVA

Ítem	Aspecto a analizar	Observaciones
1.1.	Cumplimiento del RNE (OS.090, E.050, E.060)	Si cumple.
1.2	Cumplimiento de normativa MINAM (ECA, LMP)	Si cumple.
1.3	Aplicación de criterios técnicos de diseño	Diseño basado en criterios técnicos normativos.

2. ESTUDIOS BÁSICOS

Ítem	Aspecto a analizar	Observaciones
2.1	Revisión del estudio topográfico	Topografía coherente con diseño.
2.2	Revisión del estudio de mecánica	Suelo Tipo GC, apto para cimentación.

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

	de suelos	
2.3	Revisión del estudio de calidad del agua	Agua con contaminación microbiológica.

3. DISEÑO HIDRÁULICO

Ítem	Aspecto a analizar	Observaciones
3.1	Cálculo de caudal de diseño	Caudal correctamente determinado.
3.2	Determinación de parámetros hidráulicos	Parámetros hidraulicos coherentes.
3.3	Coherencia de dimensionamiento de unidades	Unidades correctamente dimenciionados.

4. COMPONENTES DE LA PTAR

Ítem	Aspecto a analizar	Observaciones
4.1	Diseño de cámara de rejas	Cámara de rejas adecuada.
4.2	Diseño de desarenador	Desarenador cumple criterios.
4.3	Diseño de tanque Imhoff	Tanque Imhoff conforme.
4.4	Diseño de filtro biológico	Filtro biológico adecuado.
4.5	Diseño de lecho de secado	Lecho de secado correcto.
4.6	Diseño de cámara de cloro	Cámara de cloro adecuada.

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

ANEXO 06. VALIDACIÓN POR EXPERTOS – GUÍA DE OBSERVACIÓN.

FORMATO DE VALIDACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS

TÍTULO DEL PROYECTO:

"Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales con implementación de sistema de impulsión en el distrito de Ripan – Dos de Mayo – Huánuco"

INSTRUMENTO A VALIDAR: (X) Guía de observación, ( ) Guía de análisis documental.

REFERENCIA DEL INSTRUMENTO

- **Variable:** Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales
- **Dimensiones e indicadores:**
  - ✓ Estudio topográfico: Planimetría, altimetría, perfil longitudinal.
  - ✓ Mecánica de suelos: Granulometría, límites de consistencia, perfil estratigráfico.
  - ✓ Calidad del agua: Parámetros físico-químicos, análisis microbiológico.
  - ✓ Componentes de la PTAR: Cámara de rejas, desarenador, tanque Imhoff, filtro biológico, lecho de secado, cámara de cloro.

DATOS DEL EXPERTO

Nombre: Juan Rafael Amancio Lujan

Profesión: Ingeniero Civil

Grado académico: Ingeniero civil (colegiado)

Institución: Unheval.- Huánuco

CRITERIOS DE VALIDACIÓN

Criterio	Deficiente (1)	Regular (2)	Bueno (3)	Excelente (4)
Claridad	☐	☐	☐	☒
Pertinencia	☐	☐	☐	☒
Relevancia	☐	☐	☐	☒
Coherencia	☐	☐	☐	☒
Suficiencia	☐	☐	☐	☒

OBSERVACIONES DEL EXPERTO: Instrumento claro, coherente y pertinente.

CONCLUSIÓN

(X) Instrumento válido

( ) Válido con observaciones

( ) No válido

Juan Rafael Amancio Lujan
INGENIERO CIVIL
CIP. 293270

FIRMA:

DNI: 47071496

FECHA: 19 / 03 / 2026

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

FORMATO DE VALIDACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS

TÍTULO DEL PROYECTO:

"Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales con implementación de sistema de impulsión en el distrito de Ripan – Dos de Mayo – Huánuco"

INSTRUMENTO A VALIDAR: (X) Guía de observación, ( ) Guía de análisis documental.

REFERENCIA DEL INSTRUMENTO

- **Variable:** Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales
- **Dimensiones e indicadores:**
  - ✓ Estudio topográfico: Planimetría, altimetría, perfil longitudinal.
  - ✓ Mecánica de suelos: Granulometría, límites de consistencia, perfil estratigráfico.
  - ✓ Calidad del agua: Parámetros físico-químicos, análisis microbiológico.
  - ✓ Componentes de la PTAR: Cámara de rejas, desarenador, tanque Imhoff, filtro biológico, lecho de secado, cámara de cloro.

DATOS DEL EXPERTO

Nombre: ELIOT DAVID AMARINGO FABIAN

Profesión: INGENIERO CIVIL

Grado académico: INGENIERO CIVIL "COLEGIADO"

Institución: UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN

CRITERIOS DE VALIDACIÓN

Criterio	Deficiente (1)	Regular (2)	Bueno (3)	Excelente (4)
Claridad	☐	☐	☐	☒
Pertinencia	☐	☐	☐	☒
Relevancia	☐	☐	☐	☒
Coherencia	☐	☐	☐	☒
Suficiencia	☐	☐	☐	☒

OBSERVACIONES DEL EXPERTO: INSTRUMENTO ADECUADO Y TÉCNICAMENTE VÁLIDO.

CONCLUSIÓN

(X) Instrumento válido

( ) Válido con observaciones

( ) No válido

ELIOT DAVID AMARINGO FABIAN
INGENIERO CIVIL
CIP: 268287

FIRMA:

DNI: 46865633

FECHA: 19 / 03 / 2026

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

ANEXO 07. VALIDACIÓN POR EXPERTOS – GUÍA DE ANALISIS DOCUMENTAL.

FORMATO DE VALIDACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS

TÍTULO DEL PROYECTO:

"Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales con implementación de sistema de impulsión en el distrito de Ripan – Dos de Mayo – Huánuco"

INSTRUMENTO A VALIDAR: ( ) Guía de observación, (X) Guía de análisis documental.

REFERENCIA DEL INSTRUMENTO

- **Variable:** Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales.
- **Dimensiones e indicadores:**
  - ✓ Normativa: RNE, MINAM, criterios técnicos.
  - ✓ Estudios básicos: topografía, mecánica de suelos, calidad del agua.
  - ✓ Diseño hidráulico: caudal, parámetros hidráulicos, dimensionamiento.
  - ✓ Componentes PTAR: rejas, desarenador, Imhoff, filtro, lecho, cloración.

DATOS DEL EXPERTO

Nombre: Juan Rafael Amancio Lujan

Profesión: Ingeniero Civil

Grado académico: Ingeniero Civil (colegiado)

Institución: Unheval - Huánuco

CRITERIOS DE VALIDACIÓN

Criterio	Deficiente (1)	Regular (2)	Bueno (3)	Excelente (4)
Claridad	☐	☐	☐	☒
Pertinencia	☐	☐	☐	☒
Relevancia	☐	☐	☐	☒
Coherencia	☐	☐	☐	☒
Suficiencia	☐	☐	☐	☒

OBSERVACIONES DEL EXPERTO: Instrumento claro, coherente y pertinente.

CONCLUSIÓN

(X) Instrumento válido

( ) Válido con observaciones

( ) No válido

Juan Rafael Amancio Lujan
INGENIERO CIVIL
CIP. 293270

FIRMA:

DNI: 47071496

FECHA: 19 / 03 / 2026

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

FORMATO DE VALIDACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS

TÍTULO DEL PROYECTO:

"Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales con implementación de sistema de impulsión en el distrito de Ripan – Dos de Mayo – Huánuco"

INSTRUMENTO A VALIDAR: ( ) Guía de observación, (X) Guía de análisis documental.

REFERENCIA DEL INSTRUMENTO

- **Variable:** Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales.
- **Dimensiones e indicadores:**
  - ✓ Normativa: RNE, MINAM, criterios técnicos.
  - ✓ Estudios básicos: topografía, mecánica de suelos, calidad del agua.
  - ✓ Diseño hidráulico: caudal, parámetros hidráulicos, dimensionamiento.
  - ✓ Componentes PTAR: rejas, desarenador, Imhoff, filtro, lecho, cloración.

DATOS DEL EXPERTO

Nombre: ELIOT DAVID AMARINGO FABIAN

Profesión: INGENIERO CIVIL

Grado académico: INGENIERO CIVIL "COLEGIADO"

Institución: UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN

CRITERIOS DE VALIDACIÓN

Criterio	Deficiente (1)	Regular (2)	Bueno (3)	Excelente (4)
Claridad	☐	☐	☐	☒
Pertinencia	☐	☐	☐	☒
Relevancia	☐	☐	☐	☒
Coherencia	☐	☐	☐	☒
Suficiencia	☐	☐	☐	☒

OBSERVACIONES DEL EXPERTO: INSTRUMENTO ADECUADO Y TÉCNICAMENTE VÁLIDO.

CONCLUSIÓN

(X) Instrumento válido

( ) Válido con observaciones

( ) No válido

ELIOT DAVID AMARINGO FABIAN
INGENIERO CIVIL
CIP: 268787

FIRMA:

DNI: 46865633

FECHA: 19 / 03 / 2026

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

ANEXO 08. EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA MEDIANTE JUICIO DE EXPERTOS.

FORMATO DE EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA MEDIANTE JUICIO DE EXPERTOS

TÍTULO DEL PROYECTO:

"Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales con implementación de sistema de impulsión en el distrito de Ripan – Dos de Mayo – Huánuco"

DATOS DEL EXPERTO

Nombre: Juan Rafael Amancio Lufán

Profesión: Ingeniero civil

Grado académico: Ingeniero civil (colegiado)

Institución: Unheval - Huánuco

Experiencia profesional: Elaboración de expedientes técnicos de Saneamiento.

INSTRUCCIONES:

El presente formato tiene como finalidad evaluar la coherencia técnica de la propuesta de diseño planteada en la investigación, considerando los resultados obtenidos del diseño hidráulico y estructural de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Marque con una (✔) según corresponda y agregue observaciones de ser necesario.

1. EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA GENERAL DE DISEÑO

La implementación de un sistema de impulsión condiciona el diseño hidráulico de una planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Ripán – Dos de Mayo – Huánuco.

Criterio de evaluación	Sí	No	Observaciones
Existe coherencia entre la propuesta planteada y el diseño desarrollado	☒	☐	Diseño técnicamente coherente.
La propuesta se sustenta en los resultados obtenidos	☒	☐	Resultados consistentes.
Los criterios hidráulicos considerados son técnicamente adecuados	☒	☐	Parámetros adecuados.

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

2. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE IMPULSIÓN

Los parámetros del sistema de impulsión por bombeo permiten establecer condiciones hidráulicas adecuadas para el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Ripán – Dos de Mayo – Huánuco.

Criterio de evaluación	Sí	No	Observaciones
Los parámetros hidráulicos se encuentran correctamente definidos	☒	☐	Bombeo correctamente planteado.
Existe coherencia entre el sistema de impulsión y el diseño de la PTAR	☒	☐	Existe continuidad hidraúlica.
El sistema de impulsión garantiza la continuidad hidráulica entre las unidades de tratamiento	☒	☐	Diseño funcional.

3. EVALUACIÓN DE LOS ESTUDIOS BÁSICOS

Los estudios básicos realizados permiten determinar condiciones técnicas adecuadas para el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales con implementación de sistema de impulsión en el distrito de Ripán – Dos de Mayo – Huánuco.

Criterio de evaluación	Sí	No	Observaciones
Los estudios básicos sustentan técnicamente el diseño propuesto	☒	☐	Estudios sustentan el diseño.
Existe coherencia entre las características del terreno y el diseño desarrollado	☒	☐	Topografía compatible.
Los resultados de topografía, mecánica de suelos y calidad de agua son adecuados para el diseño de la PTAR	☒	☐	Resultados adecuados.

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

4. EVALUACIÓN DEL DISEÑO DE LA PTAR

La implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales con sistema de impulsión permite reducir los niveles de contaminación en el distrito de Ripán – Dos de Mayo – Huánuco.

Criterio de evaluación	Sí	No	Observaciones
El diseño cumple criterios técnicos de tratamiento de aguas residuales	☒	☐	Cumple criterios técnicos.
El sistema propuesto contribuye a la reducción de la carga contaminante	☒	☐	Reduce carga contaminante.
La propuesta presenta viabilidad técnica y funcional	☒	☐	Propuesta viable.

5. EVALUACIÓN GENERAL

Evaluación	Sí	No
La propuesta presenta coherencia técnica con los resultados obtenidos	☒	☐
El diseño desarrollado es técnicamente viable	☒	☐
La propuesta cumple criterios básicos de ingeniería sanitaria e hidráulica	☒	☐

CONCLUSIÓN DEL EXPERTO:

Propuesta técnicamente viable y coherente con los criterios hidráulicos y sanitarios aplicados.

Juan Rafael Amancio Lujan
INGENIERO CIVIL
CIP. 293270

Firma: _____

DNI: 47071496

Fecha: 07-05-2026

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

FORMATO DE EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA MEDIANTE JUICIO DE EXPERTOS

TÍTULO DEL PROYECTO:

"Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales con implementación de sistema de impulsión en el distrito de Ripan – Dos de Mayo – Huánuco"

DATOS DEL EXPERTO

Nombre: ELIOT DAVID AMARINGO FABIAN

Profesión: INGENIERO CIVIL

Grado académico: INGENIERO CIVIL "COLEGIADO"

Institución: UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN

Experiencia profesional: ELABORACIÓN DE EXPEDIENTES TÉCNICOS DE SANEAMIENTO

INSTRUCCIONES:

El presente formato tiene como finalidad evaluar la coherencia técnica de la propuesta de diseño planteada en la investigación, considerando los resultados obtenidos del diseño hidráulico y estructural de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Marque con una (✔) según corresponda y agregue observaciones de ser necesario.

1. EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA GENERAL DE DISEÑO

La implementación de un sistema de impulsión condiciona el diseño hidráulico de una planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Ripán – Dos de Mayo – Huánuco.

Criterio de evaluación	Sí	No	Observaciones
Existe coherencia entre la propuesta planteada y el diseño desarrollado	☒	☐	COHERENCIA ENTRE DISEÑO Y PROPUESTA.
La propuesta se sustenta en los resultados obtenidos	☒	☐	SUSTENTO TÉCNICO ADECUADO.
Los criterios hidráulicos considerados son técnicamente adecuados	☒	☐	CRITERIOS HIDRÁULICOS CORRECTOS.

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

2. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE IMPULSIÓN

Los parámetros del sistema de impulsión por bombeo permiten establecer condiciones hidráulicas adecuadas para el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Ripán – Dos de Mayo – Huánuco.

Criterio de evaluación	Sí	No	Observaciones
Los parámetros hidráulicos se encuentran correctamente definidos	☒	☐	PARÁMETROS BIEN DEFINIDOS.
Existe coherencia entre el sistema de impulsión y el diseño de la PTAR	☒	☐	SISTEMA ADECUADAMENTE DISEÑADO.
El sistema de impulsión garantiza la continuidad hidráulica entre las unidades de tratamiento	☒	☐	FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO CORRECTO.

3. EVALUACIÓN DE LOS ESTUDIOS BÁSICOS

Los estudios básicos realizados permiten determinar condiciones técnicas adecuadas para el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales con implementación de sistema de impulsión en el distrito de Ripán – Dos de Mayo – Huánuco.

Criterio de evaluación	Sí	No	Observaciones
Los estudios básicos sustentan técnicamente el diseño propuesto	☒	☐	ESTUDIOS TÉCNICAMENTE VÁLIDOS.
Existe coherencia entre las características del terreno y el diseño desarrollado	☒	☐	DISEÑO ACORDE AL TERRENO.
Los resultados de topografía, mecánica de suelos y calidad de agua son adecuados para el diseño de la PTAR	☒	☐	INFORMACIÓN SUFICIENTE.

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

4. EVALUACIÓN DEL DISEÑO DE LA PTAR

La implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales con sistema de impulsión permite reducir los niveles de contaminación en el distrito de Ripán – Dos de Mayo – Huánuco.

Criterio de evaluación	Sí	No	Observaciones
El diseño cumple criterios técnicos de tratamiento de aguas residuales	☒	☐	DISEÑO HIDRAULICO ADECUADO
El sistema propuesto contribuye a la reducción de la carga contaminante	☒	☐	TRATAMIENTO TECNICAMENTE SUSTENTADO
La propuesta presenta viabilidad técnica y funcional	☒	☐	SISTEMA FUNCIONAL.

5. EVALUACIÓN GENERAL

Evaluación	Sí	No
La propuesta presenta coherencia técnica con los resultados obtenidos	☒	☐
El diseño desarrollado es técnicamente viable	☒	☐
La propuesta cumple criterios básicos de ingeniería sanitaria e hidráulica	☒	☐

CONCLUSIÓN DEL EXPERTO:

EL DISEÑO PRESENTADO CUMPLE CRITERIOS TÉCNICOS Y PRESENTA VIABILIDAD PARA SU IMPLEMENTACIÓN.

ELIOT DAVID AMARINGO FABIAN
INGENIERO CIVIL
CIP. 258787

Firma: _____

DNI: 46865633

Fecha: 07-03-2026

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

FORMATO DE EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA MEDIANTE JUICIO DE EXPERTOS

TÍTULO DEL PROYECTO:

"Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales con implementación de sistema de impulsión en el distrito de Ripan – Dos de Mayo – Huánuco"

DATOS DEL EXPERTO

Nombre: Erik Mauricio Yupa Campos
Profesión: Ingeniero Civil
Grado académico: Ingeniero Civil
Institución: Universidad Alas Peruanas
Experiencia profesional: Residente de Obras

INSTRUCCIONES:

El presente formato tiene como finalidad evaluar la coherencia técnica de la propuesta de diseño planteada en la investigación, considerando los resultados obtenidos del diseño hidráulico y estructural de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Marque con una (✔) según corresponda y agregue observaciones de ser necesario.

1. EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA GENERAL DE DISEÑO

La implementación de un sistema de impulsión condiciona el diseño hidráulico de una planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Ripán – Dos de Mayo – Huánuco.

Criterio de evaluación	Sí	No	Observaciones
Existe coherencia entre la propuesta planteada y el diseño desarrollado	☒	☐	Existe coherencia entre la propuesta y el diseño desarrollado.
La propuesta se sustenta en los resultados obtenidos	☒	☐	La propuesta se sustenta en los resultados hidráulicos y sanitarios.
Los criterios hidráulicos considerados son técnicamente adecuados	☒	☐	Los criterios hidráulicos son adecuados para las condiciones del proyecto.

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

2. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE IMPULSIÓN

Los parámetros del sistema de impulsión por bombeo permiten establecer condiciones hidráulicas adecuadas para el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Ripán – Dos de Mayo – Huánuco.

Criterio de evaluación	Sí	No	Observaciones
Los parámetros hidráulicos se encuentran correctamente definidos	☒	☐	Los parámetros están definidos.
Existe coherencia entre el sistema de impulsión y el diseño de la PTAR	☒	☐	Existe compatibilidad técnica.
El sistema de impulsión garantiza la continuidad hidráulica entre las unidades de tratamiento	☒	☐	Garantiza la continuidad hídrica.

3. EVALUACIÓN DE LOS ESTUDIOS BÁSICOS

Los estudios básicos realizados permiten determinar condiciones técnicas adecuadas para el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales con implementación de sistema de impulsión en el distrito de Ripán – Dos de Mayo – Huánuco.

Criterio de evaluación	Sí	No	Observaciones
Los estudios básicos sustentan técnicamente el diseño propuesto	☒	☐	Sustentan el diseño propuesto.
Existe coherencia entre las características del terreno y el diseño desarrollado	☒	☐	Existe coherencia con el terreno.
Los resultados de topografía, mecánica de suelos y calidad de agua son adecuados para el diseño de la PTAR	☒	☐	Los resultados son adecuados.

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

4. EVALUACIÓN DEL DISEÑO DE LA PTAR

La implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales con sistema de impulsión permite reducir los niveles de contaminación en el distrito de Ripán – Dos de Mayo – Huánuco.

Criterio de evaluación	Sí	No	Observaciones
El diseño cumple criterios técnicos de tratamiento de aguas residuales	☒	☐	Cumple criterios técnicos.
El sistema propuesto contribuye a la reducción de la carga contaminante	☒	☐	Contribuye a reducir la carga contaminante.
La propuesta presenta viabilidad técnica y funcional	☒	☐	Presenta viabilidad técnica.

5. EVALUACIÓN GENERAL

Evaluación	Sí	No
La propuesta presenta coherencia técnica con los resultados obtenidos	☒	☐
El diseño desarrollado es técnicamente viable	☒	☐
La propuesta cumple criterios básicos de ingeniería sanitaria e hidráulica	☒	☐

CONCLUSIÓN DEL EXPERTO:

La propuesta presenta coherencia técnica, viabilidad y cumple criterios básicos de ingeniería sanitaria e hidráulica.

ERICK MAURICIO YUPA CAMPOS
INGENIERO CIVIL
CIP N° 114483

Firma: _____

DNI: 40108400

Fecha: 07/05/2026

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

ANEXO 09. RECOLECCIÓN DE COORDENADAS Y COTAS – LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

COMPENSACION HORIZONTAL POLIGONAL BASICA CERRADA

"PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE IMPULSIÓN EN EL DISTRITO DE RIPAN – DOS DE MAYO - HUÁNUCO"

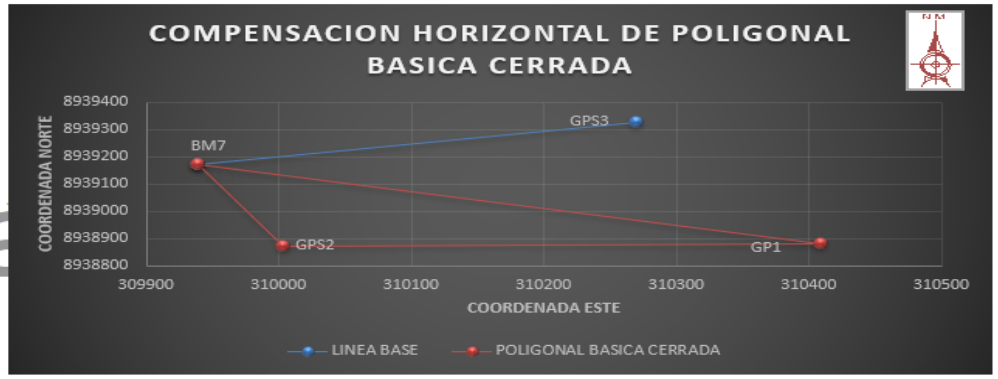
LOCALIDAD : SHAYAN	PROVINCIA : DOS DE MAYO	EQUIPO ESTACION TOTAL TOPCON ES 105
DISTRITO : RIPAN	EPARTAMENTO : HUANUCO	FECHA : DICEMBRE 2025

LINEA BASE

EST	LINEA BASE - INICIO				
	ESTE	NORTE	AZIMUT		
GPS3	310270.012	8939327.342	244°	57'	36"
BM7	309938.779	8939172.604			

EST	LINEA BASE - FIN				
	ESTE	NORTE	AZIMUT		
BM7	309938.778	8939172.604	64°	57'	36"
GPS3	310270.012	8939327.342			

CROQUIS POLIGONAL - LOCALIDAD: shayan



COMPENSACION

ATRÁS	EST	ADEL	ANGULO HORIZONTAL	AZIMUT OBSERVADO	AZIMUT CORREGIDO	DIST.	CALCULADO		CORRECCION		VARIACION		COORDENADAS UTM			EST
							ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	COTA	
GPS3	BM7	GPS2	257° 4' 59"	322° 2' 35"	322° 2' 31"	308.6907922	-189.871	243.391	-0.003	0.000	-189.874	243.391	309938.779	8939172.604	3059.776	BM7
BM7	GPS2	GP1	259° 22' 12"	41° 24' 47"	41° 24' 40"	406.3368139	268.774	304.746	-0.004	0.000	268.770	304.746	310003.606	8938870.797	3059.776	GPS2
BM01	GP1	BM7	326° 46' 48"	188° 11' 35"	188° 11' 24"	553.78555	-78.891	-548.137	-0.006	0.000	-78.897	-548.137	310409.805	8938881.379	3646.392	GP1
BM01	BM7	GPS3	56° 46' 16"	64° 57' 50"	64° 57' 36"								309938.778	8939172.604	3059.776	BM7
				0° 0' 14"	0° 0' 0"	1268.813	0.013	-0.001	-0.014	0.001	-0.001	0.000				

ERROR LINEAL	0.014 m
TOLERANCIA LINEAL	0.534 m

PRECISION	1/92000

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

ANEXO 10. PUNTOS TOPOGRÁFICOS

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
1	8938968.9130	310073.1400	2958.9330	E2
2	8938963.4750	310070.5940	2958.9390	E3
3	8938971.7610	310067.0050	2958.8160	PTAR
4	8938966.1610	310064.5570	2958.8160	PTAR
5	8938971.3990	310072.5310	2958.9380	PTAR
6	8938975.5300	310074.4110	2958.9770	PTAR
7	8938976.9910	310071.0740	2958.9800	PTAR
8	8938973.0240	310069.0840	2958.9820	PTAR
9	8938981.5270	310073.9590	2960.4690	PTAR
10	8938982.9900	310074.4560	2960.4680	PTAR
11	8938982.2600	310076.4700	2960.4680	PTAR
12	8938980.7710	310075.9600	2960.4680	PTAR
13	8939034.2760	310170.1250	2966.0450	E1
14	8939473.4940	309622.7440	2968.1360	E3
15	8939488.8050	309584.6900	2958.9550	PTAR
16	8939460.0320	309603.5370	2960.7250	PTAR
17	8939456.8330	309544.2700	2956.7040	PTAR
18	8939432.4640	309558.5140	2958.2650	PTAR
19	8939459.8630	309576.0200	2958.0510	PTAR
20	8939432.8150	309565.5060	2958.3970	PTAR
21	8939430.5580	309558.3020	2957.2000	PTAR
22	8939432.2470	309559.4530	2958.1580	PTAR
23	8939431.1090	309555.6950	2956.7410	PTAR
24	8939435.3800	309565.0700	2957.5690	PTAR
25	8939448.1420	309557.2990	2957.0890	PTAR
26	8939424.7000	309542.5210	2953.6030	PTAR
27	8939445.7290	309552.2060	2956.6660	PTAR
28	8939445.3190	309549.8050	2956.5180	PTAR
29	8939436.4400	309535.9890	2953.6550	PTAR
30	8939443.7330	309547.7380	2954.6100	PTAR
31	8939455.3590	309541.8980	2954.4590	PTAR
32	8939450.4590	309529.5710	2953.6350	PTAR
33	8939456.2600	309543.6540	2956.3770	PTAR
34	8939457.6050	309546.0570	2956.7080	PTAR
35	8939460.9120	309550.3600	2956.8530	PTAR
36	8939478.6590	309514.9350	2953.4740	PTAR
37	8939482.8960	309520.6580	2953.8080	PTAR
38	8939486.2450	309526.1620	2954.8910	PTAR
39	8939486.9190	309529.2730	2956.6030	PTAR
40	8939489.7500	309532.7990	2956.5730	PTAR
41	8939499.5670	309500.2670	2953.3940	PTAR
42	8939510.4030	309522.5120	2956.9970	PTAR
43	8939508.6190	309517.7050	2956.6760	PTAR

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

ANEXO 11. FORMATO PARA LA RECOLECCIÓN DEL ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA

PERÚ Ministerio de Salud | Dirección Regional de Salud Huánuco | Laboratorio Referencial Regional Salud

GOREHCO

LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE AGUAS

REG.: 167 - 2025- LMAA-LRRSP- HCO

NOMBRE DEL PROYECTO:"PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE IMPULSIÓN EN EL DISTRITO DE RIPAN – DOS DE MAYO – HUANUCO "

SOLICITANTE : CAPCHA REQUELME ABNER OSWALDO.

