



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

“Diseño del sistema de alcantarillado sanitario y evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales existente en el barrio Cochaló el Carmen, Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua”

Trabajo de titulación modalidad proyecto técnico, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero Civil.

Autor: Emilio Alejandro Ruiz Villafuerte

Tutor: Ing. Lenin Rafael Maldonado Narváez, MEng.

Ambato-Ecuador

Julio/2025

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del proyecto técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema: **“DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por el estudiante Emilio Alejandro Ruiz Villafuerte, portador de la cédula de ciudadanía número 1850274547, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

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

Ambato, julio 2025



Ing. Lenin Rafael Maldonado Narváez, MEng.

C.C.: 1803132248

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Emilio Alejandro Ruiz Villafuerte**, con C.C.: 1850274547 declaro que todos los contenidos y actividades expuestos en el desarrollo del presente proyecto técnico con el tema: **“DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto técnico, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, julio 2025

A handwritten signature in blue ink, reading "Emilio Ruiz", is written over a horizontal dotted line.

Emilio Alejandro Ruiz Villafuerte

C.C.: 1850274547

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

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

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

Ambato, julio 2025

A handwritten signature in blue ink, reading "Emilio Ruiz", is written over a horizontal dotted line. The signature is fluid and cursive.

Ruiz Villafuerte Emilio Alejandro

C.C.: 1850274547

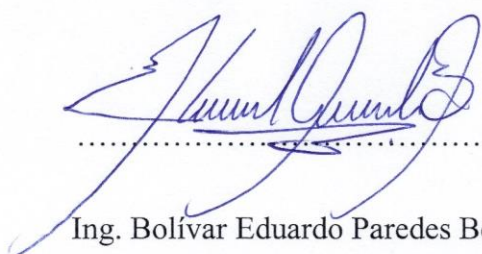
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del proyecto técnico, realizado por el estudiante **Emilio Alejandro Ruiz Villafuerte**, de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.

Ambato, julio 2025

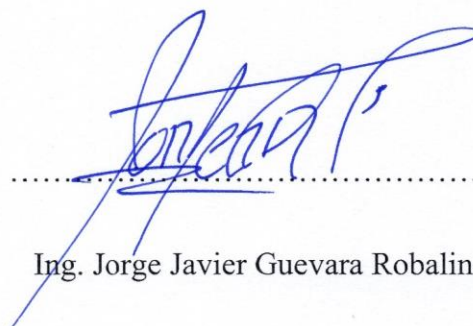
Para constancia firma:



Ing. Bolívar Eduardo Paredes Beltrán, PhD.

C.C: 1804041646

MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Jorge Javier Guevara Robalino, PhD.

C.C: 1803250503

MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con todo mi amor y gratitud a mis padres, Susana y Vinicio. Gracias por enseñarme, día tras día, a luchar con valentía, a no rendirme y a mantenerme firme en la búsqueda de mis sueños.

Su amor incondicional, su esfuerzo incansable y su apoyo constante han sido el pilar que me sostuvo en los momentos más difíciles y la inspiración que me impulsó a seguir adelante.

Ruiz Villafuerte Emilio Alejandro

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a mis padres, por su amor incondicional, su guía y su esfuerzo incansable. Han sido mi mayor ejemplo de perseverancia y compromiso, y sin su apoyo este logro no habría sido posible.

A mis hermanas, por estar siempre presentes, por sus palabras de aliento, su cariño y su fe en mí, incluso en los momentos más difíciles.

A mis amigos, gracias por las risas en medio del estrés, por los mensajes motivadores a deshoras, por estar ahí, sin juzgar, solo acompañando. Ustedes hicieron que este proceso no solo fuera llevadero, sino también memorable.

A todos ustedes, mi gratitud eterna.

Este logro es tan suyo como mío.

Ruiz Villafuerte Emilio Alejandro

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

PORTADA	i
APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS	xv
RESUMEN EJECUTIVO	xvi
ABSTRACT	xvii
CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO	1
I. JUSTIFICACIÓN	1
II. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	2
III. OBJETIVOS	6
A. OBJETIVO GENERAL	6
B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6

CAPITULO II.- METODOLOGÍA	7
I. EQUIPOS Y MATERIALES	7
II. MÉTODOS	7
A. FASE I: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	7
B. FASE II: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO	9
C. FASE III: EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	15
CAPITULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
I. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	18
A. FASE I: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	18
B. FASE II: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO	32
C. FASE III: EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	54
CAPITULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	74
I. CONCLUSIONES.....	74
II. RECOMENDACIONES.....	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
ANEXOS.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Distribución según ocupantes permanentes del inmueble.....	20
Fig. 2 Distribución según etnia.....	20
Fig. 3 Distribución según sexo	21
Fig. 4 Distribución según edad	22
Fig. 5 Distribución según el artículo N.35 de la Constitución	22
Fig. 6 Distribución según educación en hombres.....	23
Fig. 7 Distribución según educación en mujeres	24
Fig. 8 Distribución según enfermedades	24
Fig. 9 Distribución según ocupación del usuario	25
Fig. 10 Distribución según tipo de migrante	26
Fig. 11 Distribución según lugar al que migra	26
Fig. 12 Distribución según actividad del migrante.....	27
Fig. 13 Distribución según para que migra.....	27
Fig. 14 Distribución según vivienda.....	28
Fig. 15 Distribución según agua potable	29
Fig. 16 Distribución según servicio eléctrico	29
Fig. 17 Distribución según red de alcantarillado.....	30
Fig. 18 Distribución según acceso a internet.....	30
Fig. 19 Distribución según eliminación de aguas residuales.....	31

Fig. 20 Distribución según eliminación de basura domestica	31
Fig. 21 Línea de tendencia poblacional según el método aritmético.....	33
Fig. 22 Línea de tendencia poblacional según el método geométrico	34
Fig. 23 Línea de tendencia poblacional según el método exponencial	35
Fig. 24 Sección a tubo lleno	47
Fig. 25 Sección a tubo parcialmente lleno.....	50
Fig. 26 Cálculo del tirante normal en el tramo de tubería con flujo parcialmente lleno.	50
Fig. 27 Vista general de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Callate	54
Fig. 28 Esquema del PTAR Callate.....	55
Fig. 29 Cámara de entrada.....	60
Fig. 30 Rejilla	61
Fig. 31 Cámara desarenadora	61
Fig. 32 Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente en Manto de Lodos	62
Fig. 33 Lecho de secado	62
Fig. 34 Filtro Anaeróbico De Flujo Ascendente.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I CRECIMIENTO POBLACIONAL HISTÓRICO DE LA PARROQUIA URBANA PÍLLARO	33
TABLA II TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL SEGÚN EL MÉTODO GEOMÉTRICO.....	36
TABLA III ÁREAS DE APORTACIÓN.....	39
TABLA IV RESULTADO DEL ANÁLISIS DE AGUAS RESIDUALES DEL AFLUENTE AL PTAR CALLATE	57
TABLA V RESULTADO DEL ANÁLISIS DE AGUAS RESIDUALES DEL EFLUENTE DEL PTAR CALLATE.....	58
TABLA VI PORCENTAJES DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DE LA PTAR CALLATE.....	59
TABLA VII EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES EN LA PTAR....	63
TABLA VIII EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE LAS UNIDADES EN LA PTAR.....	64
TABLA IX ANÁLISIS DE LAS EFICIENCIAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	64
TABLA X CÁLCULO DE LA CÁMARA DE ENTRADA	66
TABLA XI COMPARACIÓN ENTRE VALOR DE DISEÑO Y VALOR REAL EN LA CÁMARA DE ENTRADA	67
TABLA XII CÁLCULO DE LA REJILLA	67
TABLA XIII COMPARACIÓN ENTRE VALOR DE DISEÑO Y VALOR REAL EN LA REJILLA	68
TABLA XIV CÁLCULO DEL DESARENADOR	69

TABLA XV COMPARACIÓN ENTRE VALOR DE DISEÑO Y VALOR REAL EN EL DESARENADOR	69
TABLA XVI CÁLCULO DEL REACTOR ANAERÓBICO DE FLUJO ASCENDENTE EN MANTO DE LODOS	70
TABLA XVII COMPARACIÓN ENTRE VALOR DE DISEÑO Y VALOR REAL EN EL REACTOR ANAERÓBICO DE FLUJO ASCENDENTE EN MANTO DE LODOS	71
TABLA XVIII CÁLCULO DEL LECHO DE SECADO DE LODOS	71
TABLA XIX COMPARACIÓN ENTRE VALOR DE DISEÑO Y VALOR REAL EN EL LECHO DE SECADO DE LODOS	72
TABLA XX CÁLCULO DEL FILTRO ANAERÓBICO DE FLUJO ASCENDENTE....	72
TABLA XXI COMPARACIÓN ENTRE VALOR DE DISEÑO Y VALOR REAL EN EL FILTRO ANAERÓBICO DE FLUJO ASCENDENTE	73

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Evidencias fotográficas.....	81
Anexo 2: Formato de encuesta	85
Anexo 3: Informe de análisis de aguas residual (Afluente/Entrada)	88
Anexo 4: Informe de análisis de aguas residual (Efluente/Salida)	90
Anexo 5: Hoja de cálculo de los caudales del sistema de alcantarillado sanitario	96
Anexo 6: Hoja de cálculo de los parámetros hidráulicos del sistema de alcantarillado sanitario	100
Anexo 7: Planos.....	104

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

CSV: Comma Separated Values

DBO₅: Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días

DQO: Demanda Química de Oxígeno

EDAS: Enfermedades Diarreicas Agudas

ERAS: Enfermedades Respiratorias Agudas

FAFA: Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente

GADM: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal

GNSS RTK: Global Navigation Satellite System - Real Time Kinematic

INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización

IoT: Internet of Things (Internet de las Cosas)

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

PLC: Controlador Lógico Programable

PTAR: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

RTC: Control en Tiempo Real

SD: Sólidos Sedimentables

SST: Sólidos Suspendidos Totales

SUDS: Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible

UASB: Upflow Anaerobic Sludge Blanket (Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente en Manto de Lodos)

RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto técnico tiene como objetivo diseñar un sistema de alcantarillado sanitario y evaluar la capacidad operativa de la planta de tratamiento de aguas residuales existente en el barrio Cochaló El Carmen, perteneciente al Cantón Píllaro, Provincia de Tungurahua.

Como primer paso se llevó a cabo un levantamiento topográfico de alta precisión mediante un sistema GNSS RTK. Esta información permitió definir con exactitud la geometría del terreno, delimitar el área de estudio y proyectar la población beneficiaria utilizando datos recabados a través de encuestas aplicadas en la comunidad.

Posteriormente, se desarrolló el diseño hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario con base en normativas ecuatorianas vigentes. La proyección poblacional alcanzó los 316 habitantes a un periodo de diseño de 25 años, con una dotación diaria de agua potable estimada en 150 litros por habitante. El diseño técnico incluyó el cálculo detallado del caudal medio diario sanitario, máximo instantáneo, así como la selección de diámetros mínimos de tubería de 200 mm en PVC, pendientes longitudinales adecuadas y velocidades de flujo dentro de rangos operativos permitidos.

En cuanto a la planta de tratamiento existente, se realizó una evaluación integral de sus componentes a través de inspecciones técnicas y análisis de laboratorio aplicados tanto al afluente como al efluente. Se analizó parámetros clave como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), la demanda química de oxígeno (DQO), los sólidos suspendidos totales (SST), los tensoactivos y los coliformes fecales. Si bien la planta presentó una capacidad aceptable de remoción en cuanto a DBO₅, DQO y SST, se detectó concentraciones elevadas de tensoactivos y coliformes fecales en el efluente, lo que evidenció deficiencias especialmente en unidades como el reactor anaeróbico de flujo ascendente en manto de lodos (UASB) y el filtro anaeróbico de flujo ascendente (FAFA).

PALABRAS CLAVE: ALCANTARILLADO SANITARIO, AGUAS RESIDUALES, PLANTA DE TRATAMIENTO, DISEÑO HIDRÁULICO, GNSS RTK, CAUDAL DE DISEÑO, TUBERÍA PVC, DBO₅, UASB, FAFA, PTAR CALLATE.

ABSTRACT

This technical project aims to design a sanitary sewer system and assess the operational capacity of the existing wastewater treatment plant (WWTP) in the neighborhood of Cochaló El Carmen, located in the Píllaro canton, Tungurahua province.

As a first step, a high-precision topographic survey was conducted using a GNSS RTK system. This data enabled the accurate definition of the terrain's geometry, delineation of the study area, and projection of the beneficiary population based on information collected through community surveys.

Subsequently, the hydraulic design of the sanitary sewer system was developed in accordance with current Ecuadorian regulations. The projected population reached 316 inhabitants for a 25-year design horizon, with an estimated daily potable water supply of 150 liters per capita. The technical design included the detailed calculation of the average daily sanitary flow rate, peak instantaneous flow, and the selection of minimum pipe diameters of 200 mm in PVC, appropriate longitudinal slopes, and flow velocities within acceptable operational ranges.

Regarding the existing treatment plant, a comprehensive evaluation of its components was performed through technical inspections and laboratory analyses of both influent and effluent. Key parameters such as biochemical oxygen demand (BOD_5), chemical oxygen demand (COD), total suspended solids (TSS), surfactants, and fecal coliforms were analyzed. Although the plant demonstrated acceptable removal efficiency for BOD_5 , COD, and TSS, high concentrations of surfactants and fecal coliforms were detected in the effluent, indicating deficiencies particularly in units such as the Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) reactor and the Upflow Anaerobic Filter (UAF).

KEYWORDS: SANITARY SEWER SYSTEM, WASTEWATER, TREATMENT PLANT, HYDRAULIC DESIGN, GNSS RTK, DESIGN FLOW RATE, PVC PIPING, BOD_5 , UASB, UAF, CALLATE WWTP.

CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO

I. JUSTIFICACIÓN

La limitada accesibilidad de infraestructura de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales constituye un importante problema de salud pública y una crisis ambiental. Esta situación se presenta particularmente en áreas caracterizadas por una inversión pública mínima o en sectores marginados ignorados por el desarrollo urbano, tanto en los países en desarrollo como en las regiones desfavorecidas de los países industrializados. Como resultado millones de personas se ven afectadas debido a la descarga no regulada de aguas residuales no tratadas hacia cuerpos de agua, lo que degrada el medio ambiente y favorece la proliferación de enfermedades infecciosas, especialmente a comunidades aledañas.

En Ecuador, esta situación adquiere una escala alarmante. En primer lugar, aproximadamente el 30% de la población no tiene acceso al agua potable, lo que hace que numerosas personas consuman agua contaminada con materia fecal. Además, en las zonas rurales, seis de cada diez niños carecen de suficientes instalaciones de agua y saneamiento. Cabe destacar también que, aproximadamente el 25% de los hogares carecen de agua potable, lo que contribuye a un deterioro continuo de la salud y el bienestar de sus residentes [1].

La comunidad de Cóchalo El Carmen, situado en el cantón Píllaro, provincia de Tungurahua, enfrenta serias deficiencias en su infraestructura de saneamiento y gestión de aguas residuales. La zona rural del cantón presenta una cobertura del servicio de alcantarillado de apenas el 53.70%, en comparación con la zona urbana, que tiene una cobertura del 99.20%. Esta disparidad en la cobertura del alcantarillado resalta la necesidad urgente de priorizar la implementación y mejora de este servicio en la zona rural, con el fin de garantizar un adecuado manejo de las aguas residuales y salvaguardar la salud y el bienestar de la población [2].

En síntesis, las numerosas ventajas asociadas con esta iniciativa contribuyen significativamente al desarrollo social y económico de la comunidad, generando un entorno más saludable y seguro para sus habitantes. A través del presente proyecto, se plantea la ampliación del sistema de alcantarillado sanitario existente mediante la incorporación de aproximadamente de 2469.82 metros lineales, lo que permitirá extender la cobertura a hogares que actualmente carecen de este servicio básico.

II. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Desde los primeros asentamientos humanos, la gestión adecuada del agua ha representado un desafío crucial para el desarrollo de las civilizaciones. Un ejemplo notable es Mohenjo-Daro, una de las ciudades más antiguas de la humanidad, que ya contaba con sistemas de alcantarillado conectados directamente a las viviendas, lo que evidencia una comprensión avanzada de las necesidades higiénicas y urbanas de su población [3].

Posteriormente, civilizaciones como la griega y la romana perfeccionaron la ingeniería hidráulica. Los griegos desarrollaron técnicas de captación y almacenamiento de agua, destacando la construcción de cisternas y acueductos en ciudades como Atenas y Creta. Por su parte, los romanos llevaron estas innovaciones a un nivel superior, consolidando sistemas de acueductos y cloacas que garantizaron tanto el abastecimiento de agua potable como la evacuación segura de aguas residuales, como lo demuestra la emblemática Cloaca Máxima [4].

Durante la Edad Media, sin embargo, la falta de mantenimiento de las infraestructuras hidráulicas heredadas y la proliferación de depósitos estancados provocaron graves crisis sanitarias, como la peste negra. El Renacimiento impulsó nuevamente el desarrollo de obras hidráulicas, especialmente en las ciudades-estado italianas donde se comprendió que el suministro de agua y el saneamiento eran fundamentales para el crecimiento urbano y la prosperidad económica [4].

No fue sino hasta el siglo XIX, con el auge de la Revolución Industrial y los crecientes problemas de salud pública en las ciudades, que se retomó el diseño sistemático de redes de alcantarillado, incorporando principios de las civilizaciones antiguas, pero con nuevas técnicas de construcción y tratamiento [5].

A pesar de los avances tecnológicos y normativos, el acceso a agua limpia y a sistemas de saneamiento adecuados sigue siendo un problema crítico en numerosos países. De acuerdo con el Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 2023, el progreso hacia el cumplimiento del Objetivo 6 (Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos) es insuficiente. Muchas de las metas relacionadas con el agua y el saneamiento muestran un estancamiento o incluso retrocesos alarmantes. Esta situación se agrava por la falta de inversiones, la desigualdad en el acceso y los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos. El informe resalta la urgencia de implementar tecnologías

innovadoras, fortalecer la cooperación internacional y acelerar las medidas para garantizar el acceso universal al agua potable segura y al saneamiento adecuado [6].

En el contexto del desarrollo urbano, la gestión eficiente de las aguas residuales y pluviales ha sido una prioridad constante para la ingeniería civil. Butler y Davies [7] mencionan que, las tecnologías aplicadas al drenaje urbano han evolucionado desde sistemas combinados convencionales hacia soluciones más integrales y sostenibles, como los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), que promueven la infiltración, retención y tratamiento local del agua. Además, el uso de herramientas computacionales para la modelación hidráulica y de calidad ha permitido optimizar el diseño y operación de redes de alcantarillado, mientras que la implementación de técnicas como el control en tiempo real (RTC) y métodos de rehabilitación sin zanja contribuyen a mejorar el rendimiento del sistema y reducir impactos ambientales. Estas tecnologías reflejan la necesidad de adaptar la infraestructura urbana a los desafíos actuales, como el cambio climático, la urbanización acelerada y la protección de los recursos hídricos.

A nivel nacional, el catastro de 2019 reveló una cobertura del 78,06% de alcantarillado en áreas urbanas. Sin embargo, en las zonas rurales, esta cobertura desciende al 42,79%, sin considerar que el 57,21% restante corresponde a áreas de baja o nula densidad poblacional. Por lo tanto, para lograr un diagnóstico integral del sistema de alcantarillado rural, deben incluirse variables como la topografía, disponibilidad de agua y condiciones infraestructurales preexistentes [2].

Pese a los avances, aún persisten serias deficiencias, especialmente en ciudades de países en desarrollo. En la urbanización Si Vivienda, ubicada en el cantón Manta (Ecuador), una evaluación técnica reveló daños estructurales en cajas domiciliarias y pozos de inspección, lo que genera un flujo ineficiente de aguas residuales. Estos daños ocurrieron debido a una combinación de factores, entre los que destacan la falta de mantenimiento sistemático, evidenciada por la acumulación de sedimentos y residuos sólidos en el 100% de las cajas inspeccionadas, y la ausencia o deterioro de tapas, que permite la entrada de agua de lluvia, basura y otros contaminantes, agravando el deterioro. Además, se identificaron fallas en la instalación, como tapas mal colocadas, lo cual compromete la integridad del sistema. Se propusieron entonces soluciones como el rediseño de tapas, el uso de materiales más duraderos y un plan de mantenimiento correctivo y preventivo, alineado con normativas técnicas nacionales e internacionales [8].

Frente a estas limitaciones, han surgido alternativas sostenibles, sobre todo en zonas rurales. Los humedales artificiales de flujo vertical (VFCWs), por ejemplo, imitan procesos naturales de depuración mediante capas de grava y arena y el uso de plantas como *Paulownia* y *Phragmites australis*, alcanzando eficiencias de remoción de hasta el 98 % para parámetros como DBO₅ y DQO. Estas soluciones son de bajo costo, energéticamente eficientes y fáciles de operar [9].

En la comunidad de Ballagán, en la provincia de Chimborazo, donde las aguas residuales presentan alta carga contaminante debido a actividades agrícolas, se propuso el uso de biofiltros como tratamiento primario. Esta alternativa, económica y adaptable, mejora significativamente la calidad del agua antes de su disposición final [10].

En diversos países de América Latina, las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) han sido implementadas con el objetivo de mitigar el impacto ambiental derivado del vertimiento de aguas residuales urbanas. Sin embargo, a pesar de la existencia de marcos normativos específicos, se ha evidenciado una brecha considerable entre la reglamentación y su cumplimiento. Por ejemplo, en Colombia, informes de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios han revelado que un número importante de PTAR estaban fuera de operación o funcionaban con deficiencias, lo que se traduce en una contaminación persistente de cuerpos de agua y una afectación directa sobre los ecosistemas y las comunidades circundantes [11].

De manera complementaria, en Costa Rica se ha impulsado la instalación de sistemas de tratamiento primario, como es el caso de la planta Los Tajos. Aunque esta instalación ha demostrado una capacidad considerable para remover contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos, los estudios también advierten que persisten desafíos, especialmente durante la época lluviosa, donde los niveles de contaminación se incrementan aguas abajo de la descarga. Por ello, se reconoce la necesidad de culminar las etapas de tratamiento secundario para lograr una depuración más eficiente y sostenida [12].

De igual forma, en Perú, la experiencia de la PTAR Doris Mendoza pone de manifiesto la importancia de aplicar procesos de reingeniería y optimización. Mediante la revisión y mejora de cada componente —desde el canal Parshall hasta los lechos de secado— se alcanzaron mejores niveles de eficiencia operativa. Esta iniciativa demuestra que no basta con construir

infraestructuras, sino que es fundamental garantizar su mantenimiento y adaptación continua a las necesidades de tratamiento [13].

En el caso de Ecuador, investigaciones recientes evidencian una problemática similar a la de otros países de la región. Aunque existen normativas ambientales vigentes, su cumplimiento resulta deficiente, y se ha identificado que cerca del 18% de las plantas registradas no están en funcionamiento. Además, las descargas incontroladas, la falta de mantenimiento y la vulnerabilidad ante fenómenos naturales agravan el impacto ambiental provocado por las PTAR. Esta situación subraya la necesidad urgente de fortalecer los mecanismos de control, así como de garantizar la correcta operación y supervisión de las plantas de tratamiento de aguas residuales [14].

El tratamiento de aguas residuales es esencial para proteger la salud pública y conservar los recursos hídricos, especialmente en Latinoamérica, donde la gestión inadecuada de efluentes domésticos, industriales y agrícolas representa un desafío creciente. Según Jiménez en [15], señala que los métodos tradicionales como la sedimentación, los procesos biológicos de lodos activados y los humedales construidos han demostrado ser eficaces, alcanzando eficiencias de remoción superiores al 80% en aguas residuales domésticas y hasta el 88% en efluentes industriales. Actualmente, se destaca la combinación de tecnologías en sistemas híbridos y el uso de métodos avanzados como la nanofiltración y ultrafiltración, favoreciendo tratamientos más eficientes y sostenibles.

En paralelo a estos avances, la implementación de tecnologías basadas en el Internet de las Cosas (IoT) ha comenzado a transformar la operación de las plantas de tratamiento de agua. Forhad et al. (2024) desarrollaron un sistema de monitoreo en tiempo real para plantas de tratamiento, empleando sensores de pH, sólidos disueltos, oxígeno disuelto y temperatura conectados a controladores lógicos programables (PLC) y a plataformas en la nube. Este sistema permite detectar anomalías de manera inmediata, registrar datos históricos y mejorar la eficiencia operativa, además de reducir costos de mantenimiento y de operación [16].

Esta situación, tanto histórico como actual, evidencia que, a pesar de los avances en tecnología junto con las normativas sobre el diseño y funcionamiento de los sistemas de alcantarillado sanitario, así como de las plantas de tratamiento de aguas residuales, persisten desafíos considerables en su ejecución; este problema se presenta con mayor intensidad en las zonas rurales de los países en desarrollo, como Ecuador.

III. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de alcantarillado sanitario para el barrio Cochaló El Carmen y realizar la evaluación de la capacidad de la planta de tratamiento de aguas residuales existente frente al nuevo caudal estimado.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Realizar el levantamiento topográfico del barrio Cochaló El Carmen en donde se implantará el sistema de alcantarillado.
- 2) Desarrollar el diseño del sistema de alcantarillado sanitario aplicando las normativas vigentes en el país para un funcionamiento óptimo.
- 3) Evaluar la planta de tratamiento de aguas residuales existente para verificar su capacidad hidráulica y funcional frente al nuevo caudal estimado.

CAPITULO II.- METODOLOGÍA

El presente proyecto técnico se divide en tres fases. La primera fase consiste en el levantamiento topográfico; la segunda, en el diseño del sistema de alcantarillado sanitario; y la tercera, en la evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales.

I. EQUIPOS Y MATERIALES

En la fase I, se empleó un sistema GNSS RTK de alta precisión en configuración base y rover (Marca: AllyNav, Modelo:R26) lo que permitió realizar el levantamiento topográfico del área con gran exactitud. De igual manera, se recurrió a un equipo portátil (Marca: Asus, Modelo: x509JB) para procesar y analizar los datos obtenidos durante el levantamiento.

En la fase II y III, se utilizó un equipo portátil (Marca: Asus, Modelo: x509JB) para el procesamiento y análisis de los datos recolectados. Para ello, se trabajó con herramientas informáticas de la suite de Microsoft 365 como lo son Word y Excel. Además, se integraron los softwares de Autodesk Civil 3D y AutoCAD, desarrollados por la empresa Autodesk Inc.

Cabe destacar que estas aplicaciones cuentan con su respectiva licencia institucional otorgadas por la Universidad Técnica de Ambato.

II. MÉTODOS

A. FASE I: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

En la primera fase se desarrolló el levantamiento topográfico, orientado a la recolección de información geoespacial y demográfica del área de estudio, constituyendo esta información un insumo esencial para el diseño hidráulico del sistema de alcantarillado. En este marco, las actividades emprendidas abarcaron, en primer lugar, la delimitación geográfica del área de intervención; en segundo lugar, la proyección de la población beneficiaria; y, finalmente, la ejecución del levantamiento topográfico.

Cada una de estas etapas se consideró fundamental para la planificación integral, la formulación de soluciones adaptadas al entorno ambiental y la garantía de una utilización óptima de los recursos, salvaguardando así la viabilidad y la sostenibilidad del proyecto durante su implementación.

1. Delimitación geográfica del área de intervención

Para la delimitación geográfica del área de intervención, se aplicó el método de recolección secundario, utilizando fuentes de datos disponibles en línea. En este proceso, se empleó el software gratuito Google Earth Pro, en conjunto con personal técnico del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santiago de Pillaro (GADM Santiago de Pillaro), quienes contaban con la cartografía referencial del sector, en la cual se habían definido previamente los límites del área de estudio.

2. Proyección de la población beneficiaria

Por otro lado, para la obtención de información referente a la población del área de estudio, se aplicó el método de recolección primario a través de encuestas. Estas encuestas, diseñadas con preguntas estandarizadas, fueron orientadas a los habitantes de la comunidad lo cual facilitó obtener datos clave sobre el acceso a servicios básicos, prácticas de saneamiento y aspectos demográficos. Este procedimiento contribuye a garantizar que tanto el dimensionamiento del sistema de alcantarillado sanitario propuesto como la evaluación de la PTAR existente sean adecuados, minimizando el riesgo de problemas operativos a futuro.

3. Levantamiento topográfico

En cuanto al levantamiento topográfico, se aplicó un método de recolección secundario, basado en el análisis de datos previamente recopilados. El mismo se lo desarrolló en dos etapas: primero la etapa de campo y segundo la etapa de procesamiento.

Durante la etapa de campo, se empleó un sistema GNSS-RTK de alta precisión. La actividad inició con la correcta ubicación del equipo en puntos estratégicos del terreno, que habían sido seleccionados previamente según criterios técnicos. En cada punto, se realizó la instalación, nivelación y verificación del equipo topográfico, asegurando condiciones óptimas para la recolección de datos (base). Una vez instalado, se procedió con la activación de los receptores GNSS (rover) y la conexión a los satélites disponibles en la zona, lo cual permitió el inicio de la captura de datos georreferenciados de forma continua y sistemática, principalmente relacionados al relieve y altimetría del terreno.

Posteriormente, en la etapa de procesamiento, se realizó el tratamiento de la información recolectada. Los datos fueron extraídos y exportados en formato CSV, para su posterior

importación y análisis dentro del software especializado Autodesk Civil 3D para la construcción de una representación digital de la superficie.

B. FASE II: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

En la segunda fase se desarrolló el diseño del sistema de alcantarillado sanitario, para lo cual se empleó el método de recolección secundario, que consiste en la revisión y análisis de registros técnicos existentes. Entre las principales normativas técnicas se encuentran: “*NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES*” [17], “*REGLAMENTOS TÉCNICOS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL*” [18], “*NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL*” [19].

A partir de las fuentes antes mencionadas, se discernieron las regulaciones existentes y los marcos técnicos relevantes, que establecieron las bases necesarias para desarrollar un diseño alineado con los parámetros técnicos y reglamentarios estipulados, garantizando así la eficacia operativa y la sostenibilidad del sistema propuesto.

1. Período de diseño

Es crucial enfatizar que la vida útil del diseño para esta categoría de infraestructura civil está establecida en un rango de 20 años a 25 años como lo indica en [19]; sin embargo, las regulaciones vigentes del INEN que delinean la durabilidad de los materiales prescritos para la construcción facilitan la selección tanto de la naturaleza del material a emplear como de su vida útil prevista.

2. Población actual

Un elemento fundamental que se tuvo en cuenta al proyectar la demografía futura para la formulación del proyecto técnico fue la población existente en la zona de estudio designada. Estos datos se obtuvieron mediante encuestas aplicadas en la comunidad de Cochaló El Carmen.

3. Población de diseño

La estimación de la población de diseño, también denominada población futura, se llevó a cabo mediante la aplicación de métodos matemáticos establecidos en [18]. En particular, se consideraron los enfoques aritmético, geométrico y exponencial, cuyas fórmulas se detallan en “*Tabla 2.2 (Métodos para el cálculo de la población futura)*”. La selección del método más adecuado se sustentó en las directrices presentadas en “*Tabla 2.3 (Aplicación de métodos de cálculo para la estimación de la población futura)*”, la cual establece criterios para la aplicación de cada enfoque en función del tamaño poblacional actual y del horizonte temporal del diseño.

Una vez definido el método más pertinente, se procedió al cálculo de la tasa de crecimiento, empleando para ello los datos censales históricos proporcionados por [20], correspondientes a los años 1990, 2001, 2010 y 2022, de la parroquia urbana Píllaro.

Con el fin de obtener una proyección más precisa, se analizaron los resultados mediante herramientas estadísticas en Microsoft Excel, generando líneas de tendencia y calculando el coeficiente de determinación (R^2) para evaluar el grado de ajuste de cada modelo. Adicionalmente, la población actual fue determinada mediante encuestas aplicadas en el área de estudio durante la fase diagnóstica del proyecto, lo cual permitió contar con información actualizada y representativa. Finalmente, con los datos de población actual y el área del proyecto, se estimó la densidad poblacional, lo que permitió validar la distribución espacial de los habitantes en el sector analizado.

4. Densidad poblacional futura

Para proyectar la densidad poblacional futura, se determinó la población futura y la extensión acumulada de las áreas contribuyentes relevantes para la zona de intervención del área del proyecto.

5. Dotación

La dotación de agua potable se estableció sobre la base de dos determinantes principales: el tamaño de la población y las condiciones climáticas de la localidad, de acuerdo con lo estipulado en la normativa técnica vigente. Para ello, se hizo referencia a la norma ecuatoriana INEN 005-9-1, que delinea los rangos de suministro de dotación diaria por habitante (litros por

persona por día), distinguiendo entre entornos urbanos y rurales, al tiempo que tiene en cuenta si el clima se clasifica como cálido, templado o frío.

Para determinar la dotación, se identificó que el área de estudio presenta un clima frío y una población proyectada de hasta 5000 habitantes. Con base en estos datos y conforme a los rangos establecidos en la norma INEN 1108, se seleccionó un valor de dotación de 150 litros por habitante por día (l/hab/día). será un insumo clave para la planificación del sistema de alcantarillado sanitario, ya que permite estimar los caudales generados por la población y garantizar un diseño eficiente y adecuado a las necesidades futuras de la localidad [17].

6. Ubicación del sistema de alcantarillado sanitario

La ubicación del sistema de alcantarillado se formuló de conformidad con las estipulaciones delineadas en [17]. Se garantizó por situar el sistema sanitario junto a la carretera, Donde, se estaban estableciendo los pozos de inspección, respetando las distancias máximas prescritas por la normativa vigente. Esta medida garantiza la funcionalidad efectiva y el mantenimiento adecuado de la infraestructura.

7. Trazado del sistema de alcantarillado sanitario

El trazado del sistema de alcantarillado sanitario se articuló visualmente mediante la utilización del software Autodesk Civil 3D. Como diseño preliminar del sistema de alcantarillado sanitario, los pozos y conductos se distribuyeron estratégicamente dentro de la representación digital del terreno, designando cada componente con identificadores alfanuméricos, incluidas las dimensiones horizontales de los segmentos, tras lo cual se delineó la red de tuberías para facilitar su interconexión.

8. Áreas de aportación

La delimitación de las áreas de aportación fue fundamental para determinar la descarga de aguas residuales que produciría cada segmento del dominio de investigación. Esta fase se llevó a cabo después de la adquisición de la configuración final de los pozos y conductos, que estaban representados por las líneas que salían de cada pozo, lo que facilitaba el dimensionamiento preciso de las tuberías que constituirían la infraestructura sanitaria.

9. Caudal de diseño

Con el fin de delinear los parámetros hidráulicos necesarios para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario, se calcularon meticulosamente los diversos caudales pertinentes para su conceptualización.

Inicialmente, se determinó el flujo diario promedio de agua potable a partir de valores referenciales extraídos de tablas normativas, considerando la población diseñada y el suministro futuro previsto. Este flujo se define como el volumen medio de agua utilizado por persona en un día.

Sobre la base de esta métrica, se calculó una aproximación del flujo sanitario diario promedio, que corresponde al volumen de aguas residuales producidas por los efluentes domésticos, mediante el empleo de un coeficiente de retorno (oscila entre el 60% y el 80%) con respecto al flujo diario promedio de agua potable, lo que indica la fracción del agua consumida que posteriormente se devuelve como agua residual [21].

Se determinó el caudal instantáneo máximo mediante la aplicación de un coeficiente de mayoración (M), de acuerdo con las metodologías delineadas por Babbitt y Harmon. Este coeficiente, que varía en función del tamaño de la población, es adecuado para comunidades con un rango demográfico que oscila entre 1 000 y 1 000 000 personas, lo que facilita un aumento del flujo sanitario medio para reflejar con precisión los picos de descarga [21].

Además, se evaluó la posibilidad de que el agua de lluvia ingresara al sistema sanitario como resultado de conexiones erradas, para evaluar esta influencia, se calculó el caudal de las conexiones erradas, utilizando un porcentaje de referencia que oscilaba entre el 5% y el 10% del caudal de infiltración.

Finalmente, se cuantificó el caudal de infiltración, que se refiere al volumen de agua que penetró en la red a través de las infiltraciones que se producen en las juntas o fisuras de las tuberías, así como a través de los pozos de inspección o mediante conexiones no autorizadas. Este caudal se obtuvo multiplicando el coeficiente de infiltración por la longitud acumulada del sistema de tuberías instalado.

El total acumulado de todos los caudales que se han discutido previamente en detalle facilitó la determinación del caudal de diseño, que sirvió como valor fundamental para el dimensionamiento de la red de alcantarillado sanitario [21].

10. Pendiente mínima y máxima

El análisis de los gradientes topográficos está intrínsecamente relacionado con las velocidades permisibles incorporadas en el marco del sistema sanitario. Para determinar la funcionalidad más eficaz y segura, se llevó a cabo un análisis comparativo entre las pendientes reales y las prescritas en las normas técnicas, lo que facilitó la identificación de las modificaciones necesarias.

Es crucial reconocer que, si el gradiente natural de la superficie se encuentra dentro de los parámetros permitidos por las pendientes aceptables, esta medición se conserva y, al mismo tiempo, se cumplen las especificaciones de profundidad esenciales para los pozos. Sin embargo, si no se cumple este criterio, es imprescindible realizar los cálculos necesarios para modificar el diseño de acuerdo con las estipulaciones de las normas técnicas [22], [23].

11. Velocidad de diseño

Conforme a lo establecido en la norma técnica vigente, se consideraron criterios hidráulicos específicos para la determinación de las velocidades mínimas y máximas de flujo en las conducciones.

En este sentido, la velocidad mínima recomendada fue de $0.6 \frac{m}{s}$. Para aquellas tuberías que funcionan parcialmente llenas, se admitió una velocidad mínima de $0.3 \frac{m}{s}$. Por otra parte, también se respetó los límites de velocidad máxima, conforme a los valores especificados en la normativa para tuberías a sección llena, los cuales dependen del tipo de material empleado en la red. De manera general, se estableció que la velocidad máxima no debe superar los $5 \frac{m}{s}$, a fin de evitar procesos erosivos o deterioro estructural de las conducciones. Estas consideraciones hidráulicas resultaron esenciales para garantizar un diseño funcional, seguro y duradero del sistema de alcantarillado sanitario [17].

12. Diámetro de diseño

Para el dimensionamiento del diámetro de las tuberías que conforman al sistema de alcantarillado sanitario, se delineó un diámetro interno de referencia de 200 mm como criterio de diseño fundamental, según lo prescrito por [17]. Esta medición se adoptó incluso en los casos en que los resultados del análisis hidráulico sugirieron diámetros menores, dado que la normativa exige este mínimo para garantizar la continuidad operativa del sistema, evitar bloqueos y facilitar las operaciones de mantenimiento.

13. Parámetros hidráulicos a tubo lleno y parcialmente lleno

Con el objetivo de garantizar un diseño hidráulico eficiente del sistema de alcantarillado sanitario, resulta fundamental calcular los parámetros hidráulicos considerando las condiciones de flujo a tubería completamente llena. En este contexto, se aplicaron las ecuaciones establecidas en [18], lo que permitió asegurar el cumplimiento de los criterios técnicos y de seguridad requeridos. A través de estos procedimientos se determinaron variables críticas como el caudal, la velocidad del flujo y el radio hidráulico.

14. Parámetros hidráulicos a tubo parcialmente lleno

En el ámbito del diseño de sistema de alcantarillado sanitario, es esencial analizar las características hidráulicas de las tuberías que funcionan parcialmente llenos, ya que este escenario representa con mayor precisión las realidades operativas del sistema en la mayoría de los casos. Estos cálculos permitieron determinar variables fundamentales como el tirante normal, el área de flujo, el perímetro mojado, el radio hidráulico y la velocidad del flujo, las cuales son indispensables para evaluar la capacidad de transporte y evitar fenómenos como el arrastre insuficiente de sólidos o la acumulación de gases nocivos en [18].

15. Tensión tractiva

Concluido el trazado del sistema sanitario, cada sección fue sometida a un análisis detallado de la tensión de tracción, tomando como referencia un valor estándar de 1 Pa. No obstante, es importante señalar que [18] establece como criterio mínimo admisible un valor de 0,60 Pa para estas secciones, con el fin de garantizar la estabilidad y funcionalidad hidráulica del sistema.

16. Planos

Una vez finalizados los cálculos necesarios para el diseño del sistema de alcantarillado, los datos resultantes se describieron meticulosamente mediante la planos integrales que abarcan la ubicación exacta de los pozos y las tuberías, junto con sus dimensiones y medidas correspondientes.

C. FASE III: EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

En la tercera fase se desarrolló la evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales, en donde, se empleó un método secundario, basado en el análisis de documentos, con el objetivo de adquirir datos precisos sobre la funcionalidad y la eficacia del sistema actual.

Entre las principales normativas se encuentran: “*MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO. DISEÑO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES: PRETRATAMIENTO Y TRATAMIENTO PRIMARIO*” [24], “*MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO. DISEÑO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES: REACTORES ANAEROBIOS DE FLUJO ASCENDENTE*” [25], “*GUÍA PARA EL DISEÑO DE TANQUES SÉPTICOS, TANQUES IMHOFF Y LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN*” [26], “*MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO. DISEÑO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES: FILTROS ANAEROBIOS DE FLUJO ASCENDENTE*” [27].

A partir de las fuentes antes mencionadas, se identificaron las regulaciones vigentes y los marcos técnicos pertinentes, que proporcionaron las bases esenciales para formular un diseño que sea consistente con los criterios técnicos y reglamentarios especificados.

1. Descripción de las características generales y físicas

Se recopiló de manera rigurosa la información relacionada con las características generales y físicas de la PTAR Callate. Para ellos se documentó sistemáticamente elementos como: coordenadas geográficas, tipo de metodología de tratamiento empleada, caudales de diseño, configuración de las unidades operativas y condiciones físicas del entorno. Esta información se

obtuvo mediante visitas técnicas al sitio, evaluaciones visuales, revisiones de los planos y consultas con el personal responsable.