FECHA DE MUESTREO: 09 -09 -25 HORA 3:10 a.m. FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 03-09-25 HORA: 15:00 pm. MUESTRA TOMADA: INTERESADO
MUESTRA PRESERVADA SI ( ) NO (X)

RESULTADOS

MICROREDES Y ESTABLECIMIENTOS		FUENTE	Nº. DE MUESTRA	ENSAYOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS M-1						ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS			
LOCALIDADES	PUNTOS DE MUESTREO			Cond. (umho/cm)	Sol. T. mg/l	Turb. UNT	Color UCV	pH	Cl	Coli. T. NMP/100ml	Coliformes Fecales. NMP/100ml	E.coli NMP/100ml	Bact. Heterot. UFC/ml
RIPAN	RIO	SUPERFICIAL	228	377	189	3	23	8,4	-	>1600	920	540	-
LIMITES MAXIMOS PERMSIBLES ECA D.S. N° 004-2017-MINAM				1500	1000	5	15	6,5-8,5	-	50	20	0	**

MUESTRA AGOTADA EN LOS ENSAYOS.

Microorganismo	Método de Ensayo
Coliforme Fecal	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E, 23ABAEd 2017 Multiple-tube fermentation technique for members of the coliform group.fecal coliform procedure.
Coliformes totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E, 23ABAEd (Excep item1. Samples).2017 Multiple-tube fermentation technique for members of the coliform group.Standart total coliform fermentation technique.
Escherichia coli	SMEWW-APHA AWWWA-WEF Part.9221 f1 23Ed Ed. 2017. Multiple-tube fermentation technique for members of the coliform group.

Huánuco, 17 de setiembre de 2025

Jr. Dámaso Beraùn Nº 1017 ☎ (062) 513410-513380-517521 Fax (062) 513261

Fuente: Laboratorio de Microbiología de Aguas – DIRESA Huánuco. Informe solicitado por el autor (2025).

ANEXO 12. ESTUDIO DE SUELOS

EZTRATA

Laboratorio Especializado en Ensayos de suelos, Rocas y Pavimentos

PROYECTO : "PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON IMPLEMENTACION DE SISTEMA DE IMPULSION EN EL DISTRITO DE RIPAN - DOS DE MAYO - HUANUCO."

UBICACIÓN :

Región :	HUANUCO
Departamento:	HUANUCO
Provincia :	DOS DE MAYO
Distrito :	RIPAN
Lugar :	RIPAN

ALTITUD :		CALICATA
3,189.000	m.s.n.m.	C-01

CALCULO DE CAPACIDAD DE TERRENO

DATOS DE LA MUESTRA DE SUELO OBTENIDO DE LA CALICATA N° 01 Y LA MUESTRA N° 01

La muestra analizada de la calicata explorado a cielo abierto, es un suelo de MATERIAL DE GRANO GRUESO, MEZCLA DE GRAVAS, ARENAS Y ARCILLAS DE COLOR GRIS OSCURO DE TEXTURA ARCILLOSA, DE ESTRUCTURA COMPACTA DE CONSISTENCIA ARCILLOSA,COHESION MEDIA, SUELO SEMIPERMEABLE, CON PRESENCIA DE PIEDRAS SUB ANGULOSAS, segun la clasificacion SUCS es del tipo "GC" Gravas arcillosas.

CARACTERISTICAS DEL SUELO ANALIZADO EN LABORATORIO

Limite Líquido	=	*24.36%*	
Limite Plástico	=	*13.98%*	
Indice de Plásticidad	=	*10.39%*	
Peso específico	=	*1.560* Tn/m3.	
La profundidad de la calicata es de	=	*3.00* mts.	
La profundidad de desplante Df es de	=	*1.80* mts.	MINIMO

Según las caracteristicas del tipo de suelo se ha obtenido los siguientes parametros

Angulo de fricción interna del suelo (phi)	=	**25.6**
Cohesión (c)	=	**0.12**

CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL TERRENO

Empleando la siguiente ecuacion general según Terzaghi :

$$Q.ULT=(C*Nc*Sc)+(G*Df*Nq*Sq)+(1/2*G*B*Ny*Sy)$$

Donde

qult	:	capacidad ultima de carga
L	:	largo de cimentación efectivamente apoyado (bajo condiciones de servicio)
B	:	Ancho de la cimentación/Diametro de la Zapata
g	:	peso volumetrico del suelo
Df	:	profundidad de cimentación
c	:	cohesión
(phi)	:	ángulo de fricción interna del suelo
Nc, Ny, Nq	:	Parametros en función del ángulo de fricción interna del suelo (phi)
Sc, Sy, Sq	:	los factores de forma para una cimentacion cuadrada

Ing. Bach. Evelyn Osorio Yupanqui LABORATORISTA EZTRATA EIRL	ING. VICTOR H. OSORIO YUPANQUI ESPECIALISTA EN GEOTECNIA REG. CIP. 192830 EZTRATA EIRL
ELABORADO POR : BACH. EVELYN OSORIO YUPANQUI	APROBADO POR : ING VICTOR HUGO OSORIO YUPANQUI

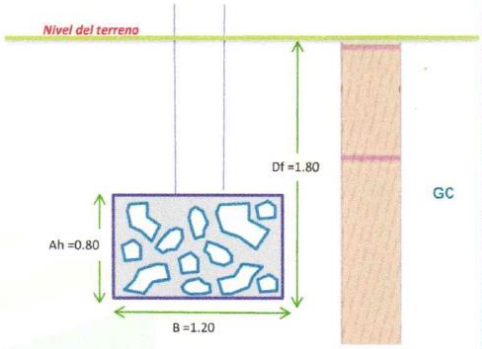
Direccion : Calle 7 Nro 117 – la Esperanza – Amarilis Huánuco

Celular : 960182164 / 900443950
Correo :Eztrata24@gmail.com

Fuente: AZTRATA Laboratorio Especializado en Ensayos de Suelos, Rocas y Pavimentos. Informe contratado por el autor (2025).

Datos Topograficos y de Laboratorio de Suelos

Cota de terreno	=	3189	msnm
Prof. nivel freático	=	No se encontro	
B	=	1.2	min
L	=	1.2	min
Tang (phi)	=	0.5	
Nq	=	$Tan^2(45+(phi)/2)e^{3.14*tan(phi)}$	
Nc	=	(Nq-1)cot(phi)	
Ny	=	2(Nq+1)tan(phi)	
g	=	1.56	Tn/m3
c	=	0.12	
Peso volumétrico	=	1.56	Tn/m3
Df	=	1.8	m
phi	=	25.6	



Valores del F.Cap.de Carga | **F de cap de Forma**

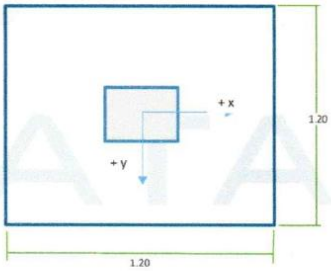
Nq	=	10.66	Sc	=	1.51
Nc	=	20.72	Sy	=	0.60
Ny	=	10.88	Sq	=	1.50

Factor de Seguridad

Fs	=	3.00

RESULTADOS :

Q.ult	=	54.78	t/m2



Cota	Df	g	g "Df"	Q.ult.	qadm	qadm
(msnm)	(m)	(T/m3)	socav.	(t/m2)	(t/m2)	(kg/cm2)
3189.00	1.800	1.560	0.000	54.78	18.26	1.83

CAPACIDAD ADMISIBLE PARA ZAPATA CUADRADA

CAPACIDAD PORTANTE DEL TERRENO :

Cota de terreno	:	3189.00	msnm
Cota de cimentación	:	3187.20	msnm

Q.adm.	=	1.83	(kg/cm2)

Ing. Bach. Evelyn Osorio Yupanqui LABORATORISTA EZTRATA EIRL	ING. VICTOR H. OSORIO YUPANQUI ESPECIALISTA EN GEOTECNIA REG. CIP: 192030 EZTRATA EIRL
ELABORADO POR : BACH. EVELYN OSORIO YUPANQUI	APROBADO POR : ING VICTOR HUGO OSORIO YUPANQUI

Fuente: AZTRATA Laboratorio Especializado en Ensayos de Suelos, Rocas y Pavimentos. Informe contratado por el autor (2025).

EZTRATA
Laboratorio Especializado en Ensayos de suelos, Rocas y Pavimentos

METODO ELASTICO PARA EL CALCULO DE ASENTAMIENTOS INMEDIATOS

Al tratarse de un suelo granular, el terreno de fundacion donde debe descansar las zapatas, el asentamiento del cimiento estará representado por el asentamiento elástico debiéndose de aplicar la teoría de Boussinesq para ello. Tomando los coeficientes de la publicación del ACI - UNI.

Es importante tomar en cuenta la intersección suelo-estructura, además sus interpretaciones son a menudo en función de la experiencia personal. Los fundamentos de la estructuras en un proyecto estructuralmente son rígidos, en zapatas rígida de ancho B, el esfuerzo vertical o presión de contacto PC, se distribuye según un bulbo de presiones verticales, de tal manera que a una profundidad B, igual al ancho de la zapata, esta presión disminuye aproximadamente a 0.53Pc, y aúna profundidad de 1.5B es 0.4Pc, y así sucesivamente, entonces el asentamiento total será dado por la siguiente formula:

TIPO DE SUELO	Es(Ton/m2)
Arcilla muy blanda	30-300
Arcilla blanda	200-400
Arcilla media	450-500
Arcilla dura	700-2000
Arcilla arenosa	3000-4250
Suelos glaciares	1000-16000
Loes	1500-6000
Arena limosa	500-2000
Arena suelta	1000-2500
Arena densa	5000-10000
Grava arenosa : Densa	8000-20000
Grava arenosa : suelta	5000-14000
Arcilla esquistosa	14000-140000
Limos	200-2000

Tabla Nº 01

TIPO DE SUELO	u (-)
Arcilla saturada	0.4 - 0.5
Arcilla no saturada	0.1 - 0.3
Arcilla arenosa	0.2 - 0.3
Limo	0.3 - 0.35
Arena : Densa	0.2 - 0.4
Arena de grano grueso	0.15
Arena de grano fino	0.25
Roca	0.1 - 0.4
Loes	0.1 - 0.3
Hielo	0.36
concreto	0.15

Tabla Nº 02

$$S=\frac{q*B}{E}(1-\upsilon^2)*I_f \quad .....(1)$$

DONDE :

S = *Asentamiento elástico*
q = *Esfuerzo neto transmitido*
B = *Ancho de cimentación*
Es = *Modulo de elasticidad del suelo*
u = *Modulo de Poisson del suelo*
If = *Factor de influencia que depende de la forma y la rigidez de la cimentación.(cm/m).*
Ir = *0.82 cimentacion cuadrada rigida*
If = *1.12 cimentacion cuarada flexible*

S =	.....	cm.		
q =	1.83	Kg/cm2.		
B =	1.20	cm.		
Es =	200	Kg/m2.		
u =	0.30			
IF Ir =	0.82	(L/B=1	*C. Rígida)*	
IF If =	1.12	(L/B=1	*C. Flexible.)*	

REMPLAZANDO EN LA FORMULA (1)

Sr =	0.817 Cm	<	2.54 Cm	*OK*
Sf =	1.117 Cm	<	2.54 Cm	*OK*

Por lo tanto estimamos que el asentamiento esperado es menor de una pulgada que es el máximo tolerable en estructuras de esta naturaleza

Ing. Bach. Evelyn Osorio Yupanqui LABORATORISTA EZTRATA EIRL	ING. VICTOR HUGO OSORIO YUPANQUI ESPECIALISTA GEOLOGIA GEOTECNIA REG. CIP: 192030 EZTRATA EIRL
ELABORADO POR : BACH. EVELYN OSORIO YUPANQUI	APROBADO POR : ING VICTOR HUGO OSORIO YUPANQUI

Direccion : Calle 7 Nro 117 – la Esperanza – Amarilis Huánuco

Celular : 960182164 / 900443950
Correo :Eztrata24@gmail.com

Fuente: AZTRATA Laboratorio Especializado en Ensayos de Suelos, Rocas y Pavimentos. Informe contratado por el autor (2025).

EZTRATA
Laboratorio Especializado en Ensayos de suelos, Rocas y Pavimentos

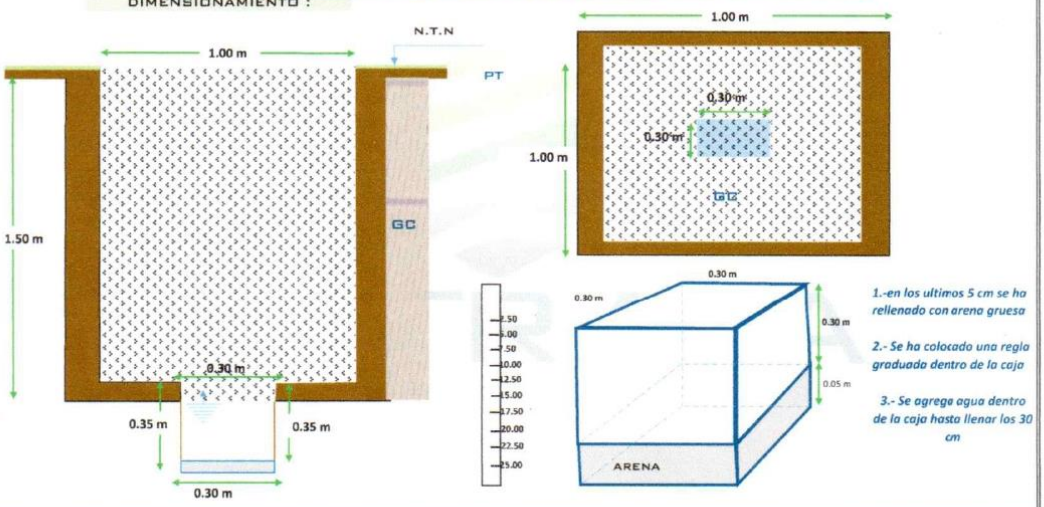
1. DATOS GENERALES

PROYECTO :	"PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON IMPLEMENTACION DE SISTEMA DE IMPULSION EN EL DISTRITO DE RIPAN - DOS DE MAYO - HUANUCO."			
DEPARTAMENTO :	HUANUCO	COORDENADAS DE UBICACIÓN DEL ENSAYO	ESTE :	302031.00
PROVINCIA :	DOS DE MAYO		NORTE :	8916820.00
DISTRITO :	RIPAN		M.S.N.M	
LOCALIDAD :	RIPAN		3500.00	
LUGAR :	RIPAN			
		N° DE ENSAYO :	N° 1	
LABORATORISTA :	EVELYN OSORIO YUPANQUI	PROF. DEL ENSAYO :	1.50	MTS
FECHA :	Oct-25	NIVEL FREATICO	0.00	MTS

2. DATOS DE CAMPO

PROCEDIMIENTO DEL TEST DE PERCLORACION

DIMENSIONAMIENTO :



CUADRO DE RESULTADO DE TEST DE PERCLORACION

MEDICION	TIEMPO DE PERCLORACION (MIN)		LAMINA DE PERCOLACION (CM)		VELOCIDAD DE PERCOLACION (CM/MIN)		VELOCIDAD DE PERCOLACION (CM/HR)		INICIO DE PRUEBA	TERMINO DE PRUEBA
	PARCIAL	ACUMULADO	INSTANTANEA	ACUMULADO	INSTANTANEA	ACUMULADA	INSTANTANEA	ACUMULADA		
1	30	30	1.50	1.50	0.050	0.050	3.00	3.00	9:30 a. m.	10:00 a. m.
2	30	60	1.52	3.02	0.051	0.101	3.10	6.10	10:00 a. m.	10:30 a. m.
3	30	90	1.65	4.67	0.055	0.156	3.26	9.36	10:30 a. m.	11:00 a. m.
4	30	120	1.60	6.27	0.053	0.209	3.47	12.82	11:00 a. m.	11:30 a. m.
5	30	150	1.56	7.83	0.052	0.261	3.73	16.55	11:30 a. m.	12:00 a. m.
6	30	180	1.53	9.36	0.051	0.312	4.04	20.59	12:00 a. m.	12:30 p. m.
7	30	210	1.68	11.04	0.056	0.368	4.41	24.99	12:30 p. m.	13:00 p. m.
8	30	240	1.55	12.59	0.052	0.420	4.83	29.82	13:00 p. m.	13:30 p. m.
9	30	270	1.67	14.26	0.056	0.475	5.30	35.12	14:00 p. m.	14:30 p. m.
10	30	300	1.59	15.85	0.053	0.528	5.83	40.95	15:00 p. m.	15:30 p. m.
PROMEDIO	30.00		1.59		0.053		4.10			

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD K	0.246811	CM/MIN	4.11351795E-05	MTS/SEG

REGISTRO DE DESCENSO TRAS PERIODO NOCTURNO DE EXPANSION		
TIEMPO ENTRE LECTURAS	30.00	MIN
ALTURA DE AGUA INICIAL	30.00	CM
ALTURA DE GRAVA	5	CM.
ALTURA DE AGUA FINAL	14.15	CM

ING. RESPONSABLE

RESULTADOS		
DIFERENCIA PROMEDIO DE ALTURA EN 30 MINUTOS	15.85	CM
TIEMPO DE INFILTRACION PARA EL DESCENSO DE 1CM.	6.34	MINUTOS
COEFICIENTE DE INFILTRACION "K"	59.53	L/M2/DIA
CLASE DE TERRENO	FRANCO ARCILLOSO	

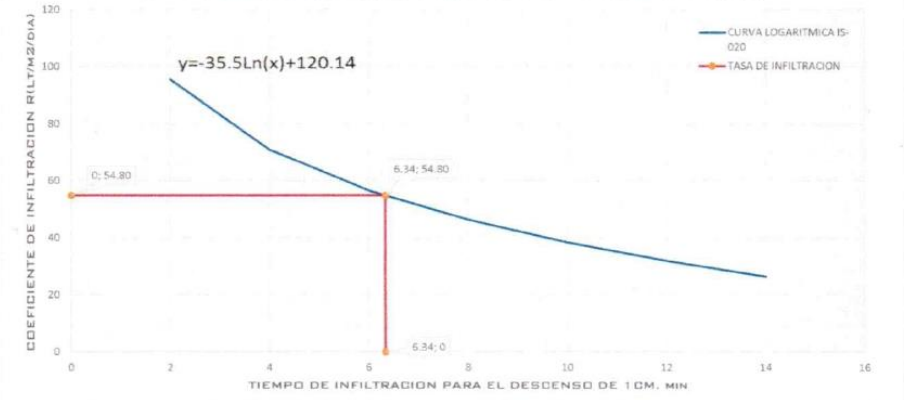
LABORATORISTA

Fuente: AZTRATA Laboratorio Especializado en Ensayos de Suelos, Rocas y Pavimentos. Informe contratado por el autor (2025).

EZTRATA

Laboratorio Especializado en Ensayos de suelos, Rocas y Pavimentos

CURVA PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DE ABSORCION DEL SUELO



TASA DE INFILTRACION

R= 315.5 ((H1-H2)/T2-T1))^1/2

h1=	30.00 cm	h1-h2	=	15.85	cm	=	158.5 mm
h2=	14.15 cm	t2-t1	=	7	min	=	420 seg
t2=	60 min						
t1=	53 min						

R	59.53	lts/m2/dia

3.- PANEL FOTOGRAFICO

4.- CONCLUSIONES

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD K	=	0.246811	CM/MIN	=	4.11351795E-05	MTS/SEG
INFILTRACION PARA DESENSO DE 1 CM		6.34	MINUTOS			
CLASE DE TERRENO	=	SEMIPERMEABLE				
TASA DE INFILTRACION R	=	59.53	LTS/M2/DIA			
TIPO DE SUELO	=	FRANCO ARCILLOSO				
TIPO DE INFILTRACION	=	INFILTRACION MEDIA				

ING. VICTOR H. LOSANO YUPANQUI
ESPECIALISTA EN GEOLOGIA GEOTECNIA
REG. CIP. 192030
EZTRATA EIRL

ING. RESPONSABLE

Ing. Saul Evelyn Osorio Yupanqui
LABORATORISTA
EZTRATA EIRL

LABORATORISTA

Fuente: AZTRATA Laboratorio Especializado en Ensayos de Suelos, Rocas y Pavimentos. Informe contratado por el autor (2025).

ANEXO 13. ANÁLISIS DEL TEST DE PERCOLACIÓN

EZTRATA
Laboratorio Especializado en Ensayos de suelos, Rocas y Pavimentos

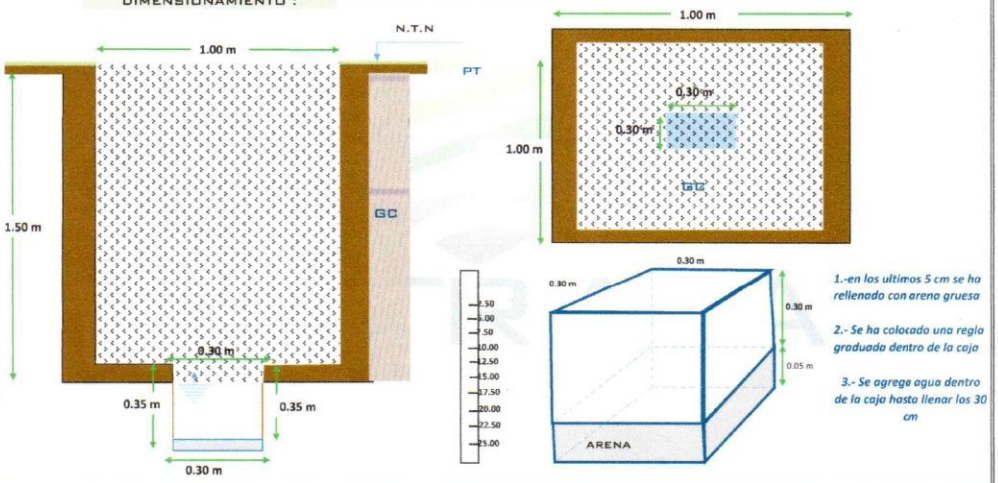
1. DATOS GENERALES

PROYECTO :	"PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON IMPLEMENTACION DE SISTEMA DE IMPULSION EN EL DISTRITO DE RIPAN - DOS DE MAYO - HUANUCO."			
DEPARTAMENTO :	HUANUCO	COORDENADAS DE UBICACIÓN DEL ENSAYO	ESTE :	302031.00
PROVINCIA :	DOS DE MAYO		NORTE :	8916820.00
DISTRITO :	RIPAN		M.S.N.M	
LOCALIDAD :	RIPAN		3500.00	
LUGAR :	RIPAN			
		N° DE ENSAYO :	N° 1	
LABORATORISTA :	EVELYN OSORIO YUPANQUI	PROF. DEL ENSAYO :	1.50	MTS
FECHA :	Oct-25	NIVEL FREATICO	0.00	MTS

2. DATOS DE CAMPO

PROCEDIMIENTO DEL TEST DE PERCLORACION

DIMENSIONAMIENTO :



CUADRO DE RESULTADO DE TEST DE PERCLORACION

MEDICION	TIEMPO DE PERCLORACION (MIN)		LAMINA DE PERCOLACION (CM)		VELOCIDAD DE PERCOLACION (CM/MIN)		VELOCIDAD DE PERCOLACION (CM/HR)		INICIO DE PRUEBA	TERMINO DE PRUEBA
	PARCIAL	ACUMULADO	INSTANTANEA	ACUMULADO	INSTANTANEA	ACUMULADA	INSTANTANEA	ACUMULADA		
1	30	30	1.50	1.50	0.050	0.050	3.00	3.00	9:30 a. m.	10:00 a. m.
2	30	60	1.52	3.02	0.051	0.101	3.10	6.10	10:00 a. m.	10:30 a. m.
3	30	90	1.65	4.67	0.055	0.156	3.26	9.36	10:30 a. m.	11:00 a. m.
4	30	120	1.60	6.27	0.053	0.209	3.47	12.82	11:00 a. m.	11:30 a. m.
5	30	150	1.56	7.83	0.052	0.261	3.73	16.55	11:30 a. m.	12:00 a. m.
6	30	180	1.53	9.36	0.051	0.312	4.04	20.59	12:00 a. m.	12:30 p. m.
7	30	210	1.68	11.04	0.056	0.368	4.41	24.99	12:30 p. m.	13:00 p. m.
8	30	240	1.55	12.59	0.052	0.420	4.83	29.82	13:00 p. m.	13:30 p. m.
9	30	270	1.67	14.26	0.056	0.475	5.30	35.12	14:00 p. m.	14:30 p. m.
10	30	300	1.59	15.85	0.053	0.528	5.83	40.95	15:00 p. m.	15:30 p. m.
PROMEDIO	30.00		1.59		0.053		4.10			

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD K	0.246811	CM/MIN	4.11351795E-05	MTS/SEG

REGISTRO DE DESCENSO TRAS PERIODO NOCTURNO DE EXPANSION		
TIEMPO ENTRE LECTURAS	30.00	MIN
ALTURA DE AGUA INICIAL	30.00	CM
ALTURA DE GRAVA	5	CM
ALTURA DE AGUA FINAL	14.15	CM

ING. RESPONSABLE

RESULTADOS		
DIFERENCIA PROMEDIO DE ALTURA EN 30 MINUTOS	15.85	CM
TIEMPO DE INFILTRACION PARA EL DESCENSO DE 1CM.	6.34	MINUTOS
COEFICIENTE DE INFILTRACION "K"	59.53	L/M2/DIA
CLASE DE TERRENO	FRANCO ARCILLOSO	

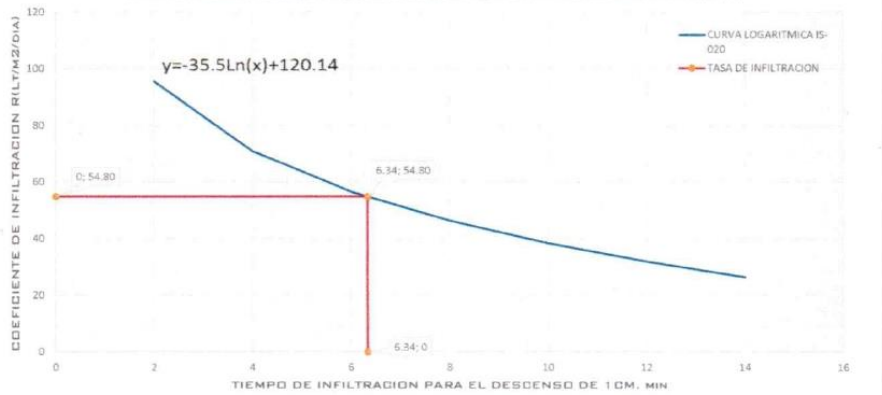
LABORATORISTA

Fuente: AZTRATA Laboratorio Especializado en Ensayos de Suelos, Rocas y Pavimentos. Informe contratado por el autor (2025).

EZTRATA

Laboratorio Especializado en Ensayos de suelos, Rocas y Pavimentos

CURVA PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DE ABSORCION DEL SUELO



TASA DE INFILTRACION							
R= 315.5 ((H1-H2)/T2-T1))^ 1/2							
h1=	30.00 cm	h1-h2 =	15.85	cm	=	158.5 mm	
h2=	14.15 cm	t2-t1 =	7	min	=	420 seg	
t2=	60 min						
t1=	53 min						
R	59.53	lts/m2/dia					

3.- PANEL FOTOGRAFICO

4.- CONCLUSIONES

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD K	=	0.246811	CM/MIN	=	4.11351795E-05 MTS/SEG
INFILTRACION PARA DESENSO DE 1 CM		6.34	MINUTOS		
CLASE DE TERRENO	=	SEMIPERMEABLE			
TASA DE INFLITRACION R	=	59.53	LTS/M2/DIA		
TIPO DE SUELO	=	FRANCO ARCILLOSO			
TIPO DE INFILTRACION	=	INFILTRACION MEDIA			

ING. VICTOR H. LAZARO YUPANQUI
ESPECIALISTA GEOLOGIA GEOTECNIA
REG. CIP. 102030
EZTRATA EIRL

ING. RESPONSABLE

Ing. Sach Evelyn Osorio Yupanqui
LABORATORISTA
EZTRATA EIRL

LABORATORISTA

Fuente: AZTRATA Laboratorio Especializado en Ensayos de Suelos, Rocas y Pavimentos. Informe contratado por el autor (2025).

ANEXO 14. DISEÑO HIDRÁULICO DE CÁMARA DE REJAS

PROYECTO :	"PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE IMPULSIÓN EN EL DISTRITO DE RIPAN – DOS DE MAYO - HUÁNUCO"						
UBICACIÓN :	Localidad:		Distrito:	RIPAN	Provincia:	DOS DE MAYO	Departamento: HUÁNUCO
FECHA DE ELABORACIÓ :	10/12/2025						

CALCULO HIDRAULICO DE CAMARA DE REJAS

1 .- DATOS DEL DISEÑO

DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	FUENTE
Caudal promedio	Qp:	0.770	l/s	Calculo de caudales
Caudal maximo diario	Qmd:	1.001	l/s	Calculo de caudales
Caudal maximo horario	Qmh:	1.540	l/s	Calculo de caudales
Caudal minima	Qmin:	0.385	l/s	Calculo de caudales

2 .- PARAMETROS DEL DISEÑO

Página 1

DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	FUENTE
Forma de la barra rectangular	K:	2.42	*	Según KISCHMER
Espesor de la barra 5 - 15 mm	e :	1/4	pulg	RNE OS.090
Separacion entre barras 20 - 55 mm	a :	1	pulg	RNE OS.090
Profundidad de la barras 30 - 75 mm	b:	1 1/2	l/s	RNE OS.090
Velocidad en las barras (0.60 - 0.75 m/s)	Vr :	0.70	m/s	RNE OS.090
Vel. anates de las barras (0.30 -0.60 m/s)	Vc :	0.60	m/s	RNE OS.090
Ang. de inclinacion de la barras 45 - 60°	ϑ :	45	°	RNE OS.090
Graveda	g :	9.81	m/s	Bibliografia
Coef. De rugosidad del canal	n:	0.013	*	Bibliografia

3 .- CRITERIOS DEL DISEÑO

DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	FUENTE
Ancho del Canal	B :	0.30	m	Criterio tecnico - propio
Diametro de ingreso	Φ :	0.20	m	Calculo de Emisor

4 .- CALCULO DE EFICIENCIA DE BARRAS

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
$E=\frac{a}{(a+e)}$	Separacion etre barras	a :	1	pulg	Eficiencia de las barras de criba
	Espesor de las barras	e :	1/4	pulg	
	Eficiencia	E :	80	%	

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

4 .- CALCULO DE CANAL DE CRIBAS / REJAS

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
$Au=\frac{Qmh}{(Vr*1000)}$	Caudal maximo horario	Qmh :	1.54	l/s	Area util del canal
	Velocidad en las barras	Vr :	0.70	m/s	
	Area util	Au:	0.0022	m2	
$Ac=\frac{Au}{E}$	Area del canal	Ac :	0.0028	m2	Area del canal de criba
$Ymax=\frac{Ac}{B}$	Ancho del canal	B :	0.30	m	Tirante maximo del canal
	Tirante maximo	Ymax :	0.010	m	
$Rh=\frac{Ac}{Pm}=\frac{Ac}{(2Y+B)}$	Radio hidraulico	Rh :	0.009	m	Radio hidraulico del canal
$S=\left(\frac{Qmax*n}{Ac*Rh^{2/3}}\right)^2$	Coef. De rugosidad del canal	n :	0.013	*	Pendiente del canal de criba
	Pendiente del canal	S :	3.00	%	
$Vc=\frac{Qmax}{Ac}$	Velocidad en el canal	Vc :	0.56	m/s	**Correcta RNE OS.090**
$R=\frac{Qmin*n}{S^{1/2}*B^{8/3}}$	Caudal minimo	Qmin:	0.385	l/s	Radio hidraulico minimo del canal
	Radio hidraulico	R:	7E-05	m	
$Ymin=0.093*B$	Tirante minimo	Ymin:	0.028	m	Tirante minimo del canal
$Amin=Ymin*B$	Area minima	Amin:	0.008	m2	Area minimo del canal
$Vmin=\frac{Qmin}{Amin}$	Velocidad minima	Vmin:	0.05	m/s	Velocidad minima del canal
$N=\frac{(B-a)}{(e+a)}$	Numero de barras	N :	9.00	und	Numero de barras para el criba

5 .- PERDIDA DE CARGA EN LAS REJAS

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
	Según Kirshner (Rejas Limpias)				
$hv=\frac{Vr^2}{2g}$	Velocidad en las barras	Vr :	0.70	m/s	Perdida de energia en la rejilla
	Graveda	g:	9.81	m/s2	
	Perdida de carga	Hv :	0.025	m	
$Ht=k*\left(\frac{e}{a}\right)^{\frac{3}{4}}*hv*\sin\vartheta$	Factor de seccion rectagular de barra	K:	2.42	*	Perdida de carga total en la rejilla
	Espesor de la barra	e:	1/4	pulg	
	Separacion entre barras	a:	1	pulg	
	Angulo de inclinacion de la barra	ϑ :	45	°	
	Perdida de carga	Hr :	0.015	m	
	Según Metcalf-Eddy (Rejas Obstruidas)				
$V'=\frac{Vr}{t}$	Velocidad en las barras	Vr :	0.70	m/s	Velocidad en la rejas con un 50% de obstruccion
	% De obstruccion en rejas	t :	50.00	%	
	Velocidad en las barras	V'r :	1.40	m/s	
$Hf=\left(\frac{V'^2-Vr^2}{2g}\right)/0.70$	Graveda	g:	9.81	m/s2	Perdida de carga total en la rejilla
	Perdida de carga final	Hf :	0.11	m	
Perdida de carga elegida entre (Hr , Hf) es la mayor valor		Ht :	0.11	m	Perdida de carga final

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

6 .- CALCULO DE LA ALTURA DE LA REJA

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
$H = Ymax + BL$	Tirante maxima del canal	Ymax:	0.010	m	Altura util de la reja
	Borde libre del canal	**BL :**	**0.70**	**m**	
	Altura de la reja	H:	0.710	m	

7 .- CALCULO LONGITUD DE LA REJA

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
$L = \frac{H}{Sen\vartheta}$	Altura de la reja	H :	0.710	m	Longitud de la reja
	Angulo de inclinacion	θ :	45.00	°	
	Longitud	L :	1.00	m	
$Ph = \frac{H}{Tan\vartheta}$	Proyeccion horizontal	Ph :	0.70	m	Proyeccion Horizontal de la reja

8 .- CALCULO DE ZONA DE TRANSICION

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
$L' = \frac{(B - \varnothing)}{2 * Tan(\varphi)}$	Ancho del canal	B:	0.30	m	Longitud de zona de transicion
	Diametro de tuberia de entrada	Θ :	0.20	m	
	Angulo de direccion	ϑ :	12.50	°	
	Longitud	L :	0.30	m	

9 .- MATERIAL CRIBADO

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
$M_{tc} = Qmh * Mc * 86400$	Caudal maximo horario	Qmh :	0.0015	m3/s	Longitud de zona de transicion
	Cantidad de material cribado de tabla	Mc :	0.023	l/m3	
	Material cribado	Mtc :	3.06	l/d	

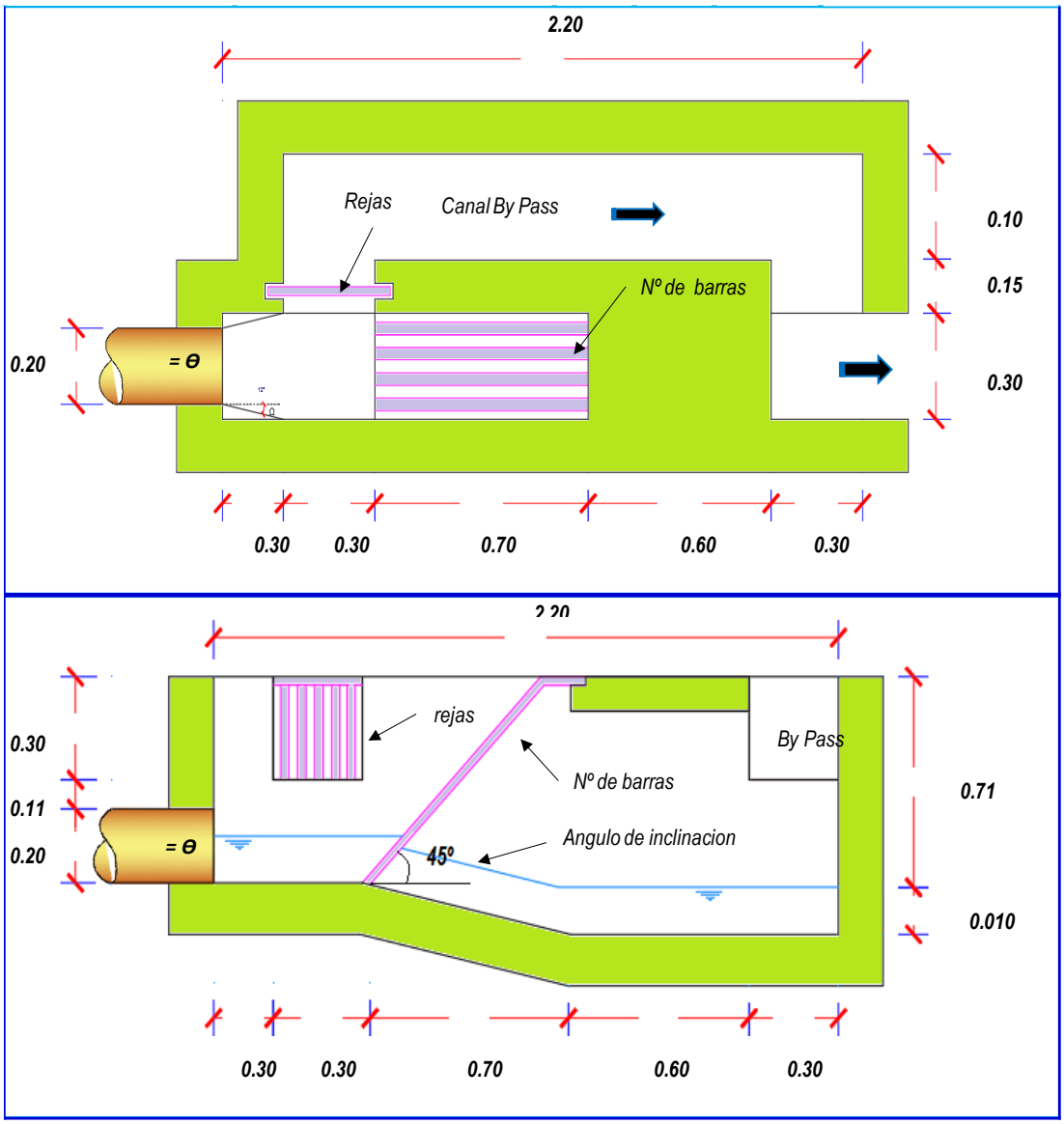
Abertura (mm)	Cantidad (litros de material cribado l/m³ de agua residual)
20	0,038
25	0,023
35	0,012
40	0,009

FUENTE: RNE OS.090

10 .- CALCULO DE VERETEDERO DE SALIDA

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
$Hv = \left(\frac{Mc}{1.838 * B}\right)^{2/3}$	Cantidad de material cribado de tabla	Mc:	0.0230	l/m3	Longitud de zona de transicion
	Ancho del canal	B :	0.30	m	
	Altura del vertedero	Hv :	0.12	m	

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación



Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

ANEXO 15. DISEÑO HIDRÁULICO DE DESARENADOR

PROYECTO :	"PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE IMPULSIÓN EN EL DISTRITO DE RIPAN - DOS DE MAYO - HUÁNUCO"						
UBICACIÓN :	Localidad:	SHAYAN-CONOC	Distrito:	RIPAN	Provincia:	DOS DE MAYO	Departamento: HUÁNUCO
FECHA DE ELABORACIÓN :	10/12/2025						

CALCULO HIDRAULICO DE DESARENADOR

1 .- DATOS DEL DISEÑO

DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	FUENTE
Caudal promedio	Qp:	0.77	l/s	Calculo de caudales
Caudal maximo diario	Qmd:	1.00	l/s	Calculo de caudales
Caudal maximo horario	Qmh:	1.54	l/s	Calculo de caudales
Caudal minima	Qmin:	0.39	l/s	Calculo de caudales

2 .- PARAMETROS DEL DISEÑO

Página 1

DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	FUENTE
Densidad relativa de la arena	Dr :	2.65	*	CEPIS
Diametro de la particula 0.50mm	Φ :	0.050	cm	RNE OS.090
Viscocidad sinetica	b:	0.0101	cm2/s	CEPIS
Velocidad horizontal 0.30 + 20%	Vh :	0.30	m/s	RNE OS.090
Velocidad de sedimentacion	Vs:	0.053	m/s	CEPIS
Tasa de remocion 40 -70 m3/m2/h	Gr :	70	m3/m2/h	RNE OS.090
Coef. De rugosidad del canal	n:	0.013	*	Bibliografia

3 .- CRITERIOS DEL DISEÑO

DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	FUENTE
Ancho del Canal ingreso desarenador	B :	0.30	m	Calculo camara de rejas
Temperatura de agua	T:	10	°c	Dato del campo

4 .- CALCULO DE ANCHO DEL DESARENADOR

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
A =Qmh/Vh	Caudal maximo horario	Qmh :	0.00154	m3/s	Area del canal del desarenador
	Velocidad de horizontal	Vh :	0.30	m/s	
	Area del canal	A :	0.005	m2	
A = 1.5 * B^2	Ancho del canal	B :	0.06	m	Ancho del canal de desarenador
	Ancho del canal recomendable	B:	0.30	m	
H = 1.5*B	Altura del canal	H :	0.50	m	Altura util del canal

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

5 .- CALCULO DE LONGITUD DEL DESARENADOR

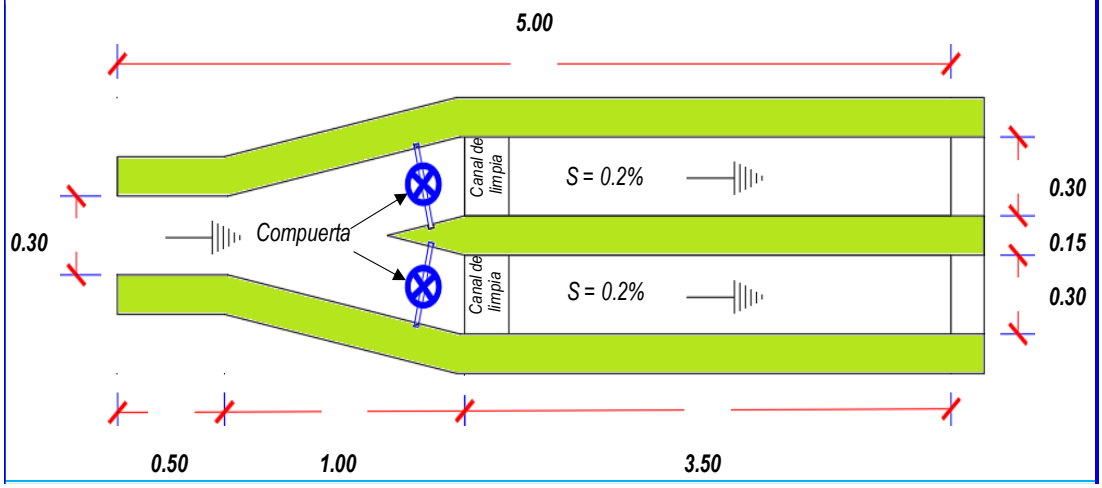
FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
$Tr = H / Vs$	Altura del canal	H :	0.500	m	Tiempo de retencion
	Velocidad de sedimentacion	Vs :	0.05	m/s	
	Tiempo de retencion	Tr :	9.43	seg	
$L = Tr * Vh$	Velocidad horizontal	Vh :	0.300	m/s	Longitud teorica del desarenador
	Longitud Torica	L :	2.83	m	
Según la norma se adiciona un 25% de longitud cada lado del desarenador RNE OS..090					
$Lf = 25\% * L$	Longitud final	Lf:	3.50	m	