2. Análisis de aguas residuales

Afluente (Entrada)

Con el fin de llevar a cabo la evaluación de la PTAR Callate, se trabajó en conjunto con el GADM Santiago de Pillaro, lo cual permitió determinar el grado de contaminación de las aguas residuales en la zona. Este análisis resulta fundamental para el diseño de soluciones eficaces en el manejo y tratamientos de dichas aguas.

Para ello, se utilizó un enfoque de muestra puntual, que consistió en la toma de una única muestra representativa directamente desde el pozo de entrada de la PTAR Callate, correspondiente al afluente que proviene directamente de los pozos sépticos cercanos. El objetivo principal de esta iniciativa de muestreo era adquirir los datos esenciales necesarios para la caracterización de las aguas residuales, proporcionando así apoyo técnico para la evaluación exhaustiva de la instalación.

La muestra fue analizada en relación con los siguientes parámetros: Potencial de Hidrógeno (pH), Aceite y grasas, Sulfatos (SO₄), Nitritos (NO₂), Fosfatos (P), Tensoactivos, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Sedimentables (SD), Sólidos Suspendedos Totales (SST) y Coliformes Fecales.

Efluente (Salida)

Posteriormente, se incorporó los datos del análisis del agua tratada en la salida de la PTAR, correspondiente al efluente final descargado al cuerpo receptor. Este análisis incluye los mismos parámetros analizados en el afluente (entrada). Este análisis fue proporcionado por el GADM Santiago de Pillaro. Con esta información se busca evaluar la calidad del agua una vez finalizado el proceso de tratamiento y facilitar la comparación con los valores derivados del análisis del agua no tratada para evaluar la eficiencia de eliminación de la planta.

3. Funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales

El funcionamiento de la PTAR se evaluó en función de dos aspectos clave: en primer lugar, la eficiencia de remoción de carga contaminante de las aguas a tratar, en segundo lugar, el estado de las estructuras existentes.

La eficiencia de remoción de carga contaminante se estimó a partir de los resultados obtenidos de los análisis de las muestras de agua residual, tanto en el influente como en el efluente de la PTAR. De manera complementaria, el estado de las estructuras existentes se basó en las observaciones realizadas durante las visitas de campo, en las cuales se verificó el estado físico de las diferentes unidades de la planta.

4. Diagnóstico de los componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales

El diagnóstico de los componentes de la PTAR se dividió en dos partes fundamentales: en primer lugar, el porcentaje de remoción de contaminantes en el agua tratada, en segundo lugar, revisión del dimensionamiento hidráulico y funcional de las unidades operativas.

El porcentaje de remoción de contaminantes en el agua tratada está en base a Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅). Para ello, se analizaron los datos obtenidos a partir de las muestras tomadas en el influente y el efluente de cada unidad de tratamiento. Adicionalmente, la revisión integral del dimensionamiento hidráulico y funcional de las unidades operativas implica un análisis comparativo entre el caudal de diseño original de la instalación y el caudal actual estimado, que tiene en cuenta tanto las contribuciones de la red de alcantarillado sanitario existente como los caudales adicionales introducidos por el proyecto.

CAPITULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

I. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

A. FASE I: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

1. Delimitación geográfica del área de intervención

El proyecto técnico está ubicado dentro de los límites geográficos de la provincia de Tungurahua, específicamente dentro del cantón Píllaro, en la parroquia urbana de Píllaro, dentro de la comunidad de Cochaló El Carmen. Esta región exhibe una considerable diversidad altitudinal, con elevaciones que van desde los 2600 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) a los 4800 m.s.n.m. Esta variabilidad de altitud promueve el establecimiento de distintos niveles ecológicos, lo que repercute significativamente en la formación de ecosistemas diversos y funcionales. En cuanto a su posición geográfica, el área del proyecto limita al norte con el cantón de Salcedo y la provincia de Napo, al sur con los cantones de Píllaro y Pelileo, al este con la provincia de Napo y al oeste con el cantón de Ambato, lo que le confiere un papel estratégico crucial como conducto para la conectividad entre las regiones andina y amazónica [2].

2. Proyección de la población beneficiaria

Con la finalidad de caracterizar integralmente las condiciones del sector de intervención, se efectuó una encuesta estructurada de tipo presencial en el barrio “Cochaló El Carmen”, ubicado en el cantón Píllaro, provincia de Tungurahua.

El levantamiento de información tuvo como objetivo obtener información detallada sobre las condiciones socioeconómicas y el estado del sistema de saneamiento. El mismo incluyó variables relacionadas con la composición del hogar (número de habitantes, edad, sexo y etnia), condiciones de salud (tipo de enfermedades presentes), nivel educativo de los integrantes, ocupación laboral, condiciones de migración, tipo de vivienda, acceso a servicios básicos (agua potable, energía eléctrica, internet, alcantarillado). Además, se incorporaron preguntas específicas sobre el sistema de eliminación de aguas residuales y el manejo de residuos sólidos domésticos.

Para determinar el tamaño de la muestra, se utilizó la fórmula estadística para poblaciones finitas, considerando un total de 238 habitantes, un nivel de confianza del 95.00%, un margen de error del 5.00%, y una proporción esperada de respuesta del 50.00%. Esto último se supuso por defecto en ausencia de datos previos, ya que representa el escenario de máxima variabilidad dentro de la población, lo que garantiza una estimación conservadora y adecuada del tamaño de la muestra.

En total, se encuestaron 39 viviendas, lo que permitió recopilar información de 145 habitantes. Los datos obtenidos constituyen una herramienta fundamental para el diagnóstico hidráulico-sanitario del área de estudio y la posterior formulación de propuestas técnicas orientadas a mejorar la eficiencia y cobertura del sistema de alcantarillado sanitario, garantizando condiciones adecuadas de salubridad y sostenibilidad.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos, los cuales fueron organizados en función de las principales categorías de análisis.

Socioeconómico

Desde una perspectiva socioeconómica, los resultados obtenidos revelan que un total de 145 personas residen de manera permanente en los inmuebles analizados, distribuidos en 39 viviendas. De acuerdo con los datos recopilados, la mayoría de los hogares cuenta con tres integrantes, lo que representa el 28.21% del total. Seguidamente, los núcleos conformados por cuatro personas alcanzan el 25.64%, lo que confirma una tendencia hacia familias de tamaño medio. En términos porcentuales menores, las viviendas habitadas por dos personas constituyen el 12.82%, mientras que aquellas con uno o cinco ocupantes registran cada una un 10.26%. Con menor frecuencia, se identificaron viviendas con seis y ocho habitantes, ambas con un 5.13%, y únicamente se reportó una vivienda con diez personas, lo que equivale al 2.56% del total.

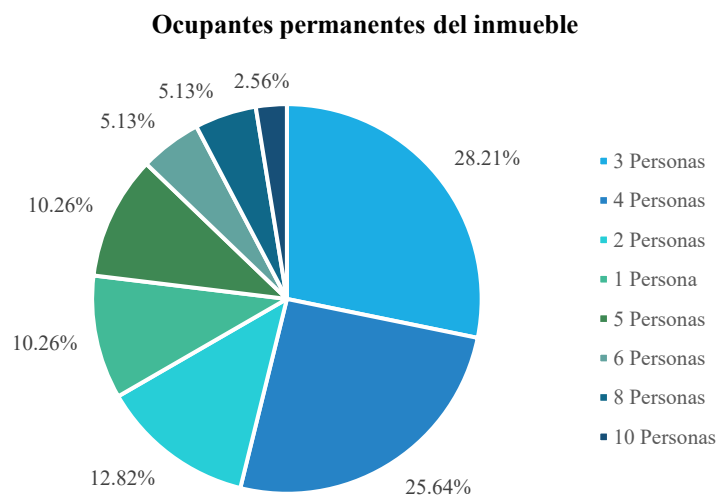


Fig. 1 Distribución según ocupantes permanentes del inmueble

Etnia

En lo referente a la variable étnica, se identificó que la totalidad de la población encuestada, es decir, el 100%, se autoidentificó como mestiza. Este dato evidencia una marcada homogeneidad cultural en la comunidad. Cabe señalar que no se registraron personas que se reconocieran como indígenas, afroecuatorianas o blancas, lo que refuerza la ausencia de diversidad étnica en este grupo poblacional.

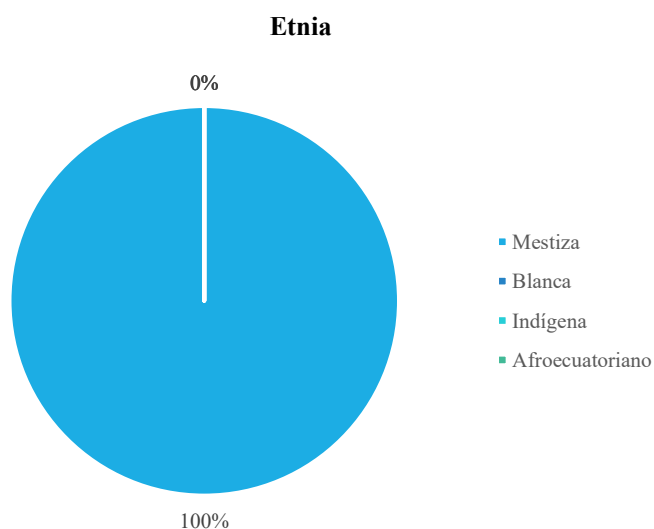


Fig. 2 Distribución según etnia

Integrantes de la familia

Analizando la variable de distribución por sexo, se observó una leve predominancia del género femenino dentro de la población encuestada. En términos porcentuales, las mujeres representan el 55.17%, mientras que los hombres constituyen el 44.83%. Esta diferencia, aunque no muy amplia, señala una mayor presencia femenina en la comunidad evaluada.

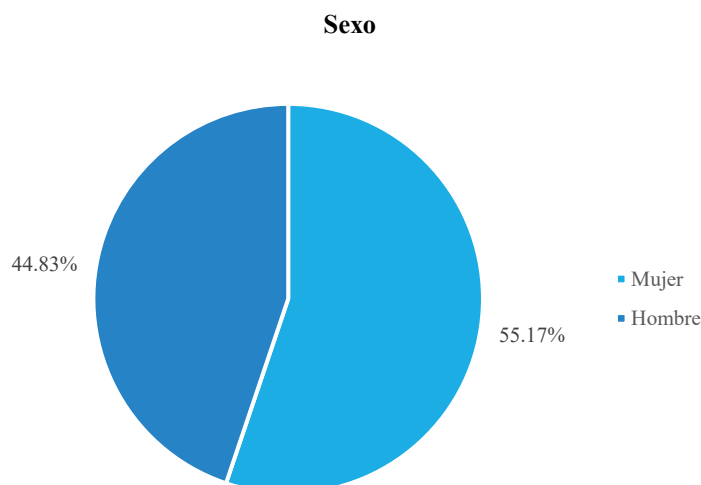


Fig. 3 Distribución según sexo

Al analizar la variable etaria dentro de la comunidad evaluada, se destaca una marcada presencia de mujeres adultas entre 20 y 64 años, quienes constituyen el 38.62% del total. En segundo lugar, se encuentran los hombres adultos en el mismo rango de edad, con un 21.38%, lo que refuerza la concentración de población en edad productiva. Esta composición demográfica resulta clave para la planificación de infraestructuras sanitarias, ya que este grupo representa tanto a los principales usuarios como a los gestores del sistema de saneamiento. En contraste, los porcentajes correspondientes a niños y adolescentes son más bajos, siendo los adolescentes varones el 8.97% y los niños de hasta 9 años el 8.28%. Por último, la población de adultos mayores alcanza el 15.17%, dividida en un 10.34% de hombres y un 4.83% de mujeres.

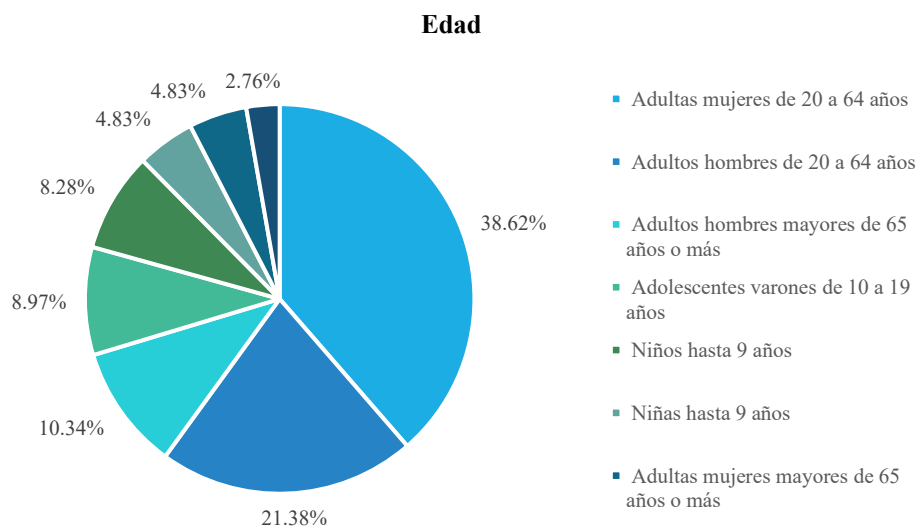


Fig. 4 Distribución según edad

Artículo N.35 de la Constitución

Tomando como referencia el Artículo 35 de la Constitución de la República del Ecuador, se constató que el 98.62% de los habitantes no forma parte de los grupos de atención prioritaria. Únicamente se registró un 1.38% correspondiente a personas con discapacidad. Es importante mencionar que no se identificaron casos relacionados con mujeres embarazadas, personas privadas de libertad, pacientes con enfermedades catastróficas ni individuos afectados por violencia doméstica, maltrato infantil o desastres naturales, lo cual sugiere una baja presencia de situaciones de vulnerabilidad extrema dentro de la población evaluada.

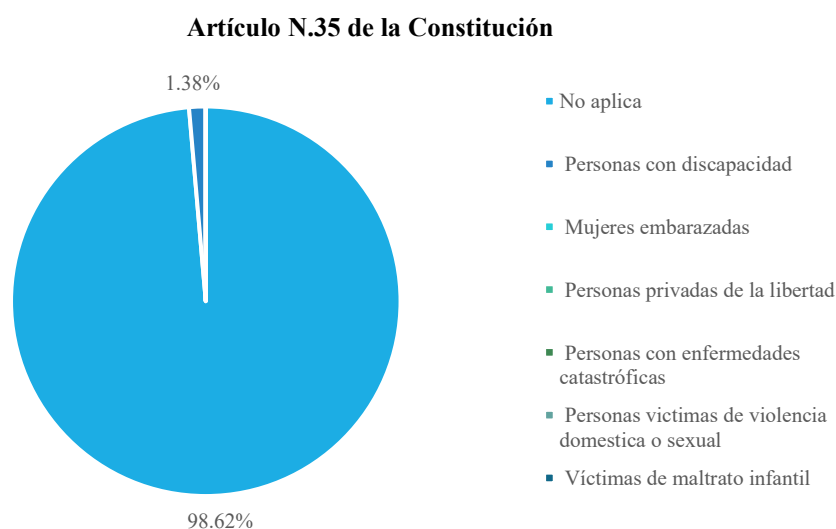


Fig. 5 Distribución según el artículo N.35 de la Constitución

Educación

Al examinar el nivel educativo de la población masculina, se observa que la mayoría ha completado la educación primaria, representando un 29.41% del total. A continuación, se ubican quienes poseen secundaria incompleta y completa, ambos con un 25.00%, lo que refleja una distribución equilibrada en este nivel. En cuanto a los estudios superiores, el 14.71% ha accedido a formación de tercer nivel profesional. En cifras menores, se identificó un 2.94% con primaria incompleta, así como otro 2.94% correspondiente a niños que aún no han ingresado al sistema escolar. Cabe destacar que no se registraron casos de analfabetismo, ni de hombres con educación inicial, superior incompleta o de cuarto nivel.

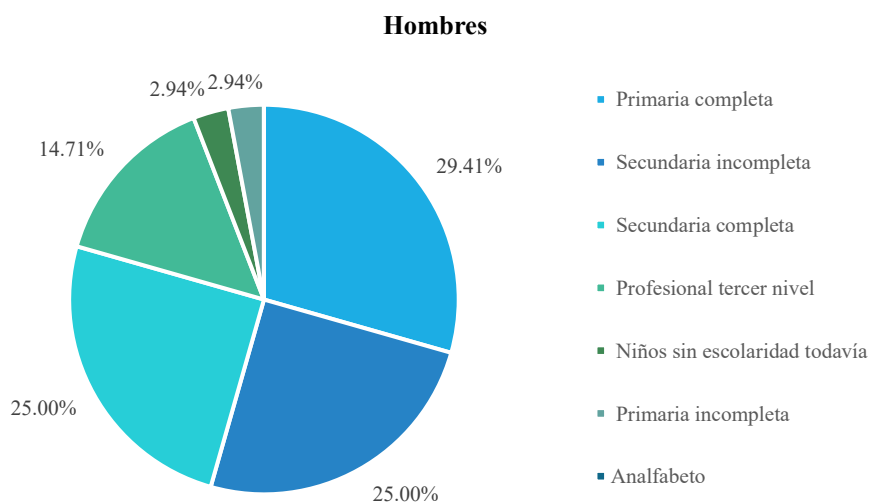


Fig. 6 Distribución según educación en hombres

Respecto al nivel educativo de las mujeres dentro de la comunidad, los datos reflejan que el 27.27% ha completado la educación primaria, porcentaje que coincide con el de aquellas que han alcanzado estudios de tercer nivel profesional. Esta igualdad porcentual destaca una notable presencia femenina con formación técnica o universitaria. En segundo término, el 19.48% ha finalizado la secundaria, seguido por un 11.69% con secundaria incompleta. Por otra parte, el 9.09% corresponde a niñas que aún no han ingresado al sistema escolarizado, mientras que un 5.19% presenta primaria incompleta. Es relevante señalar que no se identificaron casos de analfabetismo, ni mujeres con educación inicial, superior incompleta o formación de cuarto nivel.

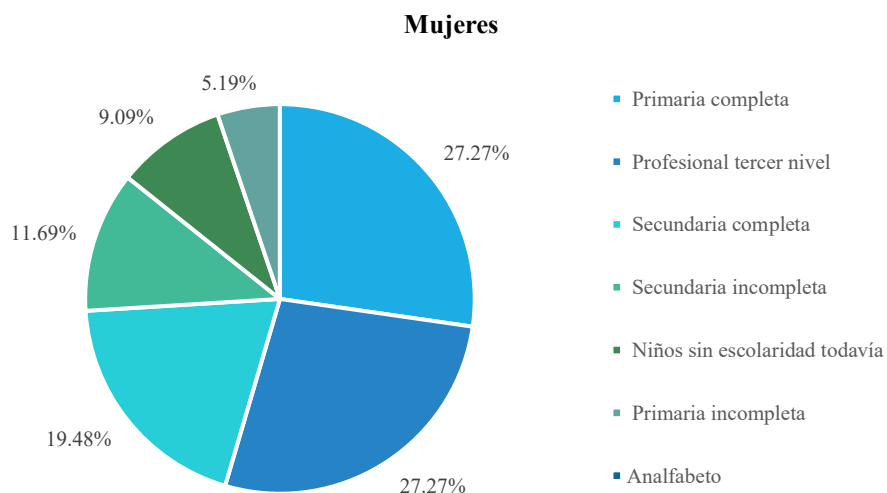


Fig. 7 Distribución según educación en mujeres

Salud

En el ámbito de la salud comunitaria, los resultados indican que el 97.24% de los habitantes no reportó afecciones significativas al momento de la encuesta. Solo se detectaron casos aislados de enfermedades diarreicas agudas (EDAS) y otras condiciones no especificadas, cada una con una representación del 1.38%. Cabe mencionar que no se registraron incidencias de enfermedades respiratorias agudas (ERAS), problemas cutáneos asociados al "mal aire" ni enfermedades reumáticas, lo que evidencia un panorama sanitario mayormente estable en la población evaluada.

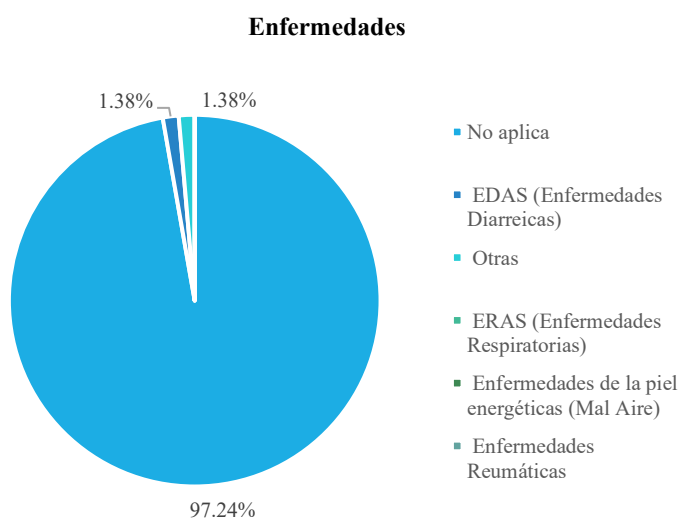


Fig. 8 Distribución según enfermedades

Ocupación del usuario

Respecto a la ocupación de los habitantes, la agricultura se destaca como la actividad predominante, con un 48.72% de la población dedicada a esta labor, lo que subraya su importancia como fuente principal de ingresos y empleo en la comunidad. Por otro lado, un 20.51% de los encuestados se encuentra en la categoría "otros", lo que sugiere una variedad de actividades laborales no formalizadas o de carácter autónomo. Asimismo, se observan participaciones en sectores como la construcción, con un 7.69%, así como en los ámbitos de funcionarios privados y públicos, y jornalero, cada uno con un 7.69%, mientras que el comercio representa un 5.13%.

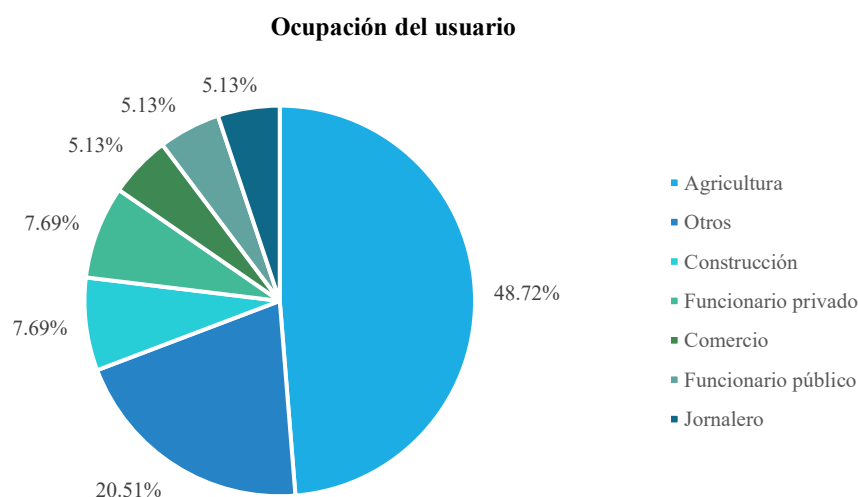


Fig. 9 Distribución según ocupación del usuario

Migración

Con respecto al tipo de migrante dentro de la comunidad, los resultados indican que el 87.18% de los encuestados no se identifica como migrante, lo que sugiere que la mayoría de las familias no tienen miembros migrantes o que la migración no juega un papel relevante en la estructura social de la comunidad. En cuanto a los migrantes identificados, el 7.69% corresponde a padres de familia, mientras que un 5.13% menciona a otros integrantes de la familia. Es importante resaltar que no se registraron casos de migración protagonizados por madres de familia.

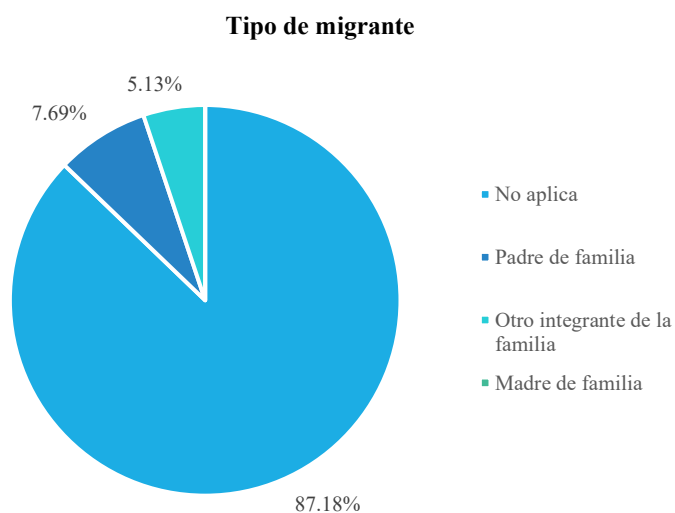


Fig. 10 Distribución según tipo de migrante

En cuanto al destino de la migración, la mayoría de los encuestados, un 87.18%, señaló que no aplica a la migración. Por otro lado, un 10.26% expresó desconocer el destino de los migrantes. En una proporción menor, un 2.56% de la población migrante indicó que su destino es España.

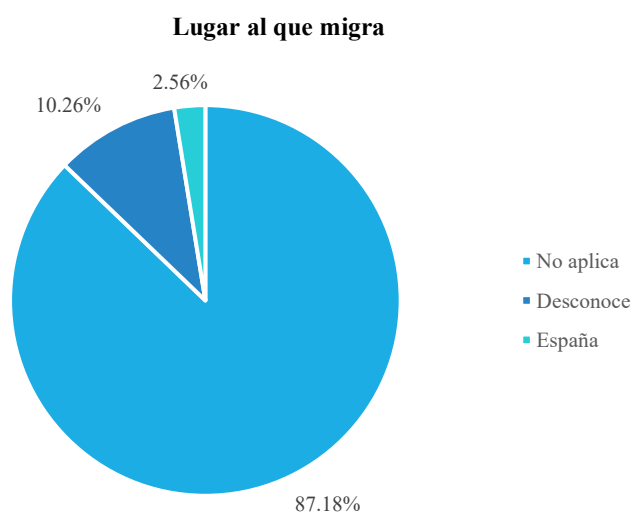


Fig. 11 Distribución según lugar al que migra

En relación con la actividad del migrante, la mayoría de los encuestados, con un 87.18%, indicó que no aplica a la migración. Por otro lado, un 7.69% mencionó que la migración está relacionada con otras actividades. En una proporción menor, un 5.13% señaló que el motivo principal de la migración es el trabajo doméstico.

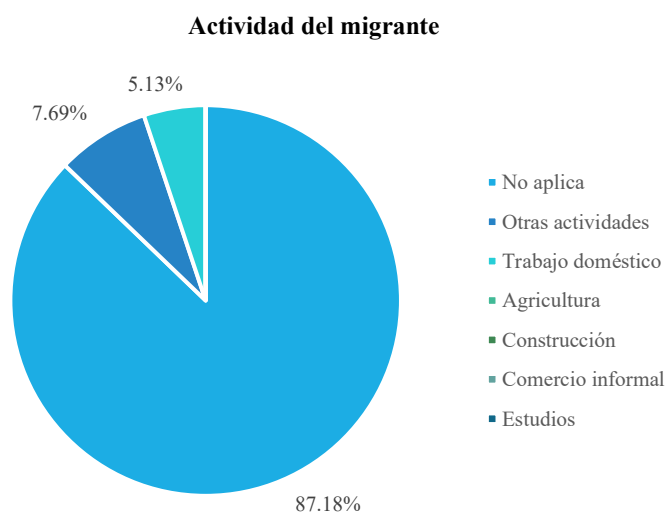


Fig. 12 Distribución según actividad del migrante

En cuanto a las motivaciones para migrar, el 87.18% de los encuestados indicó que no aplica a esta situación. De aquellos que sí señalaron un motivo, un 7.69% mencionó razones diversas no especificadas. Por otro lado, un 5.13% indicó que su principal objetivo al migrar fue mejorar sus ingresos.

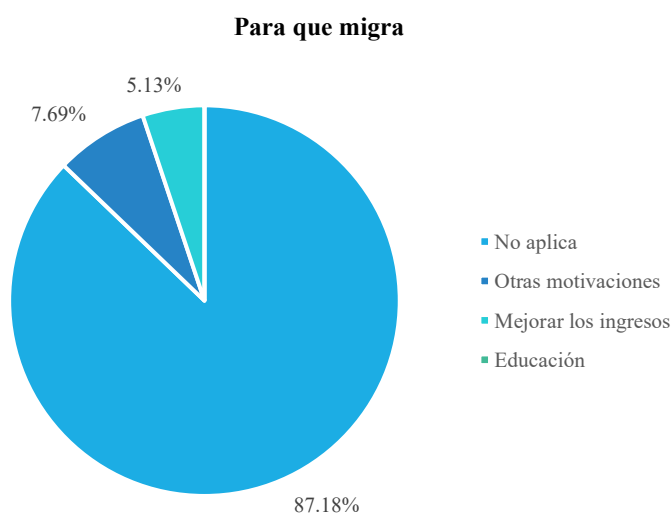


Fig. 13 Distribución según para que migra

Vivienda

En lo que respecta al tipo de vivienda, se observa que la mayoría de los hogares están contruidos con hormigón armado (losa), representando el 61.54% de los casos. A continuación, un 17.95% de las viviendas emplean una combinación de bloque y eternit-zinc, mientras que el 15.38% utiliza ladrillo junto con eternit-zinc. Finalmente, solo un 5.13% de las viviendas emplea materiales tradicionales como taqpial, adobe y paja.

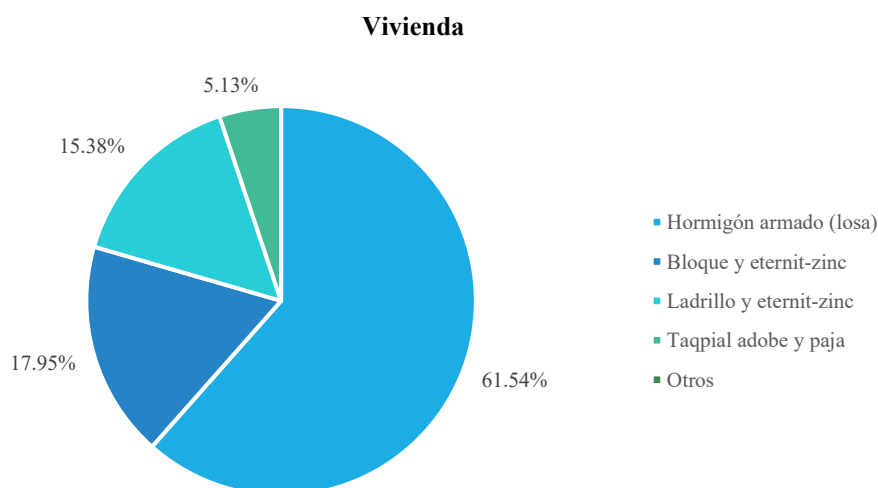


Fig. 14 Distribución según vivienda

Servicios básicos e infraestructura sanitaria

En relación con el acceso al agua potable, se observa que la mayoría de los hogares, con un 87.18%, tiene acceso a este servicio, lo que evidencia una cobertura considerable. Sin embargo, un 12.82% de los hogares aún no dispone de agua potable, lo que resalta una significativa brecha en la cobertura de este recurso esencial.

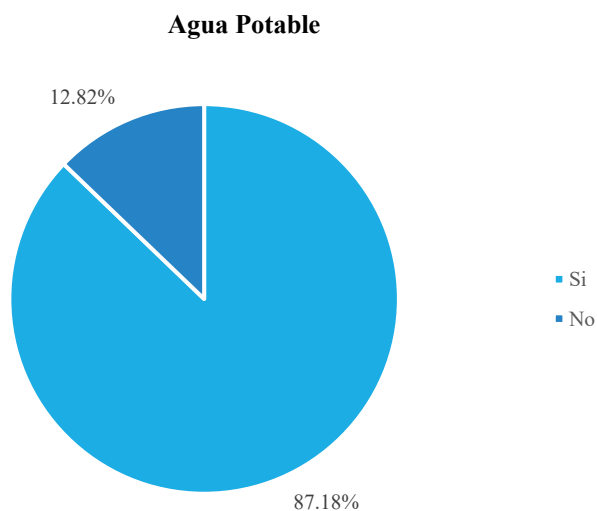


Fig. 15 Distribución según agua potable

En cuanto al acceso al servicio eléctrico, la mayoría de los hogares, con un 84.62%, dispone de este servicio, lo que refleja una cobertura considerable. Sin embargo, un 15.38% de los hogares aún carecen de acceso a electricidad, lo que subraya una notable brecha en la cobertura de este recurso esencial.

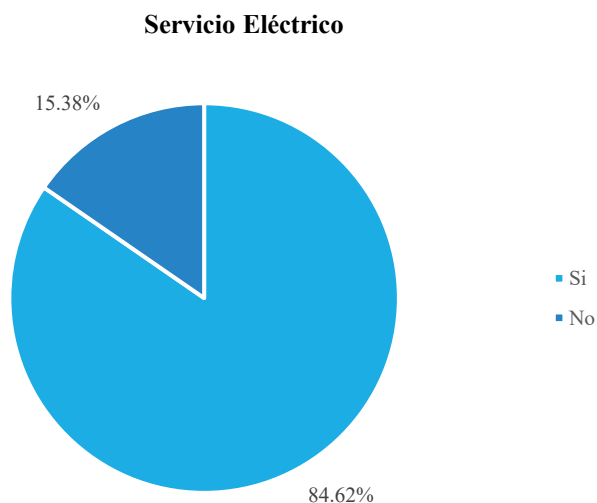


Fig. 16 Distribución según servicio eléctrico

Respecto a la conexión a la red de alcantarillado, el 56.41% de los hogares está vinculado a este servicio, lo que indica una cobertura parcial. Por otro lado, un 43.59% de los hogares aún no tiene conexión, lo que evidencia una brecha considerable en la disponibilidad de este servicio básico.

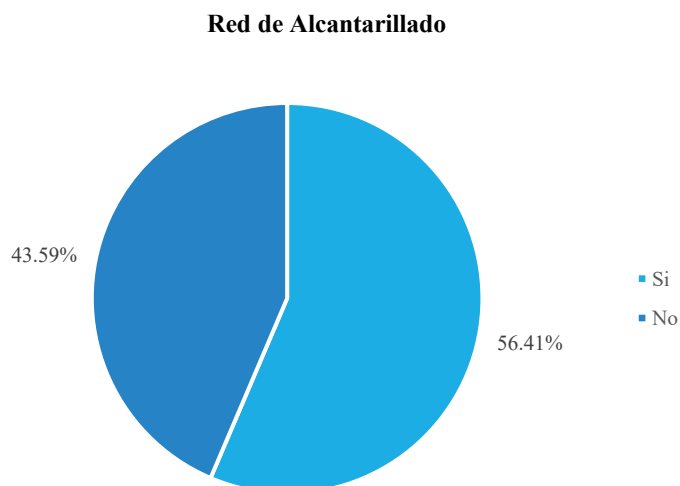


Fig. 17 Distribución según red de alcantarillado

En relación con el acceso a internet, el 61.54% de los hogares tiene disponibilidad de este servicio, lo que refleja una cobertura significativa. Por otro lado, el 38.46% restante no dispone de acceso a internet, lo que destaca una brecha en la conectividad en la comunidad.

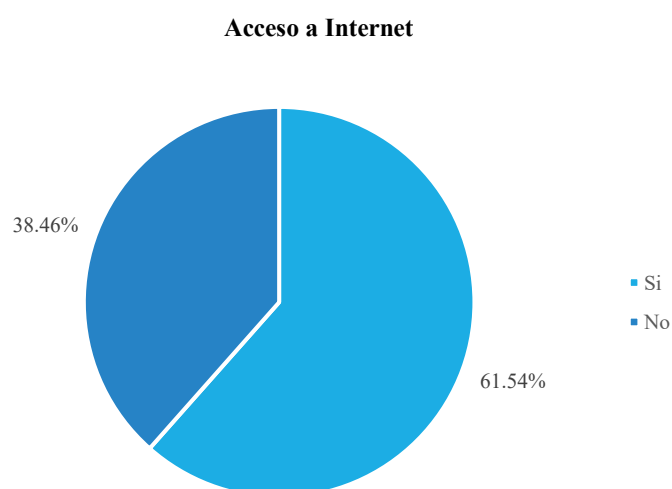


Fig. 18 Distribución según acceso a internet

Eliminación de aguas residuales y basura

Respecto a la eliminación de aguas residuales, el 51.28% de los hogares está conectado a la red pública de alcantarillado, lo que indica una cobertura considerable. En segundo lugar, un 35.90% utiliza un pozo séptico como sistema de tratamiento. Por otro lado, un 12.82% de los

hogares descarga directamente las aguas residuales en quebradas, ríos o terrenos. Es importante destacar que no se registraron hogares sin un sistema definido para la eliminación de aguas residuales.

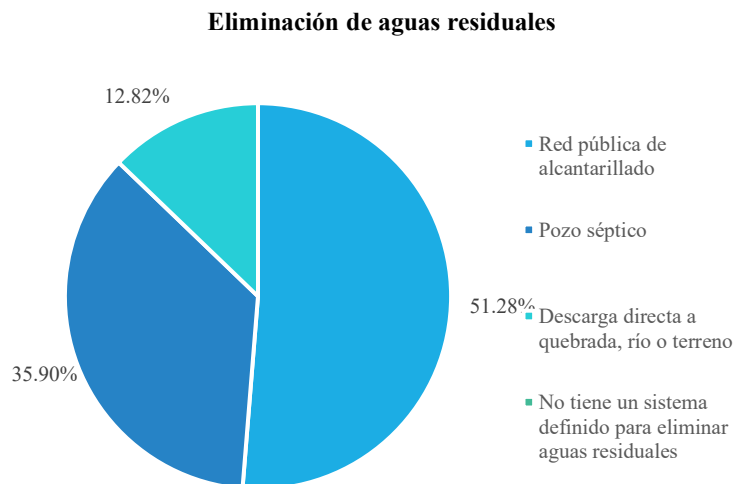


Fig. 19 Distribución según eliminación de aguas residuales

En cuanto al manejo de la basura doméstica, el 92.31% de los hogares gestionan sus desechos mediante el servicio de recolección de basura. Por otro lado, un 5.13% de los hogares optan por arrojar la basura en quebradas, mientras que un 2.56% recurre a la incineración de residuos.

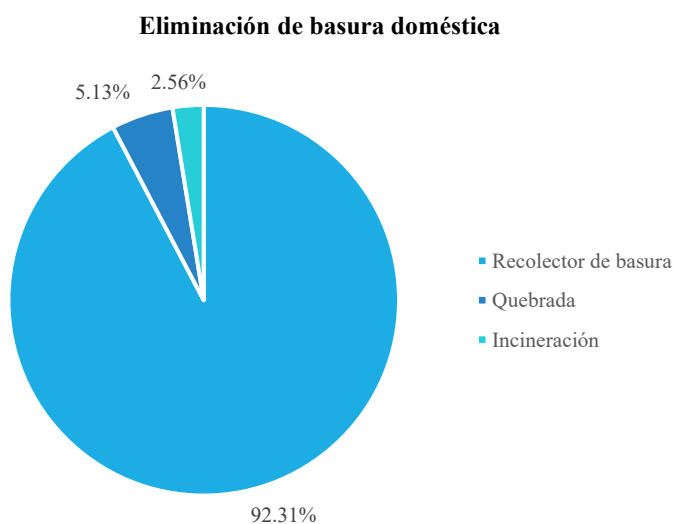


Fig. 20 Distribución según eliminación de basura domestica

3. Levantamiento topográfico

Finalizado el levantamiento topográfico, que comprendió tanto la etapa de campo mediante el uso de tecnología GNSS-RTK como la fase de procesamiento en software especializado, se generaron los planos topográficos correspondientes al área de estudio. En estos, se representaron con precisión las características topográficas del terreno; además, se integraron de manera detallada las curvas de nivel del barrio Cochaló El Carmen. Asimismo, se georreferenció elementos clave del entorno, entre ellos las viviendas, Cementerio Municipal Cantón Pillaro y el Complejo Ecológico Callate, lo cual permitió obtener una representación integral del sector.

B. FASE II: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

1. Período de diseño

El periodo de diseño estipulada por la Norma 5 de la INEN, parte 9-2, para un sistema de alcantarillado es de 20 años; por lo tanto, se ha seleccionado una duración de diseño de 25 años. Se han incorporado 5 años adicionales como medida de precaución, debido al tiempo previsto necesario para la adjudicación y construcción del proyecto.

2. Población actual

La población actual de la zona de estudio fue de 238 habitantes, según los datos obtenidos a través de encuestas aplicadas en la comunidad de Cochaló El Carmen, lo cual sirvió como base para la población de diseño.

3. Población de diseño

La estimación de la población de diseño, también denominada población futura, se llevó a cabo mediante la aplicación de métodos matemáticos establecidos en [18]. En particular, se consideraron los enfoques aritmético, geométrico y exponencial.

A continuación, se muestran los datos de los censos realizados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) de los años 1990, 2001, 2010 y 2022, de la parroquia urbana Pillaro.