6 .- CALCULO DEL PENDIENTE DEL CANAL

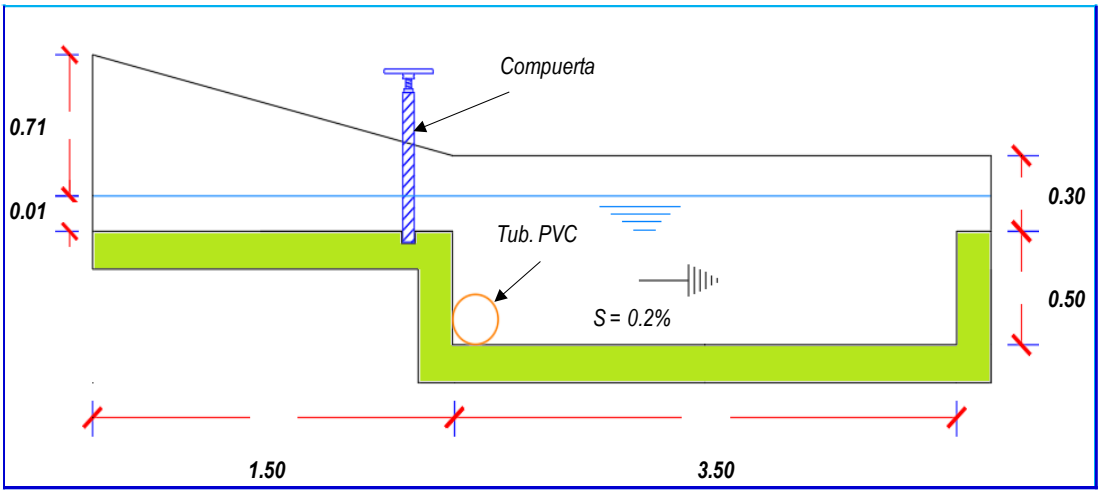
FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
$Rh = \frac{Ac}{Pm} = \frac{Ac}{(2Y+B)}$	Area del canal	Ac:	0.029	m2	Radio hidraulico horizontal
	Altura del canla	Y =H:	0.50	m	
	Ancho del canal	B :	0.06	m	
	Radio hidraulico	Rh :	0.03	m2/m	
$Vh = \frac{1}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * s^{\frac{1}{2}}$	Coeficiente derugosida	n :	0.013	*	Pendiente del canla de desarenador
	Velocidad de horizontal	Vh :	0.30	m/s	
	Pendiente del canal	S :	0.1821	%	

7 .- CALCULO DE LONGITUD DE ZONA DE TRANSICION

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
$Ls = \frac{Bt - B}{Tan\emptyset}$	Ancho total de desarenador	Bt :	0.75	m	Longitud de zona de transicion
	Ancho del canal de ingreso	B :	0.30	m	
	Angulo de inclinacion	Φ :	12.50	°	
	Longitud	Ls :	1.00	m	



Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación



Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

ANEXO 16. DISEÑO HIDRÁULICO DE TANQUE IMHOFF

PROYECTO	:	"PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE IMPULSIÓN EN EL DISTRITO DE RIPAN – DOS DE MAYO - HUÁNUCO"						
UBICACIÓN	:	Localidad:	SHAYAN-CONOC	Distrito:	RIPAN	Provincia:	DOS DE MAYO	Departamento: HUÁNUCO
FECHA DE ELABORACIÓN	:	10/12/2025						

CALCULO HIDRAULICO DE TANQUE IMHOFF

1 .- DATOS DEL DISEÑO

DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	FUENTE
Caudal promedio	Qp:	0.770	l/s	Calculo de caudales
Caudal maximo diario	Qmd:	1.001	l/s	Calculo de caudales
Caudal maximo horario	Qmh:	1.540	l/s	Calculo de caudales
Caudal minima	Qmin:	0.385	l/s	Calculo de caudales

2 .- PARAMETROS DEL DISEÑO

DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	FUENTE
ZONA DE SEDIMENTADOR				
Carga superficial	Cs :	1.00	m3/m2/h	RNE OS.090
Periodo de retencon 1.5 -2.5	Tr :	2.00	hrs	RNE OS.090
Angulo de inclinacion fondo 50 - 60º	β :	60	º	RNE OS.090
Ancho de la arista central 0.15 - 0.20	a :	0.20	m	RNE OS.090
Prolongacion de lado 0.15 - 0.20	l :	0.20	m	RNE OS.090
Borde libre	BL :	0.30	m	RNE OS.090
La realcion Largo/Ancho 3.00 - 10.00 m	L/B :	4.00	m	RNE OS.090
La realcion Largo/Altura 5.00 - 30.00 m	L/H :	6.00	m	RNE OS.090
Numero de sedimentadores	NS:	1.00	und	Criterio tecnico - propio

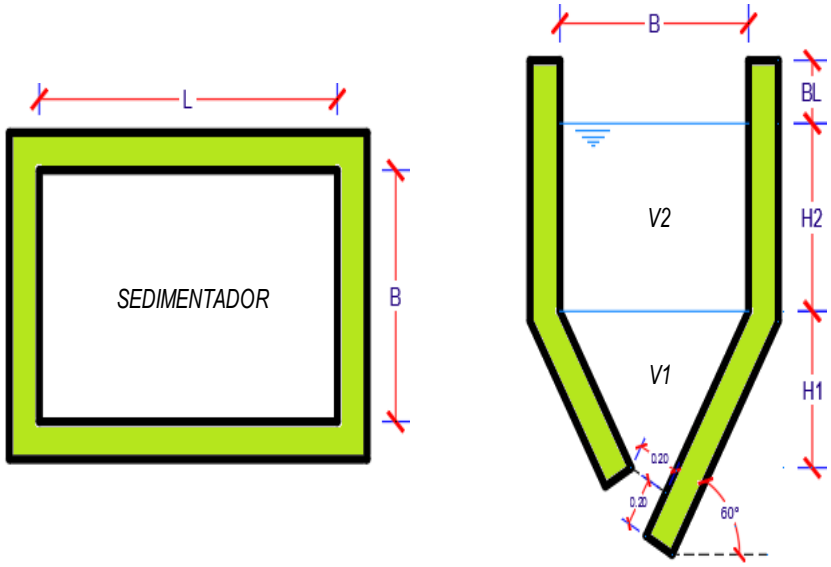
Página 1

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

ZONA DE DIGESTION				
Densidad de solidos	Ds :	1.05	kg/l	RNE OS.090
Altura maxima de lodos	Hl :	0.50	m	RNE OS.090
Angulo de inclinacion fondo 15 - 30º	α :	30	º	RNE OS.090
Espaciamiento libre minimo 1.00m	e :	1.00	m	RNE OS.090
superficie libre sera 30% super. Total	Al :	30.00	%	RNE OS.090
Temperatura del aire	**T:**	**10.00**	**ºc**	Estudio de la zona
Tasa de acumulacion de lodos	Tal :	70.00	l/hab. Año	RNE OS.090

3 .- CALCULO DE UN SEDIMENTADOR

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
$As = \frac{Qd}{Cs}$	Caudal de diseño	Qd :	2.77	m3/h	Area unitaria del sedimentador
	Numero de sedimentadores	NS :	1	und	
	Carga superficial	Cs :	1.00	m3/m2/h	
	Area del sedimentador	As :	2.77	m2	
$Vs = Qd * R$	Periodo de retencion	R :	2.00	hrs	Volumen unitario del sedimentador
	Volumen del sedimentador	Vs	5.54	m3	

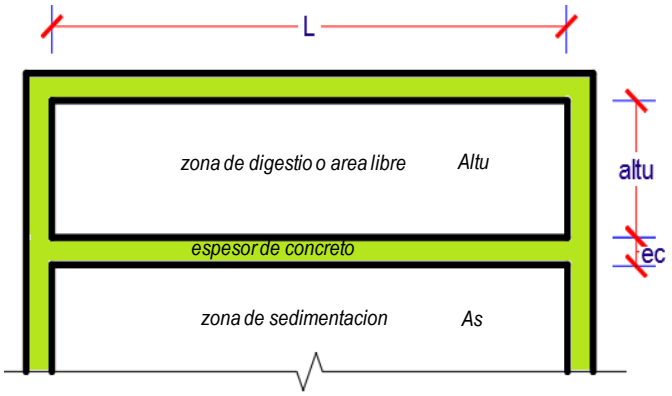


As =L * B ^ L=4B	Ancho unitario del sedimentador	**B :**	**1.50**	**m**	Dimensiones del sedimentador
	Largo unitaria del sedimentador	**L :**	**6.00**	**m**	
H1 = (B/2) * tan β	Angulo de inclinacion	β :	60.00	º	Altura uno
	Altura uno del sedimentador	H1 :	1.00	m	
V1 = H1 * L * B/2	Volumen uno del sedimentador	V1 :	4.50	m3	Volumen uno
H2 =(V-V1)/(L*B)	Altura dos del sedimentador	H2 :	1.00	m	Altura dos
HT = H1 + H2 + BL	Borde libre	BL :	0.50	m	Altura total del sedimentador
	Altura del sedimentador	**HT :**	**2.50**	**m**	

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

4 .- CALCULO DE ZONA DE ESPUMA

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
Alt = 30% * At	Area libre total de digestion	Alt:	1.19	m2	Area libre total de zona de digestion
At = Ast + Al	Area total de sedimentacion	Ats :	2.77	m2	Area total de tanque imhoff
Ast = 70% * At	Area total de tanque inhoff	At :	3.96	m2	
Alt = L * alt	Longitud	L :	6.00	m	Ancho total del digestor
	Ancho total de area libre	alt :	0.20	m	
altu = alt / Nº	Numero de digestores	ND :	2	und	Ancho unitario del digesto
	Ancho unitario de area libre	altu:	0.10	m	
Teniendo encuenta que ancho de area libre minima es 1.00 m		altu:	1	m	Ancho unitaria corregida
At' = (ND*altu + (ND+1)*ec +NS*B)*L	Espesor de concreto	ec :	0.30	m	Nueva area total del tanque imhoff
	Area total nueva	At':	26.40	m2	
Alt' =ND*altu*L	Nueva area libre total	Alt':	12.00	m2	Nueva area libre total
Se debe cumplir la siguente condicion At' > 30%		At':	45.45	%	Ok



5 .- DIMENSIONAMIENTO DE LA CAMARA DE DIGESTION

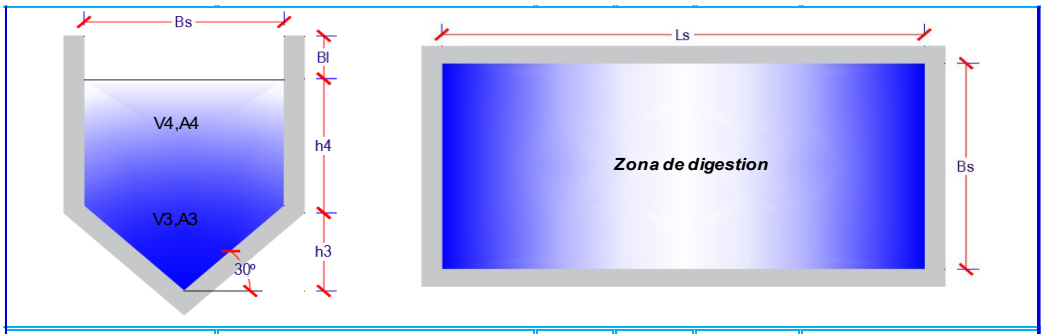
FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
Tal" = Tal * f	Tasa de acumulacion de lodos	Tal:	0.07	m3/hab.año	Nueva tasa de acumulacion de lodos
	Factor de correcion	f:	1.40	*	
	Nueva tasa de acumulacion de lodos	Tal":	0.10	m3/hab.año	

Factores de capacidad relativa y tiempo de digestión de lodos RNE OS.090

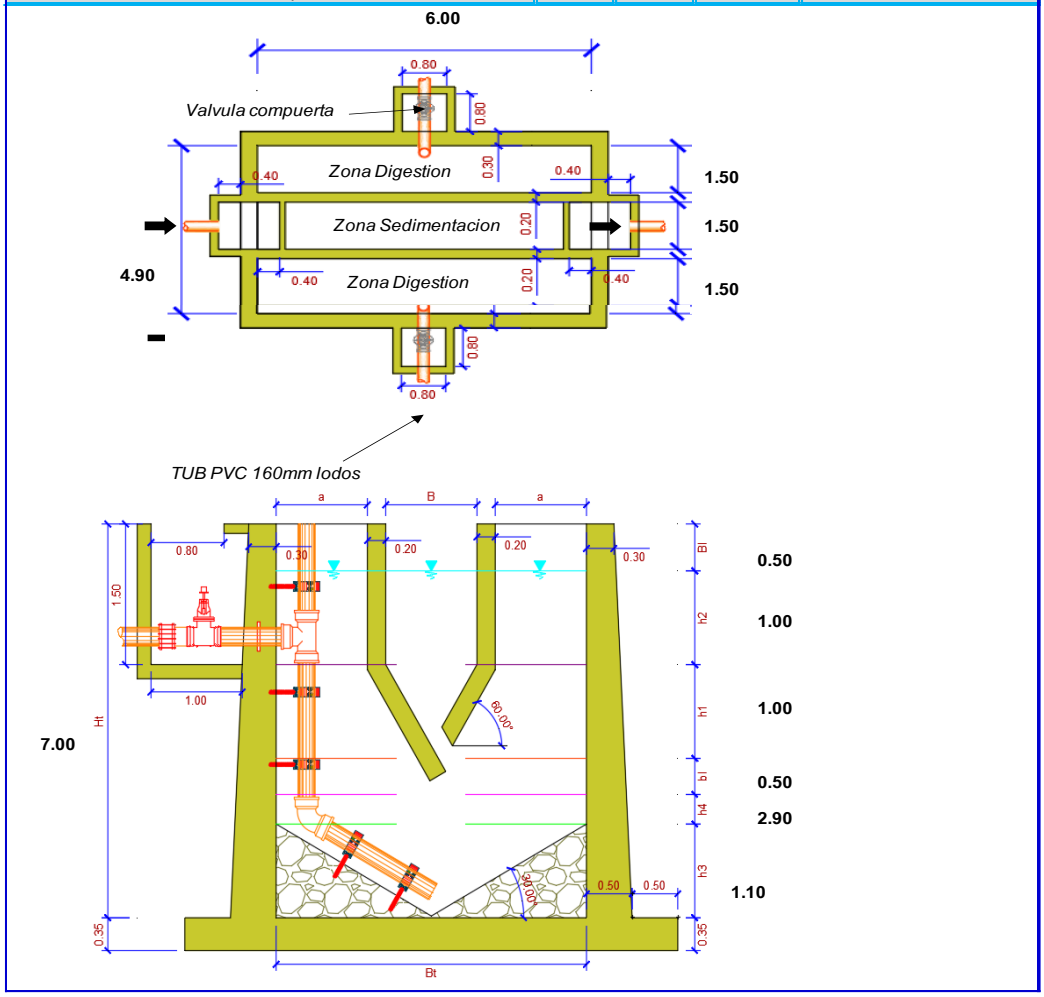
Temperatura ºC	Tiempo de digestion de lodos	Factor de capacidad
5	110	2
10	76	1.4
15	55	1
20	40	0.7
25	30	0.5

Vd = Tal" * Pf	Poblacion al año 20	Pf :	788	hab	Volumen total de tanque de digestion
	Volumen de tanque de digestion	Vd :	77.22	m3	
Vtdu = Vtd/(N*n)	Numero de tanque Imhoff	N:	1	und	Volumen untitario de cada tolva
	Numero de tolvas consideradas	n:	1	und	
	Volumen de cada tolva	Vtdu:	77.22	m3	

Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación



ausd = (Ns*B)+((Ns+1)x altu)	Numero de sedimentadores	Ns:	1	und	Ancho util de zona de digestion
	Ancho del sedimentador	Bs:	1.50	m	
	Ancho de area libre unitaria	altu:	1	m	
	Ancho util de zona de digestion	ausd:	3.50	m	
atsd = auss + Nº x am	Numero total de muros	**Nº:**	**2**	**und**	Ancho total de zona de digestion
	Ancho de cada muro	**am :**	**0.20**	**m**	
	Ancho total de zona de digestion	atsd:	3.90	m	
Abp = (L/n)*atsd	Longitud de sedimentacion	Ls:	6.00	m	Area de la base de tolva
	Area base del piramide	Abp :	23.40	m2	
h3 =(atsd * tang (α)/2)	Angulo de inclinacion	α :	30.00	°	Altura de la tolva
	Altura de la tolva	h3 :	1.10	m	
V3 = Abp*(h3/3)	Volumen de la tolva	V3:	8.58	m3	Volumen de la tolva
V4 =Vtdu -V3	Volumne cuatro	V4 :	68.64	m3	Volumen Nº04
h4 = V4/Abp	Altura Nº04	h4 :	2.90	m	Altura Nº04
Altura de lodo 0.50 m por debajo de sedimentador RNE		Bl:	0.50	m	Borde libre
Altura total de tanque IMOHFF		**HT:**	**7.00**	**m**	Altura total de tanque



Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

ANEXO 17. DISEÑO HIDRÁULICO DE LECHO DE SECADO

PROYECTO : "PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE IMPULSIÓN EN EL DISTRITO DE RIPAN – DOS DE MAYO - HUÁNUCO"

UBICACIÓN : Localidad: SHAYAN-CONOC Distrito: RIPAN Provincia: DOS DE MAYO Departamento: HUÁNUCO

FECHA DE ELABORACIÓN : 10/12/2025

CALCULO HIDRAULICO DE LECHO DE SECADO

1 .- DATOS DEL DISEÑO

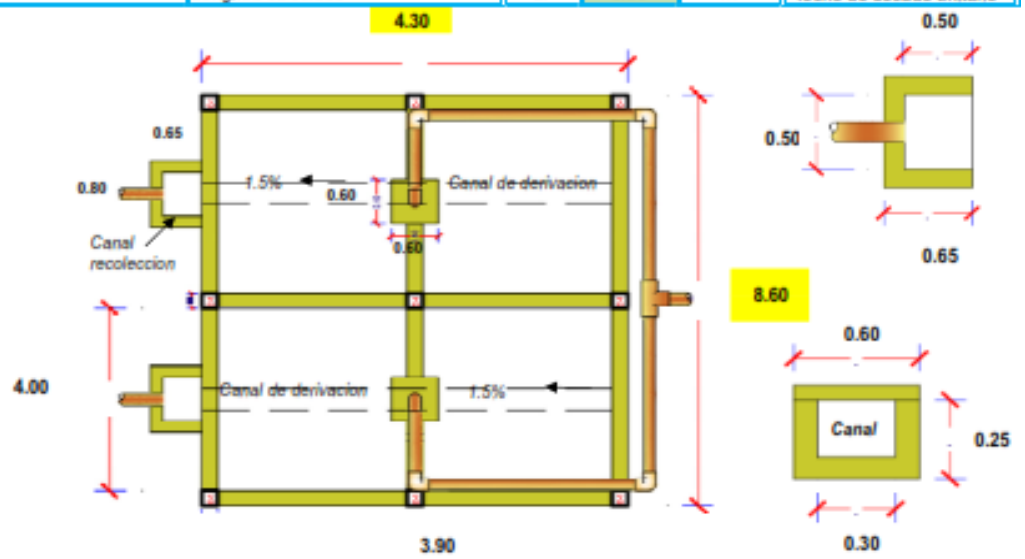
DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	FUENTE
Caudal promedio	Qp:	66.528	m3/dia	Calculo de caudales
Altitud promedio de la zona	CT:	3575	msnm	Topografia
Temperatura promedio de la zona	T:	10.00	°c	Estacion meteorologica
Nº de unidades de lecho de secado	N:	2.00	und	Criterio tecnico

2 .- PARAMETROS DEL DISEÑO

DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	FUENTE
Periodo de retencion(4 a 6)	Tr:	5	Hrs	RNE OS. 090 Itm.5.9.6.3
Contribucion percapita del solido	Cps:	90.00	gr/hab.dia	CEPIS
Densida de lodos digeridos(1.03 y 1.04)	Gsd :	1.04	Kg/l	RNE OS.090 Item.5.9.6.2
% lodos digeridos primario (8% a 12%)	Ldp :	10.00	%	RNE OS.090 Item.5.9.6.2
Profundidad de aplicación (20 -40 cm)	Ha :	0.30	m	RNE OS.090 Item.5.9.6.3
Ancho de lecho de secado (3 -6 m)	B:	4.00	m	RNE OS.090 Item.5.9.6.5
Period de digestion de lodo (4 a 8 SEMA	Td :	42.00	dias	RNE OS.090 Item.5.9.6.3

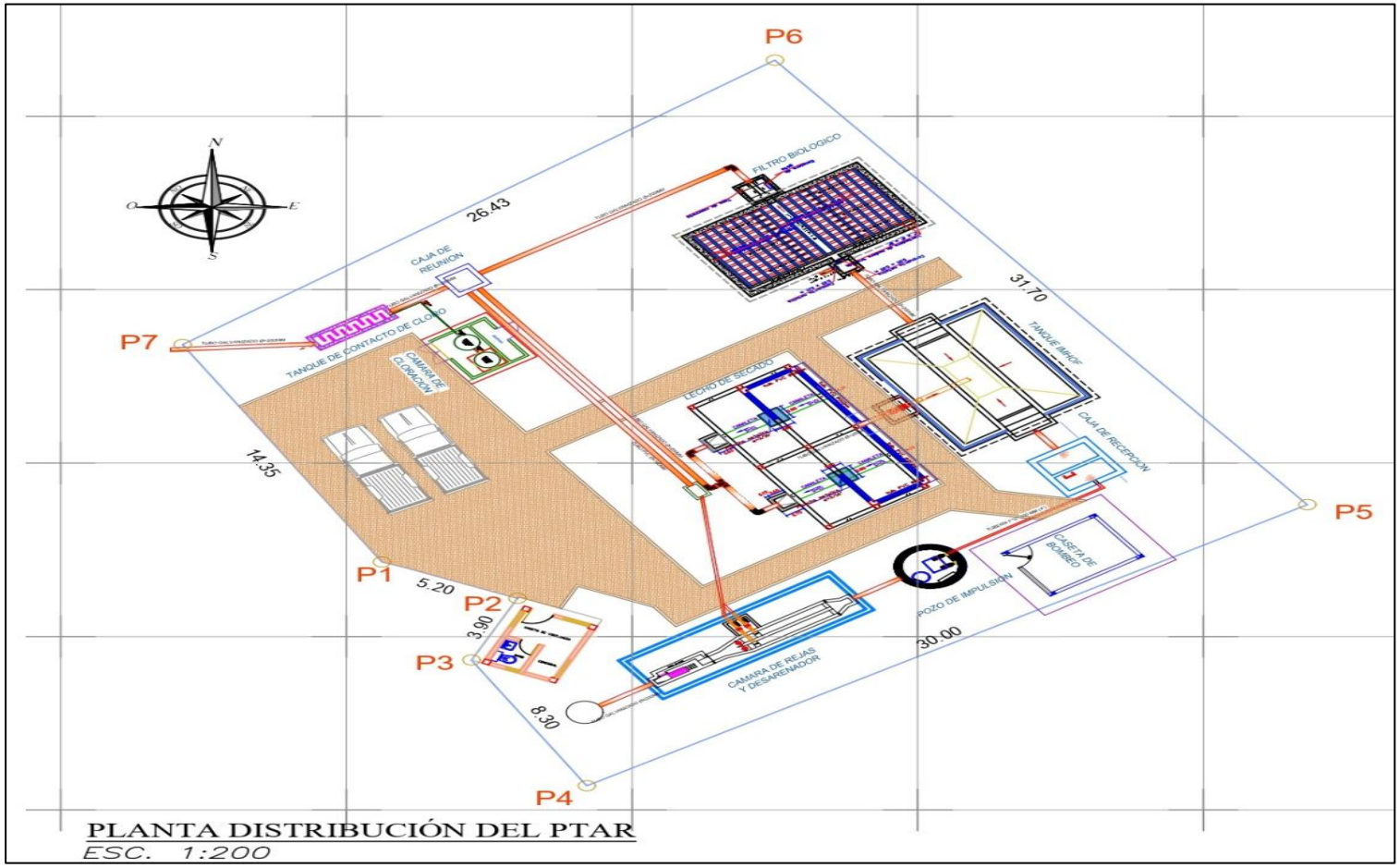
3 .- CALCULO DE UN SEDIMENTADOR

FORMULA	DESCRIPCION	DATO	CANT	UND	RESULTADO
$Cs=\frac{Qd\,x\,Ss}{1000}$	Balansa de masa	Ss :	1066.02	mgSs/l	Carga de solidos que ingresa al tanque imhoff
	Contribucion Percapita de solidos	Cs:	70.92	Kgss/dia	
$Msd=(0.5x0.7x0.5xCp)+(0.5x0.3xCp)$	Masa de solidos	Msd :	23.05	Kd Msd/dia	Masa de solidos que conforma el lodo
$Vld=\frac{Msd}{Plodo^{x}\left(\frac{\%solidos}{100}\right)}$	Volumen diario de lodos	Vld :	221.63	Lt/dia	Volumen diario de lodos digeridos
$Vel=\frac{Vld\,x\,Td}{1000}$	Volumen de lodos a extraer	Vel :	9.31	m3	Volumne de lodos a extraer del tanque Imhoff
$Als=\frac{Vel}{Ha}$	Area de lecho de secado	Als :	31.03	m2	Area de lecho de secado
$Alsu=\frac{Als}{N}$	Area unitaria de lecho	Alsu:	15.51	m2	Area unitaria de lecho de secado
$Alsu=L\,x\,B$	Ancho asumido de lecho	B:	4.00	m	Longitud calculado de lecho de secado unitario
	Longitud calculado	L:	3.90	m	

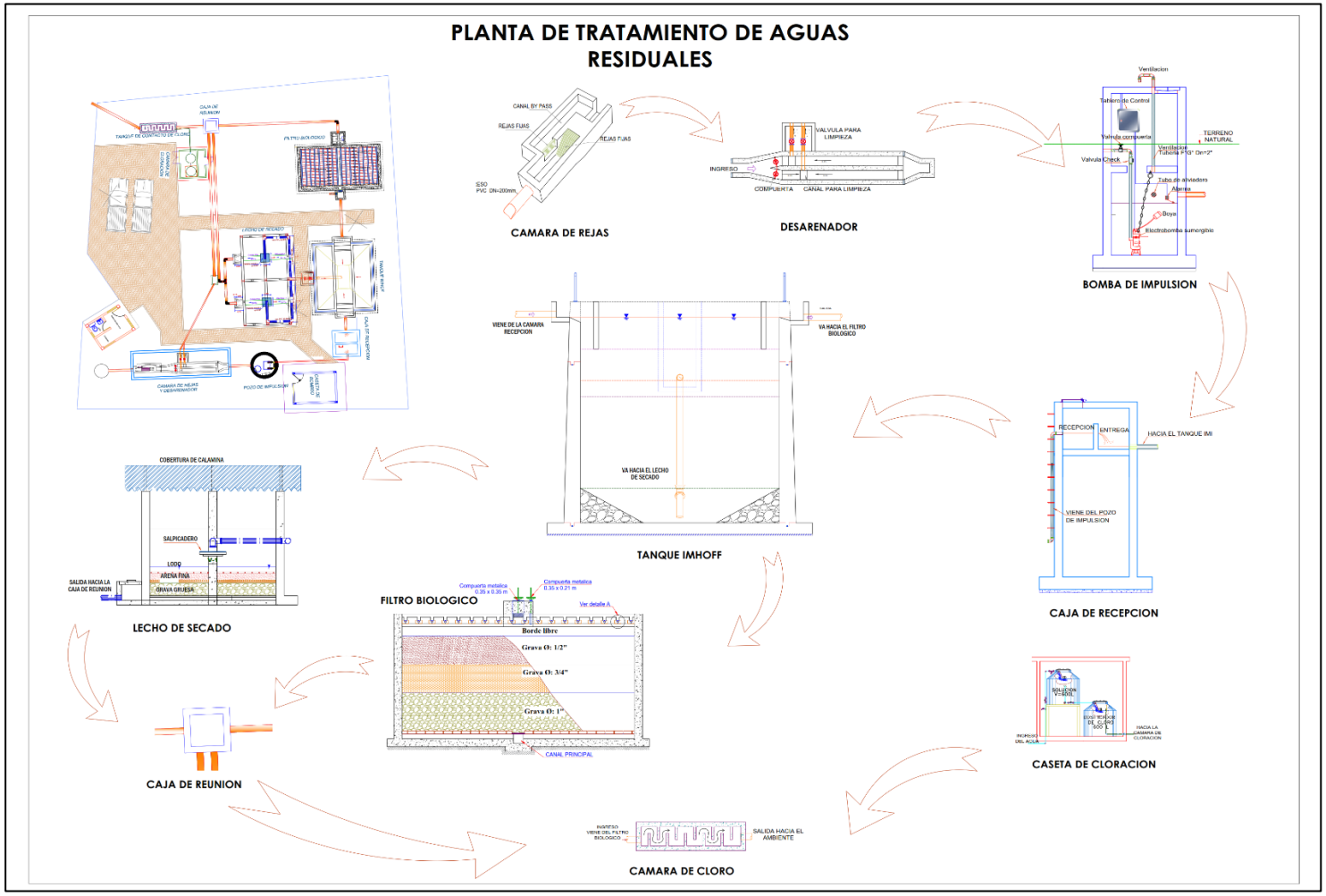


Fuente: Elaborado con base en los datos de la investigación

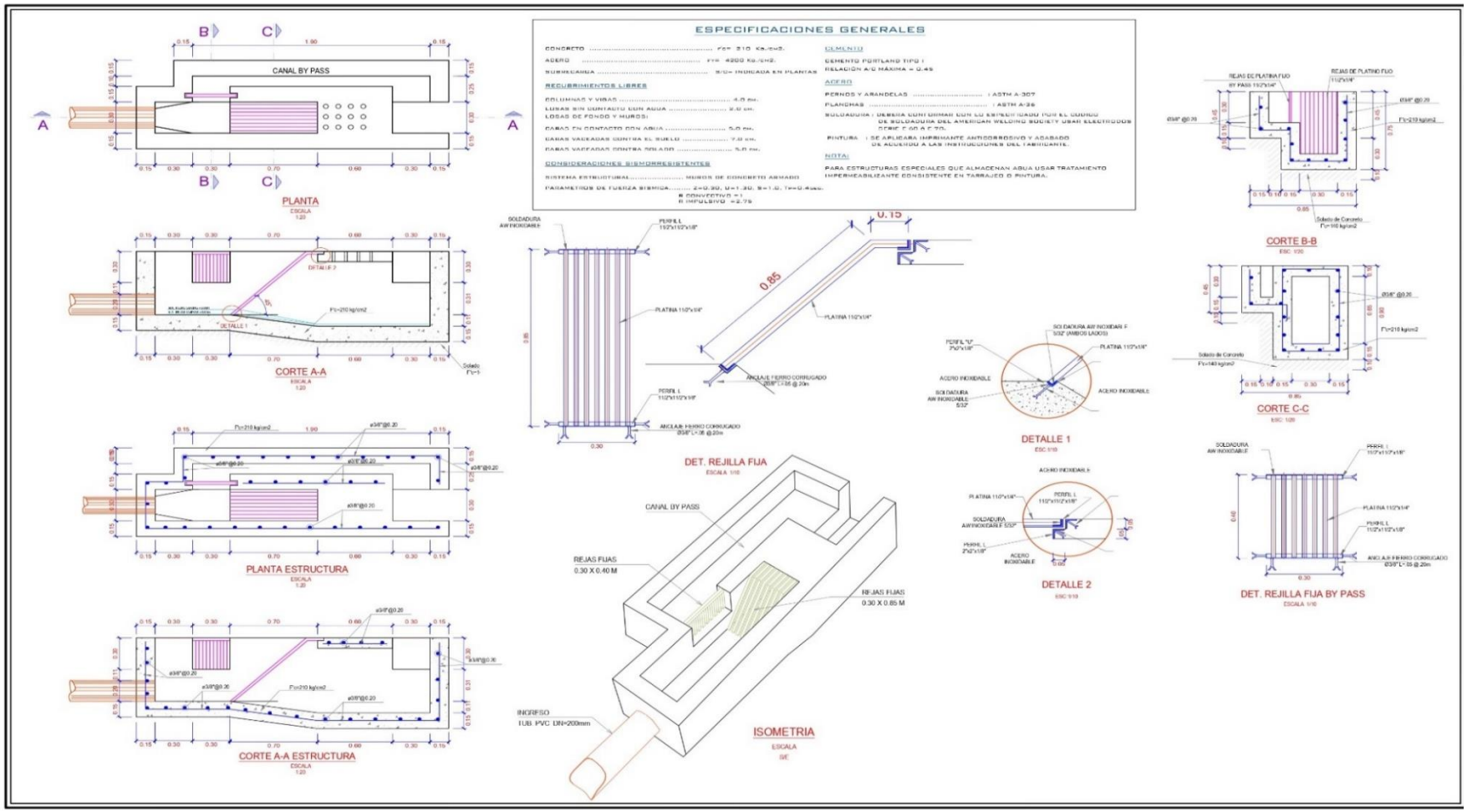
ANEXO 18. PLANOS



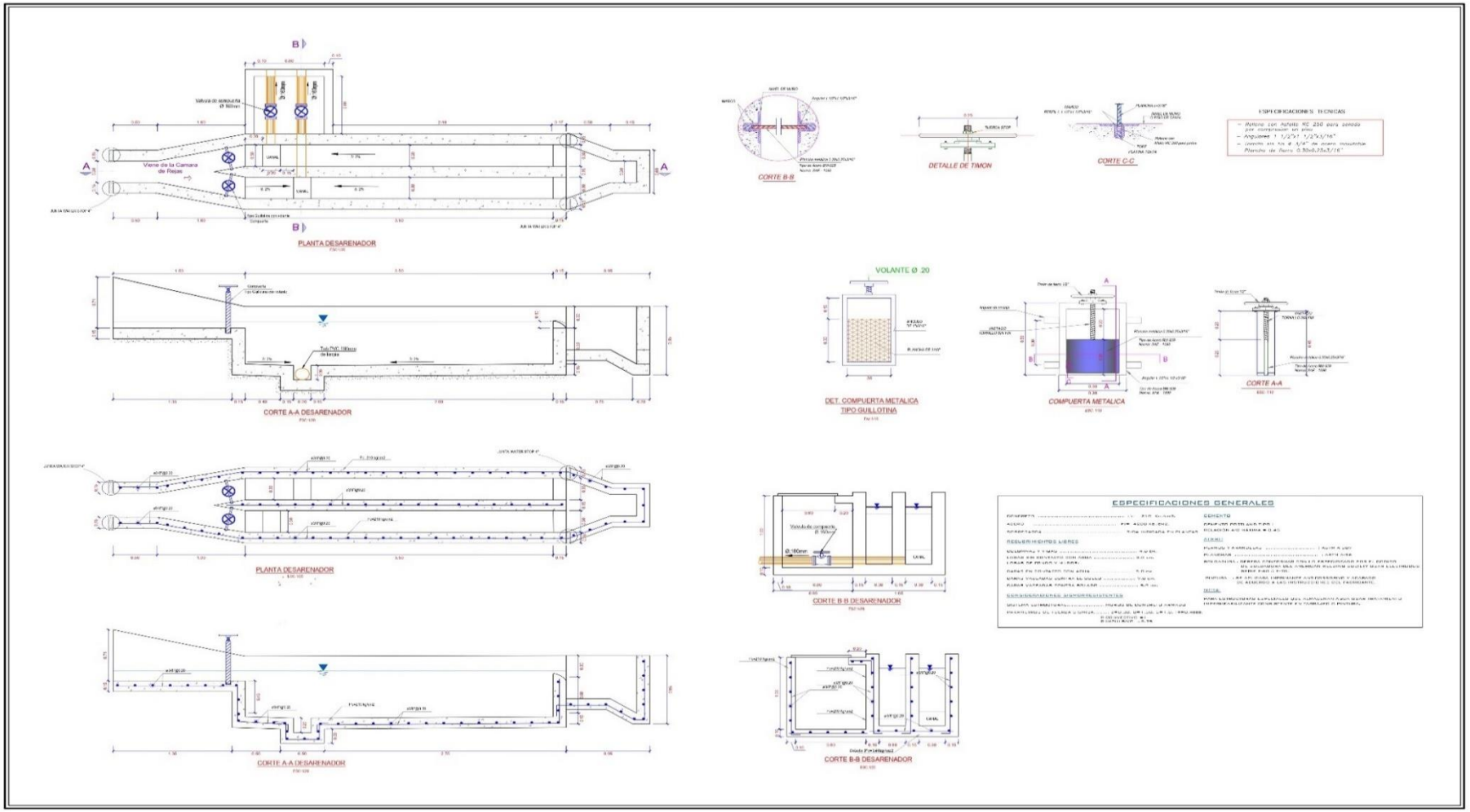
Plano de distribución del PTAR



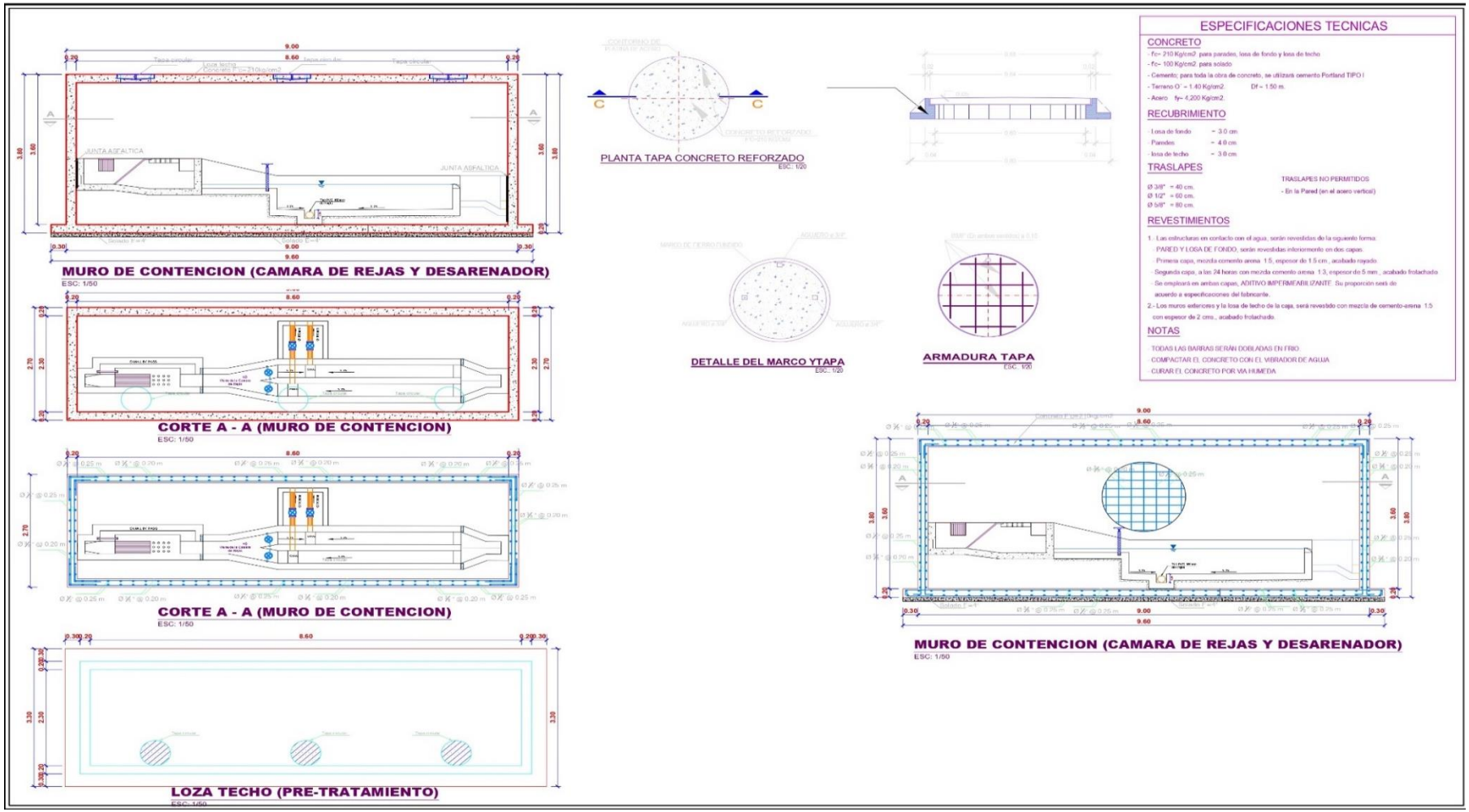
Esquema de distribución del PTAR



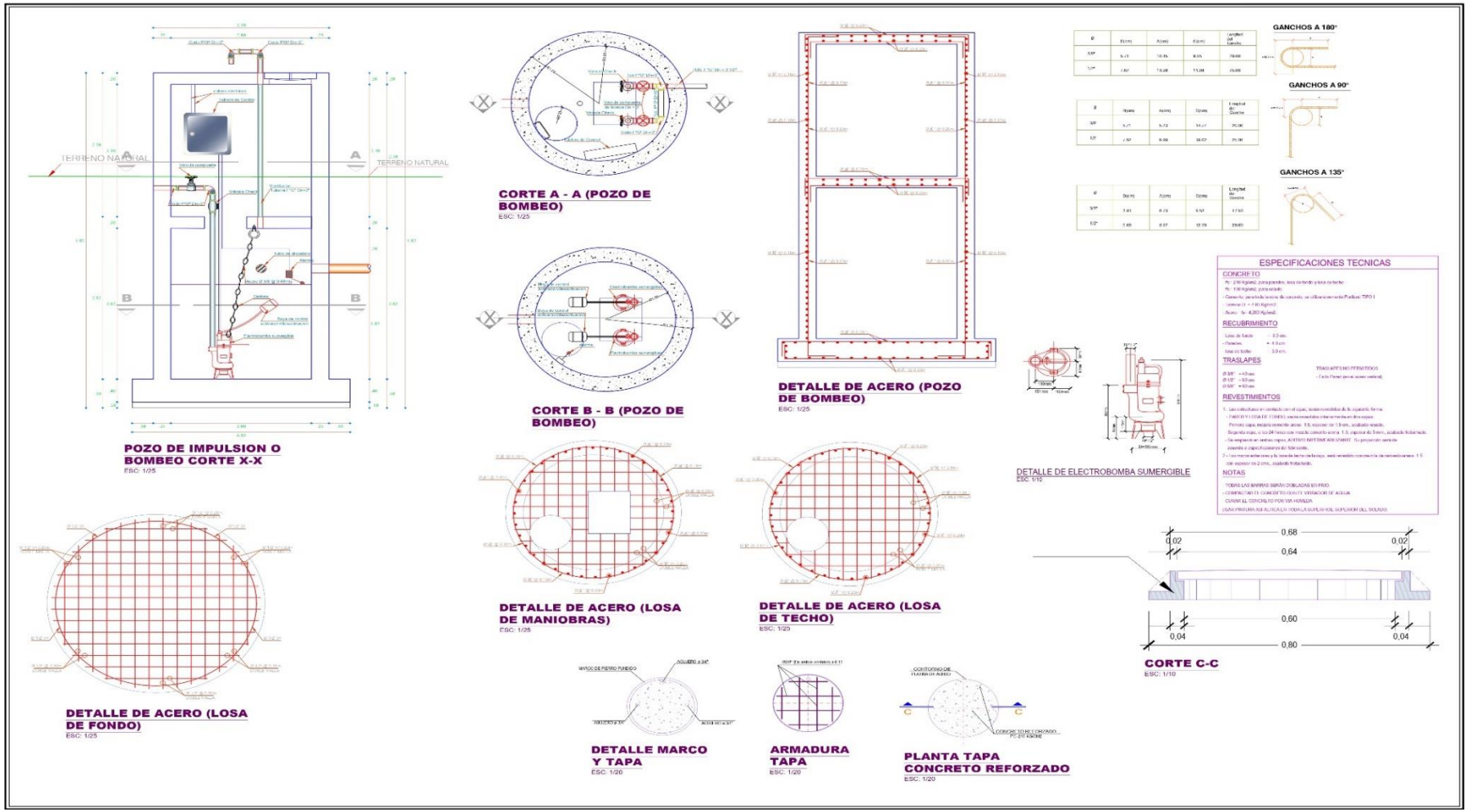
Plano de la cámara de rejas



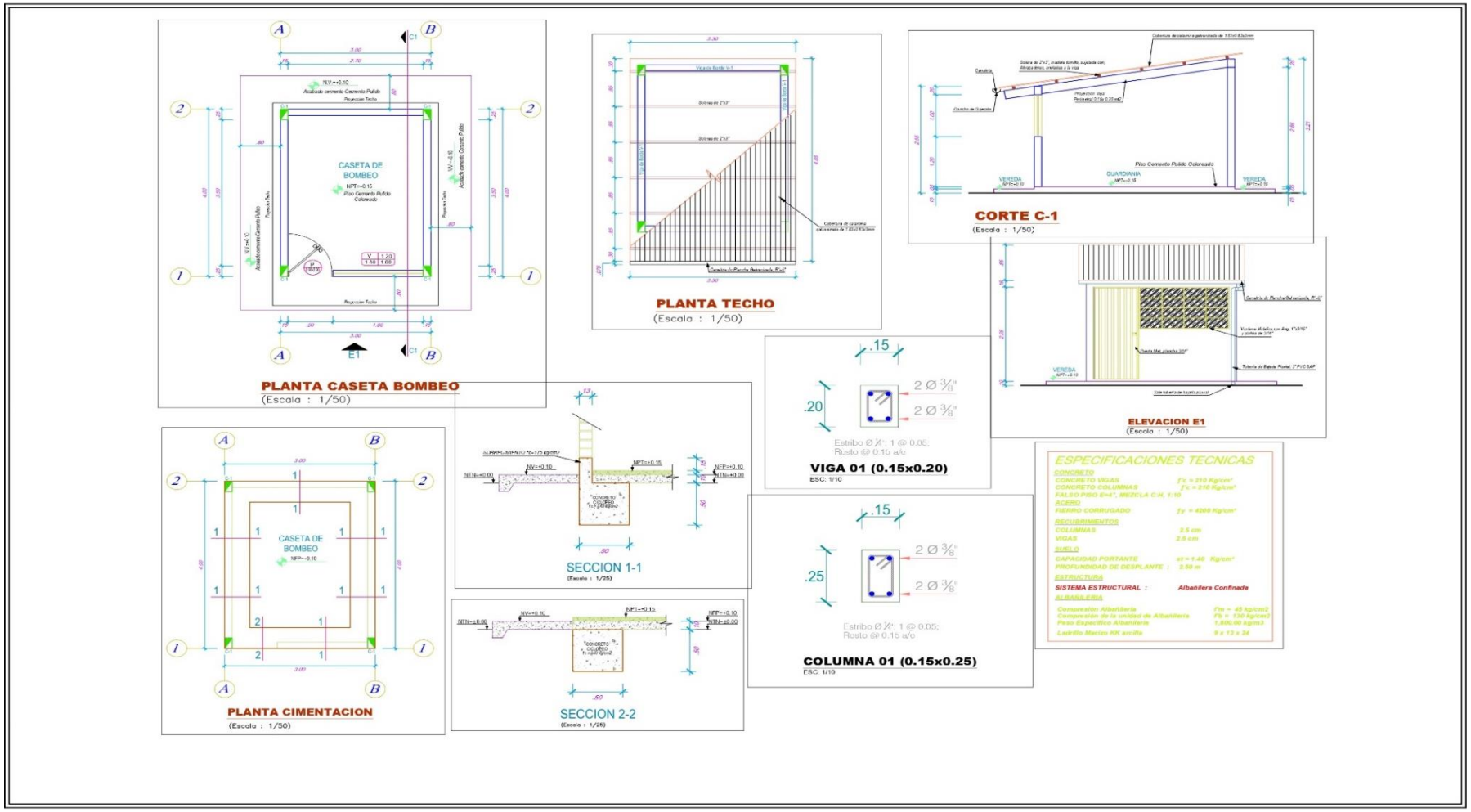
Plano de desarenador



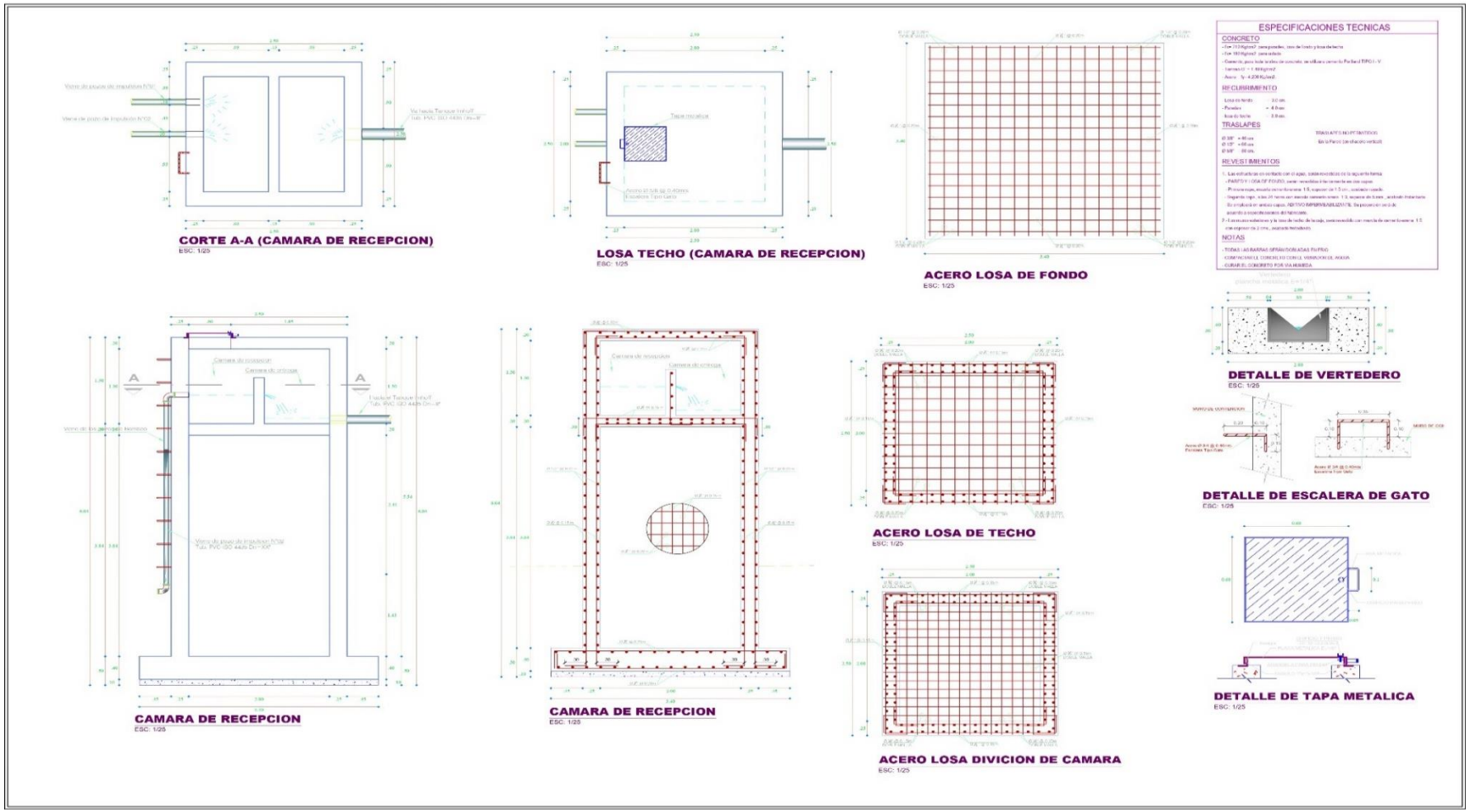
Plano del muro de contención de cámara de rejas y desarenador