TABLA I
CRECIMIENTO POBLACIONAL HISTÓRICO DE LA PARROQUIA URBANA PÍLLARO

Año del Censo	Población (INEC)
1990	11147
2001	11861
2010	13405
2022	16012

Método Aritmético

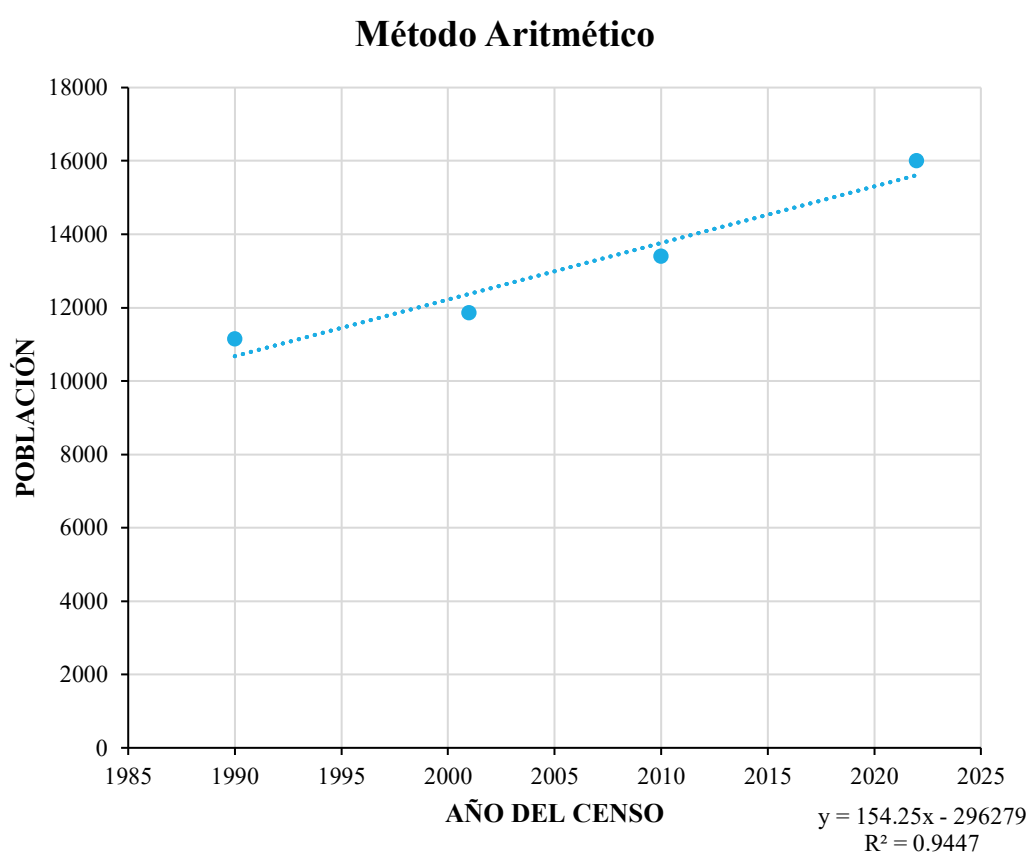


Fig. 21 Línea de tendencia poblacional según el método aritmético

En la figura, se muestra una línea de tendencia lineal derivada del método aritmético, que indica un aumento constante de la población. La ecuación de tendencia se representa como $y = 154.25x - 296279$, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,9447$.

Método Geométrico

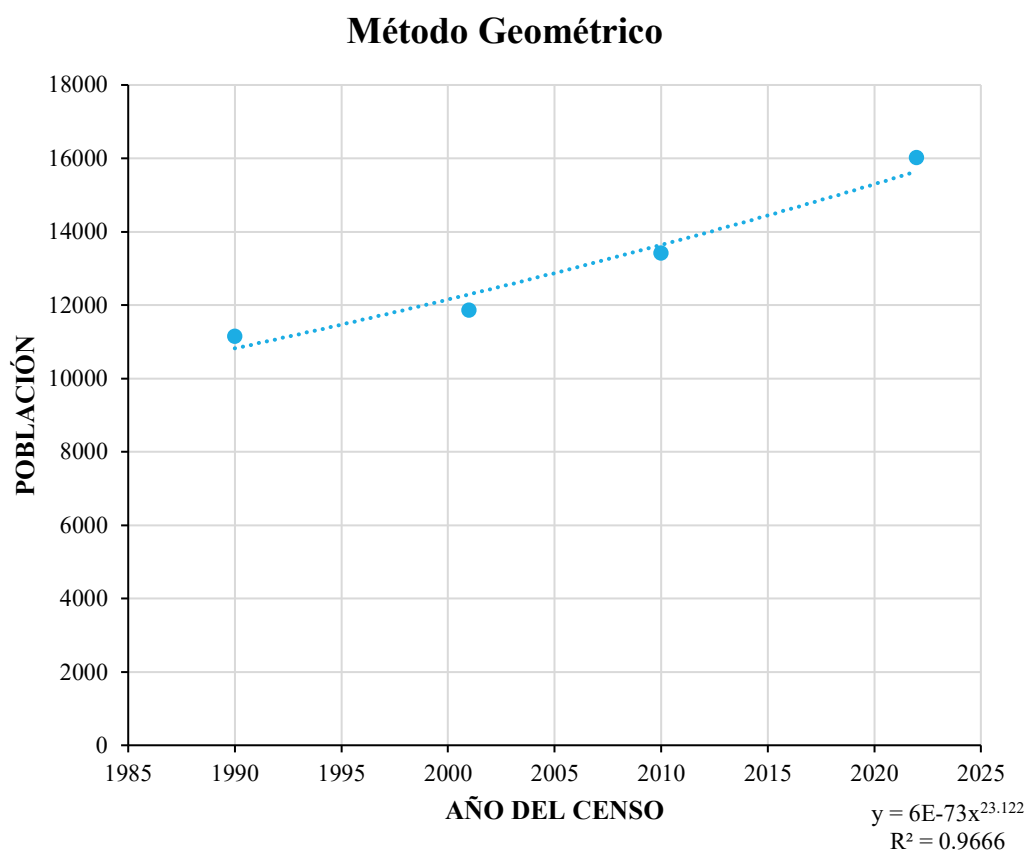


Fig. 22 Línea de tendencia poblacional según el método geométrico

De igual manera en la figura, se muestra una línea de tendencia lineal derivada del método geométrico, que indica de igual manera un aumento constante de la población. La ecuación de tendencia se representa como $y = 6E - 73x^{23.122}$, con un coeficiente de determinación, $R^2 = 0,9666$.

Método Exponencial

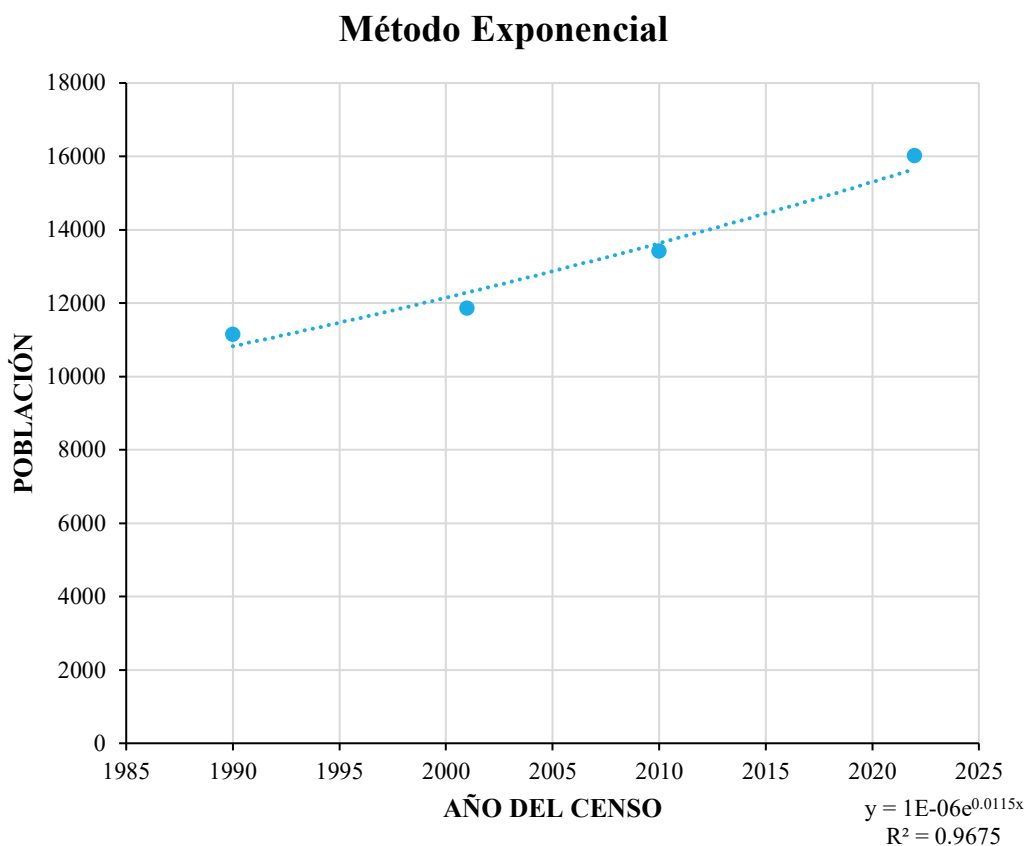


Fig. 23 Línea de tendencia poblacional según el método exponencial

Por último, en la figura, se muestra una línea de tendencia ajustada mediante el método exponencial, que indica un aumento constante de la población. La ecuación de tendencia se representa como $y = 1E - 06e^{0.0115x}$, con un coeficiente de determinación, $R^2 = 0,9675$.

Tras la creación de gráficos de crecimiento de la población para pronosticar las tendencias demográficas futuras, se determinó que el método geométrico era el enfoque más adecuado para esta evaluación. De acuerdo con [18], esta metodología se considera apropiada en contextos en los que el crecimiento de la población se mantiene estable.

La tasa de crecimiento poblacional fue calculada con la siguiente ecuación:

(1)

$$r = \left[\left(\frac{Pff}{Pi} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] * 100$$

Donde,

r = Tasa de crecimiento

Pff = Población futura

Pi = Población actual

n = Periodo de tiempo

En la siguiente tabla se presentan los resultados del crecimiento poblacional, calculado mediante el método geométrico, obteniendo un crecimiento promedio del 1,14%.

TABLA II
TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL SEGÚN EL MÉTODO GEOMÉTRICO

Método Geométrico			
Año del Censo	Población (INEC)	Intervalo de Tiempo	r (%)
1990	11147		
2001	11861	11	0.57
2010	13405	9	1.37
2022	16012	12	1.49
r promedio			1.14

Por último, la población de diseño se calculó mediante la siguiente ecuación:

(2)

$$Pf = Pa * (1 + r)^n$$

Donde,

r = Tasa de crecimiento

Pf = Población futura

Pa = Población actual

n = Periodo de diseño

$$Pf = 238 \text{ hab} * \left(1 + \frac{1.14}{100}\right)^{25}$$

$$Pf = 316 \text{ hab}$$

La población futura que se obtuvo fue de 316 habitantes, con el método geométrico que fue seleccionado para obtener una tasa de crecimiento del 1.14%.

4. Densidad poblacional futura

La densidad población futura se calculó mediante la siguiente ecuación:

(3)

$$Dpf = \frac{Pf}{A}$$

Donde,

Dpf = Densidad poblacional

Pf = Población futura

A = Área del proyecto

$$Dpf = \frac{316 \text{ hab}}{43.86 \text{ Ha}}$$

$$Dpf = 7.21 \frac{\text{hab}}{\text{Ha}}$$

5. Dotación

Para establecer la dotación, se identificó que el área de estudio presenta un clima frío y una población proyectada de hasta 5000 habitantes. Con base en estos datos y conforme a los rangos

establecidos en la norma INEN 005-9-1, se seleccionó un valor de dotación media futura de 150 (l/hab/día).

6. Ubicación del sistema de alcantarillado sanitario

La red de alcantarillado sanitario se ha diseñado meticulosamente para recolectar y transportar las aguas residuales producidas en el sector de Cochaló El Carmen con destino a la PTAR Callate. El posicionamiento y diseño de esta red aprovecha las condiciones topográficas, lo que facilita una conducción efectiva mediante flujo gravitacional.

7. Trazado del sistema de alcantarillado sanitario

El sistema de alcantarillado sanitario se diseñó detalladamente teniendo en cuenta el funcionamiento por gravedad, y se adaptó a las características topográficas específicas del terreno. Compuesto por 49 tramos de tuberías de PVC, interconectados por 51 pozos de inspección ubicados estratégicamente a lo largo de la ruta.

Sin embargo, durante la fase de diseño, se identificaron ciertas áreas del proyecto en las que la topografía requería profundidades de excavación que superaran el límite técnico recomendado de 5 metros para facilitar el flujo por gravedad. Esta situación plantea un riesgo operacional considerable, aumenta considerablemente los costos de construcción y agrava tanto la implementación como el mantenimiento a largo plazo del sistema. En consecuencia, se determinó que extender el sistema de alcantarillado sanitario a estas áreas no sería factible, priorizando así la viabilidad técnica, económica y constructiva del proyecto.

8. Áreas de aportación

Las áreas de aportación consideradas en el diseño de la red de alcantarillado sanitario son cruciales para comprender la funcionalidad del sistema, además de facilitar los análisis hidráulicos y el dimensionamiento preciso de sus componentes. A continuación, se muestran los valores de superficie de estas áreas, expresados en hectáreas.

TABLA III
ÁREAS DE APORTACIÓN

Figura	Área (ha)	Figura	Área (ha)	Figura	Área (ha)	Figura	Área (ha)
1	1.23	24	0.41	47	0.22	70	0.42
2	0.29	25	0.68	48	0.21	71	0.32
3	0.25	26	0.40	49	0.14	72	0.33
4	0.36	27	0.25	50	0.25	73	0.27
5	0.28	28	0.63	51	0.06	74	0.38
6	0.14	29	0.39	52	0.32	75	0.59
7	0.26	30	0.06	53	0.28	76	0.60
8	0.55	31	0.21	54	0.52	77	0.86
9	0.47	32	0.29	55	0.53	78	0.87
10	0.81	33	1.04	56	0.68	79	0.56
11	0.67	34	0.34	57	0.78	80	0.64
12	0.37	35	0.48	58	0.75	81	0.62
13	0.89	36	0.74	59	0.88	82	0.40
14	0.96	37	0.39	60	0.65	83	0.52
15	0.53	38	0.19	61	0.25	84	0.49
16	0.23	39	0.70	62	0.40	85	0.64
17	0.59	40	0.23	63	0.20	86	0.48
18	0.90	41	0.84	64	0.49	87	0.41
19	0.22	42	1.00	65	0.60	88	0.65
20	0.28	43	0.31	66	0.27	89	0.40
21	0.12	44	0.45	67	0.13	90	0.60
22	0.17	45	0.24	68	0.46	91	0.41
23	0.50	46	0.71	69	0.83	92	0.48

Total	43.86	ha
-------	-------	----

9. Caudal de diseño

Para determinar el caudal de diseño se utilizó el siguiente proceso:

Primero se determinó el caudal medio diario.

(4)

$$Qmd_{Ap} = \frac{Pf * Df}{86400}$$

Donde,

Pf = Población Futura

Df = Dotación Futura

Qmd_Ap = Caudal medio diario

$$Qmd_{Ap} = \frac{\frac{6 \text{ hab} * 150 \frac{L}{\text{hab}}}{\text{día}}}{86400}$$

$$Qmd_{Ap} = 0.0104 \frac{L}{s}$$

Segundo se calculó el caudal medio sanitario.

(5)

$$Qmds = C * Qmd_{Ap}$$

Donde,

Qmds = Caudal medio diario sanitario

C = Coeficiente de Retorno

QmdAp= Caudal medio diario

Nota: Para el estudio el valor de C fue de 70%

$$Qmds = 70\% * 0.0104 \frac{L}{s}$$

$$Qmds = 0.0073 \frac{L}{s}$$

Tercero se calculó el factor de mayoración según el método de Babbitt.

(6)

$$M = \frac{5}{P^{0.20}}$$

Donde,

M = Coeficiente de mayoración

P = Población en miles

$$M = \frac{5}{\left(\frac{316}{1000}\right)^{0.20}}$$

$$M = 6.3$$

$$2 \leq M \leq 3.8$$

$$M = 3.8$$

Cuarto se calculó el factor de mayoración según el método de Harmon.

(7)

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{p}}$$

Donde,

M = Coeficiente de mayoración

P = Población en miles

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{316}{1000}}}$$

$$M = 3.8$$

Se seleccionó un factor de mayoración (M) utilizando el método de Harmon, aplicable a poblaciones con entre 1 000 y 1 000 000 habitantes.

Quinto se calculó el caudal máximo instantáneo.

(8)

$$Q_{ins} = M * Q_{mds}$$

Donde,

Q_{mds} = Caudal medio diario sanitario

Q_{ins} = Caudal máximo instantáneo

M = Coeficiente de mayoración

$$Q_{ins} = 3.8 * 0.0073 \frac{L}{s}$$

$$Q_{ins} = 0.028 \frac{L}{s}$$

Sexto se calculó el caudal de conexiones erradas.

(9)

$$Q_e = (5\% - 10\%) Q_{ins}$$

Donde,

Q_{ins} = Caudal máximo instantáneo

Q_e = Caudal por conexiones erradas

$$Q_e = 10\% * 0.028 \frac{L}{s}$$

$$Q_e = 0.0028 \frac{L}{s}$$

Séptimo se calculó el caudal de infiltración.

(10)

$$Q_{inf} = I * L$$

Donde,

Q_{inf} = Caudal infiltración

L = Longitud del tramo

I = Coeficiente de infiltración

Nota: El coeficiente de infiltración fue establecido conforme a lo indicado en la Tabla 2.5 (Coeficientes de infiltración en tuberías - q_{inf} (L/s/m)) en [18], la cual asigna un valor de 0.00015 bajo condiciones de tubería PVC, presencia de uniones con material adherente y nivel freático alto.

$$Q_{inf} = 0.00015 * 80.64 \text{ m}$$

$$Q_{inf} = 0.012 \frac{L}{s}$$

Por último, se calculó el caudal de diseño.

(11)

$$Q_d = Q_{ins} + Q_e + Q_{inf}$$

Donde,

Q_d = Caudal de Diseño

Q_{ins} = Caudal máximo instantáneo

Q_e = Caudal por conexiones erradas

Q_{inf} = Caudal infiltración

$$Q_d = 0.028 \frac{L}{s} + 0.0028 \frac{L}{s} + 0.012 \frac{L}{s}$$

$$Q_d = 0.043 \frac{L}{s}$$

Nota: Se integró un caudal adicional de $2 \frac{L}{s}$ en el sistema para adaptarse a las posibles conexiones de las regiones adyacentes. Esta estrategia garantiza que el sistema esté equipado para gestionar un aumento de la demanda sin necesidad de realizar modificaciones rápidas.

$$Q_d = 2.043 \frac{L}{s}$$

10. Pendiente mínima y máxima

Primero se debe calcular la pendiente natural del terreno.

(12)

$$i = \frac{CTf - CTi}{L} * 100$$

Donde,

i= Pendiente natural del terreno

CTf= Cota final del terreno

CTi= Cota inicial del terreno

L = Longitud del tramo

$$i = \frac{2873.94 - 2873.81}{80.64} * 100$$

$$i = 0.16 \%$$

Segundo se calcula la gradiente hidráulica del proyecto.

(13)

$$S = \frac{Ci - Ct}{L} * 100$$

Donde,

S = Gradiente hidráulica

Ci = Cota inicial

Ct = Cota final

L = Longitud del tramo

$$S = \frac{(2873.94 - 1.50) - (2873.81 - 2.00)}{80.64} * 100$$

$$S = 0.78\%$$

Tercero se calculó la pendiente mínima en base a un diámetro de tubería de 200 milímetros.

(14)

$$S_{\min} = \left(\frac{n * V_{\min}}{0.397 * D^{\frac{2}{3}}} \right)^2 * 100$$

Donde,

Smin = Pendiente mínima

n = Coeficiente de Manning

Vmin = Velocidad mínima

D = Diámetro de tubería

Nota: En el proyecto se escogió una tubería de tipo PVC, con un coeficiente de rugosidad de 0.011, mientras que la velocidad mínima es de $0.30 \frac{m}{s}$.

$$S_{\min} = \left(\frac{0.011 * 0.3 \frac{m}{s}}{0.397 * (0.20m)^{\frac{2}{3}}} \right)^2 * 100$$

$$S_{\min} = 0.50\%$$

Cuarto se calculó la pendiente máxima en base a un diámetro de tubería de 200 milímetros.

(15)

$$S_{\max} = \left(\frac{n * V_{\max}}{0.397 * D^{\frac{2}{3}}} \right)^2 * 100$$

Donde,

Smax= Pendiente máxima

n = Coeficiente de Manning

Vmin = Velocidad máxima

D = Diámetro de tubería

Nota: En el proyecto se escogió una tubería de tipo PVC, con un coeficiente de rugosidad de 0.011, mientras que la velocidad máxima es de $4.5 \frac{m}{s}$.

$$S_{m\acute{a}x} = \left(\frac{0.011 * 4.5 \frac{m}{s}}{0.397 * (0.2m)^{\frac{2}{3}}} \right)^2 * 100$$

$$S_{m\acute{a}x} = 13.29\%$$

11. Velocidad de diseño

Velocidad mínima

Según lo establecido en la normativa vigente, la velocidad mínima del flujo en tuberías completamente llenas no debe ser inferior a $0.45 \frac{m}{s}$ y, preferentemente, debe superar los $0.6 \frac{m}{s}$, con el fin de evitar la formación y acumulación de gas sulfhídrico. Por otro lado, para tuberías que operan parcialmente llenas, se admite una velocidad mínima de $0.3 \frac{m}{s}$.

Velocidad máxima

Según lo establecido en la normativa vigente, la velocidad máxima del flujo en tuberías de material plástico es de en $4.5 \frac{m}{s}$ para garantizar un funcionamiento hidráulico seguro sin comprometer la integridad del sistema.

12. Diámetro de diseño

Se calculó el diámetro de la tubería.

(16)

$$D = \left(\frac{Qd * n}{0.312 * S^{\frac{1}{2}}} \right)^{3/8}$$

Donde,

S = Gradiente hidráulica

n = Coeficiente de Manning

D = Diámetro de tubería

Qd = Caudal de diseño

$$D = \left(\frac{2.043 * 0.011}{0.312 * \left(\frac{0.78}{100} \right)^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}} * 1000$$

$$D = 69.50 \text{ mm}$$

Se obtuvo un valor menor a 200 mm siendo este el diámetro mínimo recomendado para redes de alcantarillado sanitario [15]. Por lo tanto, se asumió un diámetro de tubería de 200 mm para garantizar el cumplimiento de las normas y asegurar el correcto funcionamiento del sistema.

13. Parámetros hidráulicos a tubo lleno

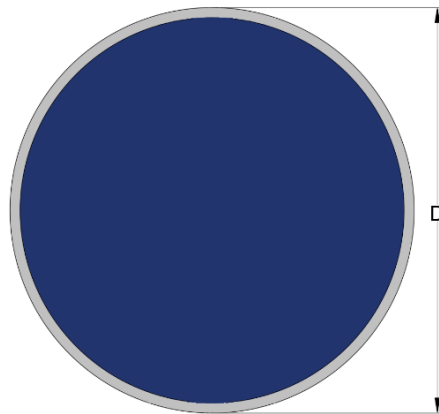


Fig. 24 Sección a tubo lleno

Primero se calculó el área.

(17)

$$A_{TLL} = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Donde,

ATLL= Área de la tubería totalmente llena

D = Diámetro de tubería

$$A_{TLL} = \frac{\pi * (0.20 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_{TLL} = 0.03 \text{ m}^2$$

Segundo se calculó el perímetro.

(18)

$$P_{TLL} = \pi * D$$

Donde,

PTLL= Perímetro de la tubería totalmente llena

D = Diámetro de tubería

$$P_{TLL} = \pi * 0.20 \text{ m}$$

$$P_{TLL} = 0.63 \text{ m}$$

Tercero se calculó el radio hidráulico.

(19)

$$RH_{TLL} = \frac{A_{TLL}}{P_{TLL}}$$

Donde,

RHTLL= Radio hidráulico de la tubería totalmente llena

PTLL= Perímetro de la tubería totalmente llena

ATLL = Área de la tubería totalmente llena

$$RH_{TLL} = \frac{0.03 \text{ m}^2}{0.63 \text{ m}} = 0.047 \text{ m}$$

$$RH_{TLL} = 47 \text{ mm}$$

Cuarto se calculó el caudal.

(20)

$$Q_{TLL} = \frac{0.312}{n} * D^{\frac{8}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde,

QTLL= Caudal de la tubería totalmente llena

n = Coeficiente de rugosidad

D = Diámetro de la tubería

S= Gradiente hidráulica

$$Q_{TLL} = \frac{0.312}{0.011} * (0.2m)^{\frac{8}{3}} * \left(\frac{0.78}{100}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_{TLL} = 34.27 \frac{L}{s}$$

Quinto se calculó la velocidad.

(21)

$$V_{TLL} = \frac{0.397}{n} * D^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde,

VTLL=Velocidad a tubo lleno

n = Coeficiente de rugosidad

D = Diámetro de la tubería

S = Gradiente hidráulica

$$V_{TLL} = \frac{0.397}{0.011} * (0.2m)^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{0.78}{100}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{TLL} = 1.09 \frac{m}{s}$$

14. Parámetros hidráulicos a tubo parcialmente lleno

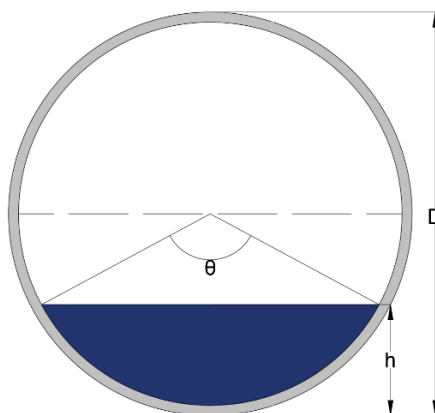


Fig. 25 Sección a tubo parcialmente lleno

Para mejorar la precisión de los cálculos, se empleó el software HCanales para determinar el calado. El sistema debe funcionar mediante fuerzas gravitacionales y con un flujo superficial no confinado, lo que permite alcanzar el 75% del diámetro interno de la tubería, reservando así el 25% superior como área de ventilación. Esta configuración facilita el tránsito del flujo sanitario y mitiga el riesgo de acumulación de gases tóxicos.

Primero se verifico el calado del flujo.

Calculo del tirante normal, sección circular

Lugar: Cochaló El Carmen Proyecto: Diseño de alcantarillado sani

Tramo: Pz1-Pz2 Revestimiento: PVC

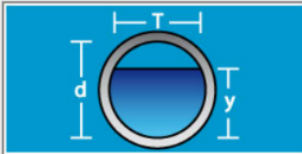
Datos:

Caudal (Q): 0.002033 m3/s

Diámetro (d): 0.20 m

Rugosidad (n): 0.011

Pendiente (S): 0.008 m/m



Resultados:

Tirante normal (y): 0.0329 m

Perímetro mojado (p): 0.1669 m

Área hidráulica (A): 0.0034 m2

Radio hidráulico (R): 0.0202 m

Espejo de agua (T): 0.1482 m

Velocidad (v): 0.6030 m/s

Número de Froude (F): 1.2765

Energía específica (E): 0.0514 m-Kg/Kg

Tipo de flujo: Supercrítico

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora Reporte

Fig. 26 Cálculo del tirante normal en el tramo de tubería con flujo parcialmente lleno.

El nivel máximo de agua en las tuberías no debe exceder el 75% del diámetro.

(22)

$$h \leq 0.75 * D$$

Donde,

h = Tirante normal

D = Diámetro de la tubería

$$33.10 \text{ mm} \leq 0.75 * 200 \text{ mm}$$

$$33.10 \text{ mm} \leq 150 \text{ mm}$$

Si cumple

Segundo se calculó el ángulo.

(23)

$$\theta = 2 * \arccos \left(1 - \frac{2h}{D} \right)$$

Donde,

h = Tirante normal

D = Diámetro de la tubería

$$\theta = 2 * \arccos \left(1 - \frac{2 * 0.0331 \text{ m}}{0.20 \text{ m}} \right)$$

$$\theta = 96.02^\circ$$

Tercero se calculó el caudal.

(24)

$$Q_{PLL} = \frac{D^{8/3}}{7257.17 * n * (2\pi\theta)^{2/3}} * (2\pi\theta - 360\text{sen}(\theta))^{\frac{5}{3}} * S^{1/2}$$

Donde,

S = Gradiente hidráulica

D = Diámetro de la tubería

$$Q_{PLL} = \frac{(0.20 \text{ m})^{\frac{8}{3}}}{7257.17 * 0.011 * (2\pi * 96.02)^{\frac{2}{3}}} * (2\pi * 96.02 - 360\text{sen}(96.02))^{\frac{5}{3}} * \left(\frac{0.78}{100}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_{PLL} = 0.0020 \frac{L}{s}$$

Cuarto se calculó la velocidad.

(25)

$$V_{PLL} = \frac{0.397 * D^{2/3}}{n} * \left(1 - \frac{360\text{sen}(\theta)}{2\pi\theta}\right)^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

Donde,

S = Gradiente hidráulica

D = Diámetro de la tubería

$$V_{PLL} = \frac{0.397 * (0.20 \text{ m})^{\frac{2}{3}}}{0.011} * \left(1 - \frac{360\text{sen}(96.02)}{2\pi * 96.02}\right)^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{0.78}{100}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{PLL} = 0.60 \frac{m}{s}$$

Quinto se calculó el radio hidráulico.

(26)

$$R_{HLL} = \frac{D}{4} * \left(1 - \frac{360\text{sen}(\theta)}{2\pi\theta}\right)$$

Donde,

D= diámetro de la tubería

$$R_{HLL} = \frac{0.20 \text{ m}}{4} * \left(1 - \frac{360\text{sen}(96.02)}{2\pi * 96.02}\right)$$

$$R_{HLL} = 0.02033 \text{ m}$$

$$R_{HLL} = 20.33 \text{ mm}$$

15. Tensión tractiva

(27)

$$\tau = \rho * g * R_{HLL} * S$$

Donde,

τ = Tensión tractiva

S = Gradiente hidráulica

ρ = Densidad del agua

g = Gravedad

$$\tau = 1000 \frac{kg}{m^3} * 9.81 \frac{m}{s^2} * 0.02033m * \left(\frac{0.78}{100} \right)$$

$$\tau = 1.60 \text{ Pa}$$

16. Planos

Se desarrolló un conjunto de planos para el sistema de alcantarillado sanitario, que abarca la topografía del terreno, la implantación de tuberías y pozos de inspección, la delineación de las áreas de aportación, así como tanto el diseño hidráulico en la vista en planta como el diseño hidráulico en elevación.

C. FASE III: EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

1. Descripción de las características generales y físicas



Fig. 27 Vista general de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Callate

General

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Callate, ubicada en el barrio Callate del cantón Píllaro, provincia de Tungurahua, se sitúa en las coordenadas geográficas Zona: 17 M, Norte: 9871625.00 m, Este: 773181.00 m. Esta instalación recibe un área de aportación de 715.42 hectáreas y fue diseñada para atender una población de 7650 habitantes, con el objetivo de tratar las aguas residuales domésticas generadas en dicha localidad. La consideración del área de aportación y la población atendida permite dimensionar adecuadamente la capacidad y eficiencia del PTAR.

Además, opera bajo un sistema de pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y disposición final. Cabe destacar que el caudal de diseño es de $41.60 \frac{l}{s}$, lo que garantiza un funcionamiento continuo en condiciones estándar.

Las aguas residuales son tratadas mediante unidades que incluyen cribado, desarenador, 2 reactor anaeróbico de flujo ascendente (UASB) y 3 filtro anaeróbico de flujo ascendente (FAFA), logrando una eficiente remoción de la carga contaminante antes de su vertido. El efluente tratado se descarga finalmente en una quebrada cercana, cumpliendo con los límites

establecidos en Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA) [28].

El afluente presenta una DBO de $506 \frac{mg}{L}$, SST de $270 \frac{mg}{L}$ y pH de 7,42, mientras que el efluente alcanza valores de DBO de $74 \frac{mg}{L}$, SST de $36 \frac{mg}{L}$ y pH de 7,24, lo que evidencia un tratamiento efectivo y ambientalmente seguro.

Físicas

El proceso de tratamiento de aguas residuales consta de tres etapas. En primer lugar, se lleva a cabo el pretratamiento, que comprende un cribado para remover los sólidos y el uso de un desarenador para separar arena y otro materiales pesados. Seguidamente, en la fase correspondiente al tratamiento primario, el agua es conducida a un reactor anaeróbico de flujo ascendente con manto de lodos (UASB) para remover la materia orgánica. Por último, el efluente clarificado pasa a un filtro anaeróbico de flujo ascendente (FAFA), compuesto por tres compartimentos en el que continua con la depuración biológica.

El esquema general del proceso de tratamiento se presenta en la siguiente figura.

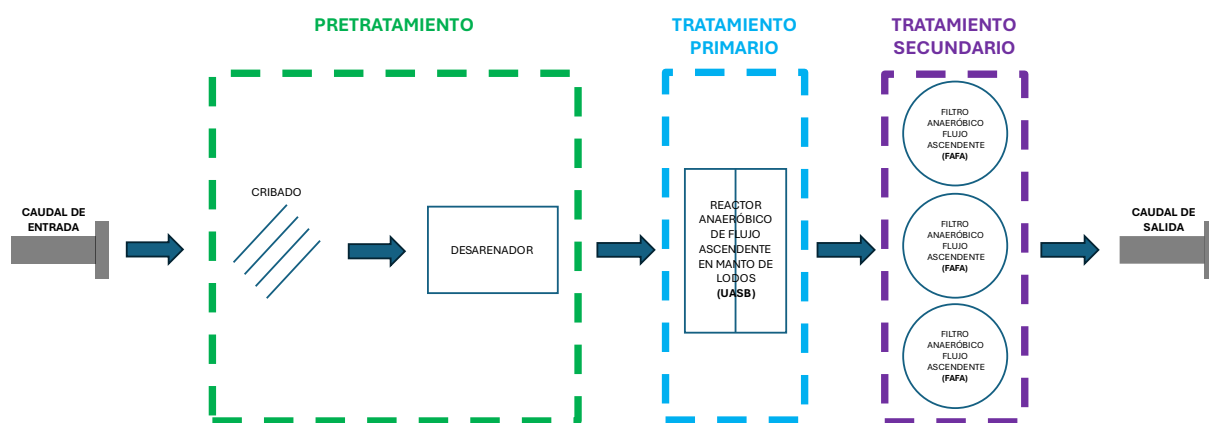


Fig. 28 Esquema del PTAR Callate

Cámara de entrada

El agua residual generada por las actividades domésticas de los habitantes de Callate es conducida mediante una tubería de hormigón vibropresado hacia una caja de revisión. Desde allí, fluye hacia una cámara de entrada o cámara recolectora, la cual tiene como función recibir

el caudal y distribuirlo hacia las siguientes unidades del tratamiento. Esta cámara presenta unas dimensiones de 2.10 m de ancho, 2.80 m de largo y 0.30 m de profundidad.

Rejilla

Inmediatamente después de la cámara de entrada, el agua residual pasa a través de una rejilla de cribado manual, cuya función es retener los sólidos gruesos (papel, plásticos, trapos, entre otros). La rejilla cuenta con dimensiones de 0.92 m de ancho y 0.30 m de largo, y está compuesta por 12 barrotes con un ancho de 0.02 m, espesor de 0.0064 m y una separación entre barrotes de 0.02 m. Esta unidad es fundamental para proteger las unidades posteriores del sistema.

Cámara desarenadora

Luego del cribado, el caudal ingresa a una cámara desarenadora de tipo horizontal, diseñada para remover partículas pesadas como arena, grava fina o residuos inorgánicos sedimentables. Sus dimensiones son 0.92 m de ancho, 8.62 m de largo, y 0.30 m de profundidad útil (con borde libre). La remoción de estos materiales evita la abrasión y acumulación en las unidades de tratamiento siguientes.

Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente En Manto De Lodos (UASB)

El tratamiento secundario se lleva a cabo en dos reactores anaeróbicos de flujo ascendente con manto de lodos (UASB), que permiten la digestión de la materia orgánica mediante procesos biológicos en ausencia de oxígeno. Cada unidad presenta unas dimensiones de 7.50 m de ancho, 9.00 m de largo y 4.00 m de altura total, con volumen adecuado para garantizar un tiempo de retención hidráulica suficiente y una alta eficiencia en la reducción de la carga contaminante.

Lecho de secado

Los lodos producidos en el proceso son derivados a un lecho de secado, el cual permite la deshidratación por filtración y evaporación. Esta estructura tiene 6.40 m de largo por 6.40 m de ancho, y una profundidad con zona libre de 0.70 m. El fondo está diseñado con materiales que favorecen el drenaje y facilita la recolección del lodo seco, permitiendo su disposición final o reutilización como acondicionador de suelos.

Filtro Anaeróbico De Flujo Ascendente (FAFA)

Posteriormente, el agua parcialmente tratada es enviada a un filtro anaeróbico de flujo ascendente (FAFA), el cual está compuesto por tres unidades circulares. Cada filtro tiene un diámetro de 6.50 m y una profundidad de 2.20 m. En su interior se aloja un medio soporte biológico (piedra, ripio de mina y ripio triturado) que facilita el crecimiento de biomasa fija y mejora la depuración del efluente.

2. Análisis de aguas residuales

Afluyente (Entrada)

TABLA IV
RESULTADO DEL ANÁLISIS DE AGUAS RESIDUALES DEL AFLUENTE AL PTAR CALLATE

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE *	CRITERIO DE RESULTADOS
Potencial de Hidrógeno (pH)	-	7.42	6.00 - 9.00	Conforme
Aceites y Grasas	mg/L	81.00	70.00	No conforme
Sulfatos	mg/L	10.00	400.00	Conforme
Nitritos	mg/L	0.46	-	
Fosfatos	mg/L	8.30	15.00	Conforme
Tensoactivos	mg/L	7.10	2.00	No conforme
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	506.00	250.00	No conforme
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	970.00	500.00	No conforme
Sólidos Sedimentables (SD)	mg/L	5.00	20.00	Conforme
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	270.00	220.00	No conforme
Coliformes Fecales	UFC/100m L	920000.00	-	

Nota: (*) Acuerdo Ministerial No. 097-A, TULSMA, Anexo 1, Libro VI, Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, Tabla 8: Límites de Descarga al Sistema de Alcantarillado Público.

El análisis de aguas residuales del afluyente muestra que parámetros como el potencial de hidrógeno (pH), los sulfatos, los fosfatos y los sólidos sedimentables (SD), se ajustan a los límites establecidos, la mayoría de los parámetros críticos como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), la demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), aceites y grasas, tensoactivos y coliformes fecales superan los valores permitidos, lo que significa una carga contaminante sustancial en el afluyente.

En base a los resultados obtenidos, es evidente la posible influencia de operaciones industriales en la calidad de agua residual. Esta afirmación está respaldada por las elevadas concentraciones de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), aceites y grasas, así como en la presencia significativa de tensoactivos. Estos parámetros son indicativos de los vertidos procedentes de los procesos de limpieza y desinfección que prevalecen en sectores como: industrias alimentarias, farmacéuticas, textiles y servicios automotrices.

Efluente (Salida)

TABLA V
RESULTADO DEL ANÁLISIS DE AGUAS RESIDUALES DEL EFLUENTE DEL PTAR CALLATE

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADOS	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE *	CRITERIO DE RESULTADOS
Potencial de Hidrógeno (pH)	-	7.24	6.00 - 9.00	Conforme
Aceites y Grasas	mg/L	<20.00	30.00	Conforme
Sulfatos	mg/L	5.84	1000.00	Conforme
Nitritos	mg/L	<1.00	-	-
Fosfatos	mg/L	2.70	10.00	Conforme
Tensoactivos	mg/L	4.01	0.50	No conforme
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	72.74	100.00	Conforme
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	191.70	200.00	Conforme
Sólidos Sedimentables (SD)	mg/L	<0.5	-	-
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	36.00	130.00	Conforme
Coliformes Fecales	UFC/100mL	5400000.00	2000.00	No conforme

Nota: (*) Acuerdo Ministerial No. 097-A, TULSMA, Anexo 1, Libro VI, Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, Tabla 9: Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce.

El análisis de aguas residuales del efluente revela que parámetros como el potencial de hidrógeno (pH), aceites y grasas, los sulfatos, los fosfatos, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), la demanda química de oxígeno (DQO) y los sólidos suspendidos totales (SST) se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la normativa ambiental vigente, evidenciando un funcionamiento aceptable del sistema de tratamiento en estos aspectos. Sin embargo, se observó excesos considerables en indicadores críticos como los tensoactivos y los coliformes fecales, lo cual representa un riesgo potencial para los cuerpos receptores.

No obstante, se detectó concentraciones que superan los límites permisibles en parámetros críticos como los tensoactivos y los coliformes fecales. Las elevadas concentraciones de tensoactivos se atribuyen al uso intensivo de productos químicos para la limpieza y desinfección en operaciones industriales. En cuanto a la alta presencia de coliformes fecales, esta puede estar relacionada con mantenimiento inadecuado de las unidades de tratamiento, especialmente con la recirculación del lixiviado procedente del lecho de secado de lodos, mismo que introduce nuevamente una importante carga bacteriana.

3. Funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales

Eficiencia de remoción de carga contaminante

TABLA VI
PORCENTAJES DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DE LA PTAR CALLATE

PARÁMETRO	UNIDAD	ENTRADA	SALIDA	REMOCIÓN	REMOCIÓN (%)	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE *	CRITERIO DE RESULTADOS
Potencial de Hidrógeno (pH)	-	7.42	7.24	0.18	2.43%	6.00 - 9.00	Conforme
Aceites y Grasas	mg/L	81.00	<20.00	-	-	30.00	Conforme
Sulfatos	mg/L	10.00	5.84	4.16	41.60%	1000.00	Conforme
Nitritos	mg/L	0.46	<1.00	-	-	-	-
Fosfatos	mg/L	8.30	2.70	5.60	67.47%	10.00	Conforme
Tensoactivos	mg/L	7.10	4.01	3.09	43.52%	0.50	No conforme
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	506.00	72.74	433.26	85.62%	100.00	Conforme
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	970.00	191.70	778.30	80.24%	200.00	Conforme
Sólidos Sedimentables (SD)	mg/L	5.00	<0.5	-	-	-	-
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	mg/L	270.00	36.00	234.00	86.67%	130.00	Conforme
Coliformes Fecales	UFC/100mL	920000.00	5400000.00	-4480000.00	-486.96%	2000.00	No conforme

Nota: (*) Acuerdo Ministerial No. 097-A, TULSMA, Anexo 1, Libro VI, Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, Tabla 9: Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce.