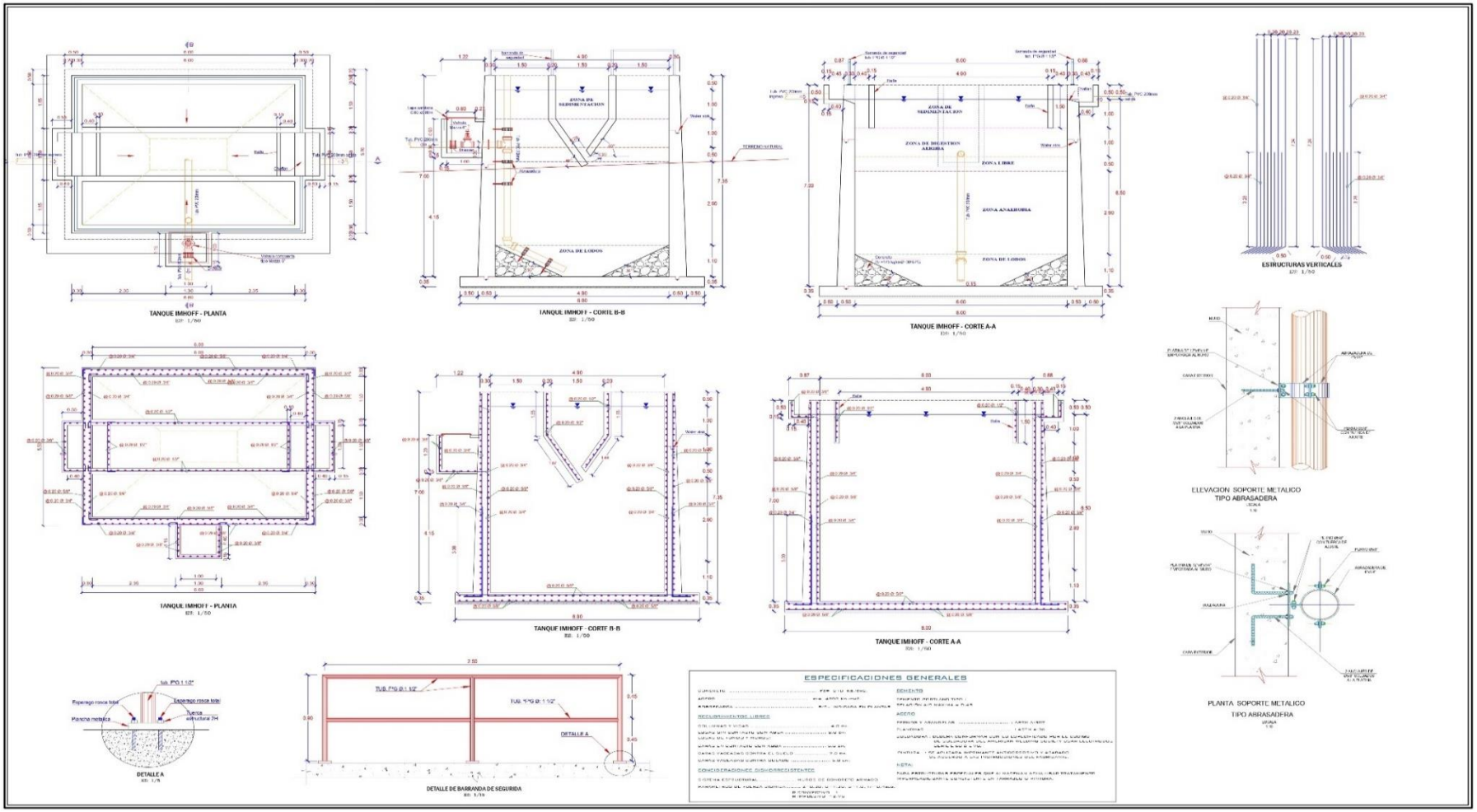
Plano del pozo de bombeo



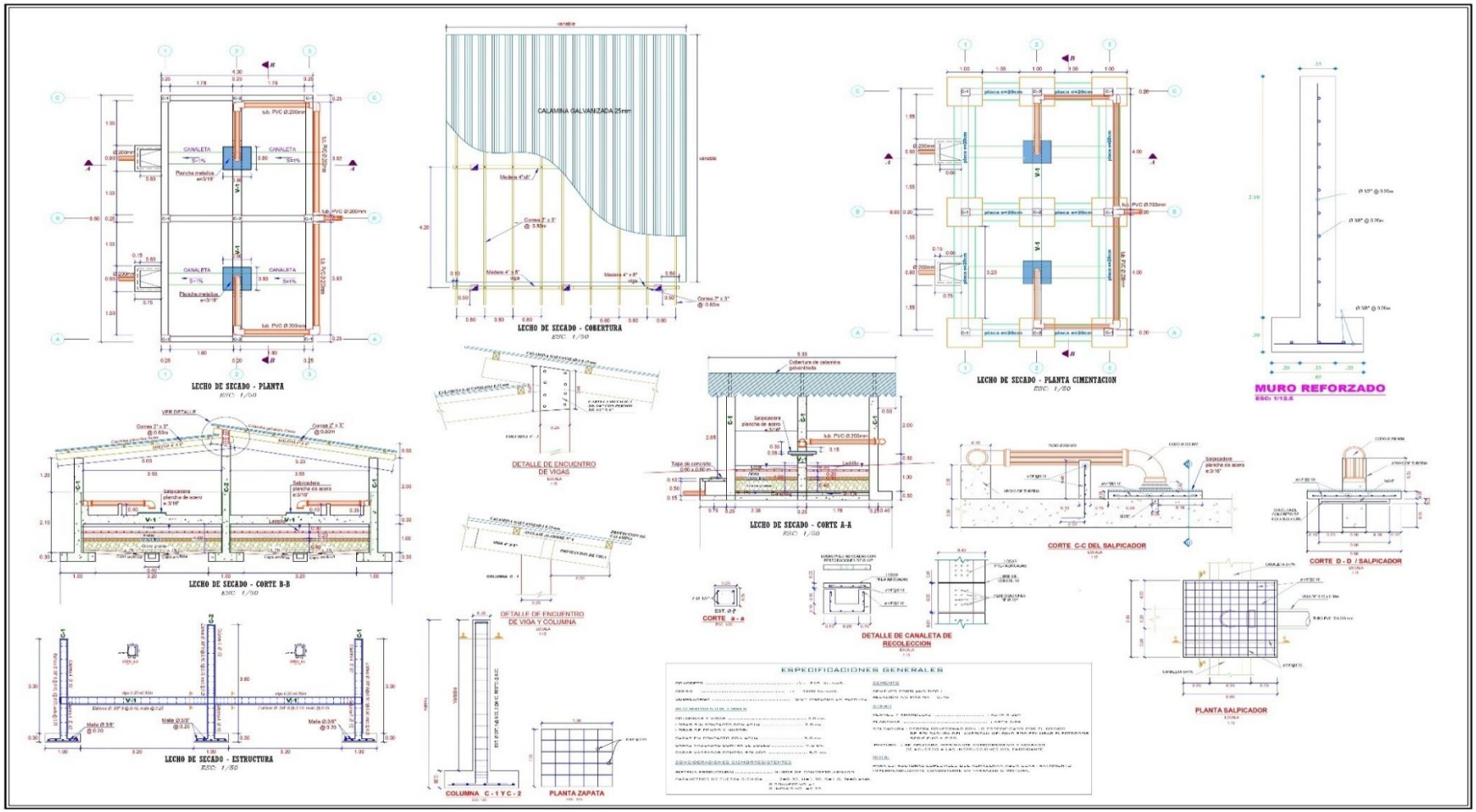
Plano de la caseta de bombeo



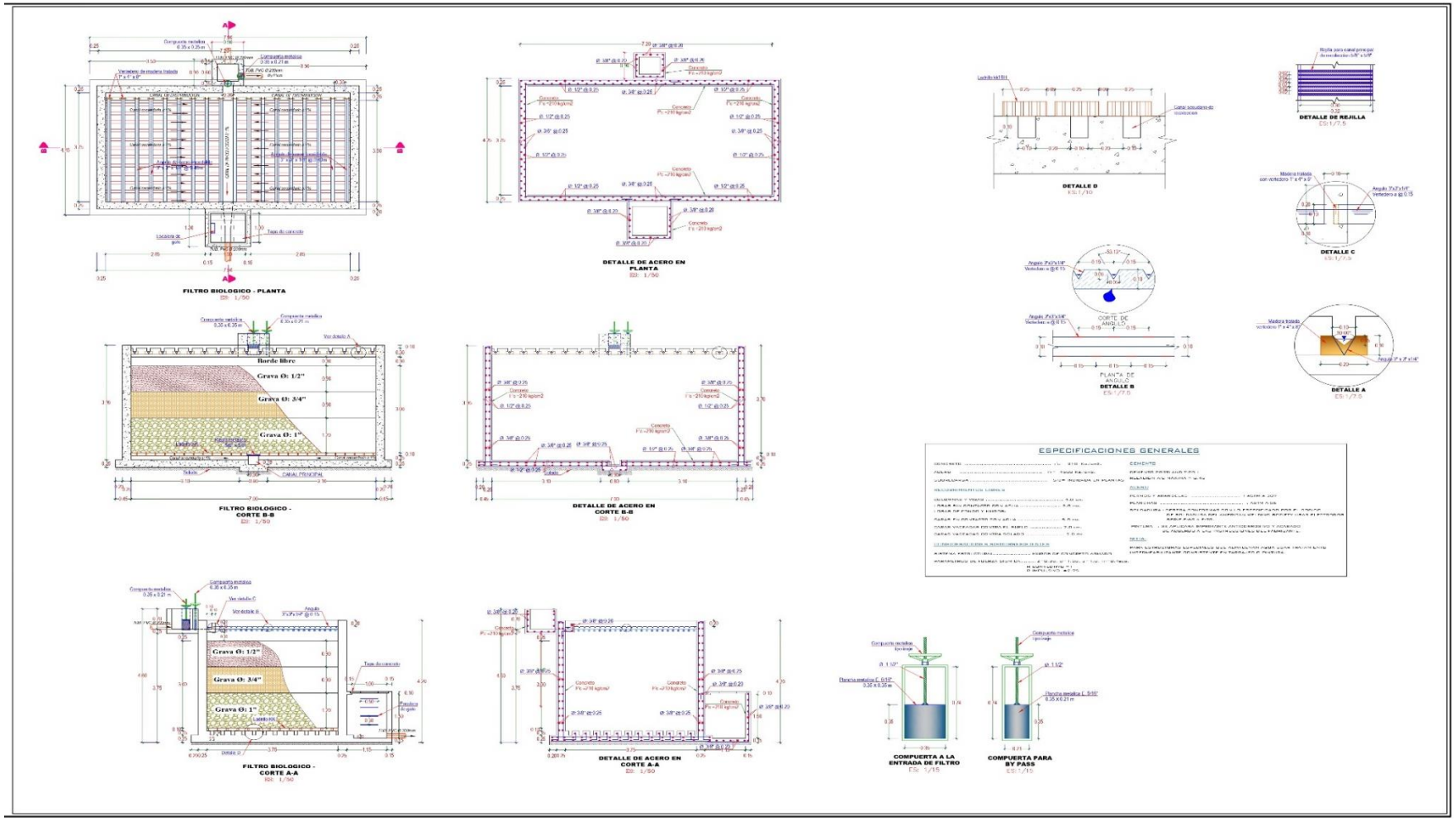
Plano de la caja de recepción



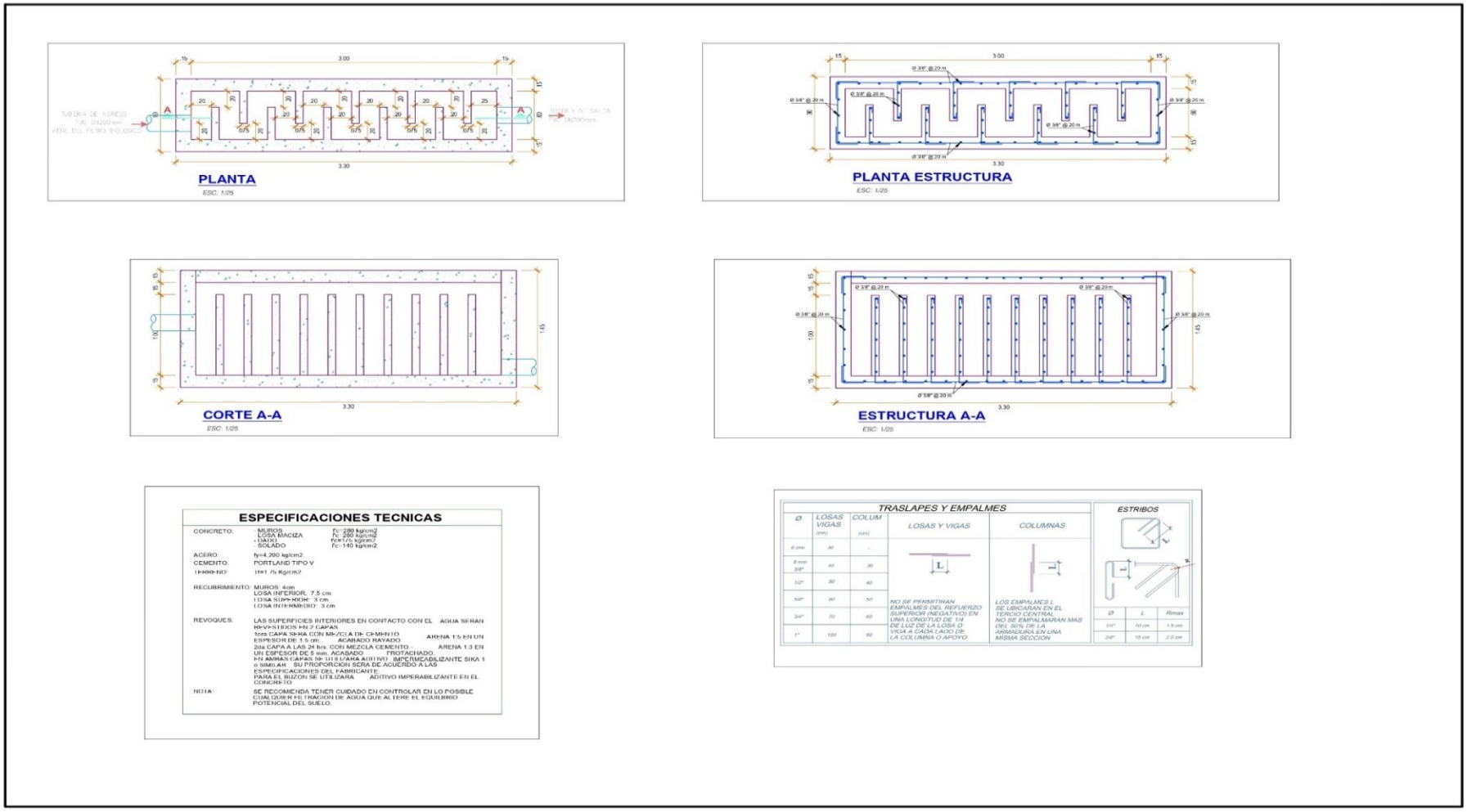
Plano de tanque IMHOFF



Plano de lecho de secado

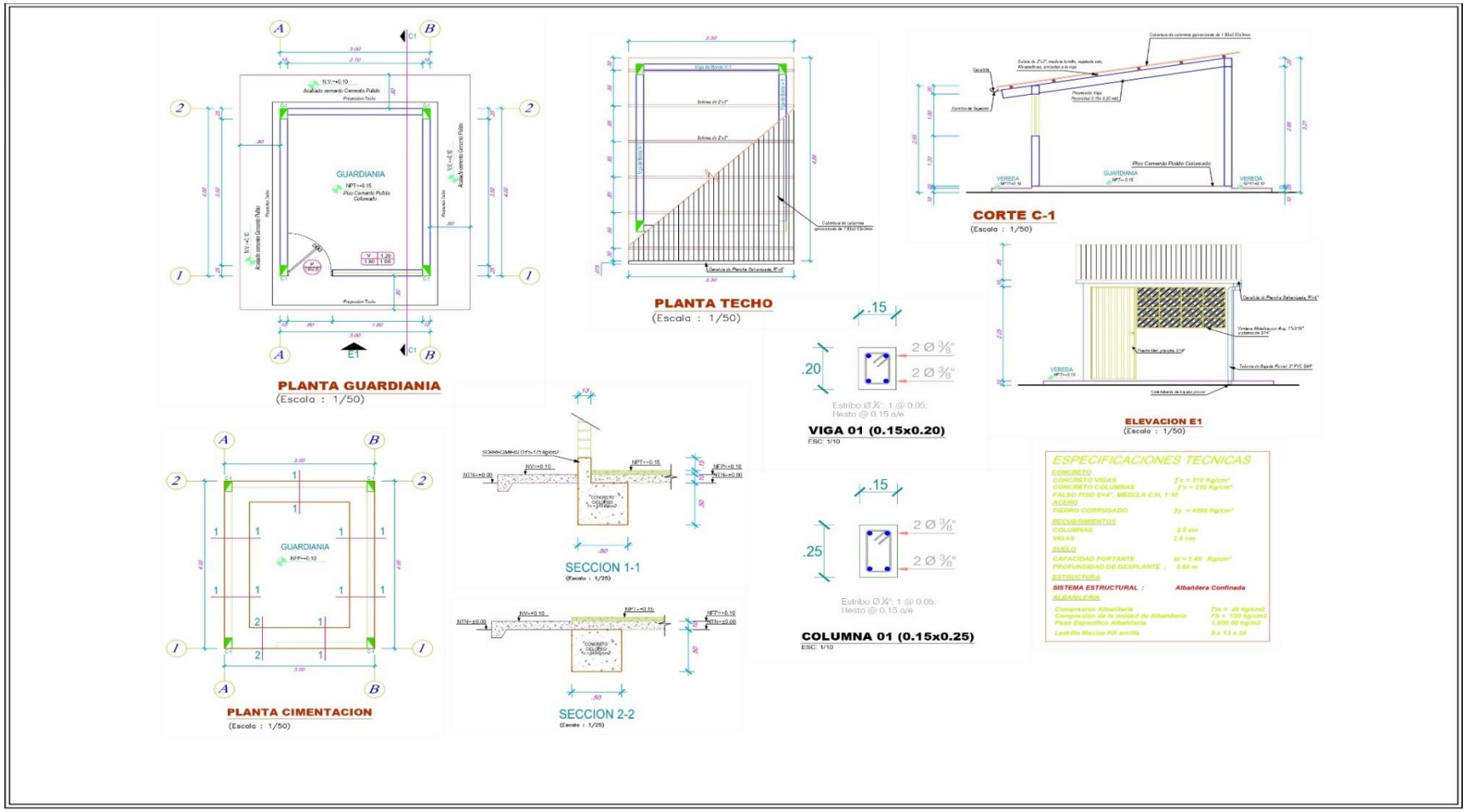


Plano de filtro biológico

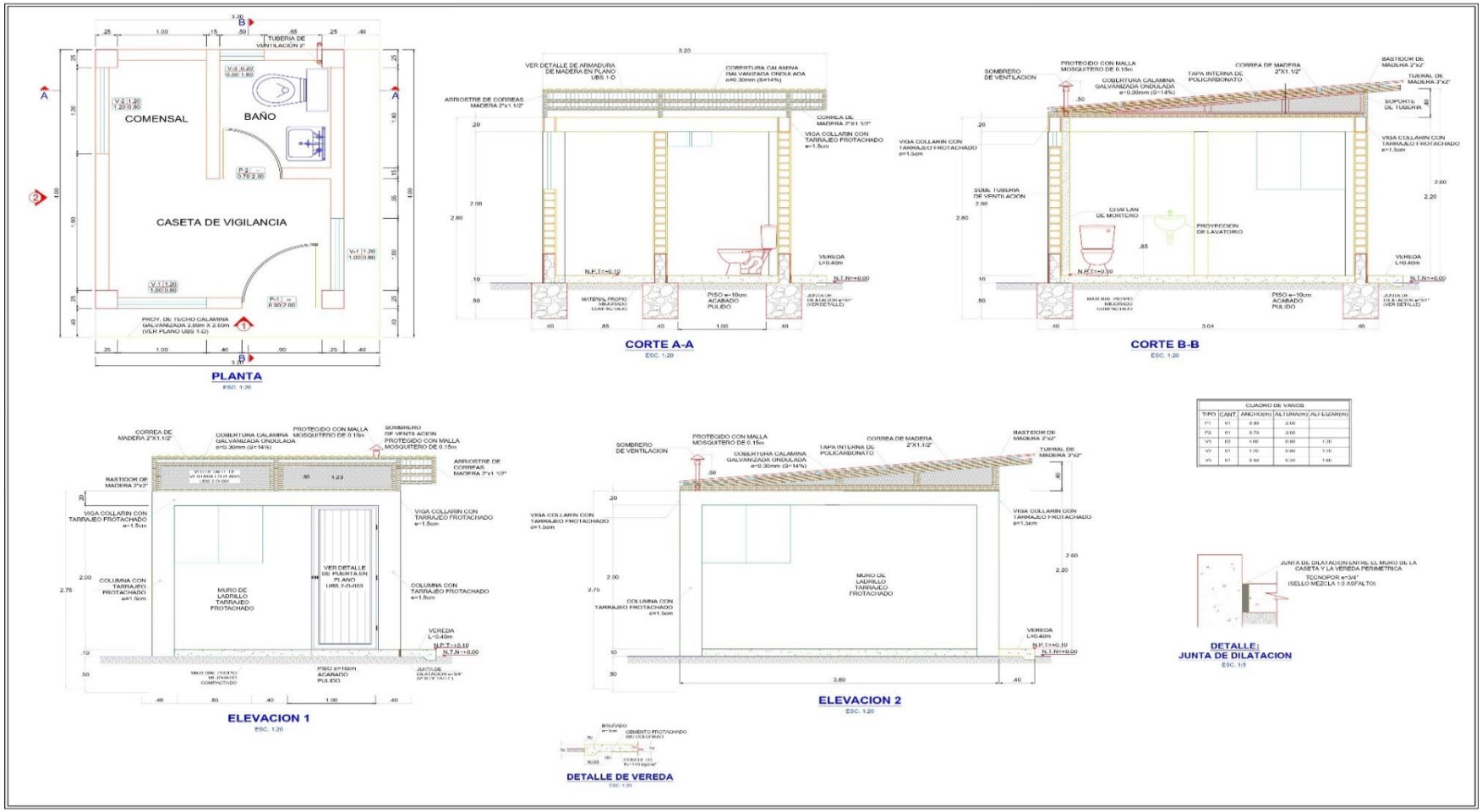


Plano de la cámara de cloro

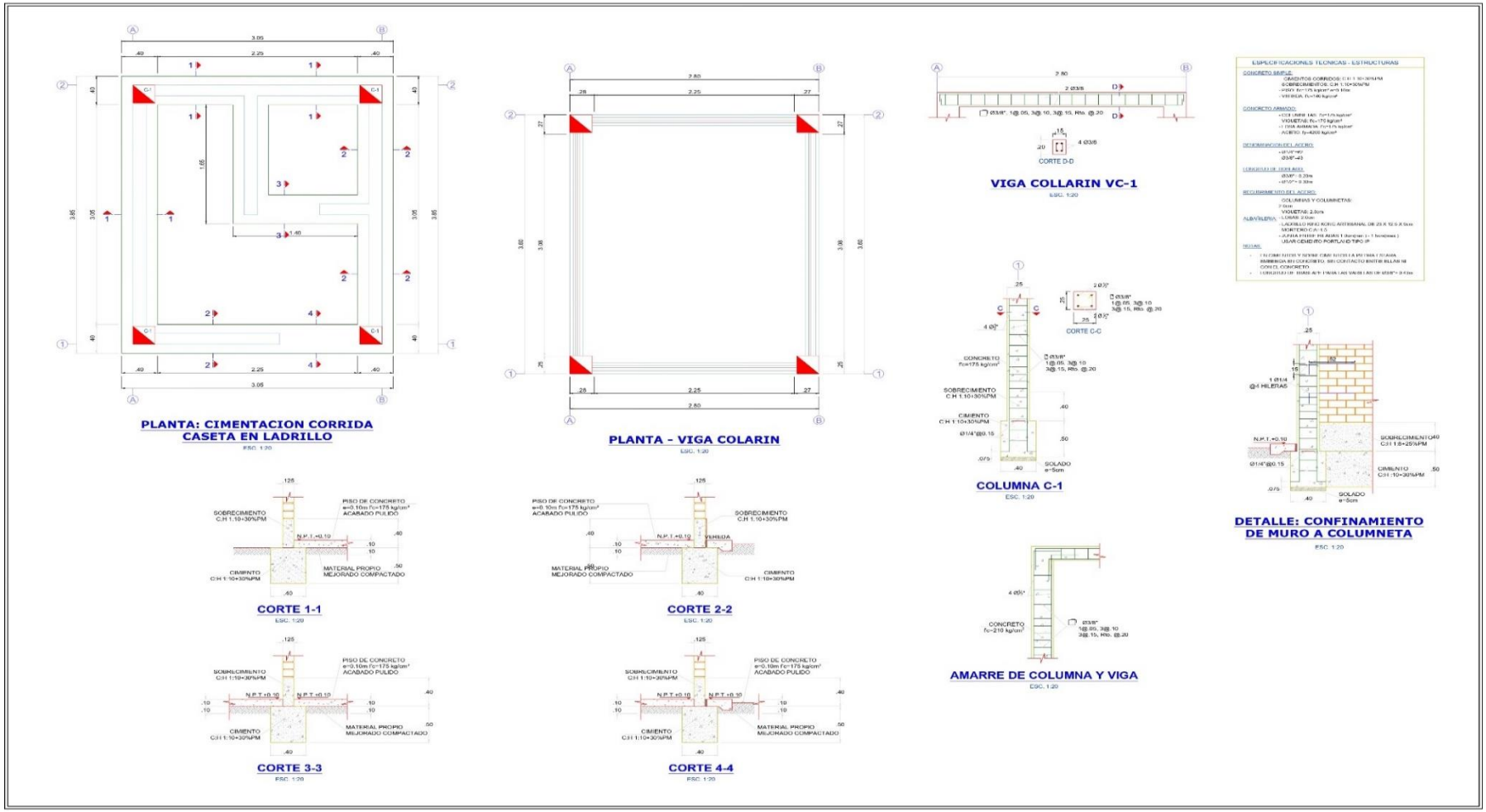
Plano de la caseta de cloración



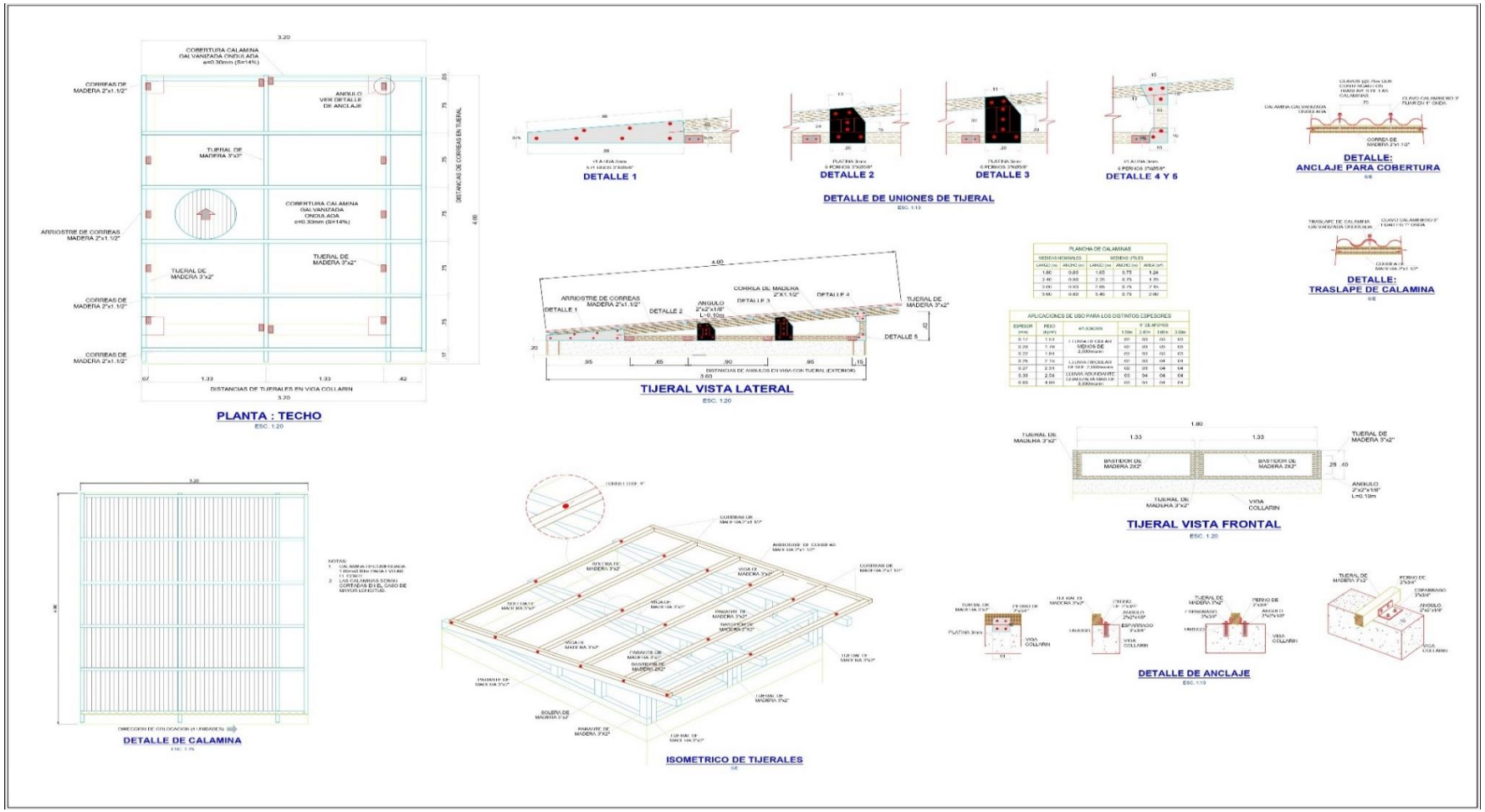
Plano del almacén y guardianía



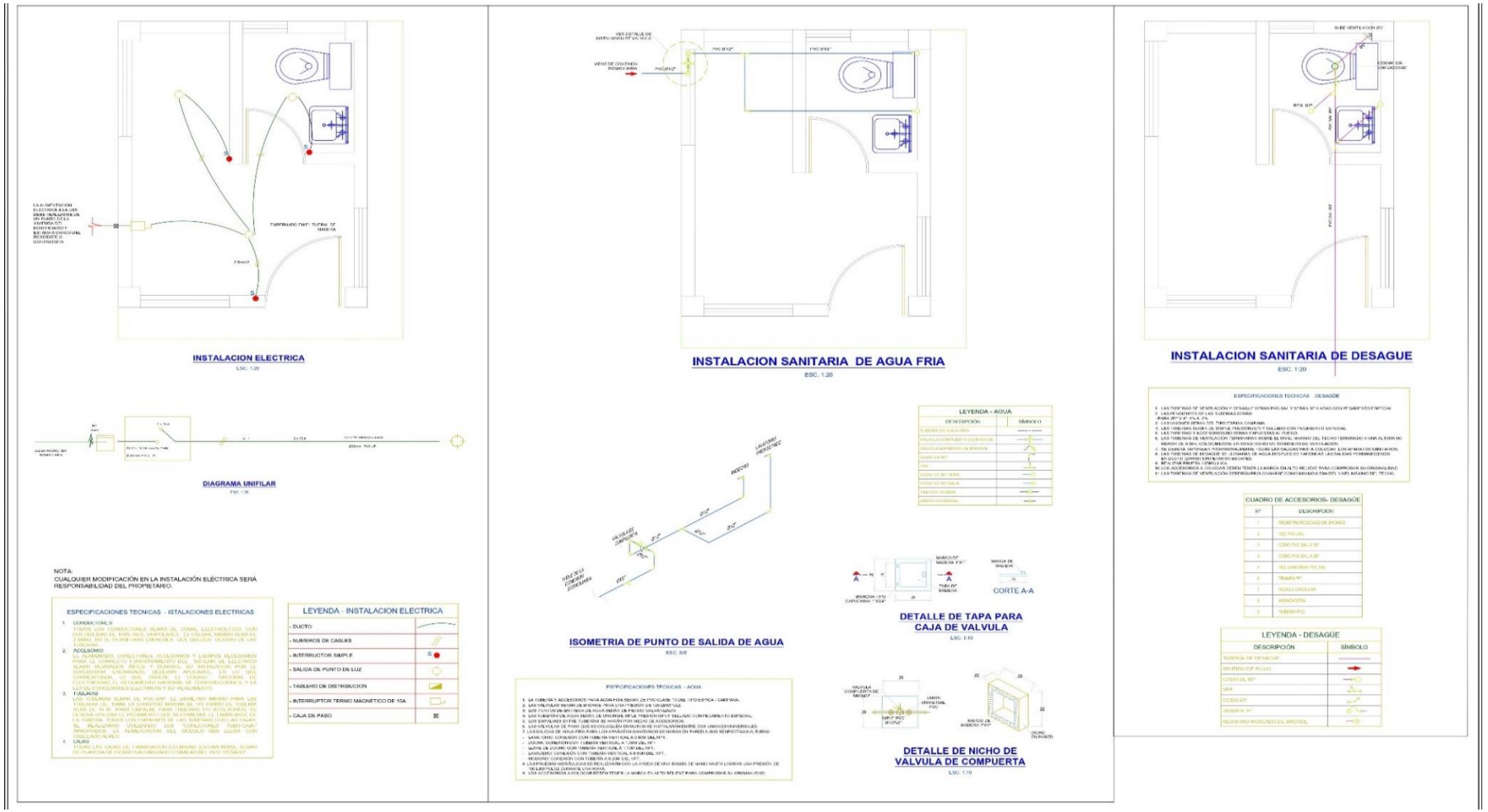
Plano de la caseta de vigilancia y SS HH



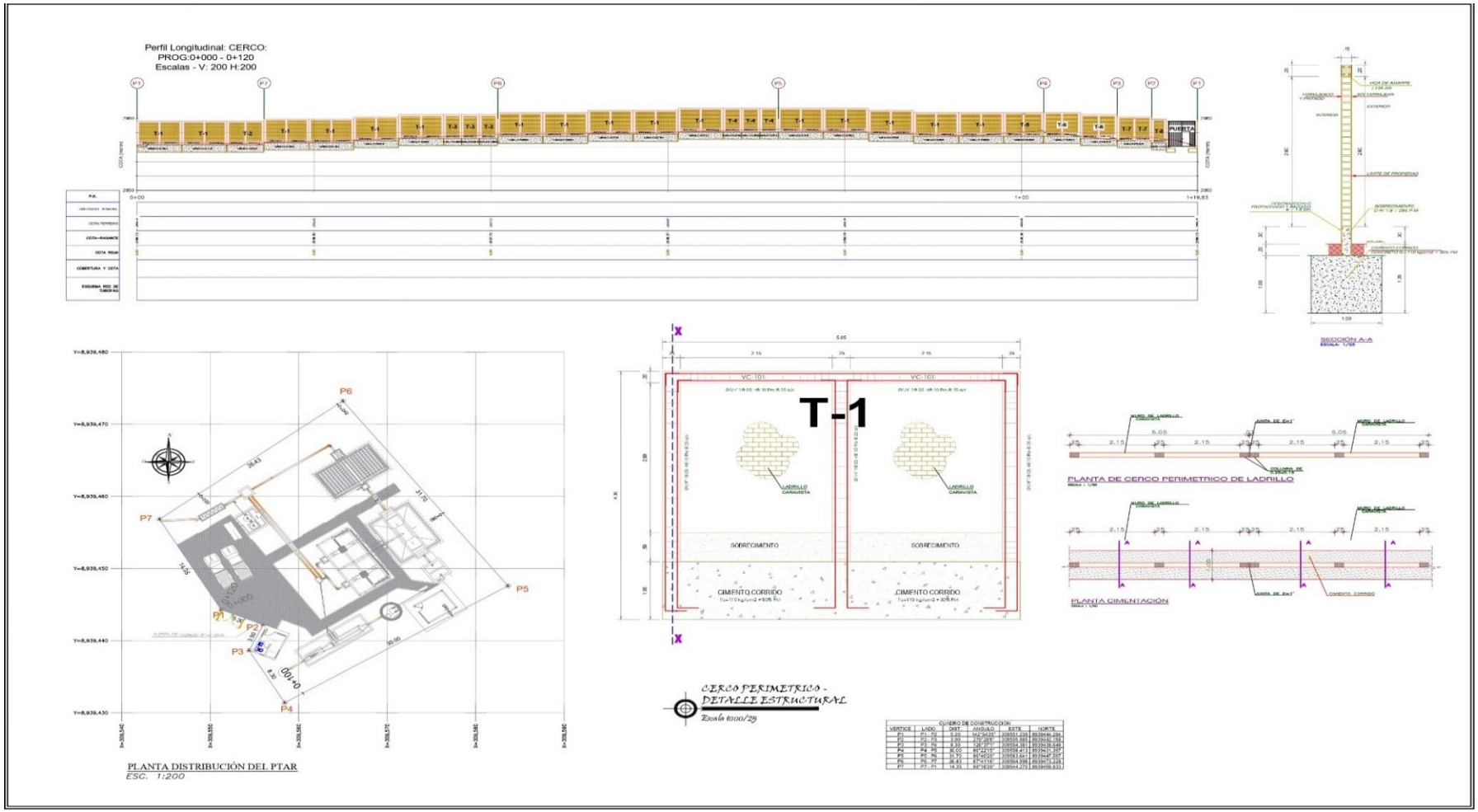
Plano de estructura y cimiento de caseta de vigilancia y SS HH



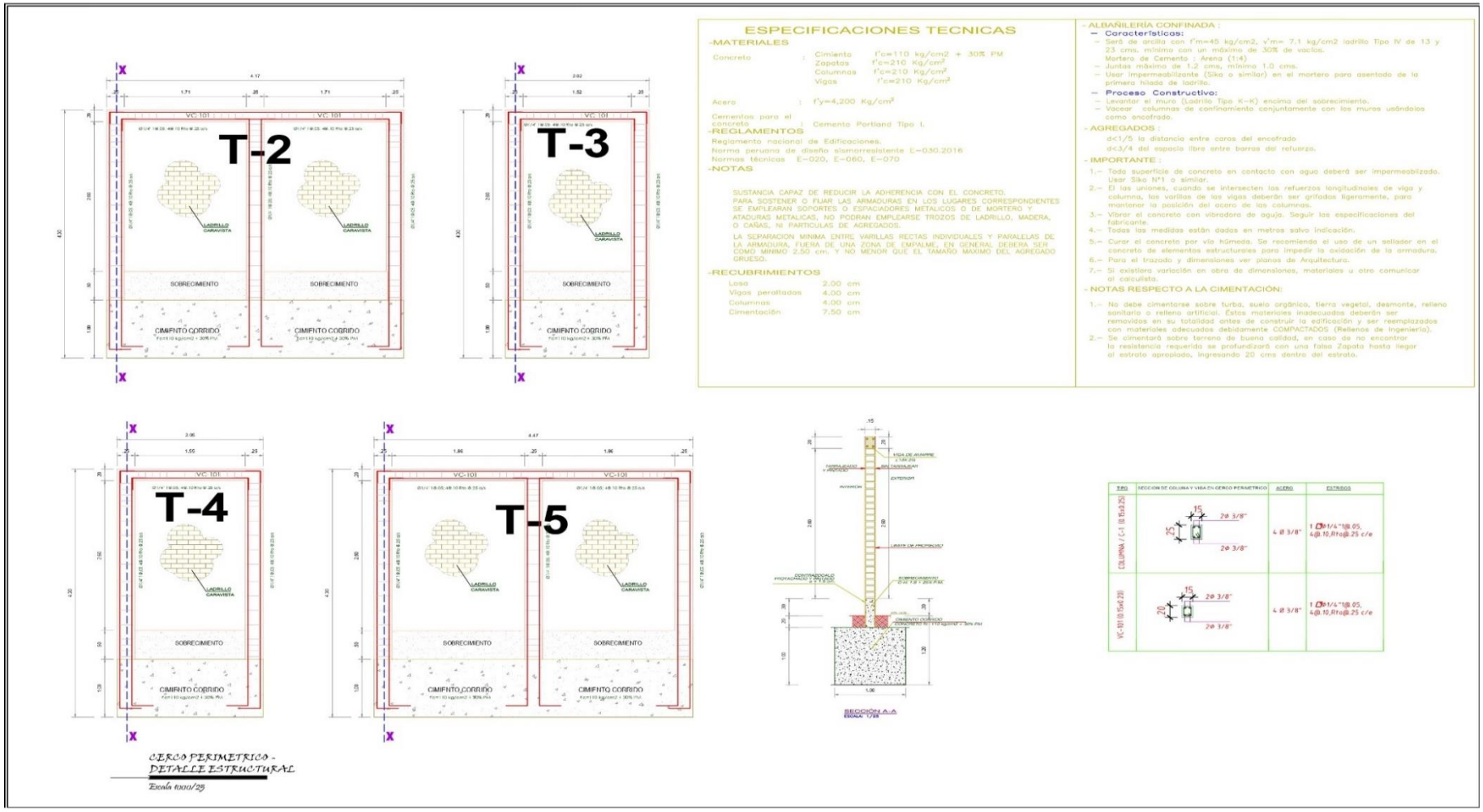
Plano del techo de la caseta de vigilancia y SS HH



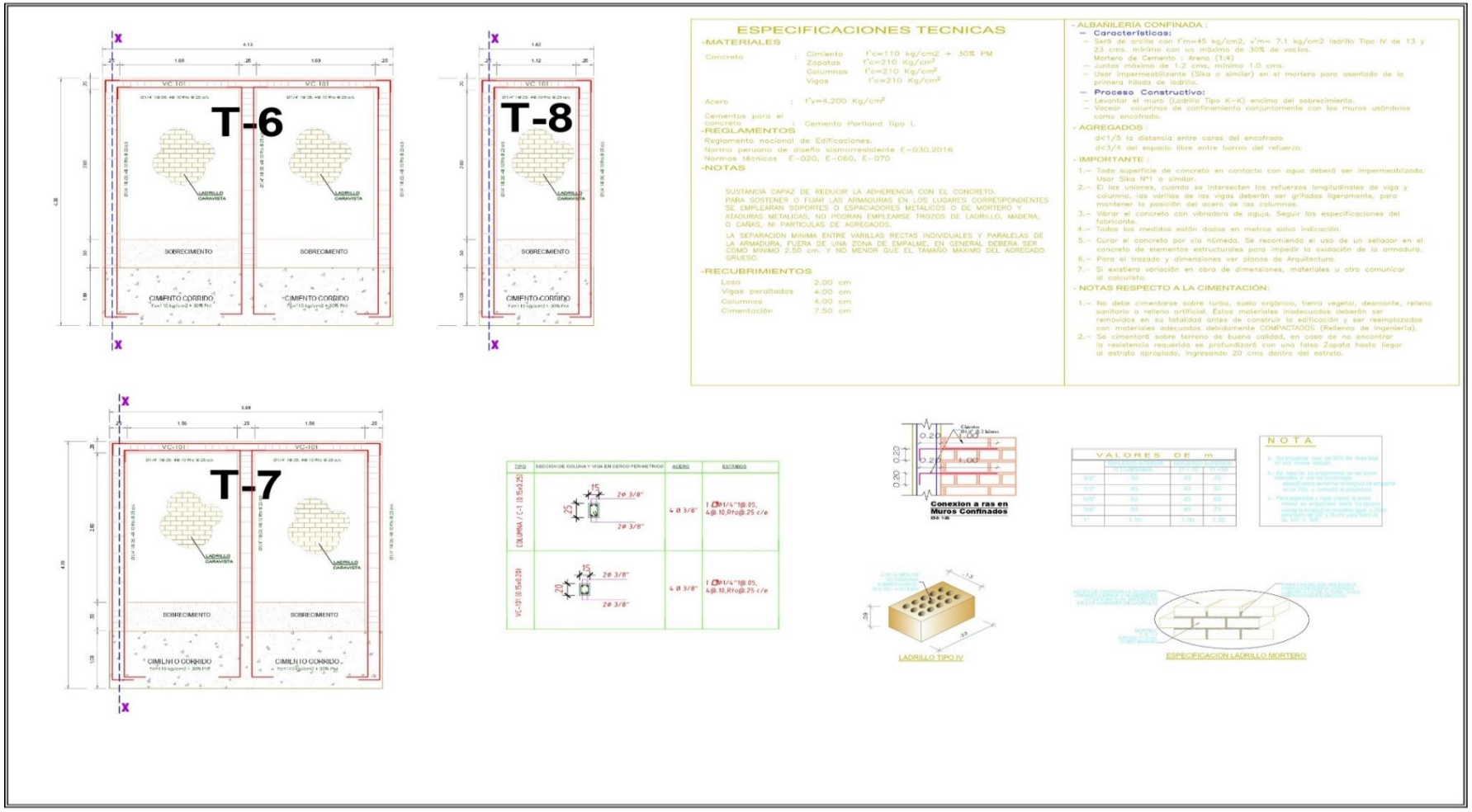
Plano de instalaciones de la caseta de vigilancia y SS HH