La PTAR Callate muestra diferentes valores de remoción para los parámetros analizados. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) muestra una alta eficiencia con una reducción del 85.62%, mientras que la demanda química de oxígeno (DQO) alcanza una remoción del 80.24%, los sólidos suspendidos totales (SST) presentan una remoción significativa del 86.67%, los fosfatos se reducen en un 67.47%, los sulfatos disminuyen en un 41.60%, los tensoactivos alcanzan una remoción del 43.52%, el potencial de hidrogeno (pH) varia mínimamente con una reducción del 2.43%. En cuanto a los coliformes fecales, se observó una

anomalía, con un incremento del 486.86%, lo que indica un problema crítico en el control del sistema de tratamiento.

Estado de las estructuras existentes

La PTAR Callate se encuentra actualmente en un estado operativo funcional, sin embargo, existen ciertas deficiencias que requieren atención para garantizar su rendimiento y eficiencia continua. En la etapa del pretratamiento, conformado por rejilla y desarenador se observó la presencia de residuos sólidos, lo que puso de realce la necesidad de implementar las operaciones de limpieza programadas. A continuación, en el tratamiento primario, conformado por UASB se identificó la ausencia de elementos de acceso, lo que presenta riesgos operacionales y posibles interrupciones en la operatividad del sistema. En cuanto al tratamiento secundario, correspondiente por FAFA presenta un deterioro superficial en sus paredes externas causado por factores ambientales, que podrían poner en peligro su durabilidad si no se abordan con prontitud. Finalmente, en la unidad de deshidratación de lodos se observó la rampa del lecho de secado se ha deteriorado y presenta claros signos de desgaste que ponen en peligro la eficacia del procedimiento.

Cámara de entrada



Fig. 29 Cámara de entrada

Rejilla



Fig. 30 Rejilla

Cámara desarenadora



Fig. 31 Cámara desarenadora

Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente en Manto de Lodos (UASB)



Fig. 32 Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente en Manto de Lodos

Lecho de secado



Fig. 33 Lecho de secado

Filtro Anaeróbico De Flujo Ascendente (FAFA)



Fig. 34 Filtro Anaeróbico De Flujo Ascendente

4. Diagnóstico de los componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales

Porcentaje de remoción de contaminantes

Los porcentajes de remoción considerados para cada uno de los parámetros evaluados se detallan en la siguiente tabla, los cuales corresponden a valores referenciales recomendados en [29].

TABLA VII
EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES EN LA PTAR

Tipo de Tratamiento	Descripción	Parámetros Contaminantes	% Remoción	
Pretratamiento	Prepara las AR para un tratamiento sin perjudicar los equipos mecánicos y obstrucción de tuberías y causar depósitos permanentes en tanques.	Sólidos Suspendedos	5%	15%
		DBO ₅	5%	10%
		E. Coli	10%	20%
Tratamiento Primario	Separación de sólidos de gran tamaño, sólidos suspendidos y flotantes, grasas y compuestos orgánicos.	Sólidos Suspendedos	40%	70%
		DBO ₅	25%	40%
		E. Coli	25%	70%
Tratamiento Secundario	Remueve DBO ₅ soluble y sólidos suspendidos e incluye, procesos biológicos de lodos activados, filtros percoladores, lagunas y sedimentación.	Sólidos Suspendedos	80%	90%
		DBO ₅	80%	95%

		E. Coli	90%	95%
Tratamiento Terciario	Remoción de nutrientes para prevenir la eutrofización de fuentes receptoras. Mejora calidad de efluente secundario para adecuar el reusar agua.	Sólidos Suspendidos	80%	90%
		DBO ₅	80%	95%
		E. Coli	90%	95%

Dado que la instalación de tratamiento funciona en circunstancias ideales de mantenimiento y operación, específicamente en su máxima eficiencia, las tasas de eliminación asociadas a cada elemento del proceso de tratamiento, la carga contaminante eliminada y la eficacia general del sistema, se calculó a partir del promedio de los valores de remoción, aspectos que se detallan a continuación.

TABLA VIII
EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE LAS UNIDADES EN LA PTAR

Afluente		Pretratamiento		Pretratamiento		T. Primario		T. Secundario		Eficiencia PTAR
		Cribado		Desarenador		UASB		FAFA		
		%R	E	%R	E	%R	E	%R	E	
SST (mg/l)	270.00	10.00%	243.00	10.00%	218.70	55.00%	98.42	85.00%	14.76	94.53%
DBO ₅ (mg/l)	506.00	7.50%	468.05	7.50%	432.95	32.50%	292.24	87.50%	36.53	92.78%

Al evaluar las concentraciones residuales de los contaminantes, tal como se indica en la tabla antes mencionada, comparándolas con los límites máximos permitidos establecidos para las descargas en cuerpos de agua dulce, es evidente que estas concentraciones están considerablemente por debajo de los umbrales especificados. Por lo tanto, se puede deducir que la actual PTAR posee la capacidad técnica necesaria para ejecutar un tratamiento eficiente de las aguas residuales producidas en el sector.

Análisis de las eficiencias del sistema de tratamiento de aguas residuales

TABLA IX
ANÁLISIS DE LAS EFICIENCIAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Parámetro	Eficiencia de diseño	Eficiencia operativa
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	94.53%	86.67%
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	92.78%	85.62%

Nota: La eficiencia de diseño corresponde al rendimiento esperado bajo condiciones ideales, mientras que la eficiencia operativa refleja el comportamiento real del sistema en condiciones de funcionamiento cotidiano.

Se ha observado que, para los sólidos suspendidos totales (SST), la eficiencia del diseño alcanza el 94.53%, mientras que la eficiencia operativa se sitúa en el 86,67%. Del mismo modo, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) muestra una eficiencia de diseño del 92.78%, en contraste con una eficiencia operativa del 85,62%.

Esta discrepancia indica que, a pesar de que el sistema se diseñó para ofrecer altas tasas de eliminación, su rendimiento real se ve influido por factores como las variaciones de las cargas de entrada, las prácticas de mantenimiento, las condiciones climáticas y los procedimientos operativos. Por ello, resulta necesario implementar evaluaciones periódicas para optimizar su funcionalidad.

Revisión del dimensionamiento hidráulico y funcional de las unidades operativas

Caudal de diseño original

El caudal de diseño de la PTAR Callate está alineado con el valor proyectado para el año horizonte 2036, teniendo en cuenta la suma del caudal máximo instantáneo (Q máx isnt), caudal por aportes por aguas ilícitas (Q aguas ilícitas) y caudal por infiltraciones (Q aguas infil), lo cual da un total de $41.60 \frac{L}{s}$, un valor que se utiliza para el dimensionamiento hidráulico de las unidades operativas de la planta.

Caudal actual estimado

Para evaluar la capacidad actual de la PTAR en relación con las condiciones operativas imperantes, el caudal total se calculó teniendo en cuenta dos componentes distintos:

- Caudal aportado por la red de alcantarillado sanitario existente: $16.12 \frac{L}{s}$.
- Caudal estimado generado por el nuevo proyecto: $4.89 \frac{L}{s}$.

Esto lleva a un caudal acumulado estimado actualmente de $21.01 \frac{L}{s}$. Esta cifra indica la demanda hidráulica agregada que ingresa a la instalación en las circunstancias actuales, teniendo en cuenta tanto las contribuciones que están actualmente vinculadas al sistema como las adiciones anticipadas.

$$Q_{\text{diseño original}} \geq Q_{\text{actual estimado}}$$

$$41.60 \frac{L}{s} \geq 21.01 \frac{L}{s}$$

Cumple

Tras contrastar el caudal de diseño original, se puede observar que el caudal actual estimado ($21.01 \frac{L}{s}$) es considerablemente inferior al caudal de diseño ($41.60 \frac{L}{s}$). Esta disparidad representa un 49,50% en relación con el valor de diseño, lo que sugiere que el sistema previsto posee un margen de seguridad sustancial. Este resultado respalda la robustez del diseño, permitiendo enfrentar posibles incrementos en la demanda futura o condiciones imprevistas sin comprometer el funcionamiento del sistema.

Se efectuó una comparación entre los valores teóricos de diseño y los valores operativos registrados, con el objetivo de verificar el nivel de cumplimiento respecto a los criterios establecidos para el dimensionamiento y funcionalidad del sistema.

Cálculo de la Cámara de Entrada

Los criterios empleados para el cálculo y dimensionamiento de la cámara de entrada se basaron en “*Fundamentos de diseño de plantas depuradoras de aguas residuales*” [30].

TABLA X
CÁLCULO DE LA CÁMARA DE ENTRADA

DATOS			
Parámetro de diseño	Simbología	Valor	Unidad
Tiempo de retención	Tr	5.000	min
Caudal de diseño	Qd	21.010	l/s
Caudal de diseño	Qd	1.261	m3/min
Lado b	b	2.000	m
H adoptado	h	0.300	m
PARÁMETROS			
Área	A	3.152	m2
Lado a	a	1.576	m
DIMENSIONES			
Ancho	a	1.600	m
Largo	b	2.000	m
Profundidad	h	0.300	m

DIMENSIONES			
Ancho	a	2.100	m
Largo	b	2.800	m
Profundidad	h	0.300	m

TABLA XI
COMPARACIÓN ENTRE VALOR DE DISEÑO Y VALOR REAL EN LA CÁMARA DE ENTRADA

DIMENSIONES			
Parámetro	Valor de diseño	Valor calculado	Punto de control
Ancho	2.100	1.600	Cumple
Largo	2.800	2.000	Cumple
Profundidad	0.300	0.300	Cumple

Cálculo de la Rejilla

Los criterios empleados para el cálculo y dimensionamiento de la rejilla se basaron en “Comisión Nacional Del Agua, Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Pretratamiento y Tratamiento Primario” [24] e “Instituto Ecuatoriano de Normalización, «Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes» [17].

TABLA XII
CÁLCULO DE LA REJILLA

DATOS			
Parámetro de diseño	Simbología	Valor	Unidad
Caudal de diseño	Qd	21.010	l/s
Caudal de diseño	Qd	0.021	m3/S
Ancho del canal	w	0.300	m
Tirante	h	0.168	m
Borde libre	hb	0.032	m
Ángulo de inclinación	θ	45.000	°
Apertura de barras	C	0.020	m
Espesor de la barra	db	0.006	m
PARÁMETROS			
Área del canal	A	0.050	m2
Velocidad antes de la reja	V	0.417	m/s
Longitud de la reja	L	0.283	m
Número de barras	n	10.000	u

Velocidad de acercamiento, aguas arriba	Va	0.425	m/s
Área de las rejías (0% obstrucción)	Ar	0.010	m ²
Velocidad a través de la reja (0% obstrucción)	Vr	0.521	m/s
Pérdida hidráulica (0% obstrucción)	hL	6.596	mm
Área de las rejías (50% obstrucción)	Ar	0.005	m ²
Velocidad a través de la reja (50% obstrucción)	Vr	0.463	m/s
Pérdida hidráulica (50% obstrucción)	hL	2.446	mm
DIMENSIONES			
Ancho de la rejilla	w	0.300	m
Largo de la rejilla	L	0.283	m
Espesor de la platina	db	0.006	m
Separación de las platinas	C	0.020	m
Número de barras	n	10.000	u

TABLA XIII
COMPARACIÓN ENTRE VALOR DE DISEÑO Y VALOR REAL EN LA REJILLA

DIMENSIONES			
Parámetro	Valor diseño	Valor calculado	Punto de control
Ancho de la rejilla	0.920	0.300	Cumple
Largo de la rejilla	0.300	0.283	Cumple
Espesor de la platina	0.006	0.006	Cumple
Separación de las platinas	0.020	0.020	Cumple
Número de barras	12.000	10.000	Cumple

Cálculo del Desarenador

Los criterios empleados para el cálculo y dimensionamiento del desarenador se basaron en “Comisión Nacional Del Agua, Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Pretratamiento y Tratamiento Primario” [24].

TABLA XIV
CÁLCULO DEL DESARENADOR

DATOS			
Parámetro de diseño	Simbología	Valor	Unidad
Diámetro de la partícula	d	0.020	cm
Densidad de la arena	r	2.650	g/cm ³
Temperatura	T	20.000	°C
Viscosidad cinemática del agua	h	0.010	cm ² /s
PARÁMETROS			
Velocidad de sedimentación	V _s	2.158	cm/s
Número de Reynolds	Re	4.270	
Coefficiente de arrastee	C _d	7.412	
Velocidad crítica del flujo	V _d	0.197	m/s
Área transversal del desarenador	A _t	0.107	m ²
Alto	h	0.267	m
Ancho	b	0.400	m
Largo	l	3.830	m
DIMENSIONES			
Ancho	b	0.400	m
Largo	l	3.830	m
Alto	h	0.267	m

TABLA XV
COMPARACIÓN ENTRE VALOR DE DISEÑO Y VALOR REAL EN EL DESARENADOR

DIMENSIONES			
Parámetro	Valor diseño	Valor calculado	Punto de control
Ancho	0.920	0.400	Cumple
Largo	8.620	3.830	Cumple
Alto	0.300	0.267	Cumple

Cálculo del Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente en Manto de Lodos (UASB)

Los criterios empleados para el cálculo y dimensionamiento del reactor anaeróbico de flujo ascendente en manto de lodos se basaron en “Comisión Nacional Del Agua, *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente*” [25].

TABLA XVI
CÁLCULO DEL REACTOR ANAERÓBICO DE FLUJO ASCENDENTE EN MANTO DE LODOS

DATOS			
Parámetro de diseño	Simbología	Valor	Unidad
Caudal diseño	Qd	10.505	l/s
Caudal diseño	Qd	907.632	m ³ /día
DQO	So	970.000	g/ml
DQO	So	0.970	kg/m ³
DBO5	So	506.000	g/ml
DBO5	So	0.506	kg/m ³
Tiempo de residencia hidráulica	TRH	8.000	h
Altura estimada	H	4.000	m
Ancho estimado	a est	4.500	m
PARÁMETROS			
Carga de DQO afluente promedio	Lo	880.403	kg DQO/día
Tiempo de residencia hidráulica	TRH	8.000	h
Tiempo de residencia hidráulica	TRH	0.333	días
Volumen total del reactor	V	302.544	m ³
Número de módulos del reactor	N	2.000	u
Volumen de cada módulo	Vu	151.272	m ³
Área de cada módulo	A	37.818	m ²
Largo	Lo	8.404	m
Largo estimada	l est	8.400	m
Verificación del área	At	33.600	m ²
Verificación del volumen	Vt	134.400	m ³
Verificación del tiempo de residencia hidráulica	Trh	3.554	horas
Verificación de carga hidráulica volumétrica	CHV	6.753	m ³ /m ³ día
Verificación de carga orgánica volumétrica	COV	6.551	kgDQO/m ³ día
Verificación de la velocidad de diseño del flujo ascendente	v	27.013	m/día
Verificación de la velocidad de diseño del flujo ascendente	v	1.126	m/h
Estimación de la eficiencia de remoción de la DQO del sistema	EDQO	56.372	%
Estimación de la eficiencia de remoción de la DBO5 del sistema	EDBO5	62.868	%
Estimación de la concentración de DQO en el efluente	CEFL DQO	0.423	kgDQO/m ³
Estimación de la concentración de DQO en el efluente	CEFL DQO	423.190	mgDQO/m ³
Estimación de la concentración de DBO5 en el efluente	CEFL DBO5	0.188	kgDQO/m ³
Estimación de la concentración de DBO5 en el efluente	CEFL DBO5	187.888	mgDQO/m ³
DIMENSIONES UASB			
Ancho	a est	4.500	m
Largo	l est	8.400	m
Altura	H	4.000	m

TABLA XVII
COMPARACIÓN ENTRE VALOR DE DISEÑO Y VALOR REAL EN EL REACTOR ANAERÓBICO DE
FLUJO ASCENDENTE EN MANTO DE LODOS

DIMENSIONES			
Parámetro	Valor diseño	Valor calculado	Punto de control
Ancho	7.500	4.500	Cumple
Largo	9.000	8.400	Cumple
Altura	4.000	4.000	Cumple

Cálculo del Lecho de Secado de Lodos

Los criterios empleados para el cálculo y dimensionamiento del lecho de secado de lodos se basaron en “Organización Panamericana de la Salud, «Guía Para El Diseño De Tanques Sépticos, Tanques Imhoff Y Lagunas De Estabilización»” [26] e “*Instituto Ecuatoriano de Normalización, «Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes»*” [17].

TABLA XVIII
CÁLCULO DEL LECHO DE SECADO DE LODOS

DATOS			
Parámetro de diseño	Simbología	Valor	Unidad
Caudal de diseño	Qd	4.670	l/s
Sólidos Suspendidos Totales	SST	216.000	mg/L
Densidad de lodos	ρ_l	1.040	kg/L
% Sólidos contenidos en el lodo (8% a 12%)	%s	0.100	-
Profundidad de aplicación	Ha	0.700	m
Temperatura	T	20.000	°C
Tiempo de digestión en días	d	55.000	d
Ancho	a	4.000	m
PARÁMETROS			
Cargo de sólidos que ingresa al sedimentador	C	87.153	SS/d
Masa de sólidos que conforman los lodos	Msd	28.325	SS/d
Volumen diario de lodos digeridos	Vld	272.354	L/d
Volumen de lodos a extraerse del tanque	Ve	14.979	m ³
Área del lecho de secado	Als	21.399	m ²
Largo	l	5.350	m
Largo asumido	l est	5.350	m
Área del lecho de secado recalculado	A re	21.400	m ²
DIMENSIONES			
Ancho	a	4.000	m

Largo	l	5.350	m
Profundidad de aplicación	Ha	0.700	m

TABLA XIX

COMPARACIÓN ENTRE VALOR DE DISEÑO Y VALOR REAL EN EL LECHO DE SECADO DE LODOS

DIMENSIONES			
Parámetro	Valor diseño	Valor calculado	Punto de control
Ancho	6.400	4.000	Cumple
Largo	6.400	5.350	Cumple
Profundidad de aplicación	0.700	0.700	Cumple

Cálculo del Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente (FAFA)

Los criterios empleados para el cálculo y dimensionamiento de filtro anaeróbico de flujo ascendente se basaron en “*Comisión Nacional Del Agua, Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente*” [27].

TABLA XX

CÁLCULO DEL FILTRO ANAERÓBICO DE FLUJO ASCENDENTE

DATOS			
Parámetro de diseño	Simbología	Valor	Unidad
Caudal diseño	Qd	7.003	l/s
Diametro del tanque	D	6.500	m
Altura del tanque	H	2.200	m
Longitud del bordo libre	b	0.300	m
Longitud del bajo dren	d	0.200	m
Temperatura	T	20.000	°C
PARÁMETROS			
Altura del material filtrante	Hmf	1.700	m
Área superficial del filtro	A	33.183	m ²
Volumen del medio filtrante	V	56.411	m ³
Caudal máximo que debe trabajar el filtro	Qmáx	0.968	L/s
Caudal mínimo que debe trabajar el filtro	Qmín	0.323	L/s
Tiempo de residencia hidráulica máximo	TRHmáx	16.192	h
Tiempo de residencia hidráulica mínimo	TRHmín	48.576	h
Eficiencia esperada máximo	Emáx	78.379	%
Eficiencia esperada mínimo	Emín	87.517	%
Concentración esperada máximo	DBO máx ef	63.162	mgDBO/L
Concentración esperada mínimo	DBO mín ef	109.401	mgDBO/L

DIMENSIONES			
Altura	Hmf	1.700	m

TABLA XXI
COMPARACIÓN ENTRE VALOR DE DISEÑO Y VALOR REAL EN EL FILTRO ANAERÓBICO DE
FLUJO ASCENDENTE

DIMENSIONES			
Parámetro	Valor real	Valor calculado	Punto de control
Profundidad	2.200	1.700	Cumple
Diámetro	6.500	3.400	Cumple

CAPITULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

I. CONCLUSIONES

El levantamiento topográfico ejecutado mediante tecnología GNSS RTK permitió obtener una representación precisa del relieve natural y de los elementos georreferenciados presentes en la zona de estudio, lo cual fue esencial para el análisis de pendientes naturales, la delimitación de áreas de aporte, lo cual garantizó una correcta ubicación de los pozos de revisión y el trazado eficiente del sistema de alcantarillado sanitario por gravedad, como resultado se obtuvo una longitud total de 3352.32 metros lineales de trazado y una superficie de 43.86 hectáreas asegurando una cobertura adecuada.

El levantamiento topográfico permitió identificar con claridad los rangos altimétricos del sector, así como las variaciones abruptas de pendiente y los puntos de control críticos para el diseño hidráulico. Esta información fue esencial para anticipar problemas constructivos asociados a cortes y rellenos excesivos, posibilitando un trazado optimizado del sistema de alcantarillado que aprovecha la topografía natural, reduce movimientos de tierra y facilita el escurrimiento gravitacional continuo, disminuyendo así los costos operativos y constructivos del proyecto.

El diseño hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario se elaboró respetando las normativas nacionales, contemplando variables como dotación, caudales máximos, pendientes mínimas, velocidades hidráulicas, tensión tractiva y diámetros mínimos de 200 mm en PVC. Además, se incorporaron factores correctivos por conexiones erradas e infiltraciones. Esta metodología permitió obtener una red funcionalmente eficiente y adaptable a una proyección poblacional de 316 habitantes, con un periodo de diseño de 25 años, priorizando el flujo por gravedad y la facilidad de mantenimiento operativo.

El diseño definitivo del sistema de alcantarillado sanitario contempló un total de 51 pozos de inspección y 49 tramos de tuberías, distribuidos estratégicamente a lo largo del área de intervención. Las longitudes de las tuberías oscilaron entre un mínimo de 15.96 m y un máximo de 118.97 m, mientras que las profundidades de los pozos se mantuvieron dentro del rango normativo, con una profundidad mínima de 1.50 m y una máxima de 4.50 m, lo cual asegura un acceso adecuado para inspección y mantenimiento. El sistema fue dimensionado con

diámetros de tubería entre 200 mm y 300 mm, permitiendo así adaptarse a los caudales proyectados y garantizar condiciones hidráulicas seguras.

La planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Callate está compuesta por unidades de pretratamiento (rejilla y desarenador), tratamiento primario mediante reactor anaeróbico de flujo ascendente en manto de lodos (UASB), tratamiento secundario con filtro anaeróbico de flujo ascendente (FAFA). Durante la evaluación operativa de la planta de tratamiento se verificó que los valores de eficiencia operativa de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y los sólidos suspendidos totales (SST) fueron del 85.62% y 86.67%, respectivamente. Estos valores operativos, si bien son ligeramente inferiores a las eficiencias de diseño proyectadas del 92.78% para DBO_5 y 94.53% para SST, demuestran que la planta mantiene un desempeño técnico aceptable y se encuentra operando dentro de un margen funcional relativamente cercano al previsto en la etapa de diseño.

El análisis de los parámetros de calidad del efluente confirma que la planta de tratamiento de aguas residuales Cállate logra una remoción significativa en la mayoría de los contaminantes. No obstante, se evidencian incumplimientos relevantes relacionados con los tensoactivos y los coliformes fecales. En el caso de los tensoactivos, la eficiencia de remoción alcanza el 43.52%; sin embargo, la concentración final es de $4.01 \frac{mg}{L}$, lo que excede el límite máximo permisible de $0.50 \frac{mg}{L}$. Esto indica un uso intensivo de productos químicos para la limpieza y desinfección en operaciones industriales. Por otro lado, la situación es aún más crítica en cuanto a los coliformes fecales, cuya concentración en la salida alcanza los $5\,400\,000 \frac{UFC}{100mL}$, superando ampliamente el límite establecido de $2000 \frac{UFC}{100\,mL}$ y evidenciando una remoción negativa del 486.96%. Esta condición mantenimiento inadecuado de las unidades de tratamiento, especialmente con la recirculación del lixiviado procedente del lecho de secado de lodos, mismo que introduce nuevamente una importante carga bacteriana.

II. RECOMENDACIONES

Se recomienda mantener actualizados los planos topográficos del área mediante levantamientos periódicos, especialmente ante cambios morfológicos por expansión urbana o actividad agrícola. Esta información facilitará futuras intervenciones y permitirá verificar el comportamiento real del sistema frente a nuevas cargas hidráulicas o construcciones no planificadas.

Durante la ejecución de obra, se recomienda implementar mecanismos de control técnico de obra para garantizar que los parámetros de pendiente, alineación, tipo de material y profundidad se respeten conforme a lo diseñado, evitando así futuros colapsos o interferencias con otros servicios subterráneos.

Se sugiere exigir a todas las actividades industriales, agrícolas o comerciales que descargan sus aguas al sistema sanitario que implementen sistemas de pretratamiento local obligatorios. Estos deben incluir trampas de grasa, filtros de sólidos, separadores de aceites o reactores compactos, de acuerdo con la naturaleza del efluente, en cumplimiento con la normativa TULSMA y el Código Orgánico del Ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Naciones Unidas Ecuador, «Día del Agua: garantizar la disponibilidad de agua y el saneamiento en la región andina | Naciones Unidas en Ecuador». Accedido: 8 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://ecuador.un.org/es/224762-día-del-agua-garantizar-la-disponibilidad-de-agua-y-el-saneamiento-en-la-región-andina?afd_azwaf_tok=eyJhbGciOiJSUzI1NiJ9.eyJhdWQiOiJlY3VhZG9yLnVuLm9yZyIsImV4cCI6MTc0NDEyNTM2NSwiaWF0IjoxNzQ0MTI1MzU1LCJpc3MiOiJ0aWVyMS04Y2Ji
- [2] Gobierno Autónomo Descentralizado Santiago de Pillaro, «Plan de desarrollo y ordenamiento territorial (PDOT 2023-2027)», 2024.
- [3] C. Follett, «Centros de Progreso, Parte 3: Mohenjo-Daro (saneamiento) | elcato.org». Accedido: 8 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.elcato.org/centros-de-progreso-parte-3-mohenjo-daro-saneamiento>
- [4] A. Juan, «La gestión del agua en distintas civilizaciones: De Grecia a la actualidad», 2019.
- [5] G. de Feo *et al.*, «The Historical Development of Sewers Worldwide», *Sustain.*, vol. 6, n.º 6, pp. 3936-3974, 2020, doi: 10.3390/su6063936.
- [6] Naciones Unidas, «Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible». pp. 42-43, 2023. doi: 10.18356/9789210056106c012.
- [7] D. Butler y J. Davies, *Urban Drainage*. 2011.
- [8] M. A. Michelle, Q. A. Vicente, V. J. Danny, P. R. Carlos, S. De Manabí, y S. Vivienda, «Diagnóstico técnico y plan de restauración para Infraestructura sanitaria deteriorada: Caso de estudio en Manta, Ecuador», n.º 15, pp. 282-300, 2025.
- [9] I. Hendy, M. Zelenakova, K. Pietrucha-Urbanik, Y. Salama, y M. Abu-hashim, «Decentralized Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in Rural and Remote Areas of Semi-arid Regions», *Water (Switzerland)*, vol. 15, n.º 12, 2023, doi: 10.3390/w15122281.

- [10] J. P. Morales Corozo y K. Loor Vergara, «Diseño de biofiltro para eliminación de contaminantes de aguas residuales de la comunidad Ballagán, Ecuador», *Rev. Científica Ecociencia*, vol. 10, n.º 2, pp. 92-106, 2023, doi: 10.21855/ecociencia.102.801.
- [11] L. Ernesto, A. Rivas, y N. N. Pimiento, «Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR): Impacto ambiental esperado e Impacto ambiental provocado», *Rev. Caribeña Ciencias Soc.*, pp. 1-11, 2019, [En línea]. Disponible en: <https://www.eumed.net/rev/caribe/2019/06/tratamiento-aguas-residuales.html>
- [12] C. Mora-Aparicio, C. Alfaro-Chinchilla, J. P. Pérez-Molina, y I. Vega-Guzmán, «Aporte ambiental de la planta de tratamiento de aguas residuales Los Tajos en la remoción de contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos», *Uniciencia*, vol. 36, n.º 1, pp. 1-17, 2022, doi: 10.15359/ru.36-1.33.
- [13] K. Y. Pacheco, B. Jeferson, A. Lozano, W. Isabela, y E. Rojas, «Reingeniería y optimización de los procesos de la planta de tratamientos de aguas residuales “Doris Mendoza”», pp. 134-150, 2024.
- [14] H. F. Tenemaza-Solórzano, W. A. Loor-Basurto, y M. S. Guerrero-Alcívar, «Planta de tratamiento de aguas residuales (ptar): impacto ambiental esperado e impacto ambiental provocado en la ptar el Tambo», *MQRInvestigar*, vol. 8, n.º 2, pp. 918-932, 2024, doi: 10.56048/mqr20225.8.2.2024.918-932.
- [15] F. M. Jiménez Tamayo, J. A. Moreno López, M. C. Encalada Zumba, y E. A. Vargas Peralvo, «Análisis de las tecnologías para el tratamiento de aguas residuales: Una revisión bibliográfica», *La Técnica. Rev. las Agrociencias. ISSN 2477-8982*, vol. 14, n.º 2, pp. 103-117, 2024, doi: 10.33936/latecnica.v14i2.6467.
- [16] H. M. Forhad *et al.*, «IoT based real-time water quality monitoring system in water treatment plants (WTPs)», *Heliyon*, vol. 10, n.º 23, p. e40746, 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e40746.
- [17] Instituto Ecuatoriano de Normalización, «Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes», 2003.

- [18] Ministerio del Agua-Viceministerio de Servicios Básicos, «Reglamentos técnicos de diseño de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial.», 2007.
- [19] SENAGUA, «Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural», *Secr. del Agua*, pp. 1-44, 2016.
- [20] Instituto Nacional de Estadística y Censos, «Resultados - Censo Ecuador». Accedido: 18 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.censoecuador.gob.ec/resultados-censo/>
- [21] D. Moya, «Metodología de Diseño del Drenaje Urbano», vol. 1, n.º 35, 2014.
- [22] A. Franco T, «Técnicas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado Sanitario y Pluvial.», 2002.
- [23] Empresa Metropolitana de Sistemas de Alcantarillado y Agua Potable, «Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q», 2009.
- [24] Comisión Nacional Del Agua, *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Pretratamiento y Tratamiento Primario*. México, 2015.
- [25] Comisión Nacional Del Agua, *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente*. México, 2015.
- [26] Organización Panamericana de la Salud, «Guía Para El Diseño De Tanques Sépticos, Tanques Imhoff Y Lagunas De Estabilización», *Publicaciones Estadísticas y Geográficas. SINA*, vol. 130, n.º November, 2005.
- [27] Comisión Nacional Del Agua, *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente*. México, 2015.
- [28] R. O. Ó. del G. del Ecuador, «Registro Oficial Suplemento N°387», *Regist. Of. Edición Espec. N° 387*, 2015, [En línea]. Disponible en:

http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112183.pdf%0Ahttp://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/norma_ecuato_calidad.pdf

- [29] G. Tchobanoglous y F. Burton, *Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización*, Tercera. 1995.
- [30] W. Lozano, *Fundamentos de diseño de plantas depuradoras de aguas residuales*, n.º December 2012. Bogotá, 2012. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/298354134_Disenio_de_Plantas_de_Tratamiento_de_Aguas_Residuales

ANEXOS

Anexo 1: Evidencias fotográficas

Topografia



Encuestas



Toma de muestra de agua residual



Anexo 2: Formato de encuesta



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



TEMA DEL PROYECTO:
DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y
EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA
DE TUNGURAHUA

Encuesta socioeconómica y evaluación del estado del sistema de saneamiento en el barrio " Cochaló El Carmen"

El objetivo de esta encuesta es obtener información sobre la situación socioeconómica de los hogares y evaluar el estado del sistema de saneamiento en el barrio "Cochaló El Carmen". Los resultados serán utilizados exclusivamente con fines académicos en el desarrollo de una tesis de Ingeniería Civil, enfocada en la propuesta de mejoras.

INFORMACIÓN DEL USUARIO

Nombre y Apellido:	
Coordenada Norte:	
Coordenada Este:	

Marque con una "X" la categoría que corresponde

SOCIOECONÓMICO

¿Cuántas personas hacen uso permanente del inmueble?

.....

ETNIA

	0	1	2	3	4	5	6
Blanca							
Indígena							
Mestiza							
Afroecuatoriano							

INTEGRANTES DE LA FAMILIA

SEXO

	0	1	2	3	4	5	6
Hombre							
Mujer							

EDAD

	0	1	2	3	4	5	6
Niños hasta 9 años							
Niñas hasta 9 años							
Adolescentes varones de 10 a 19 años							
Adolescentes mujeres de 10 a 19 años							

Adultos hombres de 20 a 64 años							
Adultas mujeres de 20 a 64 años							
Adultos hombres mayores de 65 años o más							
Adultas mujeres mayores de 65 años o más							

ARTÍCULO N. 35 DE LA CONSTITUCIÓN

	0	1	2	3	4	5	6
Mujeres embarazadas							
Personas con discapacidad							
Personas privadas de la libertad							
Personas con enfermedades catastróficas							
Personas víctimas de violencia doméstica o sexual							
Víctimas de maltrato infantil							
Personas víctimas de desastres naturales o antropogénicos							

EDUCACIÓN

HOMBRES

	0	1	2	3	4	5	6
Analfabeto							
Niños sin escolaridad todavía							
Educación inicial (cursos de alfabetización)							
Primaria incompleta							
Primaria completa							
Secundaria incompleta							
Secundaria completa							
Superior incompleta							
Profesional tercer nivel							
Profesional cuarto nivel							

MUJERES

	0	1	2	3	4	5	6
Analfabeto							
Niños sin escolaridad todavía							
Educación inicial (cursos de alfabetización)							
Primaria incompleta							
Primaria completa							
Secundaria incompleta							
Secundaria completa							
Superior incompleta							
Profesional tercer nivel							
Profesional cuarto nivel							

SALUD

ENFERMEDADES

	0	1	2	3	4	5	6
EDAS (Enfermedades Diarreicas)							
ERAS (Enfermedades Respiratorias)							
Enfermedades de la piel energéticas (Mal Aire)							
Enfermedades Reumáticas							
Otras							

OCUPACIÓN DEL USUARIO

Agricultura	
Pecuaria	
Construcción	
Comercio	
Microempresa	
Artesanía	
Jornalero	
Funcionario público	
Funcionario privado	
Otros	

MIGRACIÓN

TIPO DE MIGRANTE

Padre de familia	
Madre de familia	
Otro integrante de la familia	
No aplica	

LUGAR AL QUE MIGRA

.....

ACTIVIDAD DEL MIGRANTE

Agricultura	
Construcción	
Trabajo domestico	
Comercio informal	
Estudios	
Otras actividades	
No aplica	

PARA QUE MIGRA

Mejorar los ingresos	
Educación	
Otras motivaciones	
No aplica	

VIVIENDA

Hormigón armado (losa)	
Bloque y eternit-zinc	
Taqpial adobe y paja	
Ladrillo y eternit-zinc	
Otros	

SERVICIOS BÁSICOS E INFRAESTRUCTURA SANITARIA

	Si	No
¿Cuenta con suministro de agua potable?		
¿Cuenta con servicio eléctrico?		
¿Tiene conexión a red de alcantarillado?		
¿Dispone de acceso a internet?		

ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES Y BASURA

¿De qué forma elimina las aguas residuales en su hogar?

Red pública de alcantarillado	
Pozo séptico	
Descarga directa a quebrada, río o terreno	
No tiene un sistema definido para eliminar aguas residuales	

¿Cómo maneja la basura doméstica?

Recolector de basura	
Quebrada	
Incineración	

Anexo 3: Informe de análisis de aguas residual (Afluente/Entrada)

RESULTADOS DE ANALISIS

ANALISIS SOLICITADO POR:	Sr. Emilio Ruiz
TIPO DE MUESTRA	Agua Residual doméstica. Muestra puntual. Agua cruda
PROCEDENCIA	Entrada PTAR Callate Cantón Píllaro
FECHA	21 de mayo del 2025

PARAMETRO	UNIDAD	*Métodos de análisis	**Limites	Resultados
pH	-	4500-H ⁺ -B	6 - 9	7.42
Aceites y Grasas	mg/L	5520-B	70	81.0
Sulfatos	mg/L	4500-SO ₄ -B	400	10.0
Nitritos	mg/L	4500-NO ₂ -B	-	0.46
Fosfatos	mg/L	4500-P-D	15	8.3
Tensoactivos	mg/L	5540-C	2.0	7.1
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250	506.0
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5 220-D	500	970.0
Sólidos Sedimentables	mL/L	2540-F	20	5.0
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-D	220	270
Coliformes fecales	UFC/100mL	9222-D	-	9.2 x 10 ⁵

*Métodos de análisis en base al Stándar Methods. AWWA APHA

**Limites: TULSMA (097-A) tabla 8 límites de descarga al alcantarillado público

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.

RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada



Anexo 4: Informe de análisis de aguas residual (Efluente/Salida)

PROTOCOLO: 135062 / 2025 - 1.0



**GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL
SANTIAGO DE PÍLLARO**

PÍLLARO / TUNGURAHUA

**CONTRATACIÓN DEL SERVICIO DE LABORATORIO PARA
ANÁLISIS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS PARA VARIAS PLANTAS
DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTARs), PERIODO
2024**

Emitido por: ALS ECUADOR ALSECU S.A.

Fecha de Emisión: 14/03/2025



PROTOCOLO: 135062 / 2025 - 1.0

DATOS DEL SERVICIO

NOMBRE DEL CLIENTE	GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL SANTIAGO DE PÍLLARO
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A	INGENIERA GLADYS GIOMAR VARGAS TRUJILLO
NOMBRE DEL PROYECTO	CONTRATACIÓN DEL SERVICIO DE LABORATORIO PARA ANÁLISIS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS PARA VARIAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTARs), PERIODO 2024
DIRECCIÓN DEL PROYECTO	PÍLLARO / TUNGURAHUA
MUESTREO REALIZADO POR	ALS ECUADOR ALSECU S.A. / INGENIERO DAVID BUENAÑO, INGENIERO JORGE TATAYO
PROCEDIMIENTO MUESTREO	POE-04.00 "MUESTREO DE AGUAS" (*)
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	01/03/2025 09:00
NÚMERO DE CADENA DE CUSTODIA	0048094
NÚMERO DE ESPECIFICACIÓN PLAN DE MUESTREO	NO APLICA
LUGAR DE ANÁLISIS	ALS ECUADOR ALSECU S.A. / QUITO - DE LOS EUCALIPTOS E3-23 Y DE LOS CIPRESES

RESULTADOS ANALÍTICOS

Muestras del ítem: 10

N° Protocolo							135062 / 2025 - 1.0	
Fecha de Muestreo							28/02/2025	
Hora de Muestreo							11:45:00	
Tipo de Muestra							Agua Residual	
Referencia							A13. Salida PTAR Callate	
Parámetro	Ref. Mét.	Fecha de Ensayo	Unidad	LD	Límite Máximo Permisible (1)	Resultado	Incertidumbre (+/-)	Criterio de Resultados (2)
002 ENSAYOS EN CAMPO								
Caudal	28395	28/02/2025	l/s	0,0001	---	1,176	0,1161	No Aplica
Potencial de Hidrógeno	8048	28/02/2025	u pH	---	6-9	7,24	0,07	Conforme
003 ENSAYOS FISICOQUÍMICOS								
Aceites y Grasas	8056	10/03/2025	mg/l	0,3	30,0	< 20,0	NE	Conforme
Demanda Bioquímica de Oxígeno	10334	12/03/2025	mg/l	0,58	100	72,74	1,19	Conforme
Demanda Química de Oxígeno	6474	06/03/2025	mg/l	2,80	200	191,70	4,88	Conforme
Nitritos (NO2)	28426	06/03/2025	mg/l	0,556	---	< 1,00	NE	No Aplica
Sólidos sedimentables	6558	07/03/2025	ml/l	0,1	---	< 0,5	NE	No Aplica
Sólidos Suspendidos Totales	6562	07/03/2025	mg/l	5,8	130	36,0	2,25	Conforme
Sulfatos	30767	06/03/2025	mg/l	0,07	1000	5,84	1,30	Conforme
Tensoactivos	6578	06/03/2025	mg/l	0,02	0,5	4,01	0,09	No Conforme
007 ENSAYOS DE METALES								
Fósforo (P)	21111	06/03/2025	mg/l	0,053	10,0	2,70	0,19	Conforme
015 ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS								
Coliformes Fecales	13693	05/03/2025	NMP/100 ml	---	2000	5400000,0	362,35	No Conforme



PROCOLO: 135062 / 2025 - 1.0

Observaciones

- La información (1), (2), que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.
- (1) Acuerdo Ministerial No. 097-A, TULSMA, Anexo 1, Libro VI, Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, Tabla 9: Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce
- (2) Criterio de Resultados, según EU-24 "Regla de Decisión de Conformidad de Resultados".
- LD: Límite de detección.
- Ref. Mét.: Código interno que referencia a la metodología de análisis.
- Las fechas de ejecución del análisis para los ensayos en campo realizados por ALS ECUADOR ALSECU S.A., se refiere a las fechas indicadas como fecha de muestreo. No Aplica para datos proporcionados por el cliente.
- En relación a la estimación de incertidumbre:
 - +/-: Símbolo que denota la definición del intervalo de confianza en el cual se encuentra inmerso el valor reportado.
 - Si el valor de incertidumbre es expresado como:
 - NE = No estimable, para concentraciones menores al límite de reporte.

DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Referencia	Resp.del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WGS84	Zona	Condición de la muestra	Observaciones
A13. Salida PTAR Callate	ALS ECUADOR ALSECU S.A.	Agua Residual	28/02/2025	9871643 N 0773196 E	17 M	En buen estado de conservación	(*) Condiciones ambientales: Temperatura: 20,4 °C Humedad: 52,0 %

REFERENCIA DE LOS MÉTODOS DE ENSAYO

Ref. Mét.	Sede	Ensayo	Método Interno ALS	Método de Referencia	Descripción
8056	Quito Ecuador	Aceites y Grasas Gravimétrico	PA 43.00 Aceites y Grasas (Gravimétrico)	SM 5520 B, Ed. 24, 2023	Gravimetría
28395	Quito Ecuador	Caudal Volumétrico	POS 28.00 Medición de Caudal	NTE INEN-ISO 748-8316, 2014	Volumetría
13693	Quito Ecuador	Coliformes Fecales (NMP) No Potables	PA 66.00 Coliformes Totales, Fecales y E. coli NMP (fluorocult)	SM 9221 B, E y F, Ed. 24, 2023 / Bacteriological Analytical Manual 7th Edition, 2015, Appendix 2: Most Probable Number from Serial Dilutions	Número Más Probable, NMP
10334	Quito Ecuador	Demanda Bioquímica de Oxígeno	PA 45.00 Demanda Bioquímica de Oxígeno	SM 5210 B, Ed. 24, 2023	Winkler, electrometría
6474	Quito Ecuador	Demanda Química de Oxígeno / Rango Bajo	PA 01.00 Demanda Química de Oxígeno (Rango Bajo)	SM 5220 A y 5220 D, Ed. 24, 2023	Espectrofotometría UV-Vis
21111	Quito Ecuador	Metales ICP Alto	PA 117.00 ICP-OES Aguas	EPA 3005 A, Rev. 01, 1992 / EPA 6010 B, December 1996 / SM 3120 B, Ed. 24, 2023	Espectroscopia de emisión atómica con plasma inductivamente acoplado
28426	Quito Ecuador	Nitritos NO2 Rango Alto	PA 18.00 Nitritos	US EPA 300.1, 1997 / US EPA 300.0, 1993 / Standard Methods 4110 B Ed. 24, 2023.	Cromatografía de Iones
8048	Quito Ecuador	Potencial Hidrógeno In Situ	POS 25.00 pH In Situ	SM 4500-H+ B, Ed. 24, 2023	Electrometría
6558	Quito Ecuador	Sólidos Sedimentables	PA 46.00 Sólidos Sedimentables	SM 2540 A y 2540 F, Ed. 24, 2023	Volumetría
6562	Quito Ecuador	Sólidos Suspendidos Totales, consumo, natural, residual	PA 16.00 Sólidos Suspendidos Totales	SM 2540 D, Ed. 24, 2023	Gravimetría
30767	Quito Ecuador	Sulfatos - Iónico - Aguas	PA 18. 00 Aniones por Cromatografía Iónica	SM 4500-NO2- B, Ed. 24, 2023	Cromatografía de Iones
6578	Quito Ecuador	Tensoactivos	PA 12.00 Tensoactivos	SM 5540 A y 5540 C, Ed. 24, 2023	Espectrofotometría UV-Vis

CÓDIGOS DE AUTENTICIDAD DEL PROCOLO



PROTOCOLO: 135062 / 2025 - 1.0

ALS ECUADOR ALSECU S.A. asegura a sus clientes una completa autenticidad del Protocolo 135062 / 2025 - 1.0, para que este informe pueda ser verificado en su totalidad. Para comprobar la autenticidad de los mismos en la base de datos de ALS ECUADOR ALSECU S.A., visitar el sitio Web <https://onlinedata.alslatam.com/mylims/autentica.php> e introducir los siguientes códigos de autenticidad que se detallan a continuación:



Estación de Muestreo	Nº Protocolo	Código único de Autenticidad
A13. Salida PTAR Callate	135062 / 2025 - 1.0	967c91754593dfd44ff273aaa6c332b1

ALS ECUADOR ALSECU S.A. asegurando la marca y prestigio de su empresa.

COMENTARIOS

Laboratorio de Ensayo ALS ECUADOR ALSECU S.A. acreditado por el SAE con Acreditación Nº SAE LEN 05 - 005.

Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE.

"SM": Standard Methods.

"EPA": Environmental Protection Agency.

"PA": Procedimiento Analítico (parámetros realizados en el laboratorio).

"POS y POE": Procedimiento Operativo Estándar (parámetros realizados en el lugar de monitoreo).

Los resultados se refieren a las muestras analizadas. ALS ECUADOR ALSECU S.A. declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por ALS ECUADOR ALSECU S.A.; éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe.

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de ALS ECUADOR ALSECU S.A.

Sin la firma electrónica del responsable autorizado de ALS ECUADOR ALSECU S.A., este informe no es válido.



Firmado Electrónico por:
**SILVIA CAROLINA
ESCOBAR ESTRELLA**

**Coordinadora Emisión de Informe
ALS ECUADOR ALSECU S.A.**

PROTOCOLO: 135062 / 2025 - 1.0

CROQUIS DE UBICACIÓN



Anexo 5: Hoja de cálculo de los caudales del sistema de alcantarillado sanitario

PROYECTO:	DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA				
UBICACIÓN:	BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA	REALIZADO POR:	EMILIO RUIZ	REVISADO POR:	ING. LENIN MALDONADO

Período de Diseño (n)	25	años	Densidad Poblacional (Dp)	7.21	(hab/Ha)	Coeficiente de Infiltración (K)	0.00015	Tipo de Tubería	Tipo de Unión	Nivel Freático
Poblacion Futura (Pf)	316	(hab)		Coeficiente de Retorno (CR)	70%			Tubo PVC	Pegante	Alto
Dotación Futura (Df)	150.00	(Lt/hab/día)			Coeficiente de Conexiones Erradas			10%	Método Harmon	

[illegible]

P32 (E)																				
T31	52.27	52.27	0.80	0.80	7.21	6.00	6.00	150.00	0.0073	0.0073	0.70	3.8	0.028	0.028	0.0028	0.0028	0.008	0.008	0.038	2.038
P33 (E)																				
P33 (E)																				
T32	64.12	116.39	0.96	1.76	7.21	7.00	13.00	150.00	0.0085	0.0158	0.70	3.8	0.032	0.060	0.0032	0.006	0.010	0.018	0.045	2.084
P34 (E)																				
P34 (E)																				
T33	70.73	187.12	1.83	3.59	7.21	13.00	26.00	150.00	0.0158	0.0316	0.70	3.8	0.060	0.120	0.006	0.012	0.011	0.028	0.077	2.160
P35																				
P35																				
T34	49.33	236.45	1.28	4.87	7.21	9.00	35.00	150.00	0.0109	0.0425	0.70	3.8	0.041	0.162	0.0041	0.0162	0.007	0.036	0.053	2.213
P36																				
P36																				
T35	87.60	324.05	1.28	6.15	7.21	9.00	44.00	150.00	0.0109	0.0535	0.70	3.8	0.041	0.203	0.0041	0.0203	0.013	0.049	0.059	2.272
P31 (E)																				
P31 (E)																				
T36	93.56	93.56	0.75	0.75	7.21	5.00	5.00	150.00	0.0061	0.0061	0.70	3.8	0.023	0.023	0.0023	0.0023	0.014	0.014	0.040	2.040
P37 (E)																				
P37 (E)																				
T37	118.97	212.53	1.86	2.61	7.21	13.00	18.00	150.00	0.0158	0.0219	0.70	3.8	0.060	0.083	0.006	0.0083	0.018	0.032	0.084	2.123
P38 (E)																				
P38 (E)																				
T38	92.47	305.00	1.48	4.09	7.21	11.00	29.00	150.00	0.0134	0.0352	0.70	3.8	0.051	0.134	0.0051	0.0134	0.014	0.046	0.070	2.193
P39 (E)																				
P39 (E)																				
T39	28.70	333.70	0.60	4.69	7.21	4.00	33.00	150.00	0.0049	0.0401	0.70	3.8	0.019	0.152	0.0019	0.0152	0.004	0.050	0.025	2.218
P40 (E)																				
P40 (E)																				
T40	82.61	416.31	1.20	5.89	7.21	9.00	42.00	150.00	0.0109	0.051	0.70	3.8	0.041	0.194	0.0041	0.0194	0.012	0.062	0.058	2.276
P41 (E)																				
P42																				
T41	78.47	78.47	0.79	0.79	7.21	6.00	6.00	150.00	0.0073	0.0073	0.70	3.8	0.028	0.028	0.0028	0.0028	0.012	0.012	0.042	0.042
P43																				
P43																				
T42	99.38	177.85	1.49	2.28	7.21	11.00	17.00	150.00	0.0134	0.0207	0.70	3.8	0.051	0.079	0.0051	0.0079	0.015	0.027	0.071	0.113
P44																				
P44																				
T43	49.94	227.79	0.88	3.16	7.21	6.00	23.00	150.00	0.0073	0.028	0.70	3.8	0.028	0.106	0.0028	0.0106	0.008	0.034	0.038	0.151
P45																				
P45																				
T44	69.97	297.76	1.05	4.21	7.21	8.00	31.00	150.00	0.0097	0.0377	0.70	3.8	0.037	0.143	0.0037	0.0143	0.011	0.045	0.051	0.202
P46																				
P46																				
T45	23.60	321.36	0.43	4.64	7.21	3.00	34.00	150.00	0.0036	0.0413	0.70	3.8	0.014	0.157	0.0014	0.0157	0.004	0.048	0.019	0.221
P47																				
P47																				
T46	22.19	343.55	0.26	4.90	7.21	2.00	36.00	150.00	0.0024	0.0438	0.70	3.8	0.009	0.166	0.0009	0.0166	0.003	0.052	0.013	0.235
P48																				
P48																				
P51	32.79	376.34	0.56	5.46	7.21	4.00	40.00	150.00	0.0049	0.0486	0.70	3.8	0.019	0.185	0.0019	0.0185	0.005	0.057	0.025	0.260
P49																				
P49																				
T48	30.28	406.62	0.58	6.04	7.21	4.00	44.00	150.00	0.0049	0.0535	0.70	3.8	0.019	0.203	0.0019	0.0203	0.005	0.061	0.025	0.285
P50																				
P50																				
T49	30.26	436.88	0.54	6.58	7.21	4.00	48.00	150.00	0.0049	0.0583	0.70	3.8	0.019	0.222	0.0019	0.0222	0.005	0.066	0.025	0.309
P51																				

Anexo 6: Hoja de cálculo de los parámetros hidráulicos del sistema de alcantarillado sanitario



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



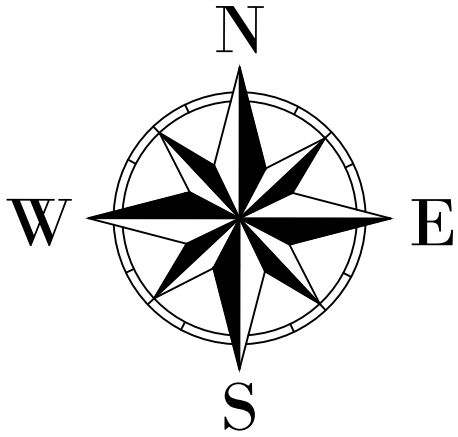
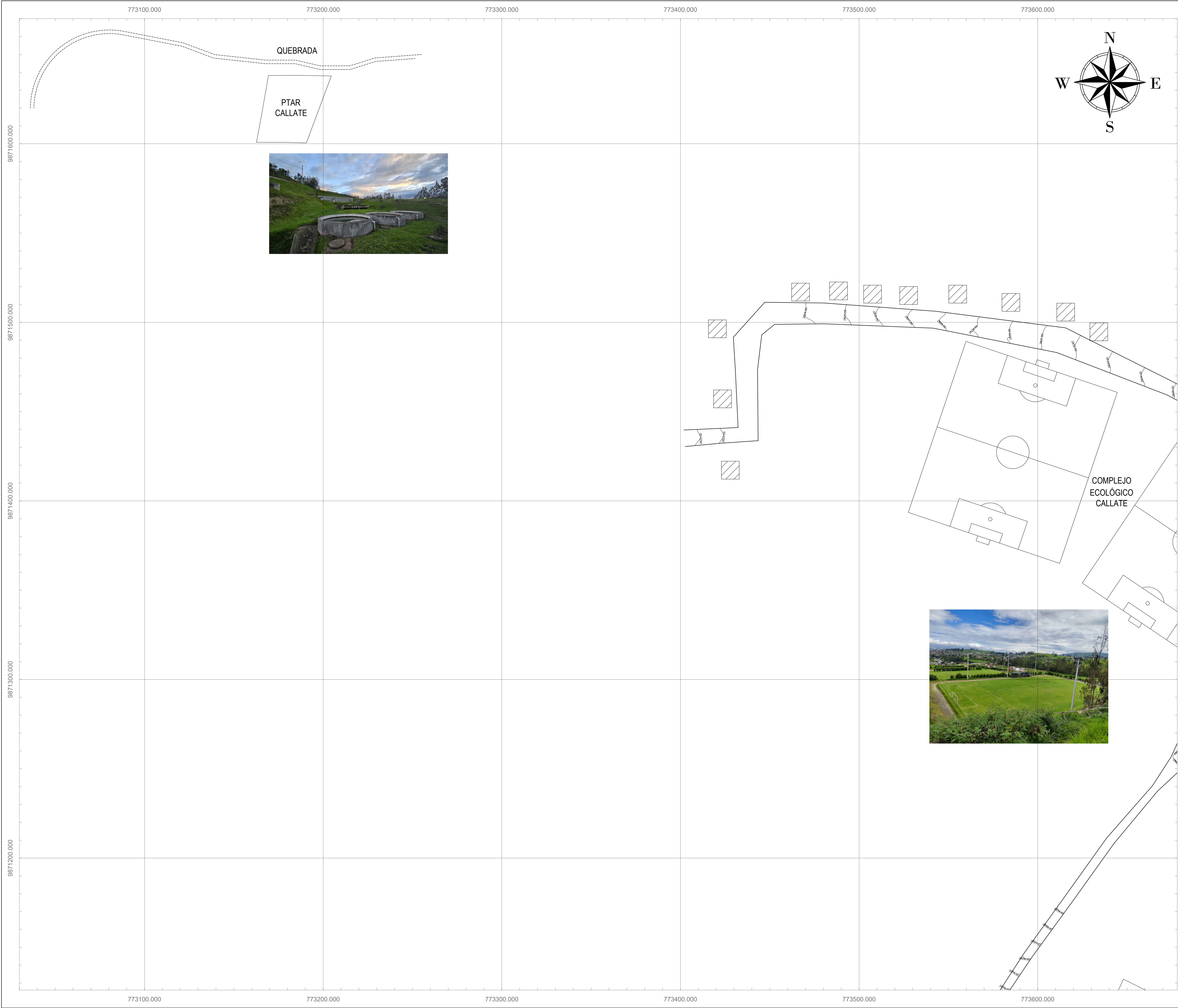
DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

PROYECTO:		DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA																								
UBICACIÓN:		BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA									REALIZADO POR:		EMILIO RUIZ					REVISADO POR:		ING. LENIN MALDONADO						
DATOS																										
DENSIDAD DEL AGUA (ρ)		1000	kg/m³		TIPO DE TUBERÍA	Plástico (PVC)		COEFICIENTE DE RIGUROSIDAD (n)		0.011		VELOCIDAD MÍNIMA (V _{min})		(V _{p11})	0.30	m/seg		VELOCIDAD MÁXIMA (V _{máx})		4.50	m/seg					
GRAVEDAD (g)		9.81	m/seg²					(V _{t11})	0.60	m/seg		(V _{máx})														
Nº Pozos	Longitud (L)	Datos Topográficos	Pendiente del Terreno (i)	Gradiente Hidráulica			Diámetro (D)		Sección a Tubo Lleno				Sección a Tubo Parcialmente Lleno						Tensión Tractiva		COTAS		Altura del Pozo (H)			
	(m)	Cota Terreno		Asumida (S)	Permisibles				Punto de Control	Caudal (Q _{t11})	Velocidad (V _{t11})	Radio Hidráulico (R _{t11})	Punto de Control	Caudal (Q _{p11})	Velocidad (V _{p11})	Radio Hidráulico (R _{p11})	Punto de Control	Calado (h)			Punto de Control	τ (Pa)		Punto de Control	Terreno	Proyecto
					Mínima (S _{min})	Máxima (S _{máx})																				
		msnm	(%)	(%)	(%)	(%)	Calculado (mm)	Asumido (mm)	(L/s)	(m/s)	(mm)		(L/s)	(m/s)	(mm)		(mm)		(Pa)		msnm	msnm	(m)			
P1		2873.94																			2873.94	2872.44	1.50			
	80.64		0.16	0.78	0.50	13.29	Cumple	69.50	200	34.27	1.09	50.00	Cumple	0.0020	0.60	20.33	Cumple	33.10	Cumple	1.60	Cumple					
P2		2873.81																			2873.81	2871.81	2.00			
P2		2873.81																			2873.81	2871.81	2.00			
	54.74		11.45	10.54	0.50	13.29	Cumple	42.80	200	125.97	4.01	50.00	Cumple	0.0021	1.49	11.37	Cumple	17.80	Cumple	11.80	Cumple					
P3		2867.54																			2867.54	2866.04	1.50			
P3		2867.54																			2867.54	2865.04	2.50			
	19.45		19.74	12.03	0.50	13.29	Cumple	41.80	200	134.58	4.28	50.00	Cumple	0.0021	1.57	11.06	Cumple	17.30	Cumple	13.10	Cumple					
P4		2863.70																			2863.70	2862.70	1.00			
P4		2863.70																			2863.70	2861.70	2.00			
	19.45		18.15	13.01	0.50	13.29	Cumple	41.30	200	139.95	4.45	50.00	Cumple	0.0021	1.61	10.88	Cumple	17.00	Cumple	13.89	Cumple					
P5		2860.17																			2860.17	2859.17	1.00			
P5		2860.17																			2860.17	2858.67	1.50			
	30.25		6.94	6.94	0.50	13.29	Cumple	46.70	200	102.22	3.25	50.00	Cumple	0.0021	1.30	12.58	Cumple	19.80	Cumple	8.56	Cumple					
P6		2858.07																			2858.07	2856.57	1.50			
P6		2858.07																			2858.07	2856.57	1.50			
	33.87		3.10	3.10	0.50	13.29	Cumple	54.30	200	68.32	2.17	50.00	Cumple	0.0021	0.98	15.15	Cumple	24.10	Cumple	4.61	Cumple					
P7		2857.02																			2857.02	2855.52	1.50			
P7		2857.02																			2857.02	2855.52	1.50			
	48.92		6.87	6.87	0.50	13.29	Cumple	47.20	200	101.70	3.24	50.00	Cumple	0.0022	1.31	12.82	Cumple	20.20	Cumple	8.64	Cumple					
P8		2853.66																			2853.66	2852.16	1.50			
P8		2853.66																			2853.66	2852.16	1.50			
	67.98		11.28	12.75	0.50	13.29	Cumple	42.30	200	138.55	4.41	50.00	Cumple	0.0022	1.63	11.25	Cumple	17.60	Cumple	14.07	Cumple					
P9		2845.99																			2845.99	2843.49	2.50			
P9		2845.99																			2845.99	2843.49	2.50			
	100.00		10.83	10.83	0.50	13.29	Cumple	44.10	200	127.69	4.06	50.00	Cumple	0.0023	1.55	11.80	Cumple	18.50	Cumple	12.54	Cumple					
P10		2835.16																			2835.16	2832.66	2.50			
P10		2835.16																			2835.16	2832.66	2.50			
	93.74		5.17	4.11	0.50	13.29	Cumple	53.50	200	78.66	2.50	50.00	Cumple	0.0023	1.12	14.91	Cumple	23.70	Cumple	6.00	Cumple					
P11		2830.31																			2830.31	2828.81	1.50			
P11		2830.31																			2830.31	2828.81	1.50			
	70.65		5.31	5.31	0.50	13.29	Cumple	51.40	200	89.41	2.84	50.00	Cumple	0.0024	1.23	14.20	Cumple	22.50	Cumple	7.40	Cumple					
P12		2826.56																			2826.56	2825.06	1.50			
P12		2826.56																			2826.56	2825.06	1.50			
	70.65		4.47	4.47	0.50	13.29	Cumple	53.40	200	82.03	2.61	50.00	Cumple	0.0024	1.16	14.86	Cumple	23.60	Cumple	6.50	Cumple					
P13		2823.40																			2823.40	2821.90	1.50			
P13		2823.40																			2823.40	2821.90	1.50			
	21.43		0.33	2.66	0.50	13.29	Cumple	59.10	200	63.28	2.01	50.00	Cumple	0.0025	0.97	16.79	Cumple	26.90	Cumple	4.40	Cumple					
P14		2823.33																			2823.33	2821.33	2.00			
P14		2823.33																			2823.33	2821.33	2.00			
	50.17		-0.66	1.34	0.50	13.29	Cumple	67.60	200	44.92	1.43	50.00	Cumple	0.0025	0.77	19.71	Cumple	32.00	Cumple	2.60	Cumple					
P15		2823.66																			2823.66	2820.66	3.00			
P15		2823.66																			2823.66	2820.66	3.00			
	41.73		5.80	2.20	0.50	7.74	Cumple	61.90	300	169.68	2.40	75.00	Cumple	0.0025	0.87	16.38	Cumple	25.60	Cumple	3.50	Cumple					
P16		2821.24																			2821.24	2819.74	1.50			

P17		2876.83																				2876.83	2875.33	1.50
	55.03		4.69	4.69	0.50	13.29	Cumple	49.50	200	84.03	2.67	50.00	Cumple	0.0020	1.12	13.55	Cumple	21.40	Cumple	6.20	Cumple			
P18		2874.25																				2874.25	2872.75	1.50
P18		2874.25																				2874.25	2872.75	1.50
	55.03		0.80	1.71	0.50	13.29	Cumple	60.10	200	50.74	1.61	50.00	Cumple	0.0021	0.79	17.14	Cumple	27.50	Cumple	2.90	Cumple			
P2		2873.81																				2873.81	2871.81	2.00
P17		2876.83																				2876.83	2875.33	1.50
	95.85		5.36	5.36	0.50	13.29	Cumple	48.50	200	89.83	2.86	50.00	Cumple	0.0021	1.18	13.25	Cumple	20.90	Cumple	7.00	Cumple			
P19		2871.69																				2871.69	2870.19	1.50
P19		2871.69																				2871.69	2870.19	1.50
	65.90		-0.05	1.47	0.50	13.29	Cumple	62.50	200	47.04	1.50	50.00	Cumple	0.0021	0.76	17.95	Cumple	28.90	Cumple	2.60	Cumple			
P20		2871.72																				2871.72	2869.22	2.50
P20		2871.72																				2871.72	2869.22	2.50
	48.90		0.04	1.06	0.50	13.29	Cumple	67.30	200	39.95	1.27	50.00	Cumple	0.0022	0.68	19.60	Cumple	31.80	Cumple	2.00	Cumple			
P21		2871.70																				2871.70	2868.70	3.00
P21		2871.70																				2871.70	2868.70	3.00
	33.95		-0.77	0.71	0.50	13.29	Cumple	73.20	200	32.69	1.04	50.00	Cumple	0.0022	0.60	21.67	Cumple	35.50	Cumple	1.50	Cumple			
P22		2871.96																				2871.96	2868.46	3.50
P22		2871.96																				2871.96	2868.46	3.50
	38.51		1.04	2.34	0.50	13.29	Cumple	58.90	200	59.35	1.89	50.00	Cumple	0.0023	0.91	16.73	Cumple	26.80	Cumple	3.80	Cumple			
P23		2871.56																				2871.56	2867.56	4.00
P23		2871.56																				2871.56	2867.56	4.00
	31.41		0.16	1.75	0.50	13.29	Cumple	62.40	200	51.33	1.63	50.00	Cumple	0.0023	0.82	17.89	Cumple	28.80	Cumple	3.10	Cumple			
P24		2871.51																				2871.51	2867.01	4.50
P24		2871.51																				2871.51	2867.01	4.50
	15.96		1.19	1.19	0.50	13.29	Cumple	67.30	200	42.33	1.35	50.00	Cumple	0.0023	0.72	19.60	Cumple	31.80	Cumple	2.30	Cumple			
P25		2871.32																				2871.32	2866.82	4.50
P25		2871.32																				2871.32	2866.82	4.50
	51.31		1.05	1.05	0.50	13.29	Cumple	69.50	200	39.76	1.26	50.00	Cumple	0.0024	0.70	20.39	Cumple	33.20	Cumple	2.10	Cumple			
P26		2870.78																				2870.78	2866.28	4.50
P26		2870.78																				2870.78	2866.28	4.50
	73.63		1.47	1.47	0.50	13.29	Cumple	65.80	200	47.04	1.50	50.00	Cumple	0.0024	0.79	19.09	Cumple	30.90	Cumple	2.80	Cumple			
P27		2869.70																				2869.70	2865.20	4.50
P27		2869.70																				2869.70	2865.20	4.50
	29.70		1.35	1.35	0.50	13.29	Cumple	67.10	200	45.08	1.43	50.00	Cumple	0.0025	0.77	19.54	Cumple	31.70	Cumple	2.60	Cumple			
P28		2869.30																				2869.30	2864.80	4.50
P28		2869.30																				2869.30	2864.80	4.50
	17.23		0.81	0.81	0.50	13.29	Cumple	74.00	200	34.92	1.11	50.00	Cumple	0.0025	0.64	21.94	Cumple	36.00	Cumple	1.70	Cumple			
P29		2869.16																				2869.16	2864.66	4.50
P29		2869.16																				2869.16	2864.66	4.50
	50.82		2.79	1.81	0.50	13.29	Cumple	64.20	200	52.20	1.66	50.00	Cumple	0.0025	0.86	18.52	Cumple	29.90	Cumple	3.30	Cumple			
P30		2867.74																				2867.74	2863.74	4.00
P30		2867.74																				2867.74	2863.74	4.00
	99.97		4.53	2.03	0.50	13.29	Cumple	63.50	200	55.28	1.76	50.00	Cumple	0.0026	0.90	18.29	Cumple	29.50	Cumple	3.60	Cumple			
P31 (E)		2863.21																				2863.21	2861.71	1.50

P32 (E)		2873.12																			2873.12	2871.62	1.50
	52.27		0.88	1.84	0.50	13.29	Cumple	59.10	200	52.63	1.67	50.00	Cumple	0.0020	0.81	16.79	Cumple	26.90	Cumple	3.00	Cumple		
P33 (E)		2872.66																			2872.66	2870.66	2.00
P33 (E)		2872.66																			2872.66	2870.66	2.00
	64.12		1.47	1.47	0.50	13.29	Cumple	62.10	200	47.04	1.50	50.00	Cumple	0.0021	0.75	17.83	Cumple	28.70	Cumple	2.60	Cumple		
P34 (E)		2871.72																			2871.72	2869.72	2.00
P34 (E)		2871.72																			2871.72	2869.72	2.00
	70.73		3.65	2.94	0.50	13.29	Cumple	55.30	200	66.53	2.12	50.00	Cumple	0.0022	0.97	15.50	Cumple	24.70	Cumple	4.50	Cumple		
P35		2869.14																			2869.14	2867.64	1.50
P35		2869.14																			2869.14	2867.64	1.50
	49.33		3.59	3.59	0.50	13.29	Cumple	53.80	200	73.52	2.34	50.00	Cumple	0.0022	1.05	14.97	Cumple	23.80	Cumple	5.30	Cumple		
P36		2867.37																			2867.37	2865.87	1.50
P36		2867.37																			2867.37	2865.87	1.50
	87.60		4.75	4.75	0.50	13.29	Cumple	51.50	200	84.56	2.69	50.00	Cumple	0.0023	1.17	14.26	Cumple	22.60	Cumple	6.60	Cumple		
P31 (E)		2863.21																			2863.21	2861.71	1.50
P31 (E)		2863.21																			2863.21	2861.71	1.50
	93.56		0.82	0.82	0.50	13.29	Cumple	68.80	200	35.14	1.12	50.00	Cumple	0.0020	0.61	20.10	Cumple	32.70	Cumple	1.60	Cumple		
P37 (E)		2862.44																			2862.44	2860.94	1.50
P37 (E)		2862.44																			2862.44	2860.94	1.50
	118.97		4.61	4.61	0.50	13.29	Cumple	50.50	200	83.31	2.65	50.00	Cumple	0.0021	1.13	13.90	Cumple	22.00	Cumple	6.30	Cumple		
P38 (E)		2856.96																			2856.96	2855.46	1.50
P38 (E)		2856.96																			2856.96	2855.46	1.50
	92.47		3.81	3.81	0.50	13.29	Cumple	53.00	200	75.74	2.41	50.00	Cumple	0.0022	1.07	14.74	Cumple	23.40	Cumple	5.50	Cumple		
P39 (E)		2853.44																			2853.44	2851.94	1.50
P39 (E)		2853.44																			2853.44	2851.94	1.50
	28.70		7.07	7.07	0.50	13.29	Cumple	47.40	200	103.17	3.28	50.00	Cumple	0.0022	1.33	12.88	Cumple	20.30	Cumple	8.90	Cumple		
P40 (E)		2851.41																			2851.41	2849.91	1.50
P40 (E)		2851.41																			2851.41	2849.91	1.50
	82.61		12.53	12.53	0.50	13.29	Cumple	43.00	200	137.35	4.37	50.00	Cumple	0.0023	1.63	11.43	Cumple	17.90	Cumple	14.00	Cumple		
P41 (E)		2841.06																			2841.06	2839.56	1.50
P42		2860.11																			2860.11	2858.61	1.50
	78.47		0.45	2.99	0.50	13.29	Cumple	12.60	200	67.09	2.13	50.00	Cumple	0.0001	0.39	3.88	Cumple	5.90	Cumple	1.10	Cumple		
P43		2859.76																			2859.76	2856.26	3.50
P43		2859.76																			2859.76	2856.26	3.50
	99.38		7.43	5.41	0.50	13.29	Cumple	16.30	200	90.25	2.87	50.00	Cumple	0.0001	0.48	3.42	Cumple	5.20	Cumple	1.80	Cumple		
P44		2852.38																			2852.38	2850.88	1.50
P44		2852.38																			2852.38	2850.88	1.50
	49.94		3.26	3.26	0.50	13.29	Cumple	20.00	200	70.06	2.23	50.00	Cumple	0.0002	0.45	4.53	Cumple	6.90	Cumple	1.40	Cumple		
P45		2850.75																			2850.75	2849.25	1.50
P45		2850.75																			2850.75	2849.25	1.50
	69.97		-1.40	2.17	0.50	13.29	Cumple	24.10	200	57.16	1.82	50.00	Cumple	0.0002	0.43	5.68	Cumple	8.70	Cumple	1.20	Cumple		
P46		2851.73																			2851.73	2847.73	4.00
P46		2851.73																			2851.73	2847.73	4.00
	23.60		1.48	3.60	0.50	13.29	Cumple	22.60	200	73.62	2.34	50.00	Cumple	0.0002	0.52	5.23	Cumple	8.00	Cumple	1.80	Cumple		
P47		2851.38																			2851.38	2846.88	4.50
P47		2851.38																			2851.38	2846.88	4.50
	22.19		10.86	1.85	0.50	13.29	Cumple	26.20	200	52.77	1.68	50.00	Cumple	0.0002	0.42	6.32	Cumple	9.70	Cumple	1.10	Cumple		
P48		2848.97																			2848.97	2846.47	2.50
P48		2848.97																			2848.97	2846.47	2.50
	32.79		11.83	8.78	0.50	13.29	Cumple	20.40	200	114.97	3.66	50.00	Cumple	0.0002	0.72	4.33	Cumple	6.60	Cumple	3.70	Cumple		
P49		2845.09																			2845.09	2843.59	1.50
P49		2845.09																			2845.09	2843.59	1.50
	30.28		5.91	5.91	0.50	13.29	Cumple	22.70	200	94.33	3.00	50.00	Cumple	0.0003	0.67	5.30	Cumple	8.10	Cumple	3.10	Cumple		
P50		2843.30																			2843.30	2841.80	1.50
P50		2843.30																			2843.30	2841.80	1.50
	30.26		3.80	3.80	0.50	7.74	Cumple	25.40	300	223.00	3.15	75.00	Cumple	0.0003	0.55	5.53	Cumple	8.40	Cumple	2.10	Cumple		
P51		2842.15																			2842.15	2840.65	1.50

Anexo 7: Planos



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



LEYENDA:

- QUEBRADA
- [Hatched Box] VIVIENDAS
- [Complex Building Symbol] COMPLEJO ECOLÓGICO CALLATE
- [Circle with Dots] POZOS EXISTENTES

PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:

PROVINCIA: TUNGURAHUA
CANTÓN: PÍLLARO
PARROQUIA: LA MATRIZ
SECTOR: CALLATE

CONTIENE:

TOPOGRAFÍA

ESPECIFICACIONES

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM
ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:
SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84
ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR
ZONA 17 S

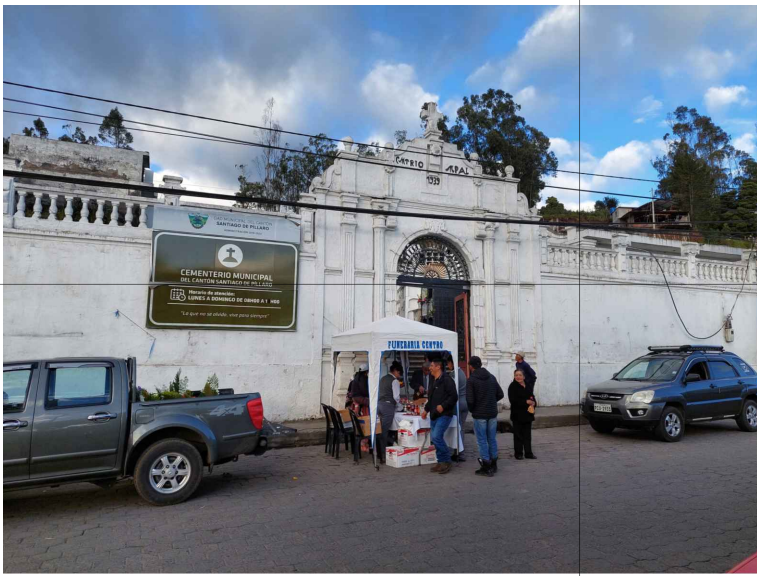
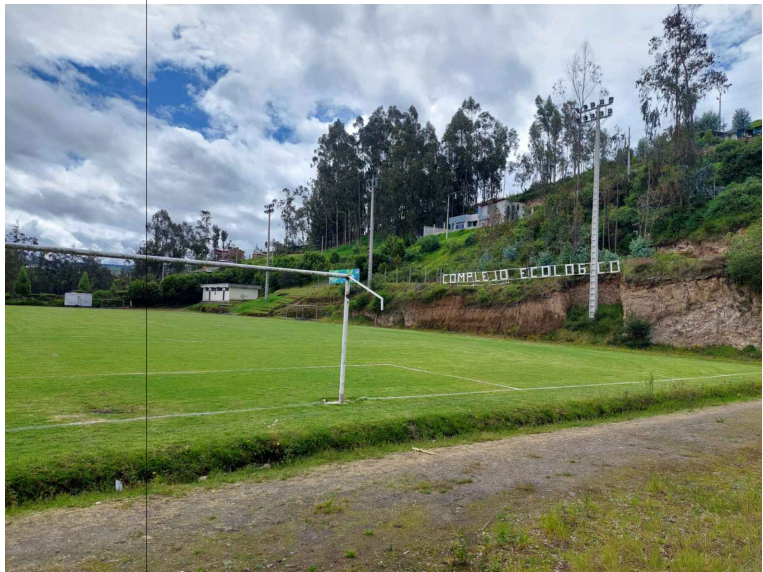
REALIZADO POR:

EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

REVISADO POR:

ING. LENIN MALDONADO

ESCALA:	FECHA:	LÁMINA:
1:1000	JUNIO 2025	01



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

LEYENDA:

-----	QUEBRADA
	VIVIENDAS
	COMPLEJO ECOLÓGICO CALLATE
	POZOS EXISTENTES

PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:

PROVINCIA: TUNGURAHUA
CANTÓN: PÍLLARO
PARROQUIA: LA MATRIZ
SECTOR: CALLATE

CONTIENE:

TOPOGRAFÍA

ESPECIFICACIONES

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM
ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:
SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84
ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR
ZONA 17 S

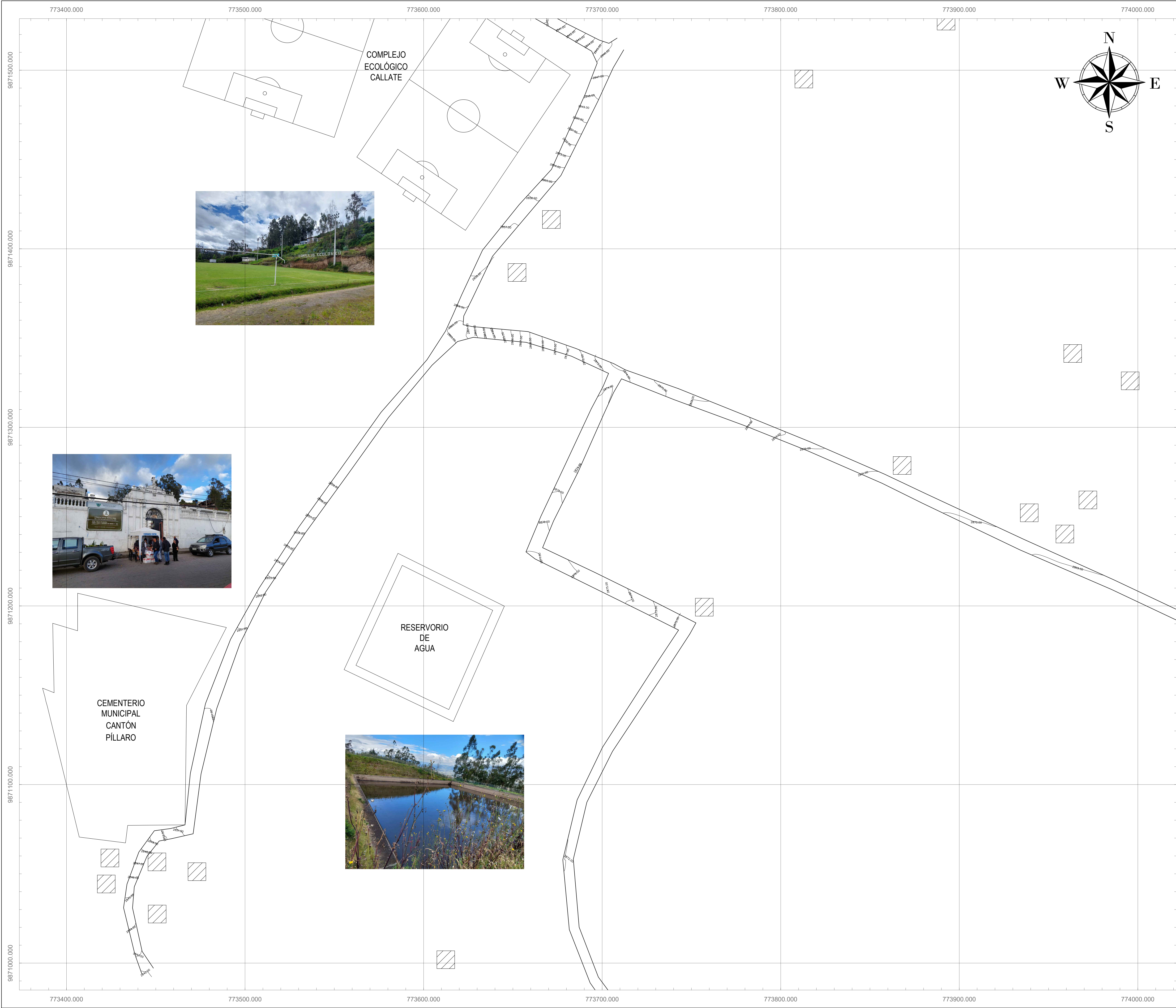
REALIZADO POR:

EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

REVISADO POR:

ING. LENIN MALDONADO

ESCALA:	FECHA:	LÁMINA:
1:1000	JUNIO 2025	02



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

LEYENDA:

QUEBRADA

VIVIENDAS

COMPLEJO ECOLÓGICO CALLATE

POZOS EXISTENTES

PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y
EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL
CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:

PROVINCIA: TUNGURAHUA
CANTÓN: PÍLLARO
PARROQUIA: LA MATRIZ
SECTOR: CALLATE

CONTIENE:

TOPOGRAFÍA

ESPECIFICACIONES

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM
ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:
SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84
ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR
ZONA 17 S

REALIZADO POR:

EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

REVISADO POR:

ING. LENIN MALDONADO

ESCALA:

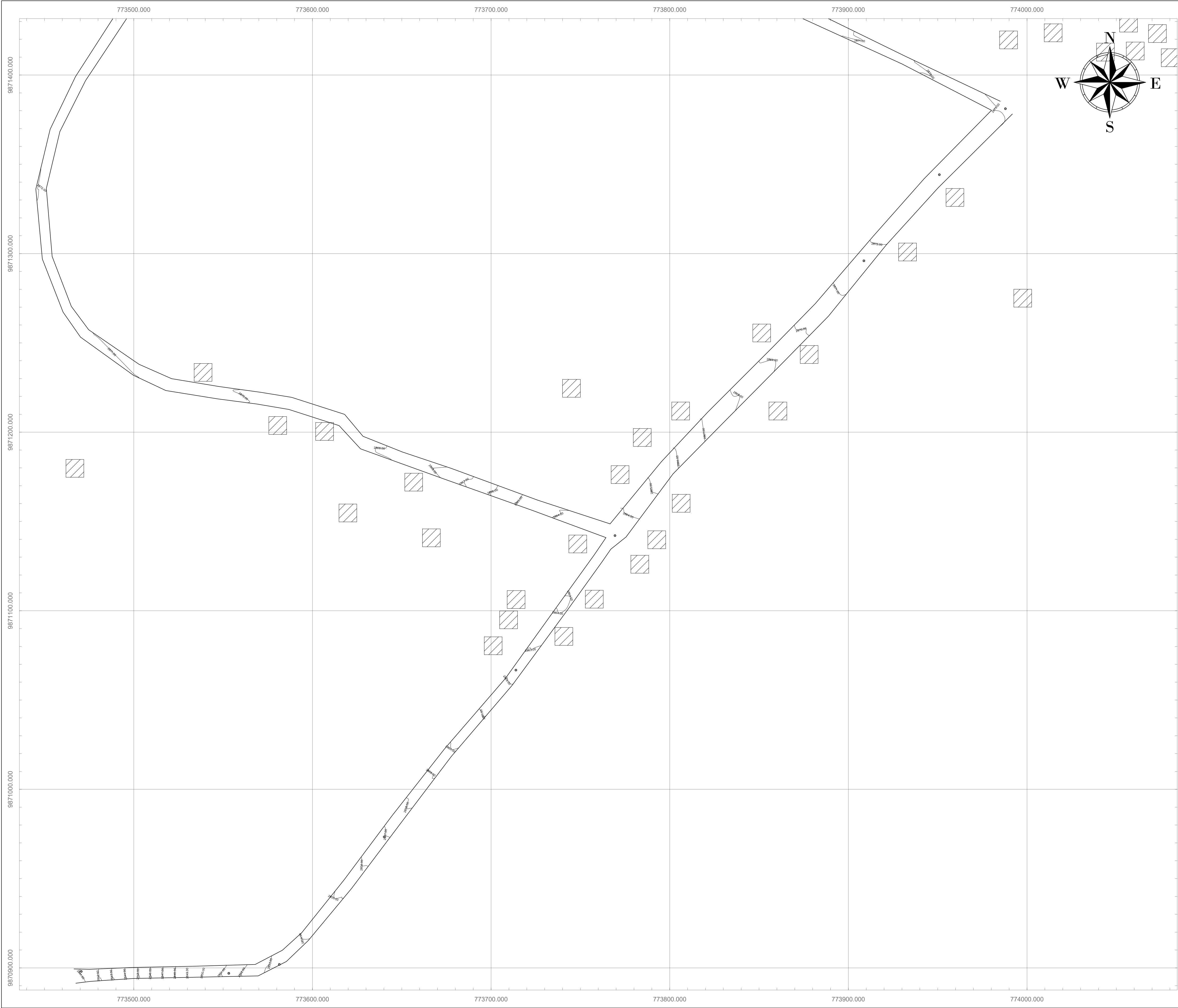
1:1000

FECHA:

JUNIO 2025

LÁMINA:

03



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

LEYENDA:

VIVIENDAS

QUEBRADA

COMPLEJO ECOLÓGICO CALLATE

POZOS EXISTENTES

PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y
EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL
CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:

PROVINCIA: TUNGURAHUA
CANTÓN: PÍLLARO
PARROQUIA: LA MATRIZ
SECTOR: CALLATE

CONTIENE:

TOPOGRAFÍA

ESPECIFICACIONES

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM
ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:
SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84
ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR
ZONA 17 S

REALIZADO POR:

EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

REVISADO POR:

ING. LENIN MALDONADO

ESCALA:

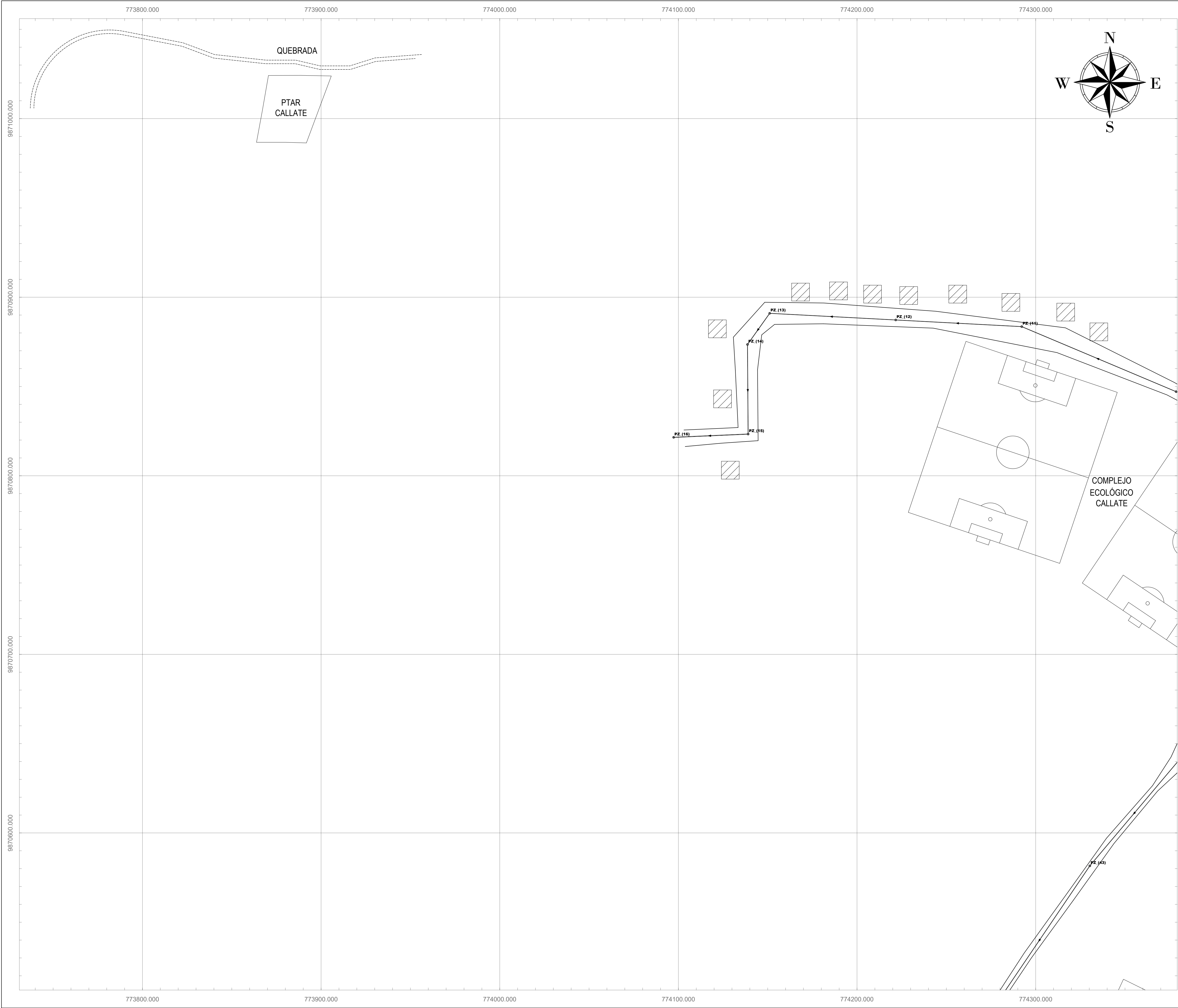
1:1000

FECHA:

JUNIO 2025

LÁMINA:

04



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

LEYENDA:

QUEBRADA

VIVIENDAS

COMPLEJO ECOLÓGICO CALLATE

PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y
EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL
CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:

PROVINCIA: TUNGURAHUA
CANTÓN: PÍLLARO
PARROQUIA: LA MATRIZ
SECTOR: CALLATE

CONTIENE:

IMPLANTACIÓN DE TUBERÍAS Y POZOS

ESPECIFICACIONES

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM
ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:
SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84
ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR
ZONA 17 S

REALIZADO POR:

EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

REVISADO POR:

ING. LENIN MALDONADO

ESCALA:

1:1000

FECHA:

JUNIO 2025

LÁMINA:

05



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

LEYENDA:

QUEBRADA

VIVIENDAS

COMPLEJO ECOLÓGICO CALLATE

PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:

PROVINCIA: TUNGURAHUA
CANTÓN: PÍLLARO
PARROQUIA: LA MATRIZ
SECTOR: CALLATE

CONTIENE:

IMPLANTACIÓN DE TUBERÍAS Y POZOS

ESPECIFICACIONES

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM
ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:
SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84
ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR
ZONA 17 S

REALIZADO POR:

EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

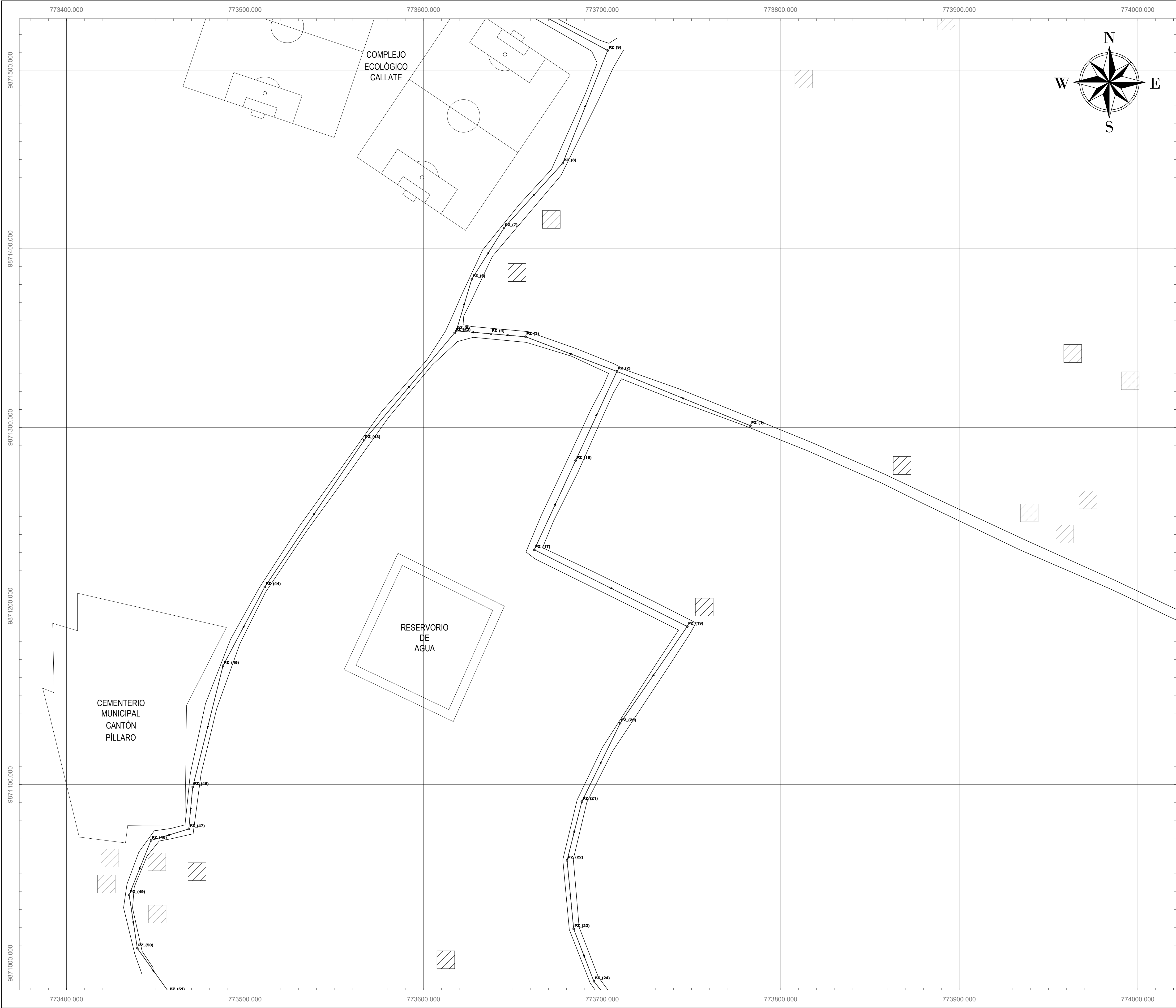
REVISADO POR:

ING. LENIN MALDONADO

ESCALA:
1:1000

FECHA:
JUNIO 2025

LÁMINA:
06



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

LEYENDA:

QUEBRADA

VIVIENDAS

COMPLEJO ECOLÓGICO CALLATE

PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:

PROVINCIA: TUNGURAHUA
CANTÓN: PÍLLARO
PARROQUIA: LA MATRIZ
SECTOR: CALLATE

CONTIENE:

IMPLANTACIÓN DE TUBERÍAS Y POZOS

ESPECIFICACIONES

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM
ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:
SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84
ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR
ZONA 17 S

REALIZADO POR:

EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

REVISADO POR:

ING. LENIN MALDONADO

ESCALA:

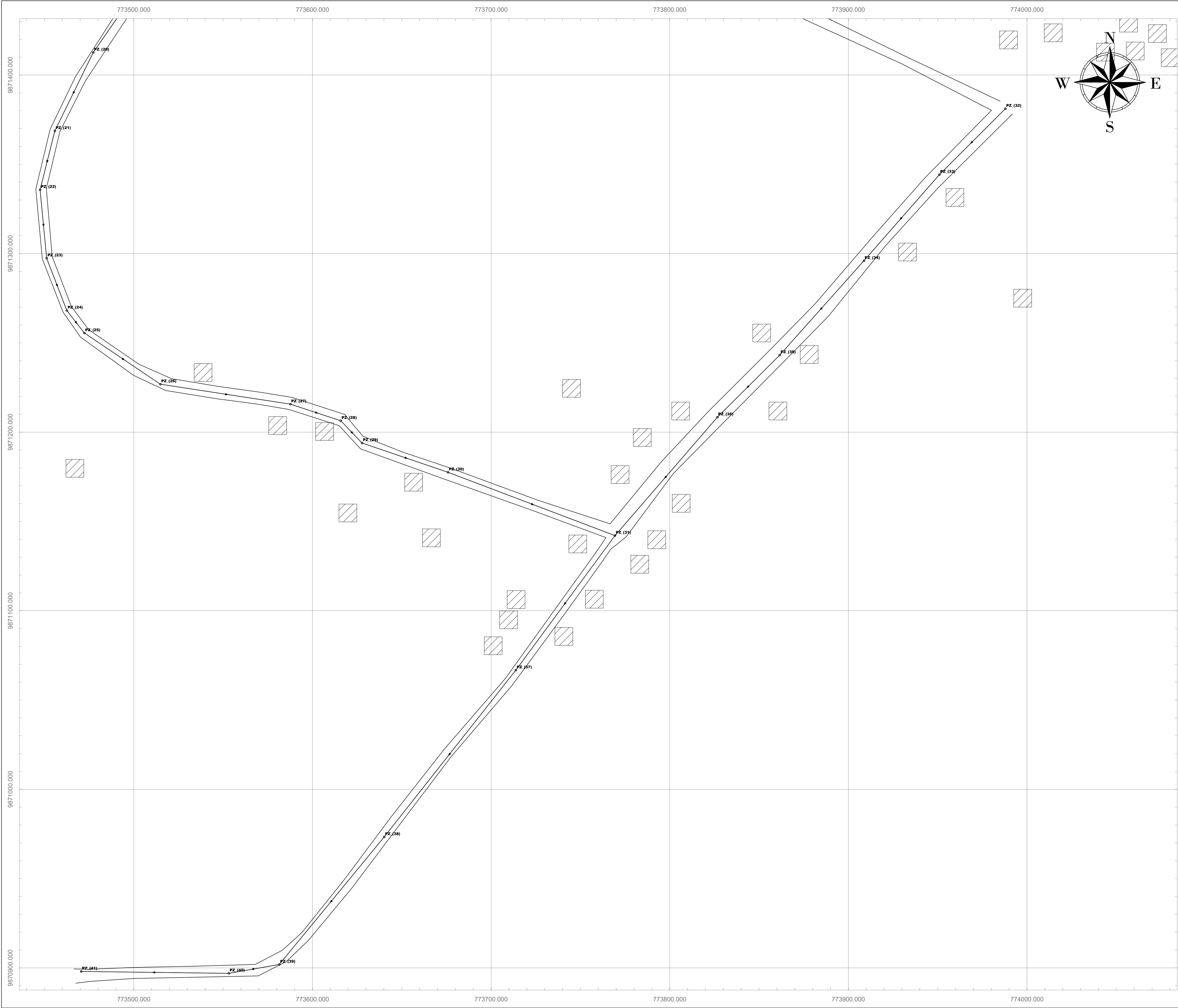
1:1000

FECHA:

JUNIO 2025

LÁMINA:

07



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

LEYENDA:

QUEBRADA

VIVIENDAS

COMPLEJO ECOLÓGICO CALLATE

PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y
EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL
CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:

PROVINCIA: TUNGURAHUA
CANTÓN: PÍLLARO
PARROQUIA: LA MATRIZ
SECTOR: CALLATE

CONTIENE:

IMPLANTACIÓN DE TUBERÍAS Y POZOS

ESPECIFICACIONES

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM
ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:
SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84
ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR
ZONA 17 S

REALIZADO POR:

EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

REVISADO POR:

ING. LENIN MALDONADO

ESCALA:

1:1000

FECHA:

JUNIO 2025

LÁMINA:

08



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LEYENDA:

QUEBRADA

VIVIENDAS

COMPLEJO ECOLÓGICO CALLATE

PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:

PROVINCIA: TUNGURAHUA

CANTÓN: PÍLLARO

PARROQUIA: LA MATRIZ

SECTOR: CALLATE

CONTIENE:

ÁREAS DE APORTACIÓN

ESPECIFICACIONES

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM

ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:

SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84

ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR

ZONA 17 S

REALIZADO POR:

EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

REVISADO POR:

ING. LENIN MALDONADO

ESCALA:

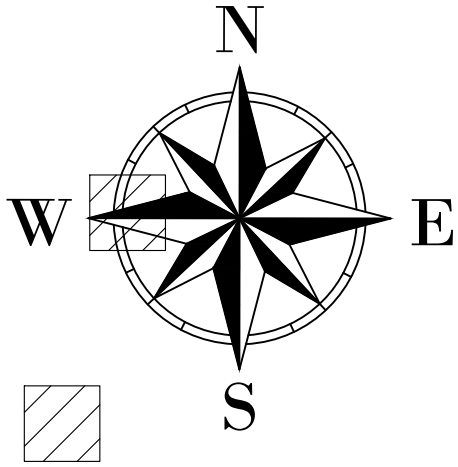
1:1000

FECHA:

JUNIO 2025

LÁMINA:

09



LEYENDA:

- QUEBRADA
- VIVIENDAS
- COMPLEJO ECOLÓGICO CALLATE

PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:

PROVINCIA: TUNGURAHUA
CANTÓN: PÍLLARO
PARROQUIA: LA MATRIZ
SECTOR: CALLATE

CONTIENE:

ÁREAS DE APORTACIÓN

ESPECIFICACIONES

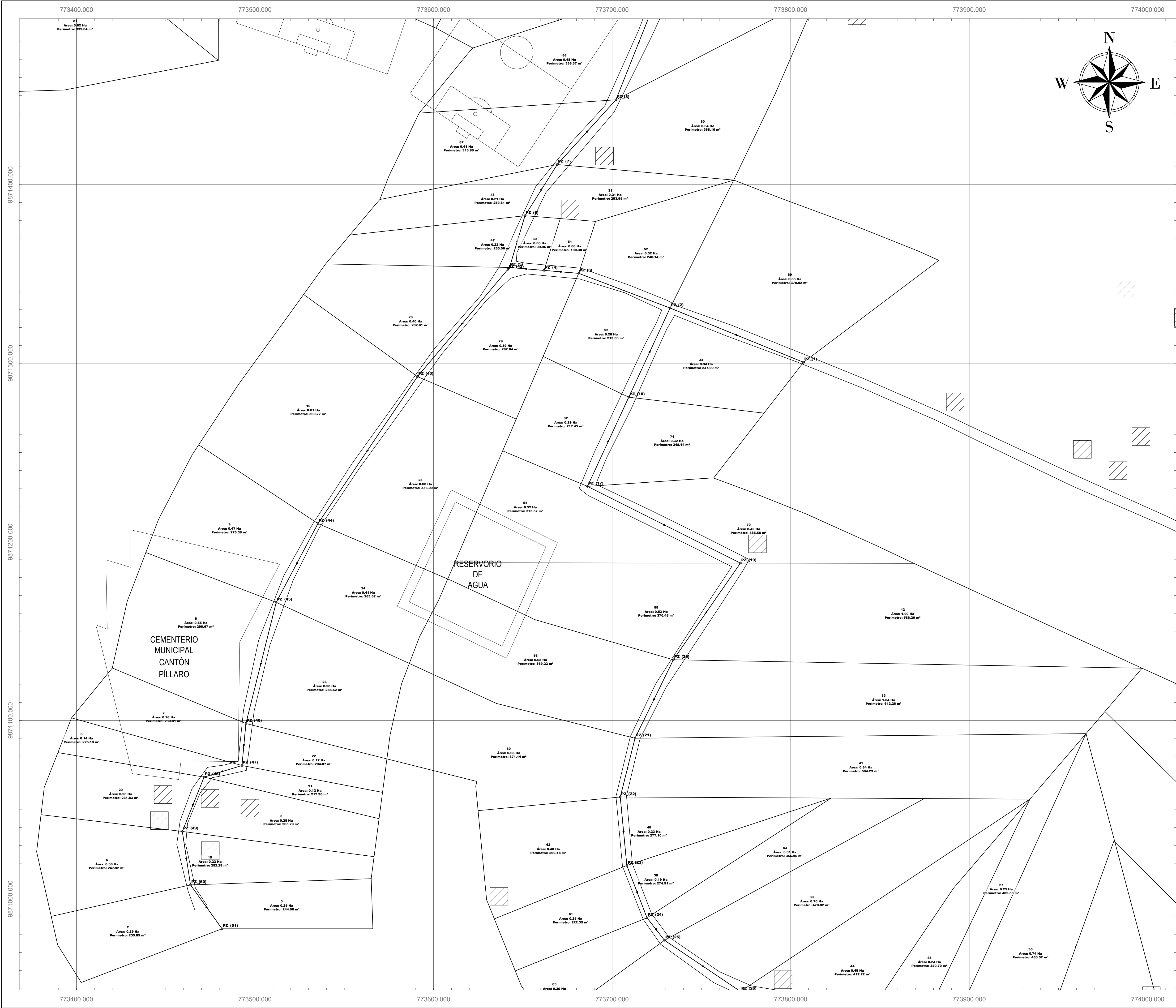
PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM
ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:
SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84
ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR
ZONA 17 S

REALIZADO POR:

EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

REVISADO POR:

ING. LENIN MALDONADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LEYENDA:

QUEBRADA

VIVIENDAS

COMPLEJO ECOLÓGICO CALLATE

PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:

PROVINCIA: TUNGURAHUA

CANTÓN: PÍLLARO

PARROQUIA: LA MATRIZ

SECTOR: CALLATE

CONTIENE:

ÁREAS DE APORTACIÓN

ESPECIFICACIONES

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM

ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:

SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84

ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR

ZONA 17 S

REALIZADO POR:

EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

REVISADO POR:

ING. LENIN MALDONADO

ESCALA:

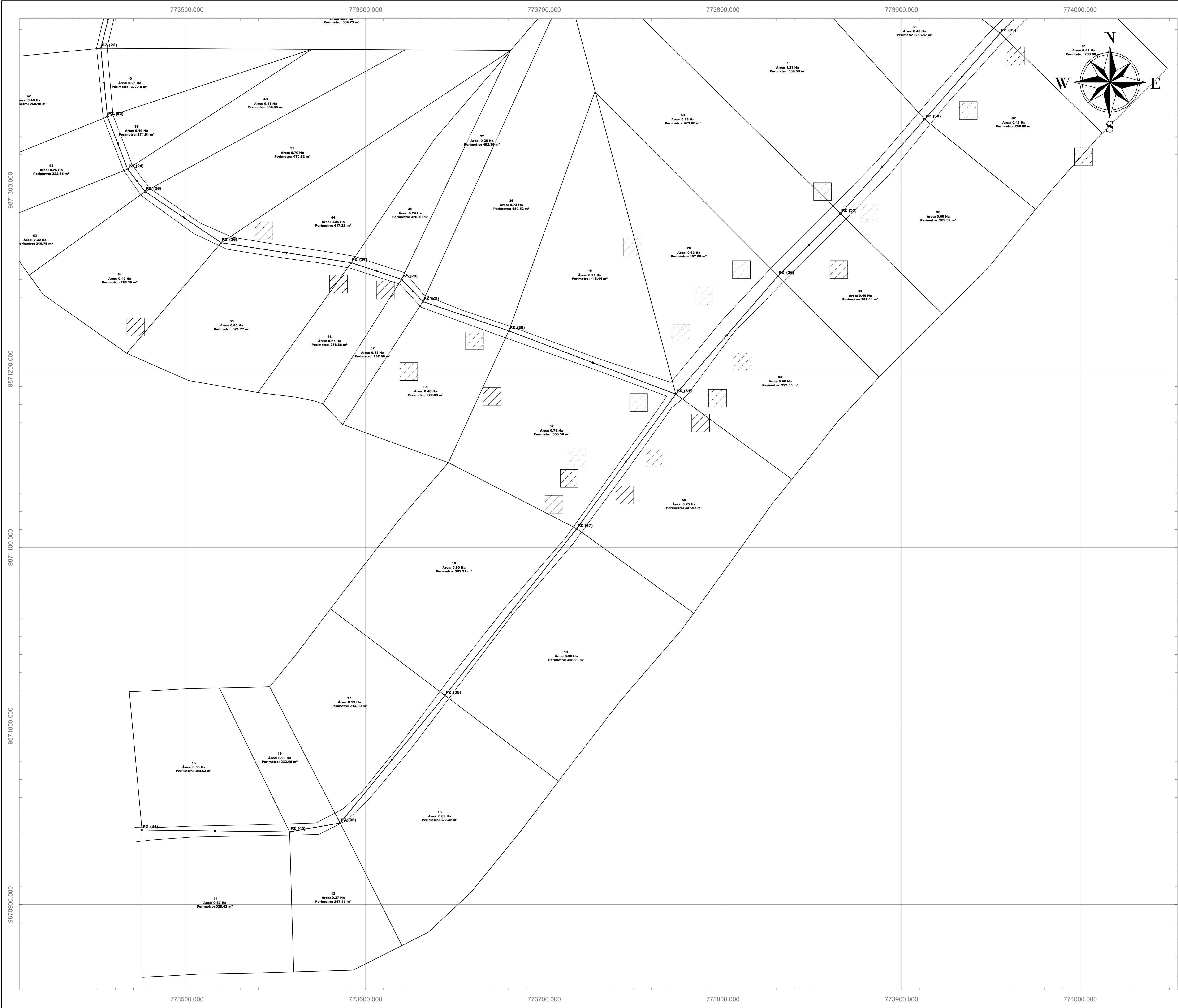
1:1000

FECHA:

JUNIO 2025

LÁMINA:

11



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

LEYENDA:

----- QUEBRADA

VIVIENDAS

COMPLEJO ECOLÓGICO CALLATE

PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:

PROVINCIA: TUNGURAHUA
CANTÓN: PÍLLARO
PARROQUIA: LA MATRIZ
SECTOR: CALLATE

CONTIENE:

ÁREAS DE APORTACIÓN

ESPECIFICACIONES

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM
ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:
SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84
ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR
ZONA 17 S

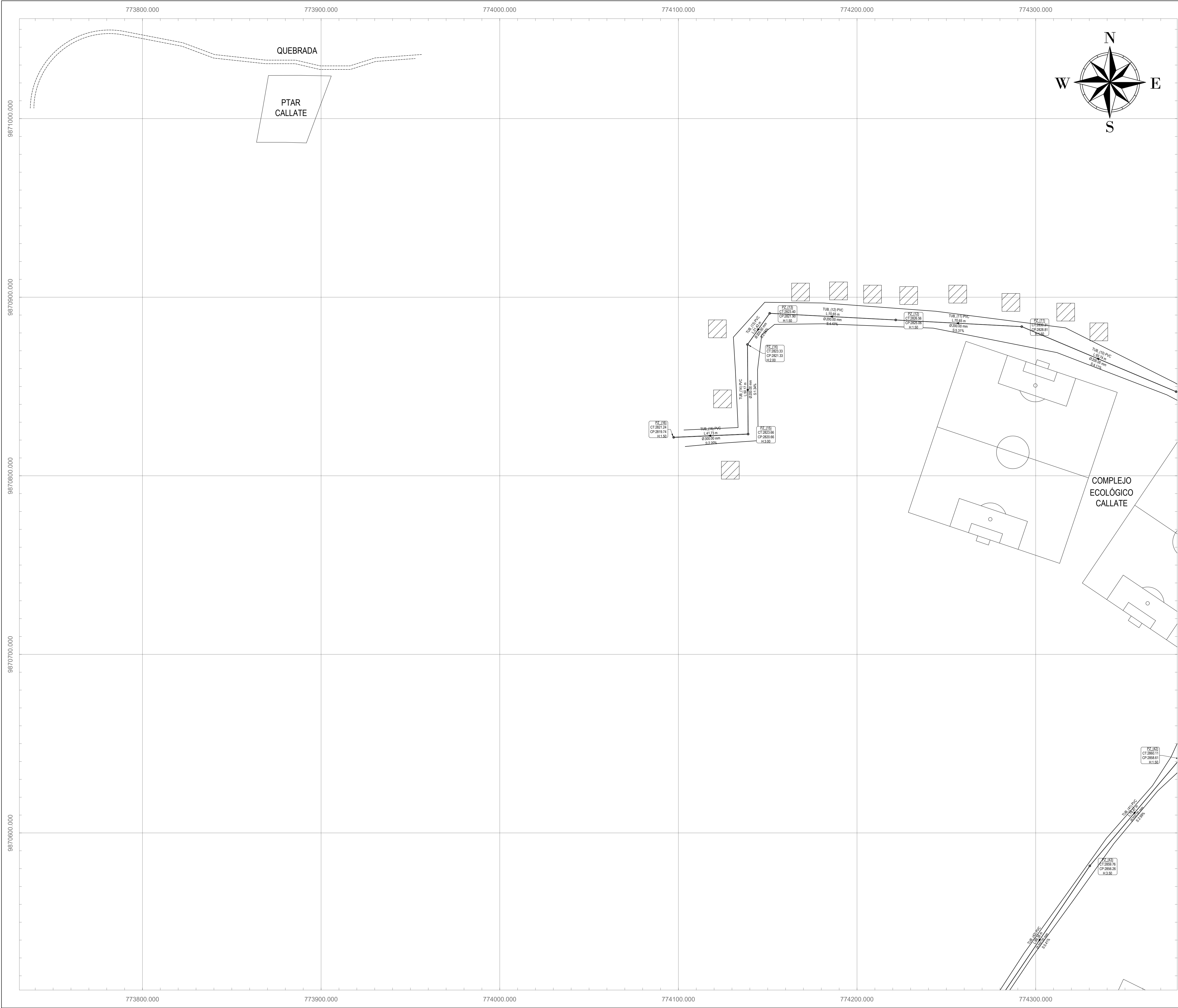
REALIZADO POR:

EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

REVISADO POR:

ING. LENIN MALDONADO

ESCALA:	FECHA:	LÁMINA:
1:1000	JUNIO 2025	12



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

LEYENDA:

QUEBRADA

VIVIENDAS

COMPLEJO ECOLÓGICO CALLATE

PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:

PROVINCIA: TUNGURAHUA
CANTÓN: PÍLLARO
PARROQUIA: LA MATRIZ
SECTOR: CALLATE

CONTIENE:

DISEÑO HIDRÁULICO
VISTA EN PLANTA

ESPECIFICACIONES

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM
ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:
SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84
ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR
ZONA 17 S

REALIZADO POR:

EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

REVISADO POR:

ING. LENIN MALDONADO

ESCALA:

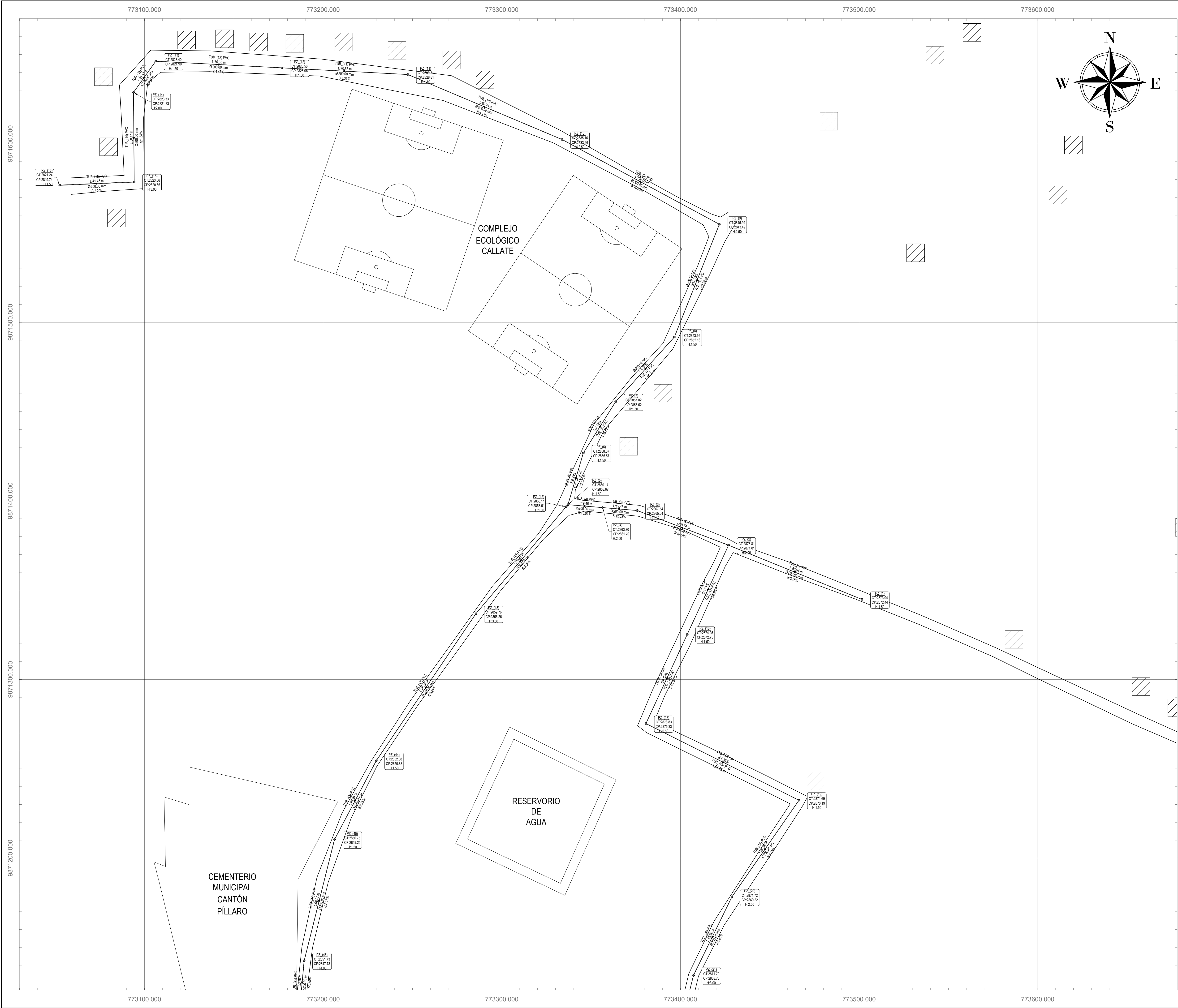
1:1000

FECHA:

JUNIO 2025

LÁMINA:

13



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

LEYENDA:

QUEBRADA

VIVIENDAS

COMPLEJO ECOLÓGICO CALLATE

PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:

PROVINCIA: TUNGURAHUA
CANTÓN: PÍLLARO
PARROQUIA: LA MATRIZ
SECTOR: CALLATE

CONTIENE:

DISEÑO HIDRÁULICO
VISTA EN PLANTA

ESPECIFICACIONES

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM
ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:
SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84
ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR
ZONA 17 S

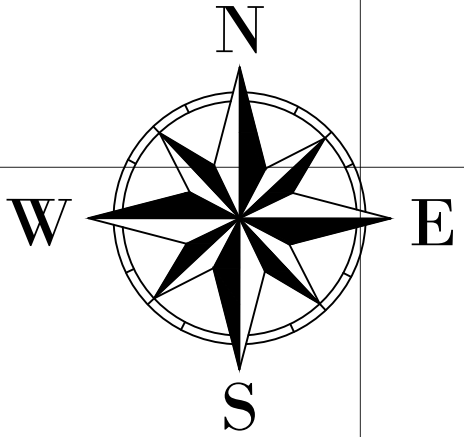
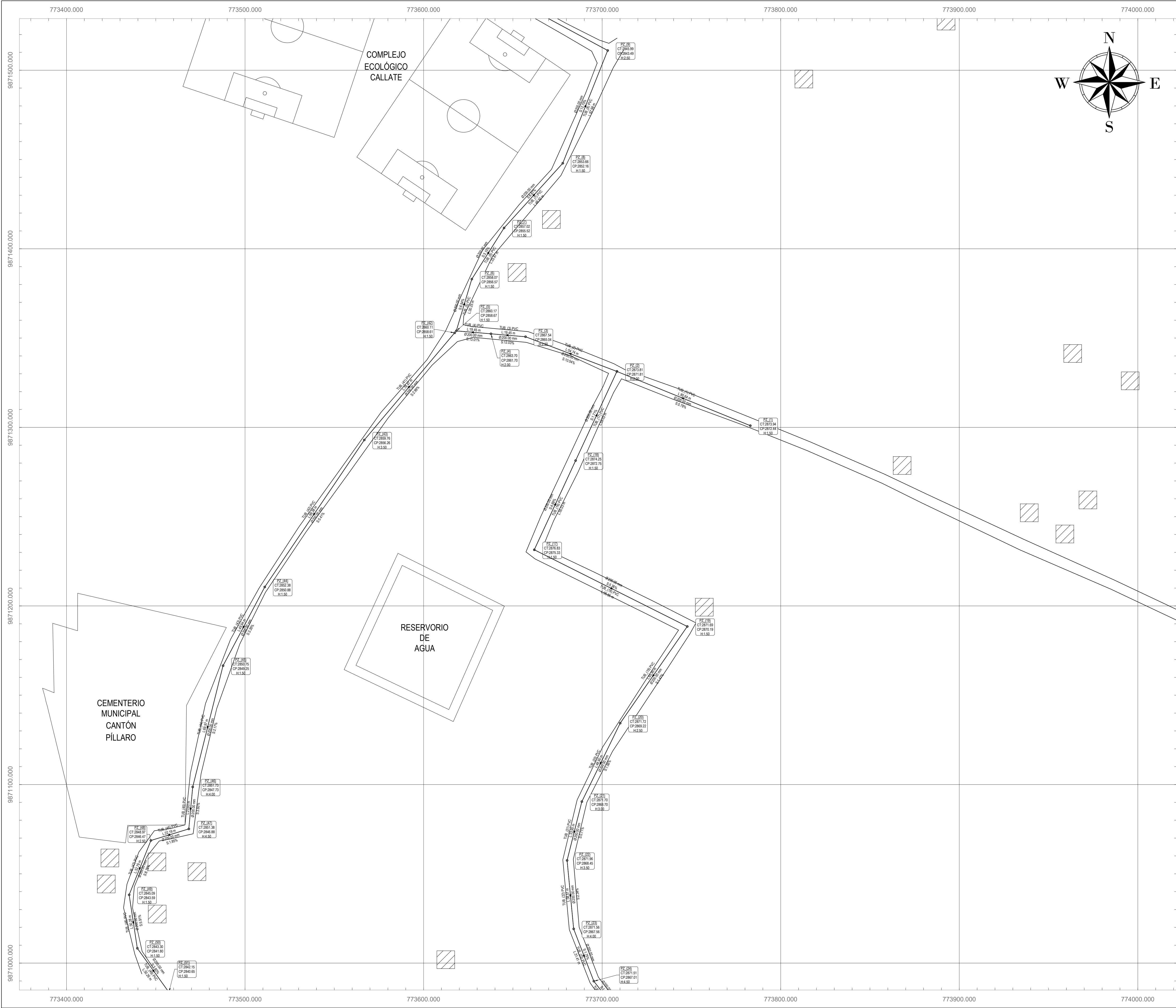
REALIZADO POR:

EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

REVISADO POR:

ING. LENIN MALDONADO

ESCALA:	FECHA:	LÁMINA:
1:1000	JUNIO 2025	14



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



LEYENDA:

- QUEBRADA
- ▨ VIVIENDAS
- COMPLEJO ECOLÓGICO CALLATE

PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:

PROVINCIA: TUNGURAHUA
CANTÓN: PÍLLARO
PARROQUIA: LA MATRIZ
SECTOR: CALLATE

CONTIENE:

DISEÑO HIDRÁULICO
VISTA EN PLANTA

ESPECIFICACIONES

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM
ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:
SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84
ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR
ZONA 17 S