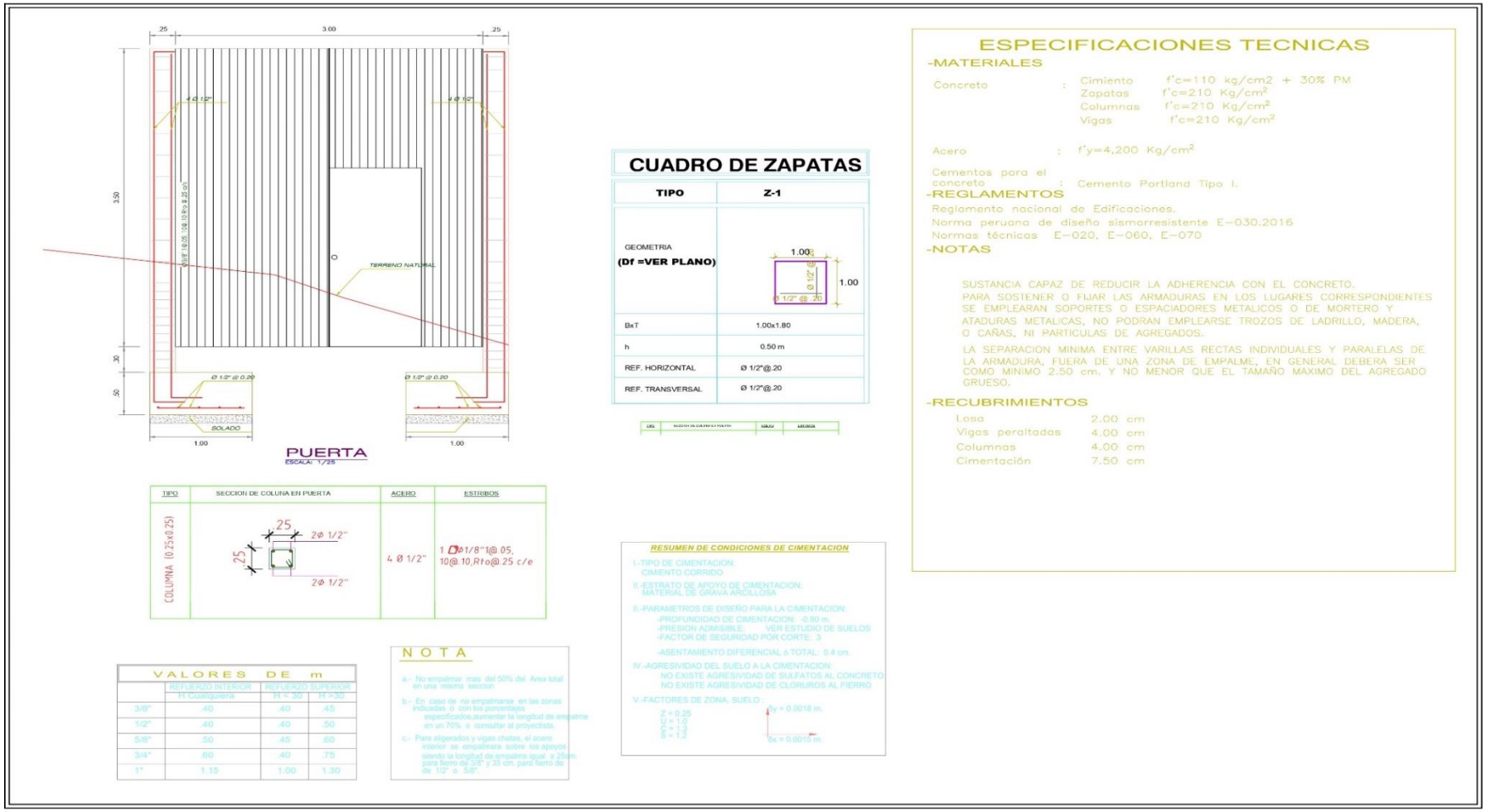
Plano del cerco perimétrico PTAR



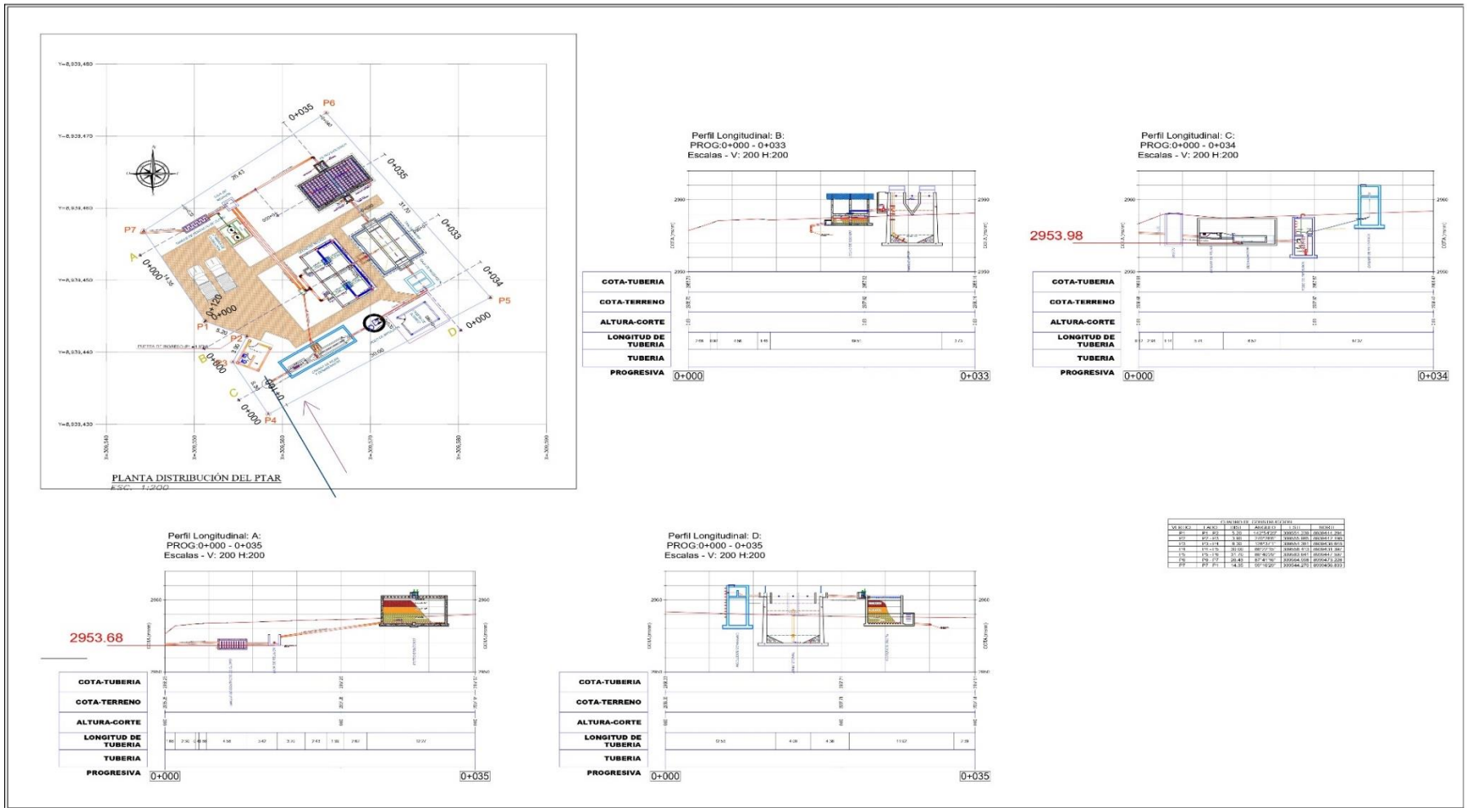
Plano del cerco perimétrico PTAR – T2 a T5



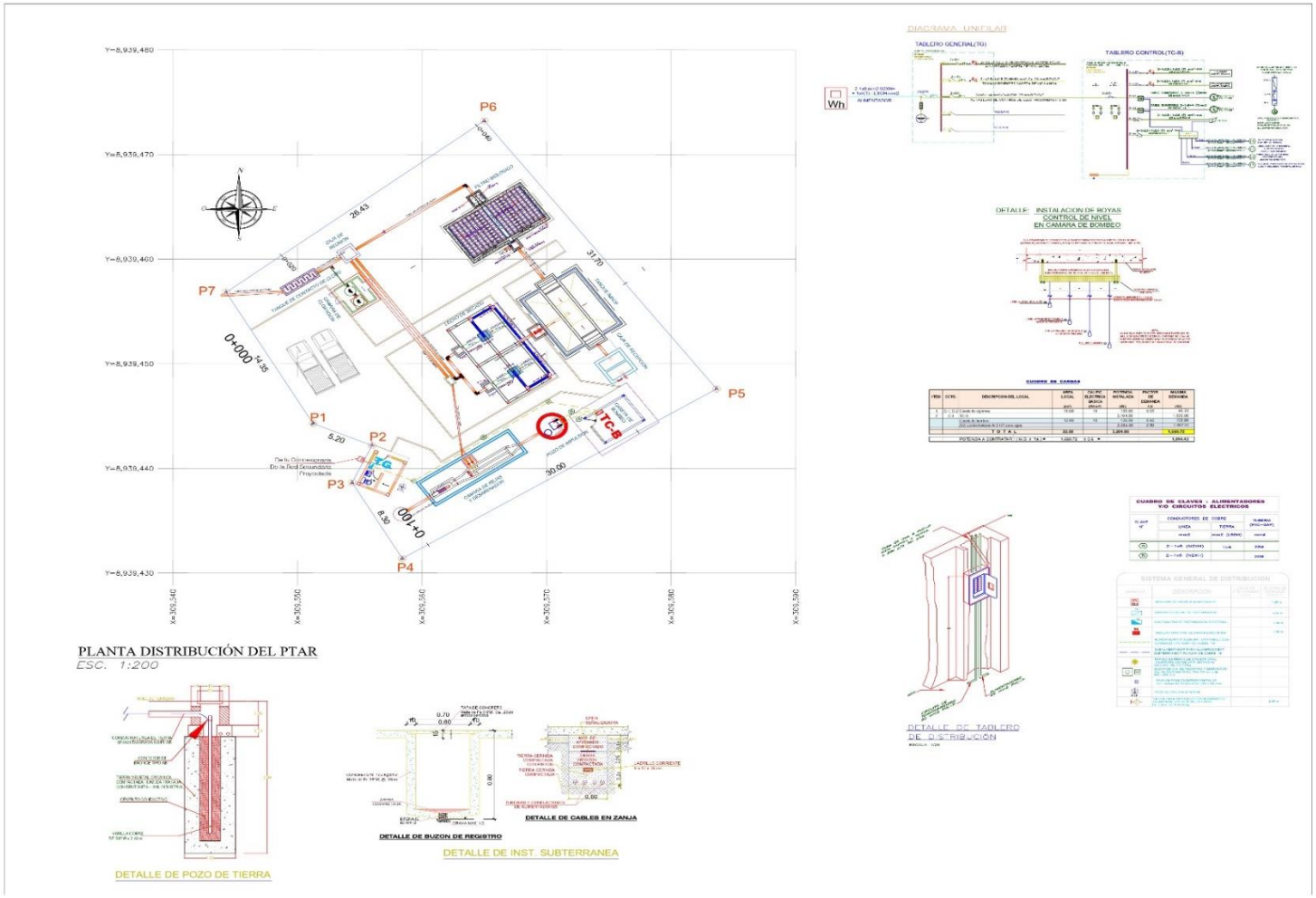
Plano del cerco perimétrico PTAR – T6 a T7



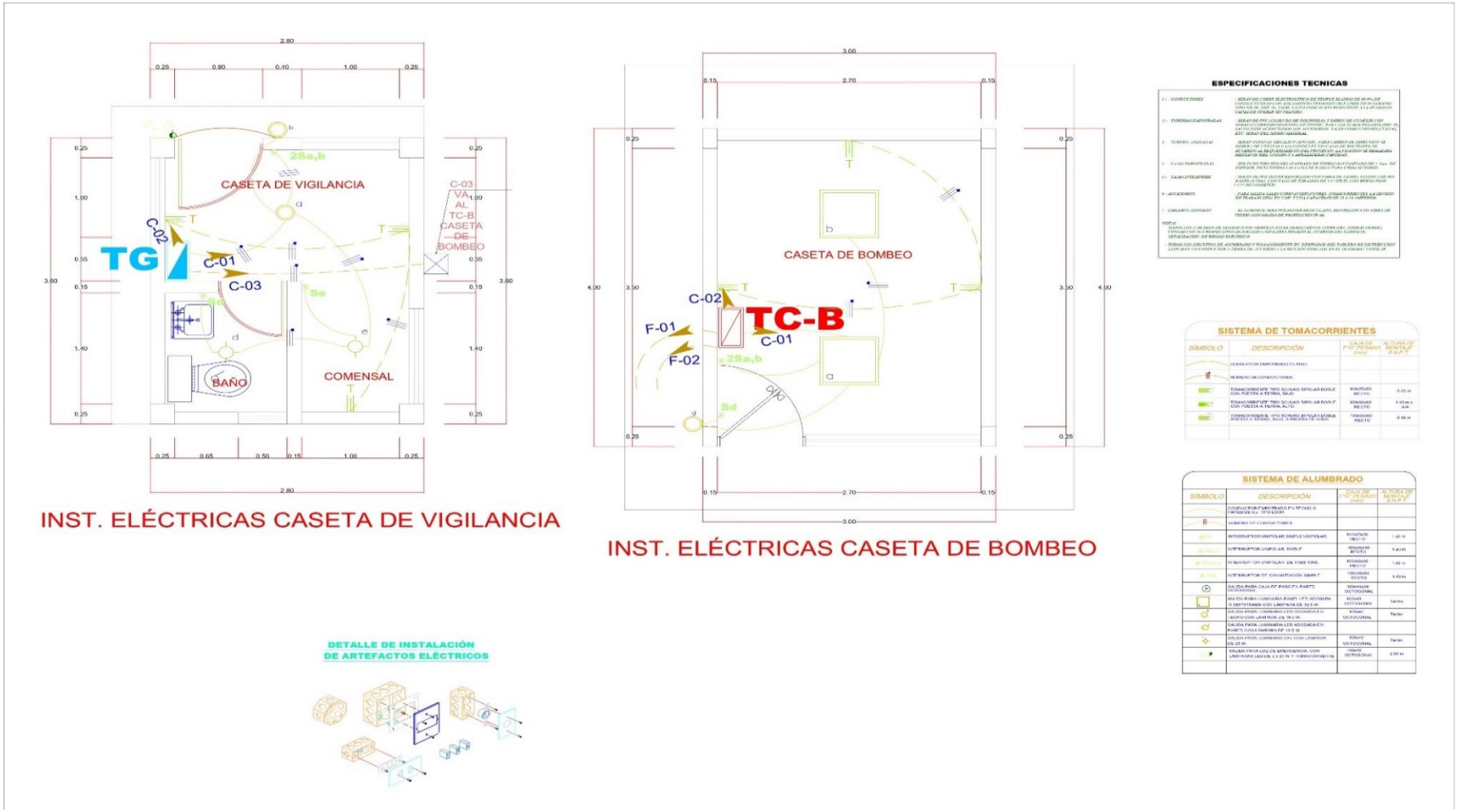
Plano del cerco perimétrico PTAR



Plano de las secciones de la distribución



Plano de las instalaciones eléctricas interiores PTAR



Plano de las instalaciones eléctricas interiores PTAR

ANEXO 19. PANEL FOTOGRÁFICO

FOTOGRAFÍA N° 01

Equipo topográfico; estación total.

FOTOGRAFÍA N°02

Estación N°01.

FOTOGRAFÍA N°03

Levantamiento topográfico desde la estación N° 01.

.

FOTOGRAFÍA N°04:

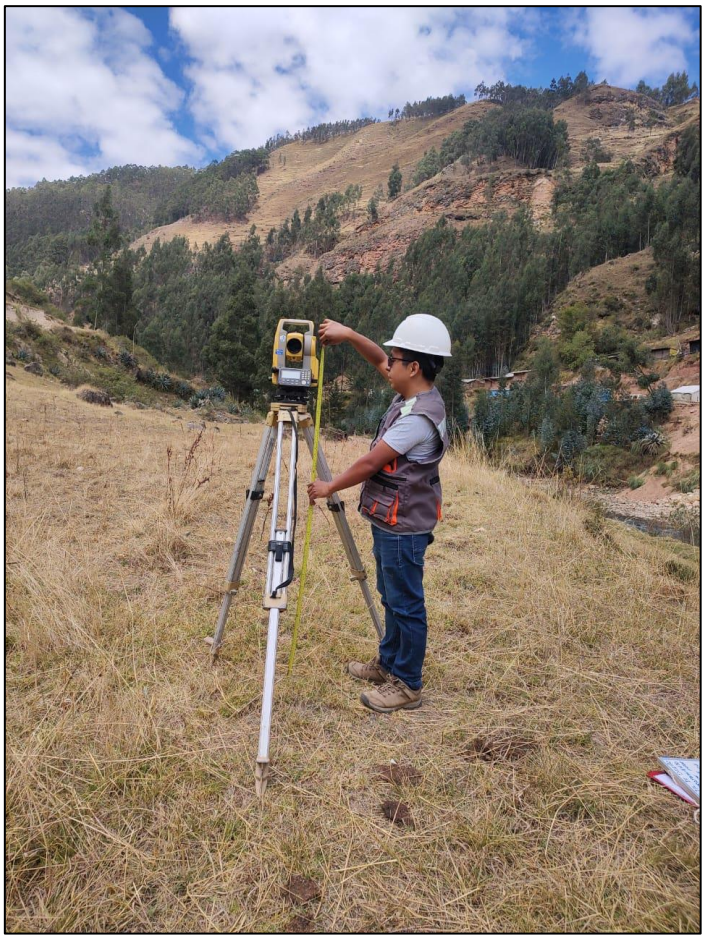
Medida de altura de equipo en la estación N° 02.

FOTOGRAFÍA N°05:

Levantamiento topográfico desde la estación N° 02.

FOTOGRAFÍA N°06:

Estación N°02.

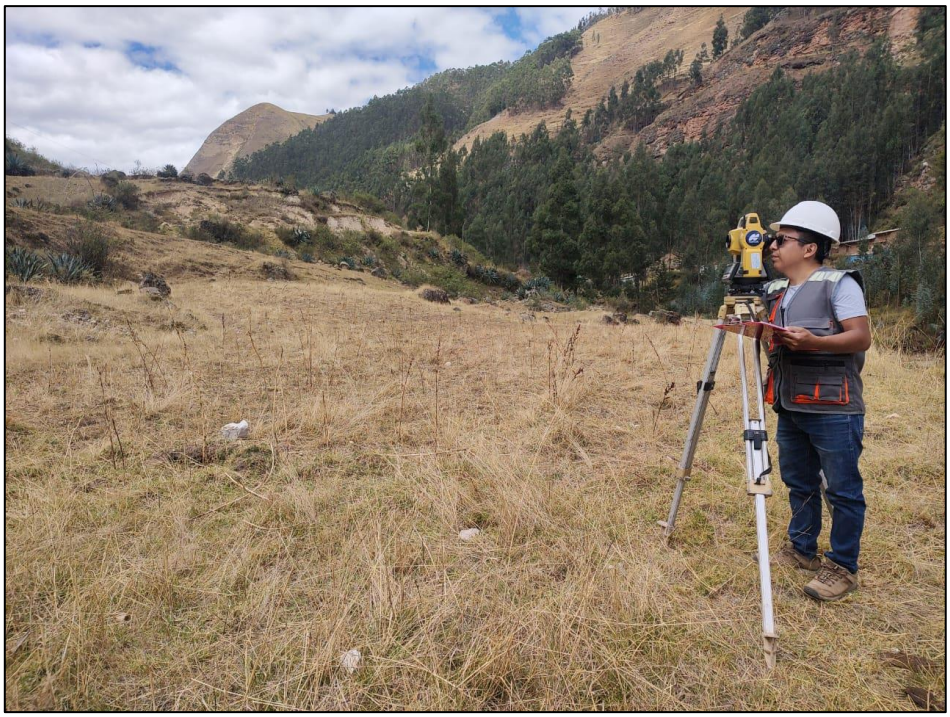


FOTOGRAFÍA N°07:

Medida de altura de equipo en la estación N° 02.

FOTOGRAFÍA N°08:

Estación N°03.



FOTOGRAFÍA N°09:

Levantamiento topográfico desde la estación N° 03.

FOTOGRAFÍA N°10:

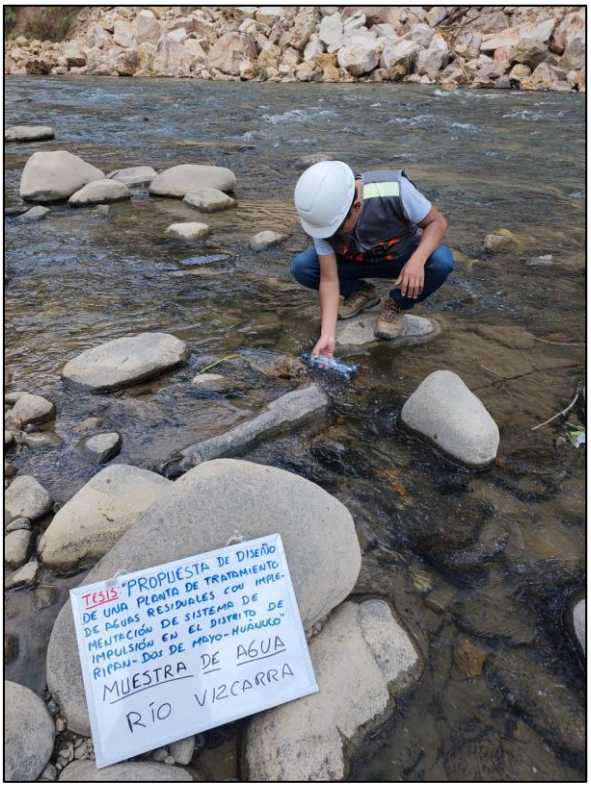
Levantamiento topográfico desde la estación N° 03.

FOTOGRAFÍA N°11:
Ubicación de la calicata N°01.

FOTOGRAFÍA N°12:
Extracción de muestra de la calicata N° 01.

FOTOGRAFÍA N°13:

Toma de muestra de agua del rio Vizcarra.

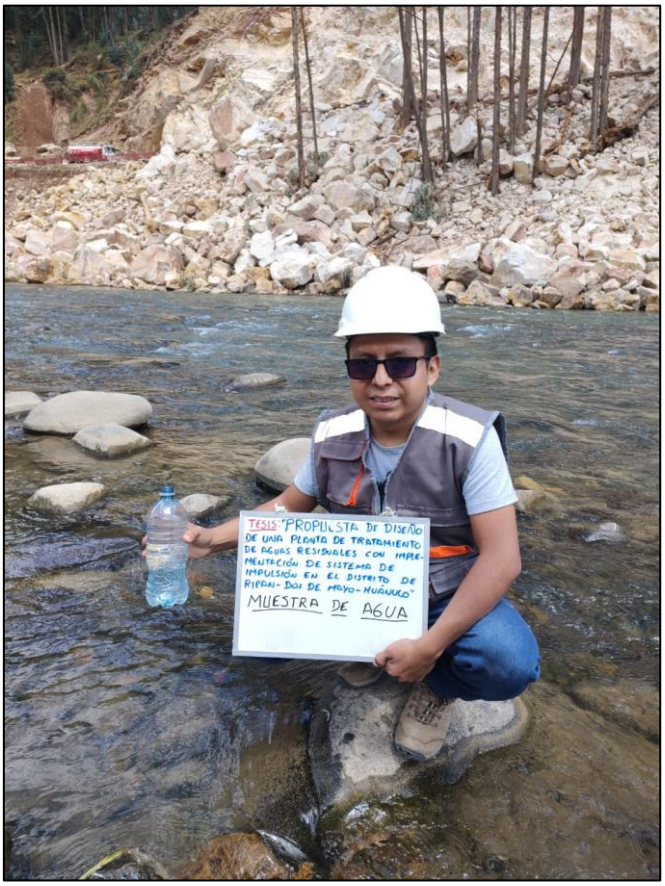


FOTOGRAFÍA N°14:

Toma de muestra de agua del rio Vizcarra.

FOTOGRAFÍA N°15:

Toma de muestra de agua del rio Vizcarra.



FOTOGRAFÍA N°16:

Toma de muestra de agua del rio Vizcarra.

FOTOGRAFÍA N°17:

Muestra de agua rotulado para llevar a la Diresa Huánuco.