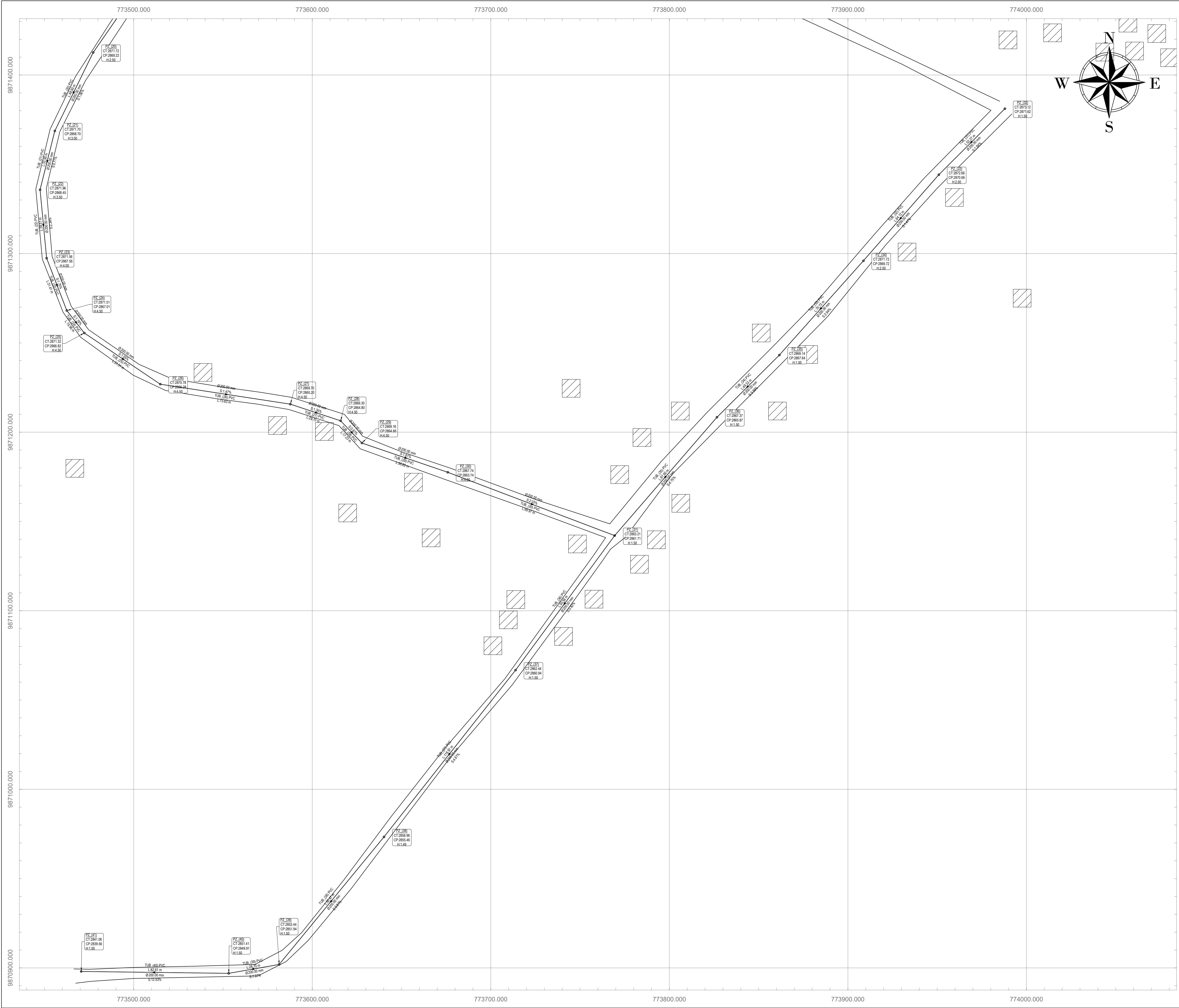
REALIZADO POR:

EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

REVISADO POR:

ING. LENIN MALDONADO

ESCALA:	FECHA:	LÁMINA:
1:1000	JUNIO 2025	15



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

LEYENDA:

QUEBRADA

VIVIENDAS

COMPLEJO ECOLÓGICO CALLATE

PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:

PROVINCIA: TUNGURAHUA
CANTÓN: PÍLLARO
PARROQUIA: LA MATRIZ
SECTOR: CALLATE

CONTIENE:

DISEÑO HIDRÁULICO
VISTA EN PLANTA

ESPECIFICACIONES

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM
ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:
SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84
ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR
ZONA 17 S

REALIZADO POR:

EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

REVISADO POR:

ING. LENIN MALDONADO

ESCALA:	FECHA:	LÁMINA:
1:1000	JUNIO 2025	16



LEYENDA:



POZOS NUEVOS



SENTIDO DE FLUJO

CT: COTA DEL TERRENO

CP: COTA DEL PROYECTO

H: ALTURA DEL POZO

φ: DIÁMETRO DE TUBERÍA

L: LONGITUD

S: GRADIENTE HIDRÁULICA

PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y
EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL
CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:

PROVINCIA: TUNGURAHUA

CANTÓN: PÍLLARO

PARROQUIA: LA MATRIZ

SECTOR: CALLATE

CONTIENE:

DISEÑO HIDRÁULICO
VISTA EN PERFIL

ESPECIFICACIONES

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM
ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:
SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84
ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR
ZONA 17 S

REALIZADO POR:

EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

REVISADO POR:

ING. LENIN MALDONADO

ESCALA:

1:1000

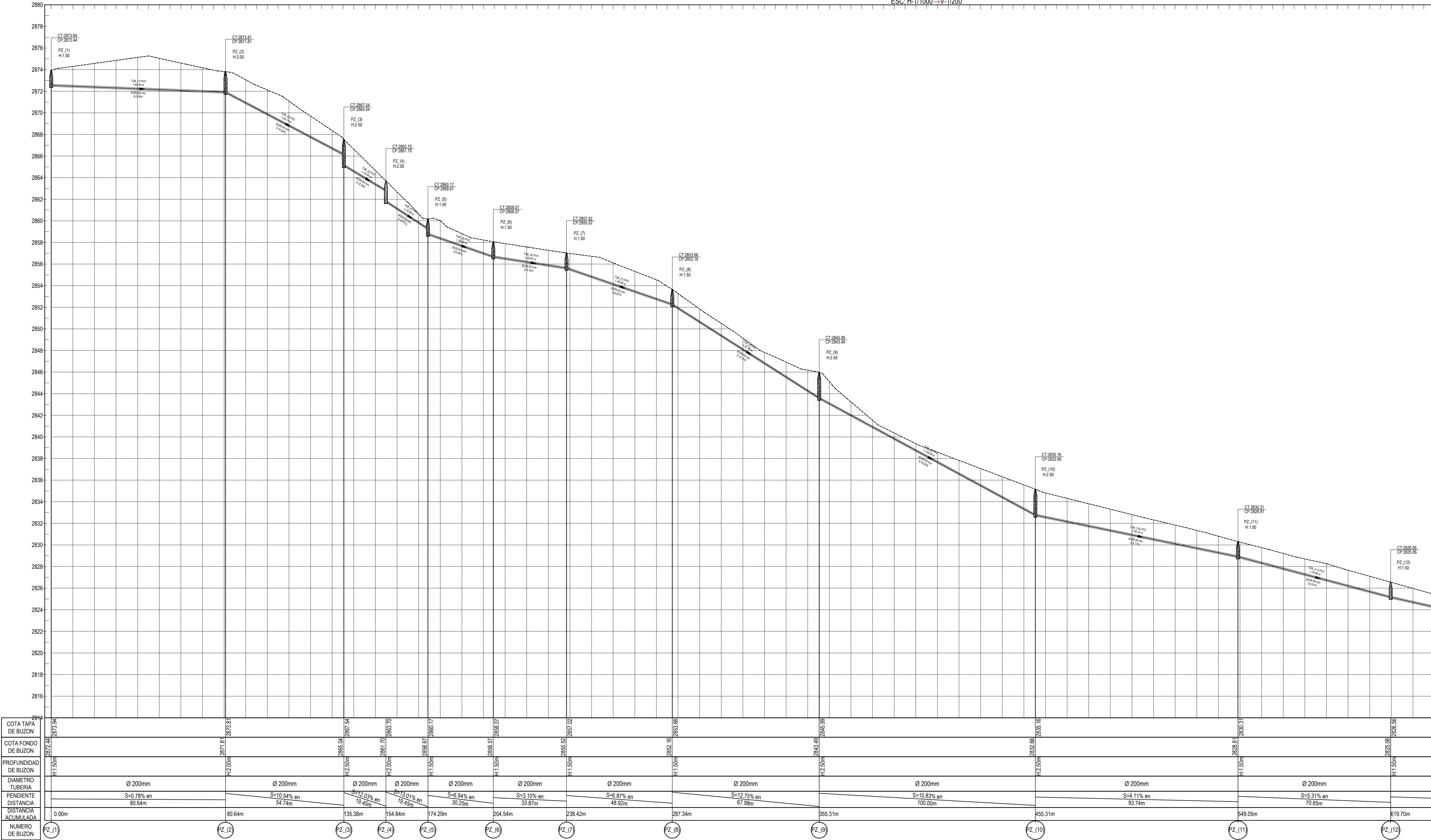
FECHA:

JUNIO 2025

LÁMINA:

17

PERFIL LONGITUDINAL → TRAMO A
ESC: H-1/1000 → V-1/200





LEYENDA:



POZOS NUEVOS



SENTIDO DE FLUJO



CT: COTA DEL TERRENO



CP: COTA DEL PROYECTO



H: ALTURA DEL POZO



φ: DIÁMETRO DE TUBERÍA



L: LONGITUD



S: GRADIENTE HIDRÁULICA

PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y
EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL
CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:

PROVINCIA: TUNGURAHUA
CANTÓN: PÍLLARO
PARROQUIA: LA MATRIZ
SECTOR: CALLATE

CONTIENE:

DISEÑO HIDRÁULICO
VISTA EN PERFIL

ESPECIFICACIONES

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM
ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:
SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84
ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR
ZONA 17 S

REALIZADO POR:

EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

REVISADO POR:

ING. LENIN MALDONADO

ESCALA:

FECHA:

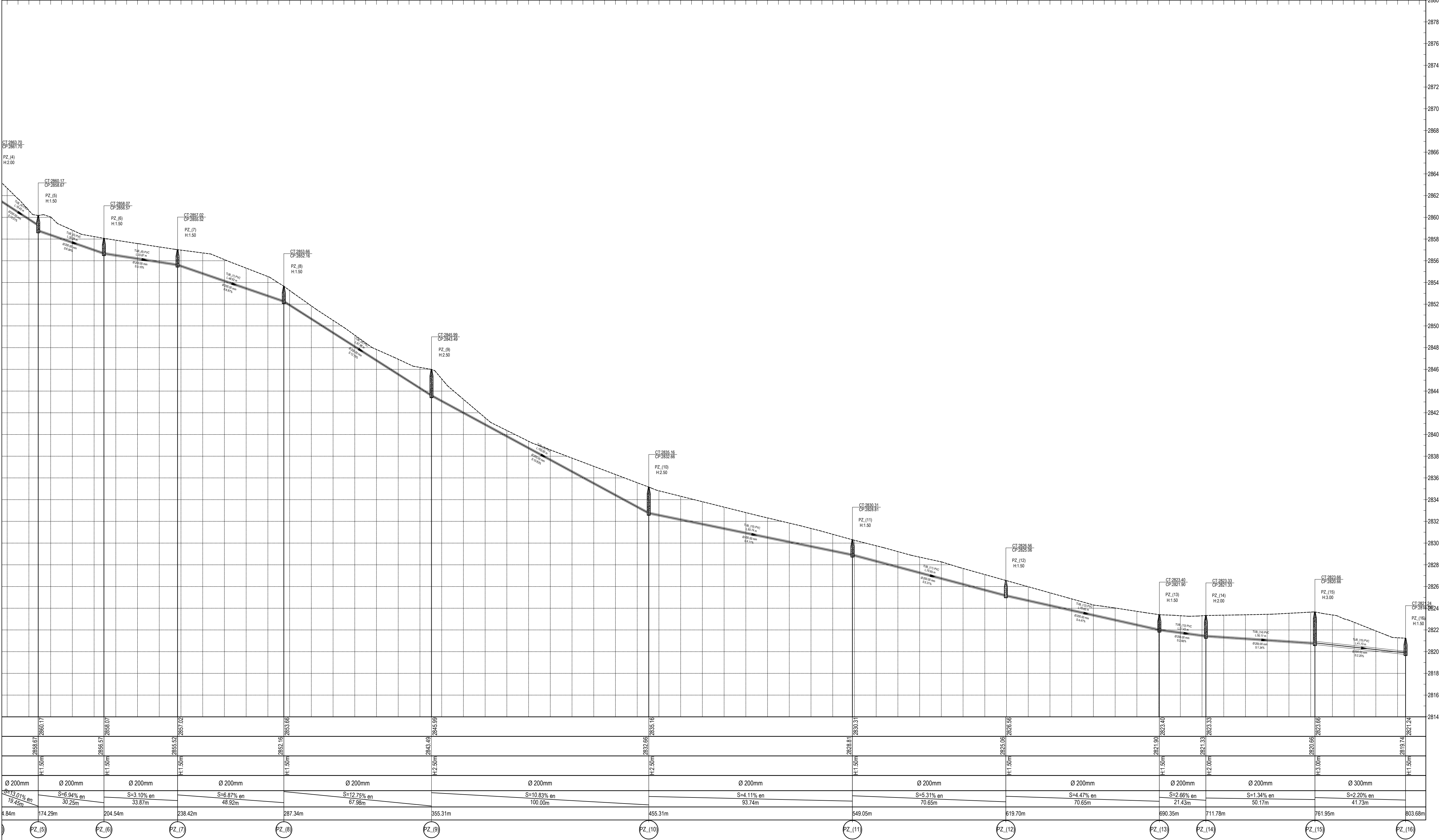
LÁMINA:

1:1000

JUNIO 2025

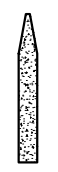
18

PERFIL LONGITUDINAL--TRAMO A
ESC: H-1/1000 --V-1/200





LEYENDA:



POZOS NUEVOS



SENTIDO DE FLUJO



CT: COTA DEL TERRENO



CP: COTA DEL PROYECTO



H: ALTURA DEL POZO



φ: DIÁMETRO DE TUBERÍA



L: LONGITUD



S: GRADIENTE HIDRÁULICA

PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:

PROVINCIA: TUNGURAHUA
CANTÓN: PÍLLARO
PARROQUIA: LA MATRIZ
SECTOR: CALLATE

CONTIENE:

DISEÑO HIDRÁULICO
VISTA EN PERFIL

ESPECIFICACIONES

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM
ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:
SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84
ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR
ZONA 17 S

REALIZADO POR:

EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

REVISADO POR:

ING. LENIN MALDONADO

ESCALA:

1:1000

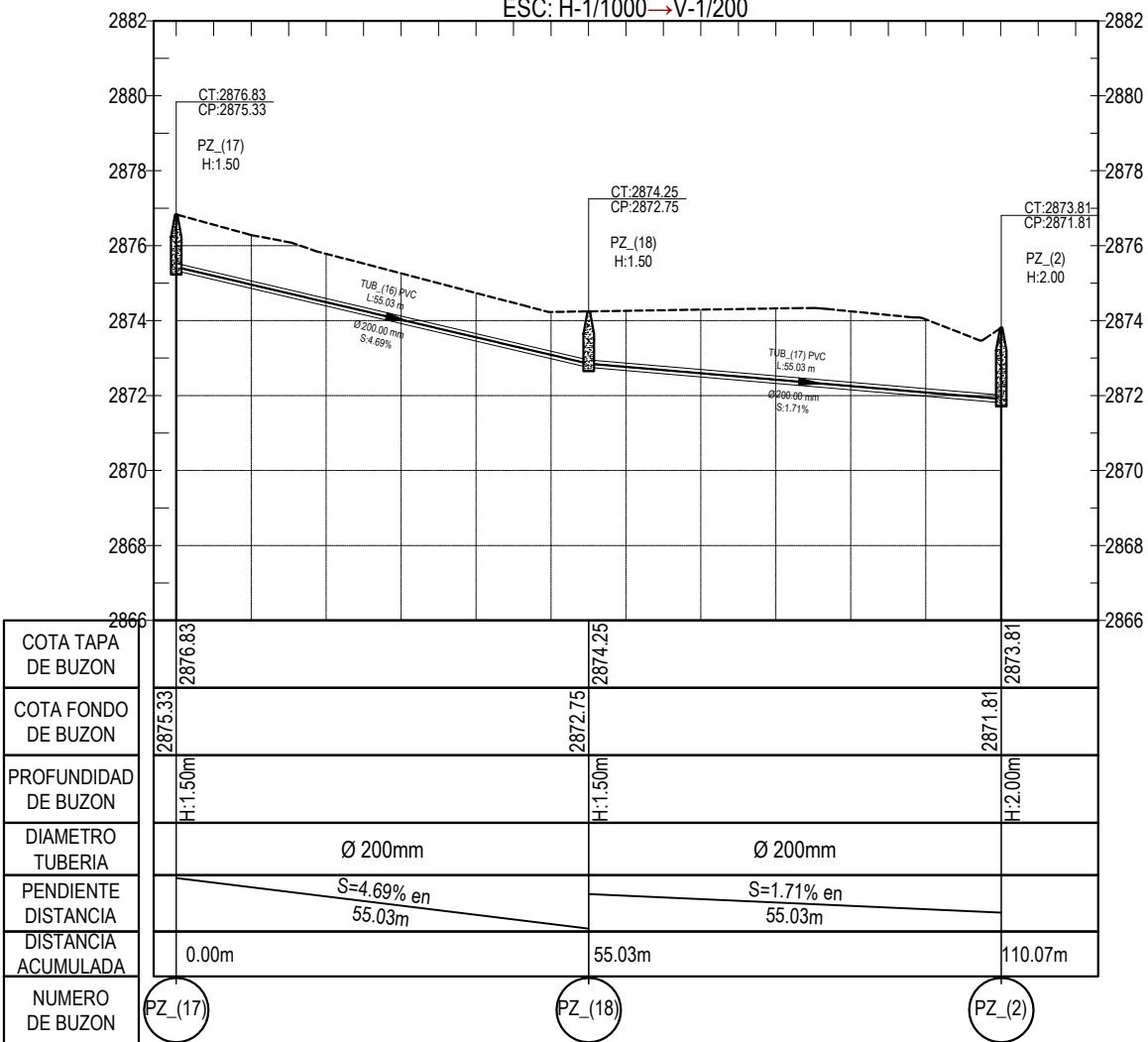
FECHA:

JUNIO 2025

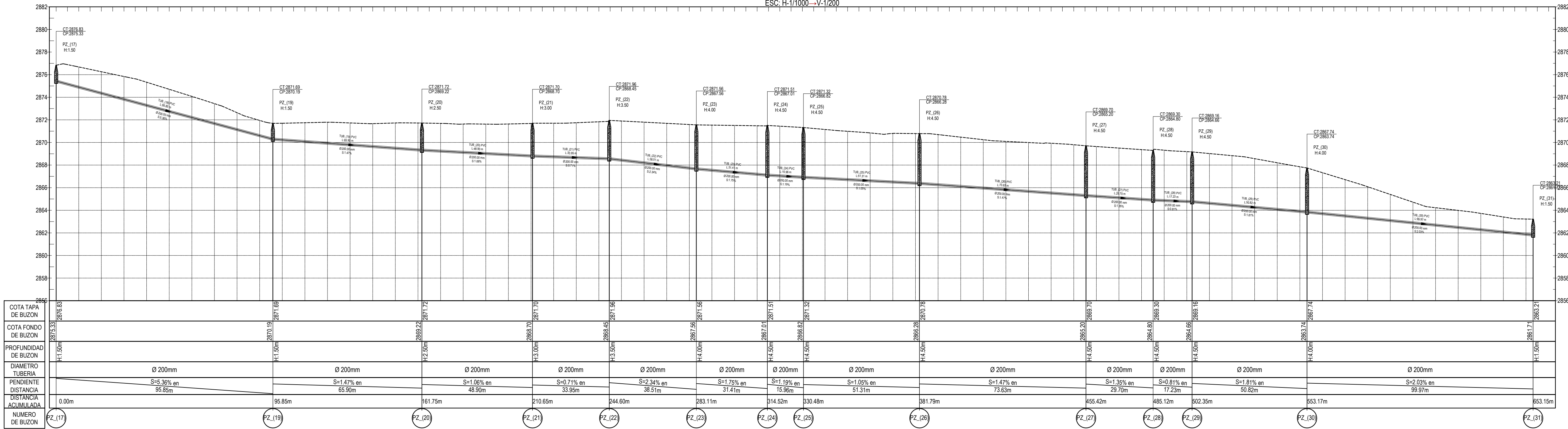
LÁMINA:

19

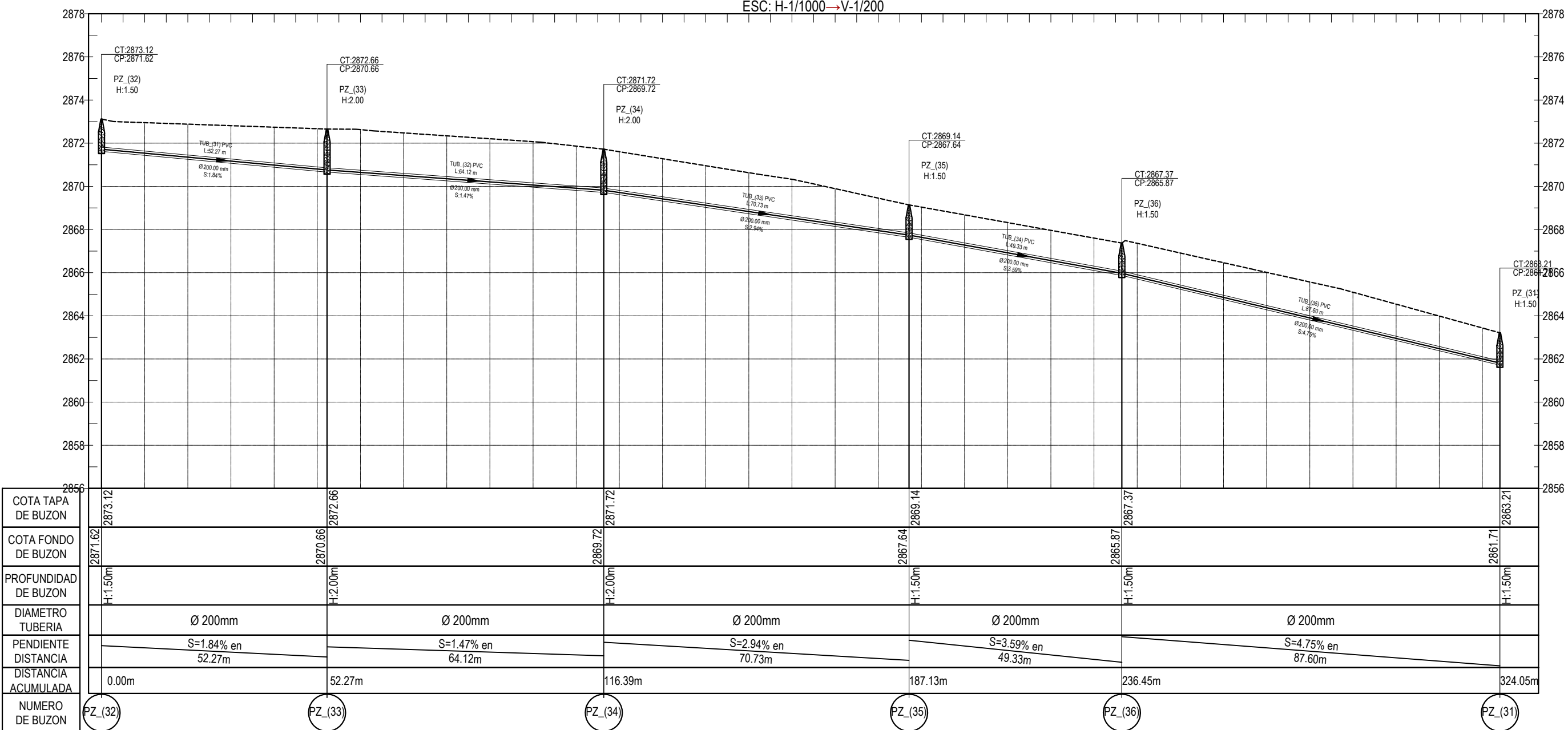
PERFIL LONGITUDINAL --TRAMO B
ESC: H-1/1000 --V-1/200



PERFIL LONGITUDINAL --TRAMO C
ESC: H-1/1000 --V-1/200

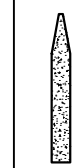


PERFIL LONGITUDINAL --TRAMO D
ESC: H-1/1000 --V-1/200





LEYENDA:



POZOS NUEVOS



SENTIDO DE FLUJO

CT: COTA DEL TERRENO

CP: COTA DEL PROYECTO

H: ALTURA DEL POZO

φ: DIÁMETRO DE TUBERÍA

L: LONGITUD

S: GRADIENTE HIDRÁULICA

PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:

PROVINCIA: TUNGURAHUA
CANTÓN: PÍLLARO
PARROQUIA: LA MATRIZ
SECTOR: CALLATE

CONTIENE:

DISEÑO HIDRÁULICO
VISTA EN PERFIL

ESPECIFICACIONES

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM
ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:
SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84
ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR
ZONA 17 S

REALIZADO POR:

EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

REVISADO POR:

ING. LENIN MALDONADO

ESCALA:

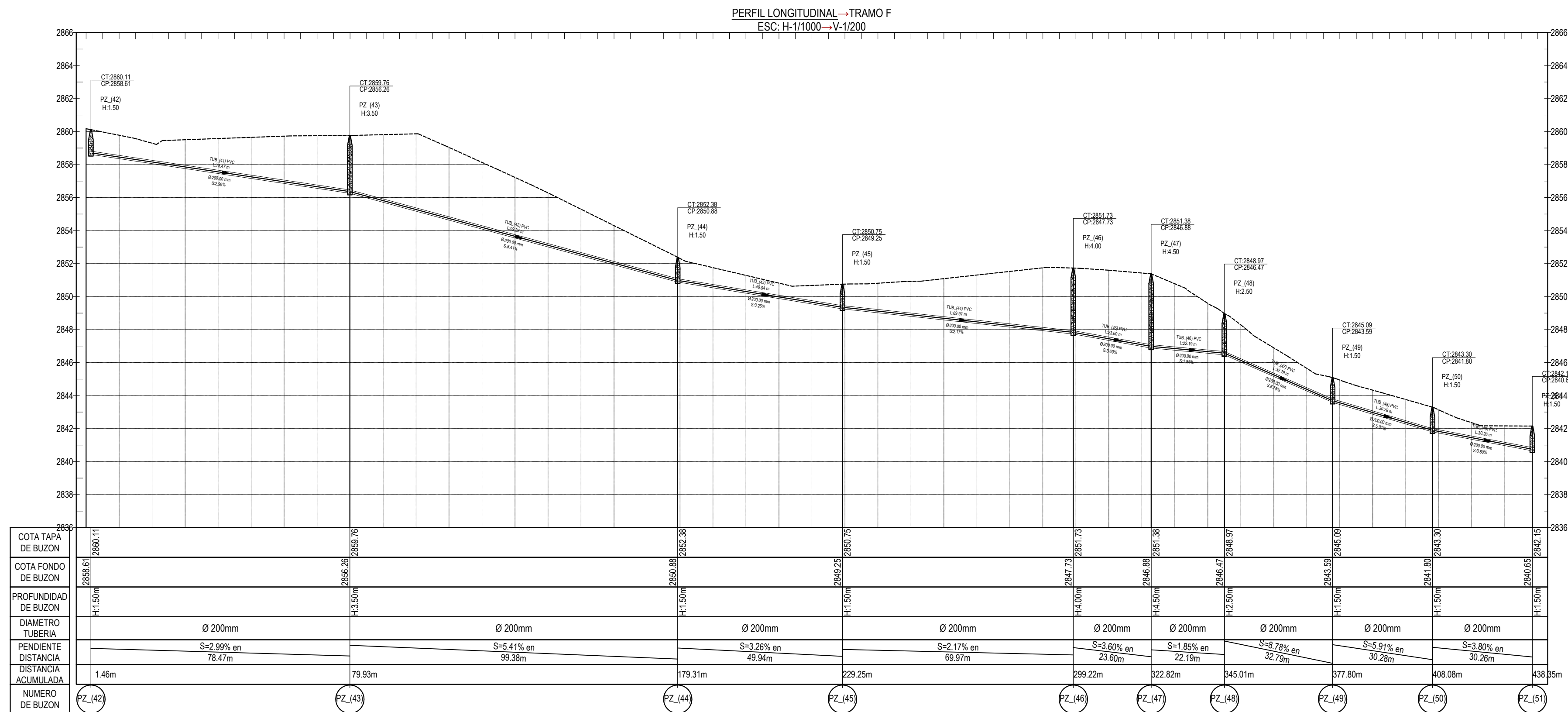
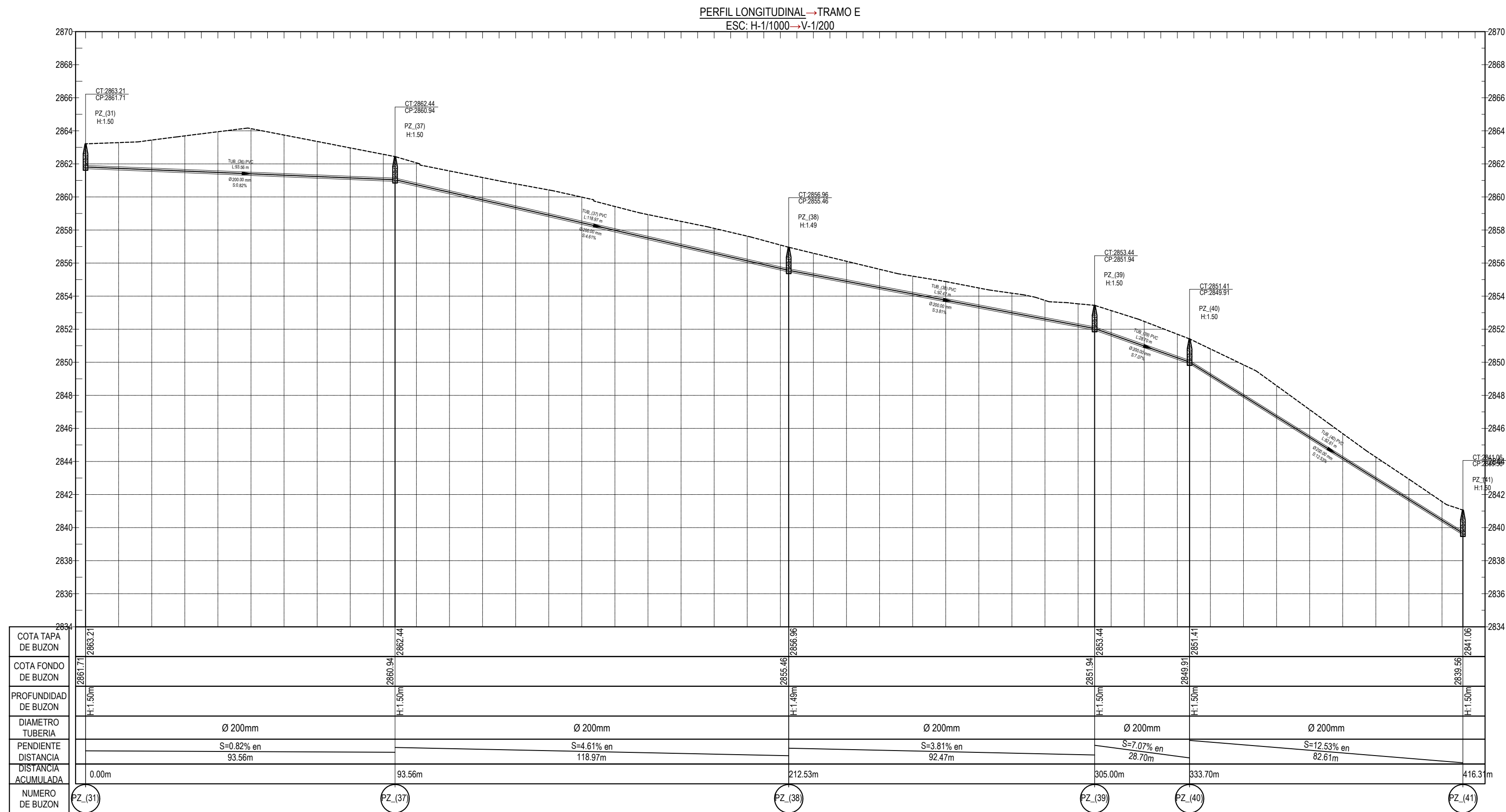
1:1000

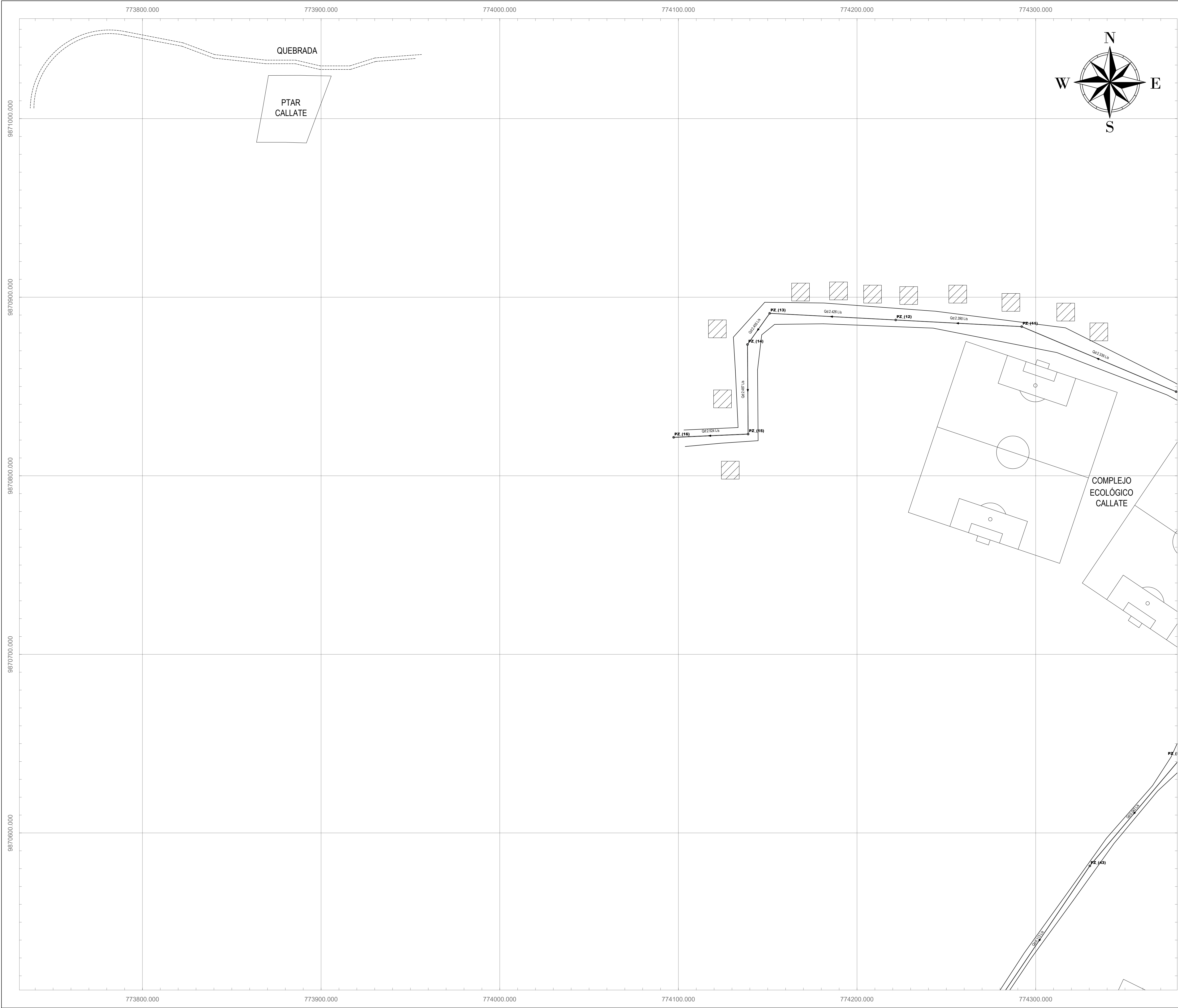
FECHA:

JUNIO 2025

LÁMINA:

20





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

LEYENDA:

QUEBRADA

VIVIENDAS

COMPLEJO ECOLÓGICO CALLATE

PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:

PROVINCIA: TUNGURAHUA
CANTÓN: PÍLLARO
PARROQUIA: LA MATRIZ
SECTOR: CALLATE

CONTIENE:

IMPLANTACIÓN DE TUBERÍAS Y POZOS

ESPECIFICACIONES

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM
ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:
SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84
ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR
ZONA 17 S

REALIZADO POR:

EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

REVISADO POR:

ING. LENIN MALDONADO

ESCALA:

1:1000

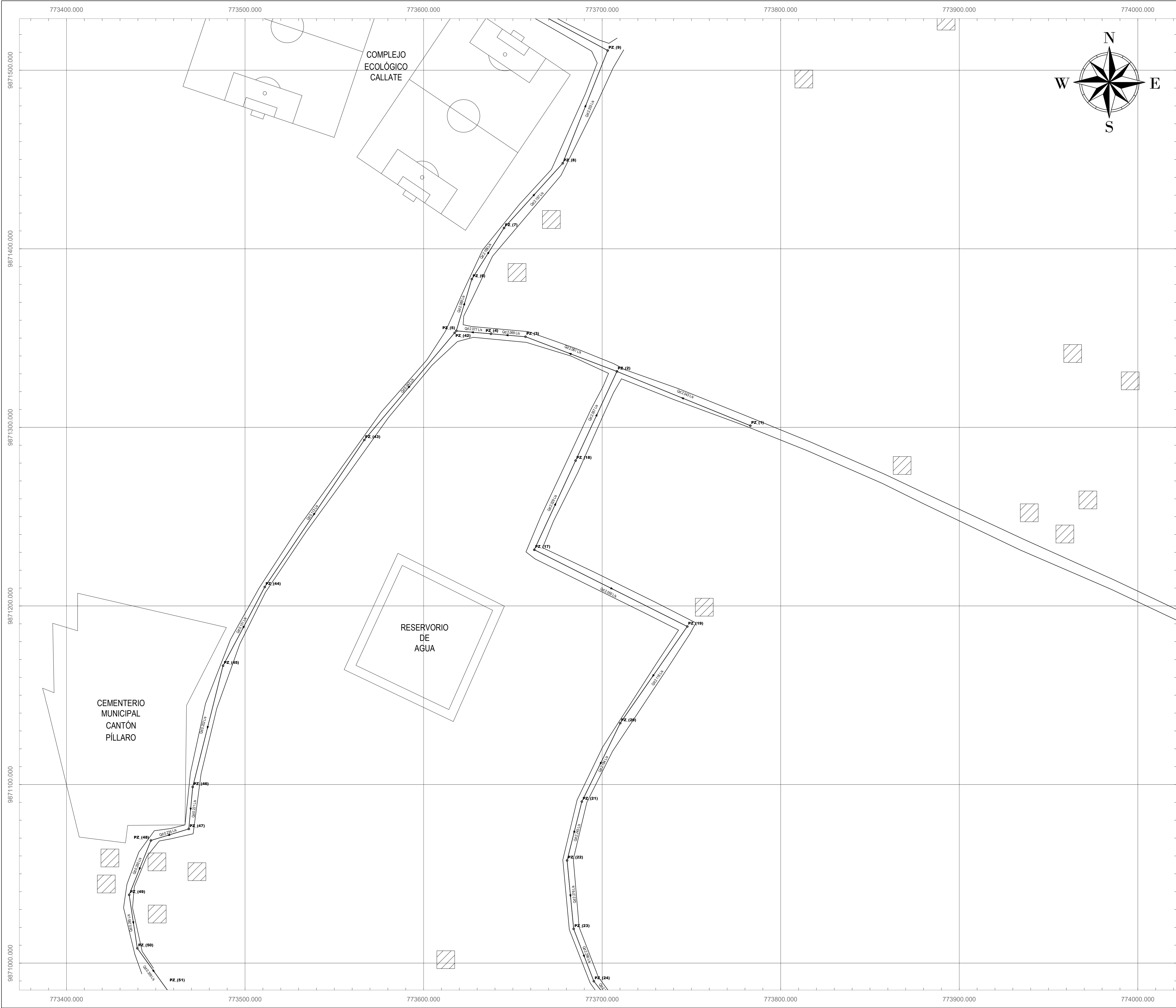
FECHA:

JUNIO 2025

LÁMINA:

21





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

LEYENDA:

QUEBRADA

VIVIENDAS

COMPLEJO ECOLÓGICO CALLATE

PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:

PROVINCIA: TUNGURAHUA
CANTÓN: PÍLLARO
PARROQUIA: LA MATRIZ
SECTOR: CALLATE

CONTIENE:

IMPLANTACIÓN DE TUBERÍAS Y POZOS

ESPECIFICACIONES

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM
ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:
SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84
ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR
ZONA 17 S

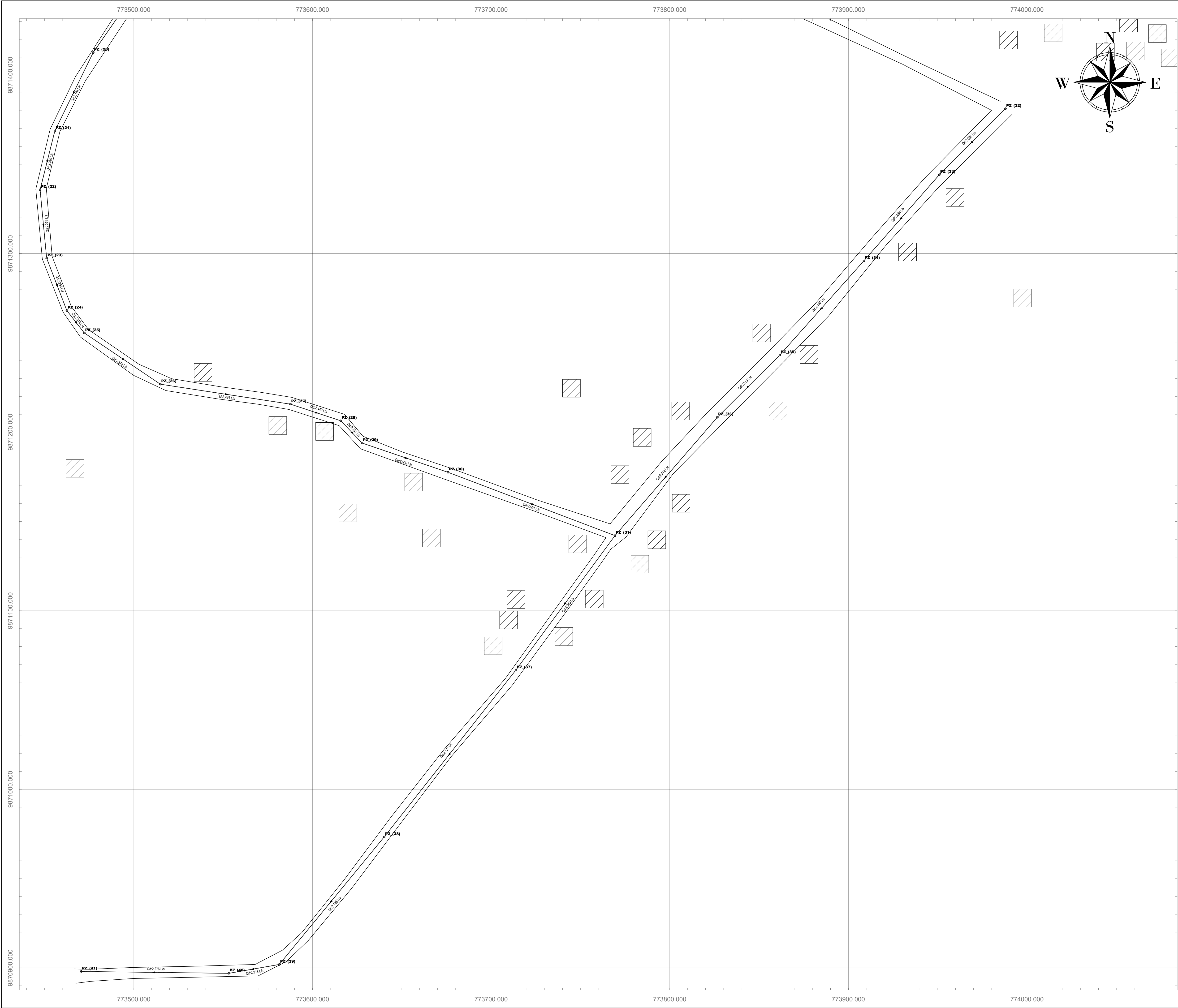
REALIZADO POR:

EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

REVISADO POR:

ING. LENIN MALDONADO

ESCALA:	FECHA:	LÁMINA:
1:1000	JUNIO 2025	23



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

LEYENDA:

QUEBRADA

VIVIENDAS

COMPLEJO ECOLÓGICO CALLATE

PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y
EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL
CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:

PROVINCIA: TUNGURAHUA
CANTÓN: PÍLLARO
PARROQUIA: LA MATRIZ
SECTOR: CALLATE

CONTIENE:

IMPLANTACIÓN DE TUBERÍAS Y POZOS

ESPECIFICACIONES

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM
ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:
SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84
ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR
ZONA 17 S

REALIZADO POR:

EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

REVISADO POR:

ING. LENIN MALDONADO

ESCALA:

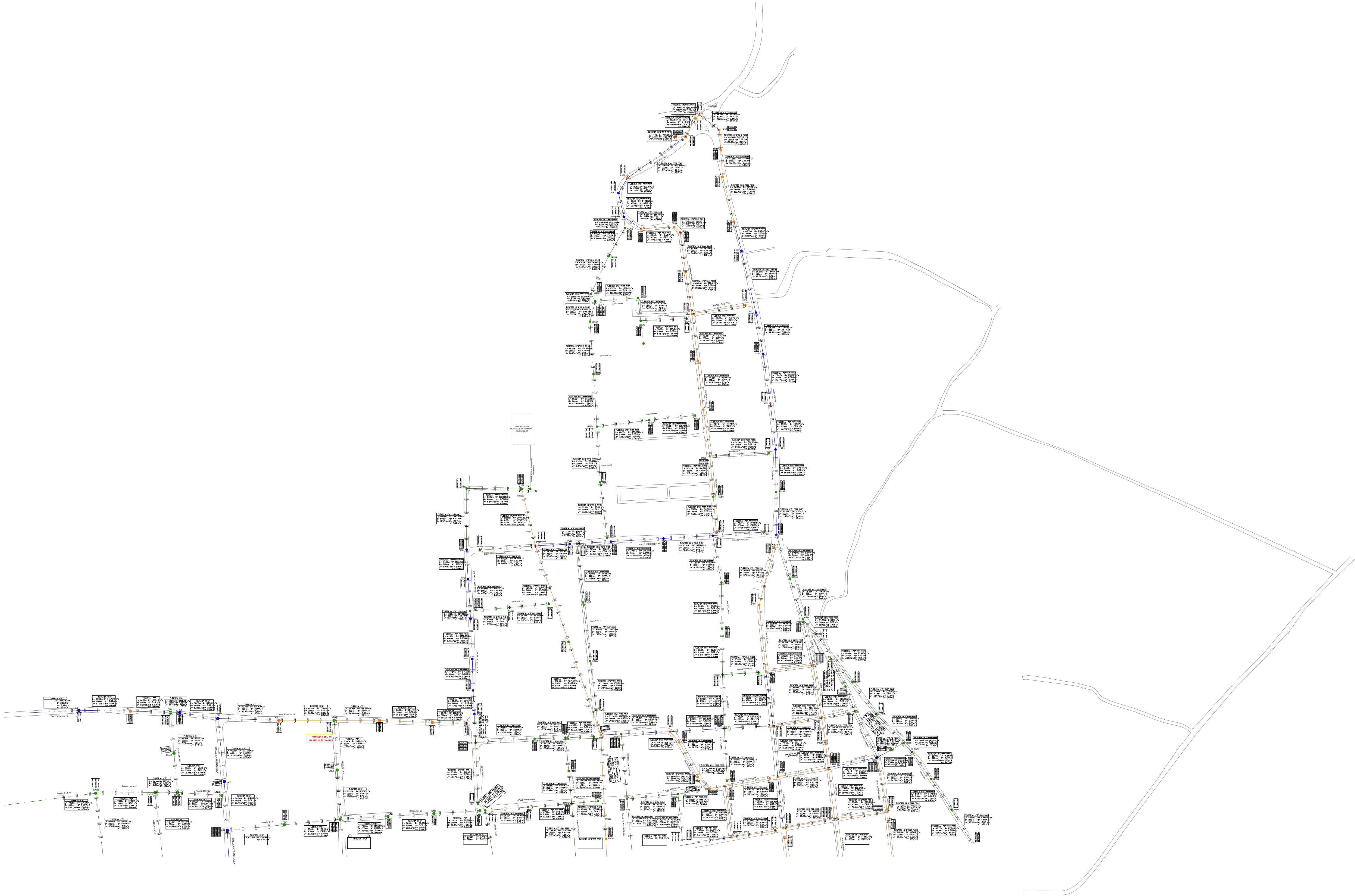
1:1000

FECHA:

JUNIO 2025

LÁMINA:

24



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LEYENDA:

A-D-P-JE: DESCRIPCIÓN POZO EXISTENTE	TUBERÍA EXISTENTE A MANTENER
JN-CN-ZN-RN: DESCRIPCIÓN POZO NUEVO	TUBERÍA EXISTENTE A INTERVENIR
SÍMBOLO DE POZO EXISTENTE A MANTENER	TUBERÍA ALCANTARILLADO NUEVO
SÍMBOLO DE POZO EXISTENTE A INTERVENIR	CE: COTA DE ENTRADA
SÍMBOLO DE POZO NUEVO	CS: COTA DE SALIDA

PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:

PROVINCIA: TUNGURAHUA
 CANTÓN: PÍLLARO
 PARROQUIA: LA MATRIZ
 SECTOR: CALLATE

CONTIENE:

SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EXISTENTE

ESPECIFICACIONES

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM
 ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:
 SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84
 ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR
 ZONA 17 S

REALIZADO POR:

EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

REVISADO POR:

ING. LENIN MALDONADO

ESCALA:	FECHA:	LÁMINA:
1:350	JUNIO 2025	25



PROYECTO:
"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y
EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN,
CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:
PROVINCIA: TUNGURAHUA
CANTÓN: PÍLLARO
PARROQUIA: LA MATRIZ
SECTOR: CALLATE

CONTIENE:
DESCARGA ALCANTARILLADO, PLANIMETRIA
GENERAL, CURVAS DE NIVEL

ESPECIFICACIONES
PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM
ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:
SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84
ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR
ZONA 17 S

REALIZADO POR:

EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

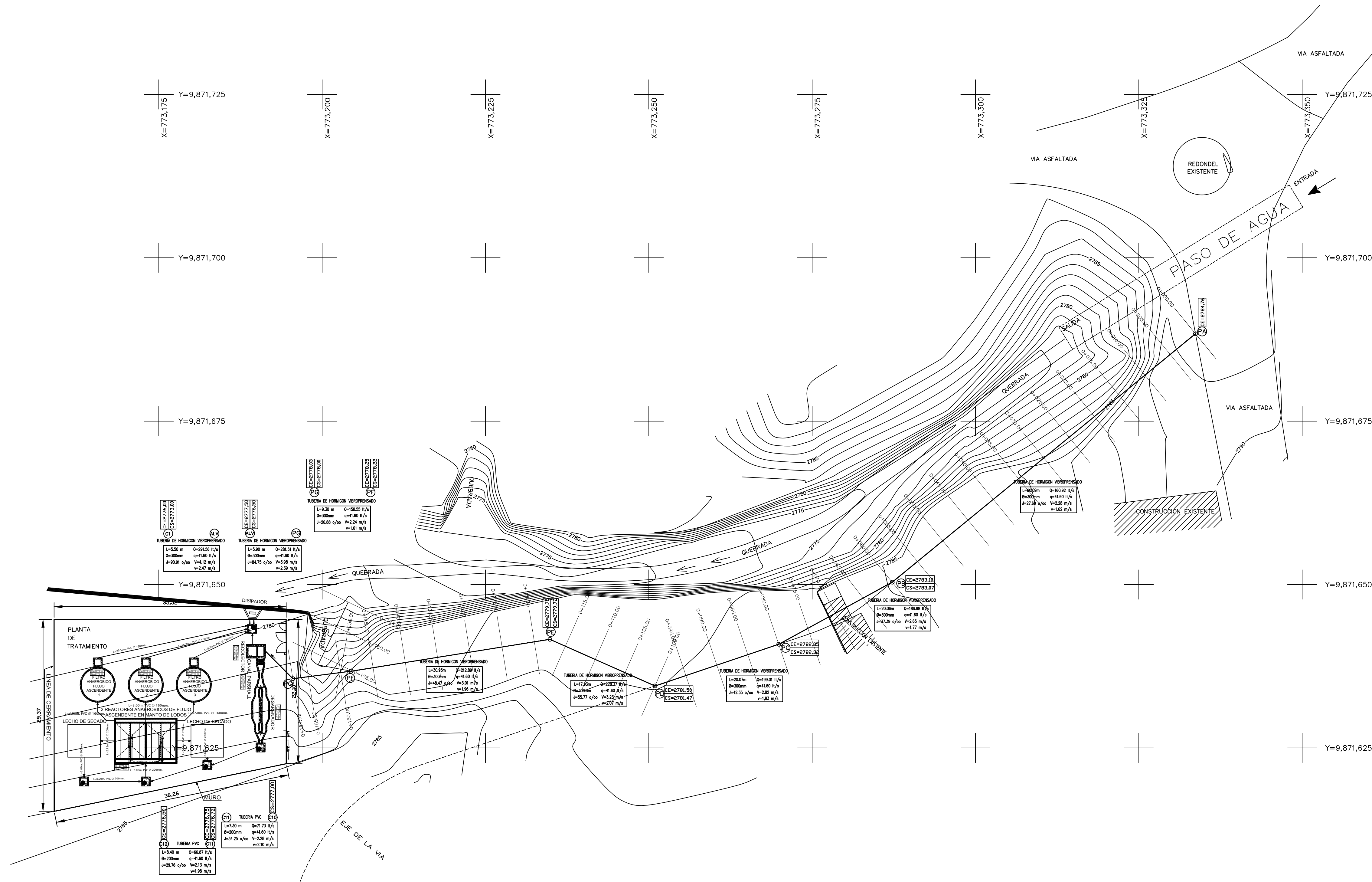
REVISADO POR:

ING. LENIN MALDONADO

ESCALA: INDICADA

FECHA: JUNIO 2025

LÁMINA: 26



IMPLANTACION GENERAL
ESCALA 1:350



PROYECTO:
"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:

PROVINCIA: TUNGURAHUA
CANTÓN: PÍLLARO
PARROQUIA: LA MATRIZ
SECTOR: CALLATE

CONTIENE:

DESCARGA ALCANTARILLADO, PLANIMETRÍA GENERAL, CURVAS DE NIVEL

ESPECIFICACIONES

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM
ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:
SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84
ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR
ZONA 17 S

REALIZADO POR:

EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

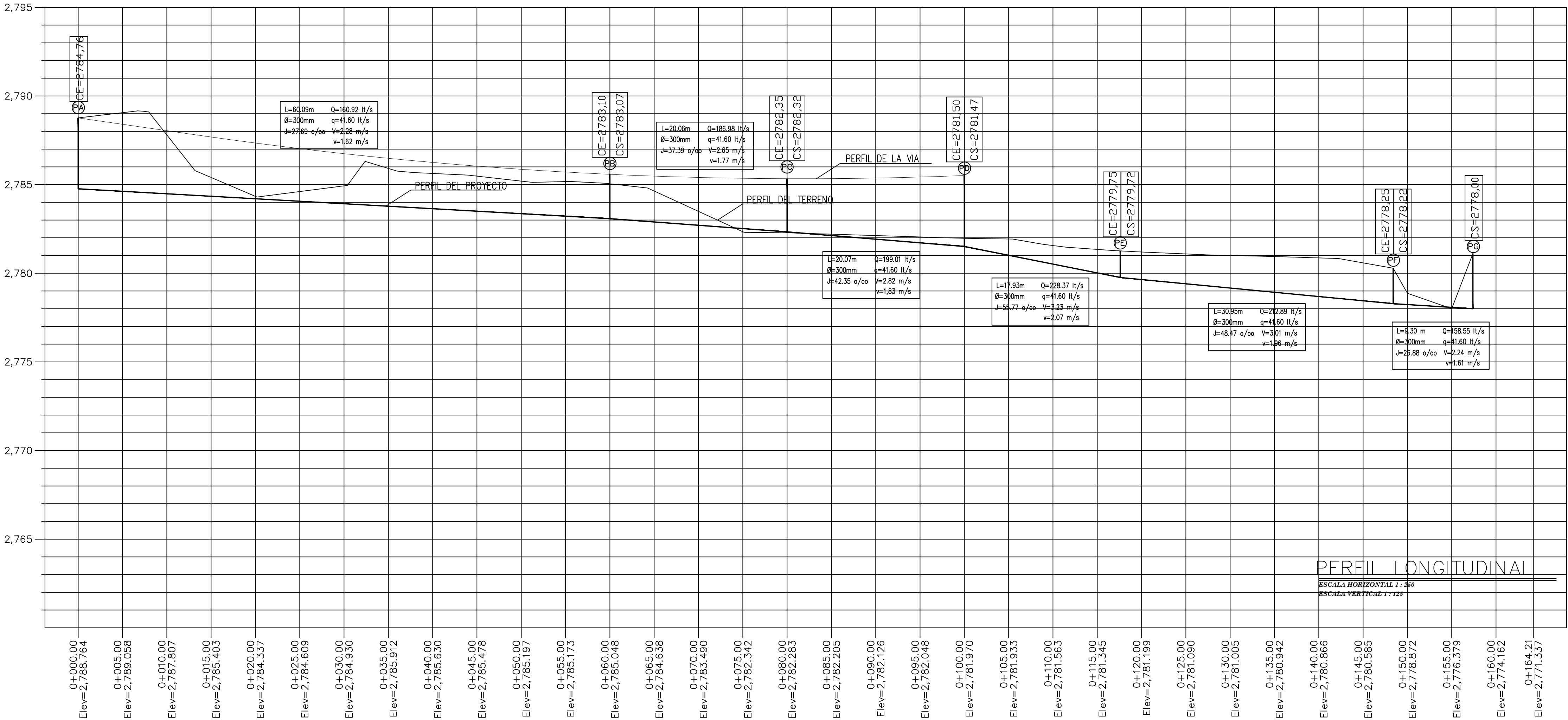
REVISADO POR:

ING. LENIN MALDONADO

ESCALA: INDICADA

FECHA: JUNIO 2025

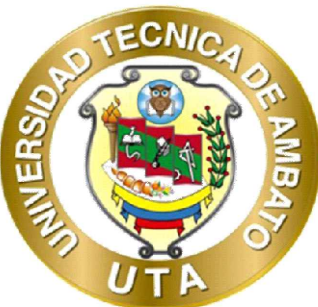
LÁMINA: 27



TUBERIA DE HORMIGON VIBROPRENSADO

DATOS HIDRAULICOS		L=60.09m Ø=300mm J=27.69 o/oo	Q=160.92 lt/s q=41.60 lt/s V=2.28 m/s v=1.62 m/s	L=20.06m Ø=300mm J=37.39 o/oo	Q=186.98 lt/s q=41.60 lt/s V=2.65 m/s v=1.77 m/s	L=20.07m Ø=300mm J=42.35 o/oo	Q=199.01 lt/s q=41.60 lt/s V=3.23 m/s v=1.83 m/s	L=17.93m Ø=300mm J=55.77 o/oo	Q=228.37 lt/s q=41.60 lt/s V=3.23 m/s v=2.07 m/s	L=30.95m Ø=300mm J=48.47 o/oo	Q=212.89 lt/s q=41.60 lt/s V=3.01 m/s v=1.96 m/s	L=9.30 m Ø=300mm J=26.88 o/oo	Q=158.55 lt/s q=41.60 lt/s V=2.24 m/s v=1.61 m/s
ABSCISA	0+000.00												
COTA TERRENO	2,784.764												
COTA PROYECTO	2,784.764												
CORTE	4.000												
IDENTIFICACION	PA			PB		PC		PD		PE		PF	PG

POZO RECOLECTOR-ALIVIADERO



PROYECTO:
"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:
PROVINCIA: TUNGURAHUA
CANTÓN: PÍLLARO
PARROQUIA: LA MATRIZ
SECTOR: CALLATE

CONTIENE:
DESCARGA ALCANTARILLADO, PLANIMETRIA GENERAL, CURVAS DE NIVEL

ESPECIFICACIONES
PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM
ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:
SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84
ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR
ZONA 17 S

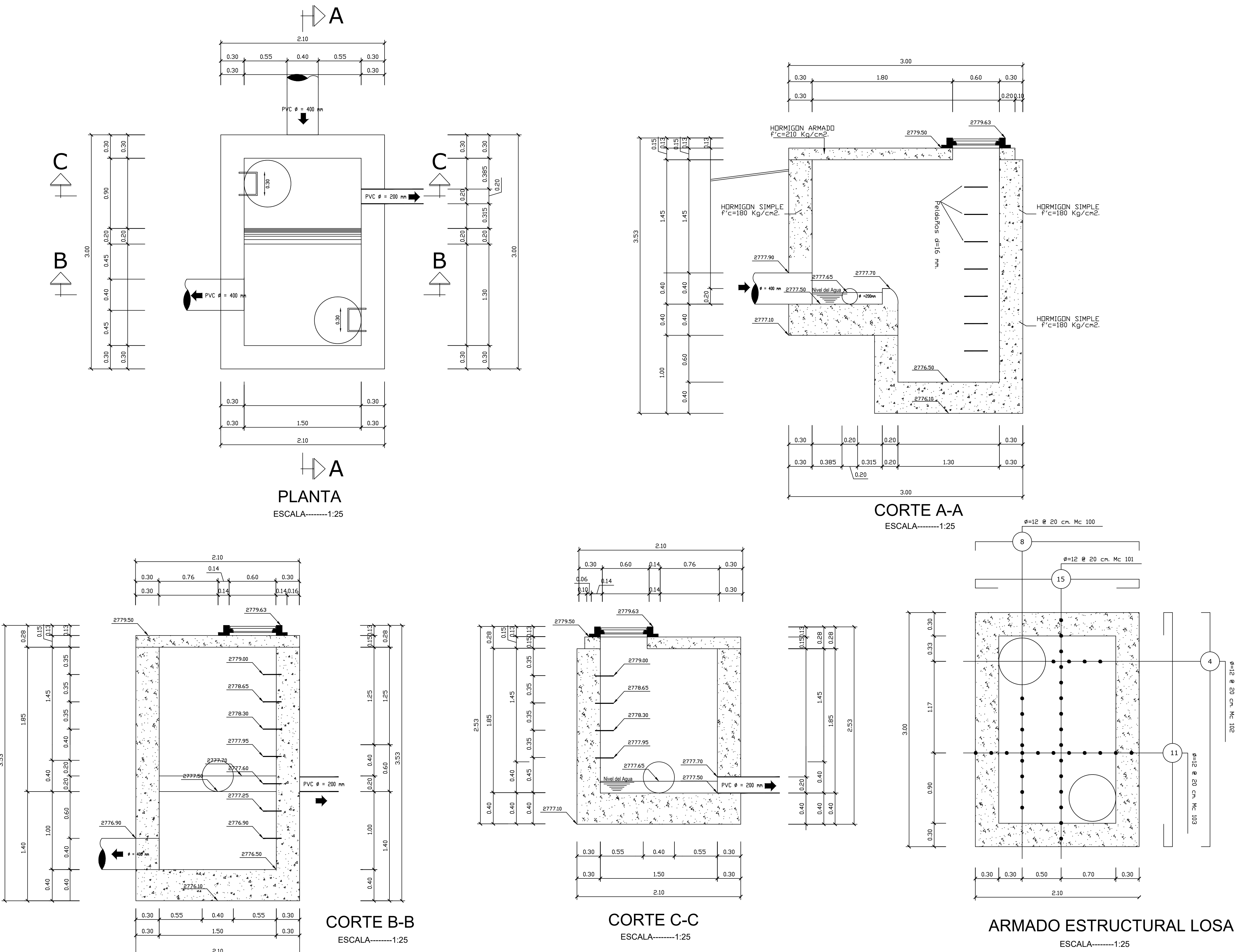
REALIZADO POR:
EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

REVISADO POR:
ING. LENIN MALDONADO

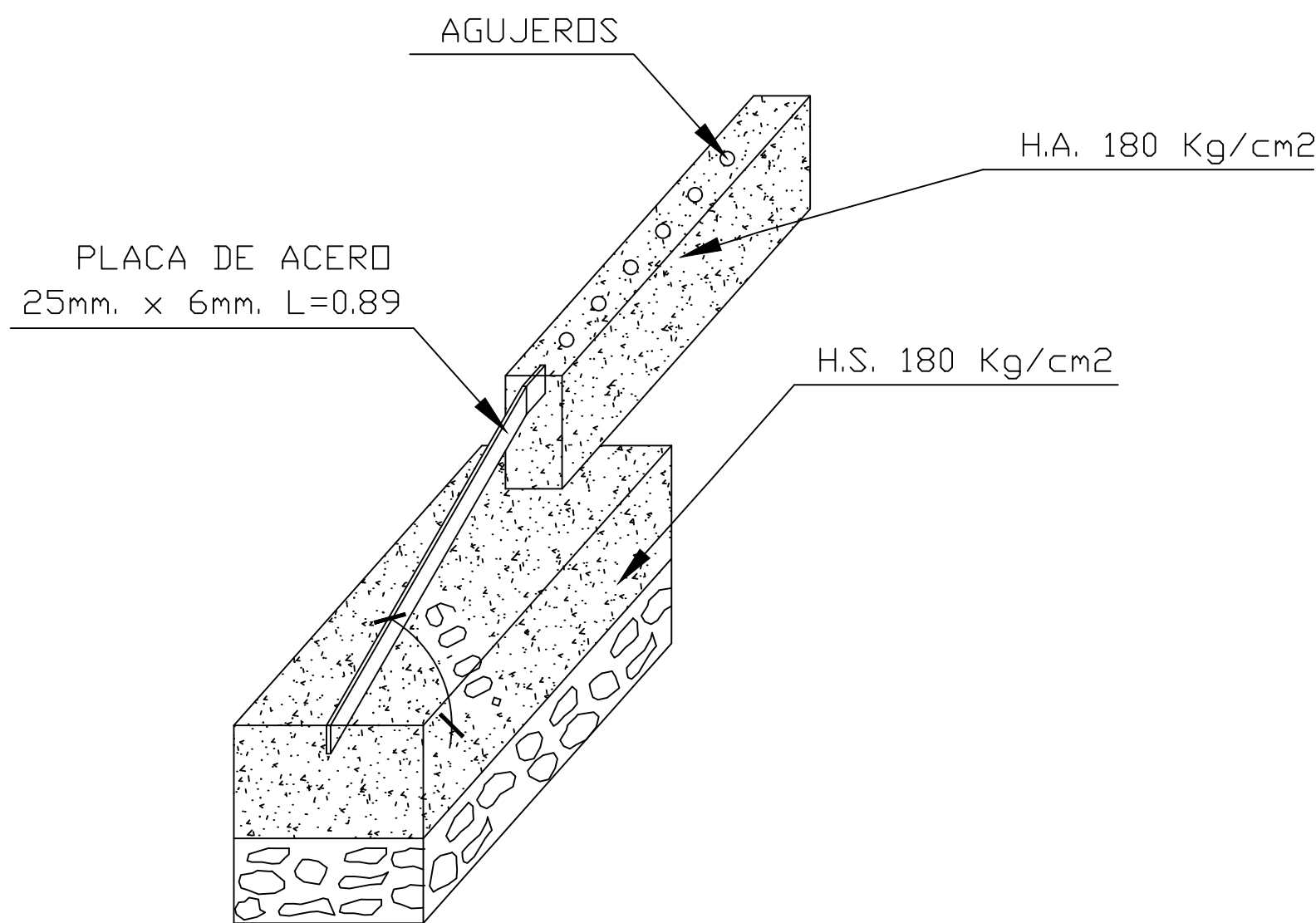
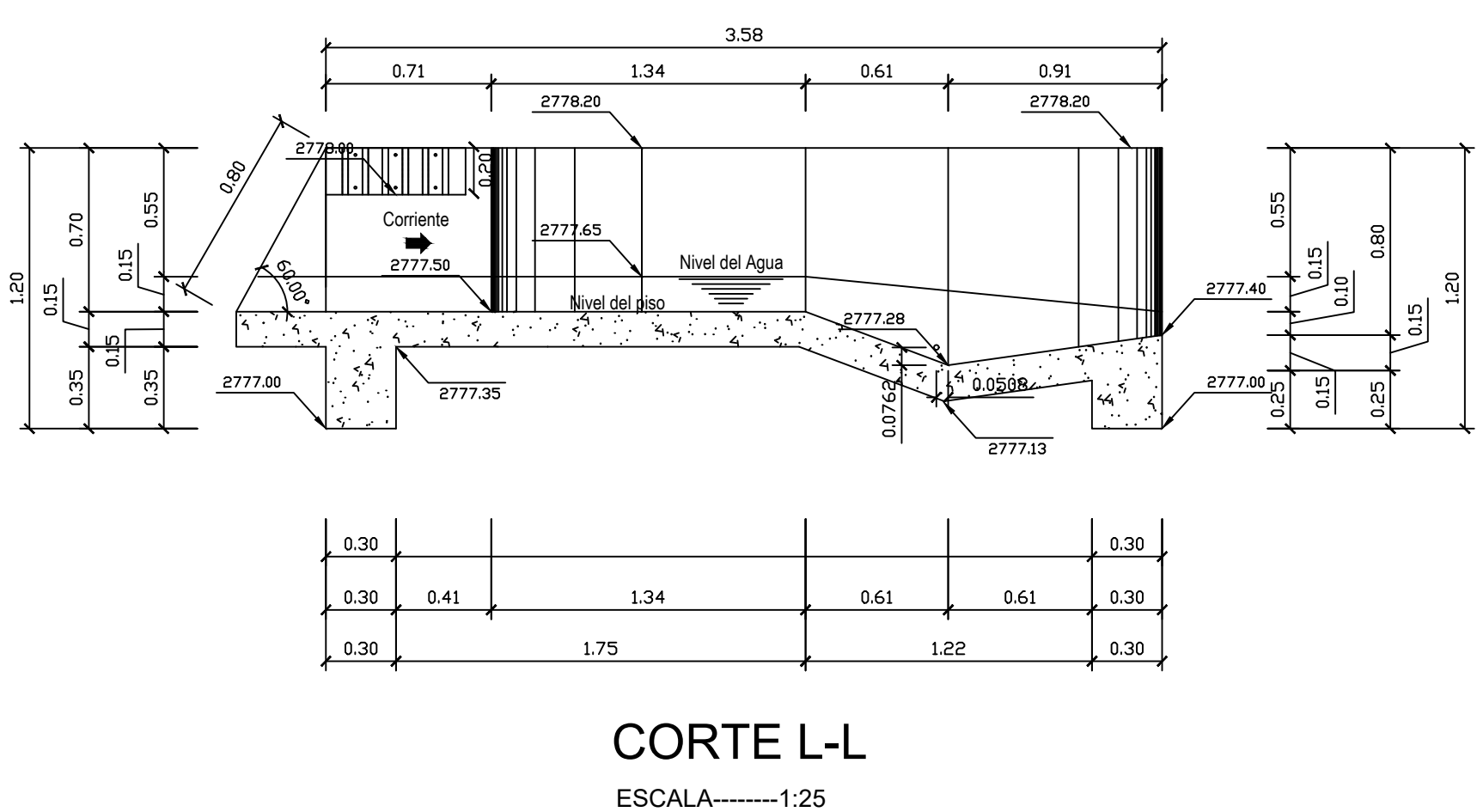
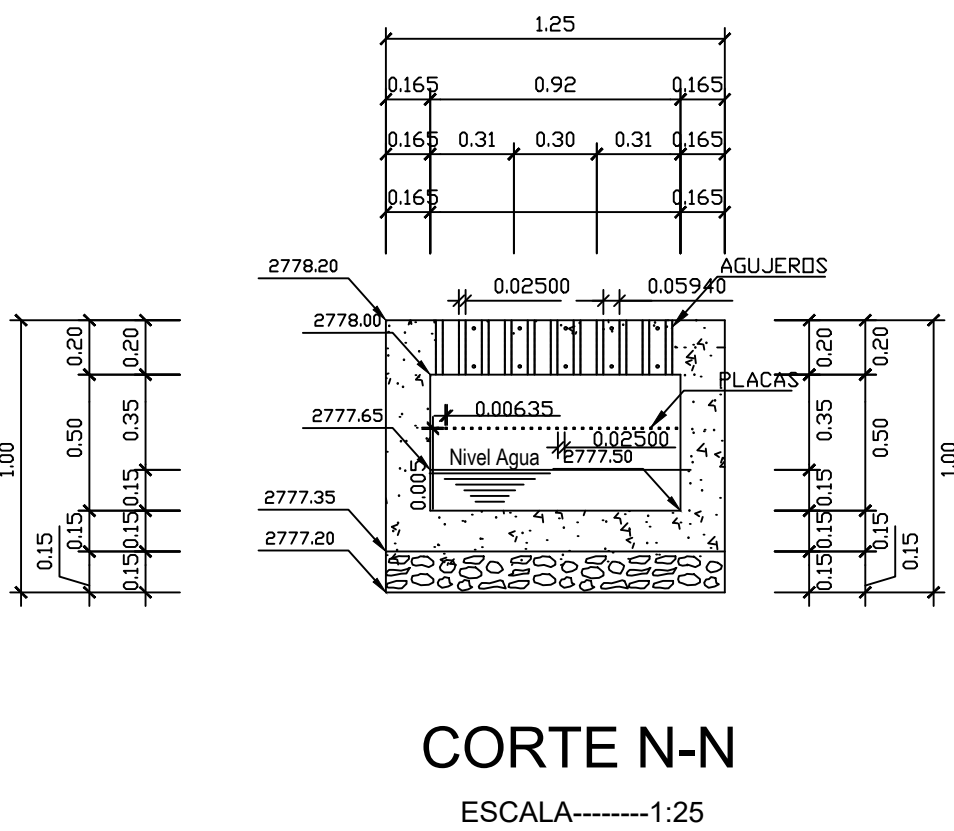
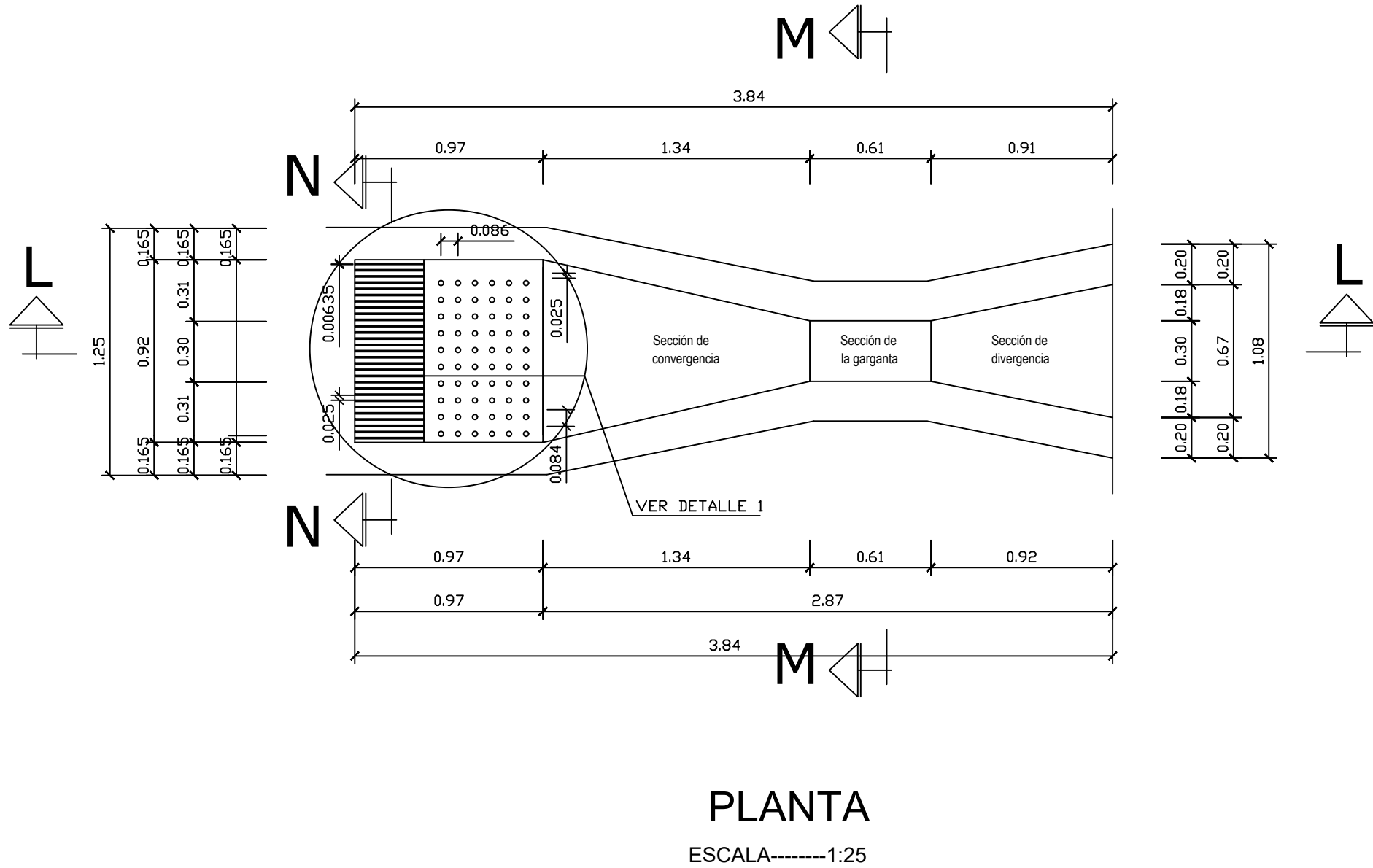
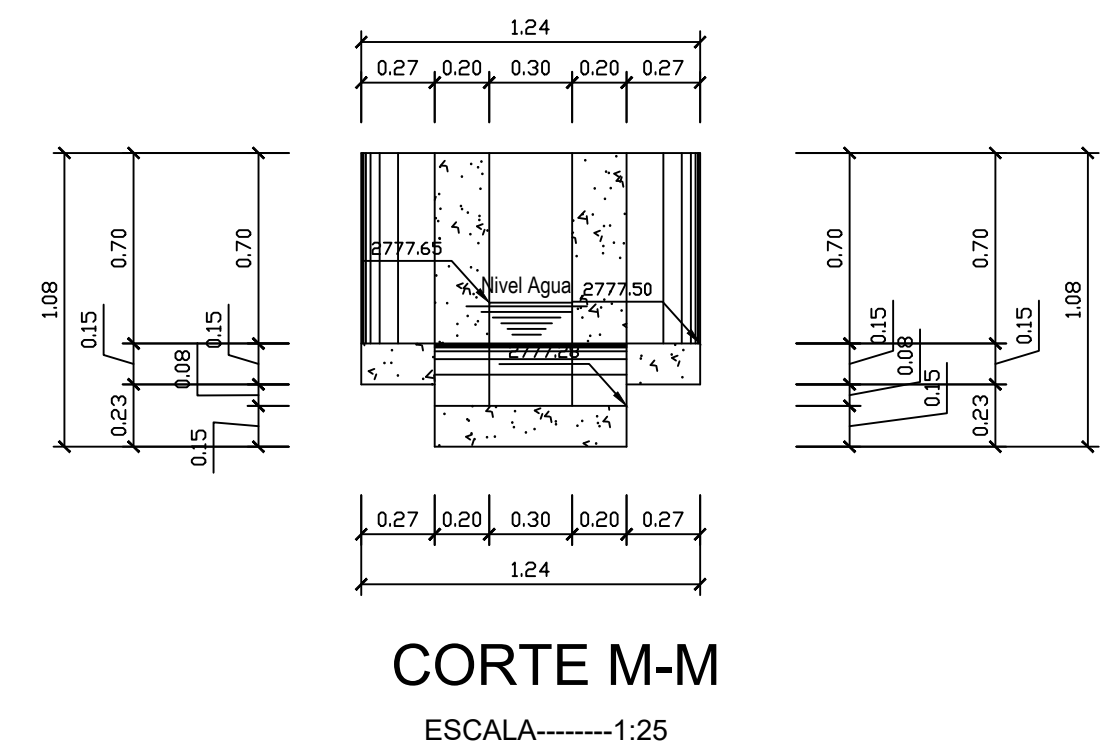
ESCALA: INDICADA

FECHA: JUNIO 2025

LÁMINA: 28



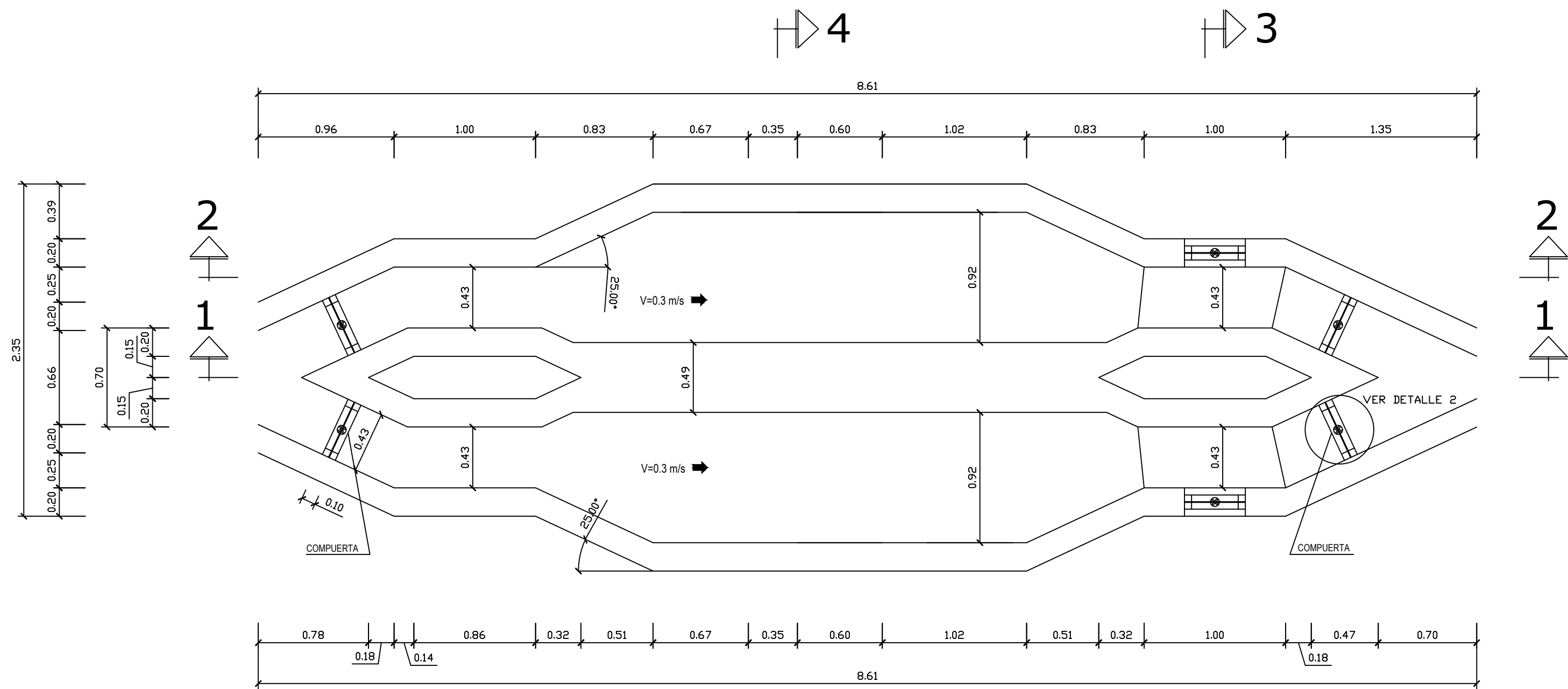
REJILLA Y CANAL PARSHALL



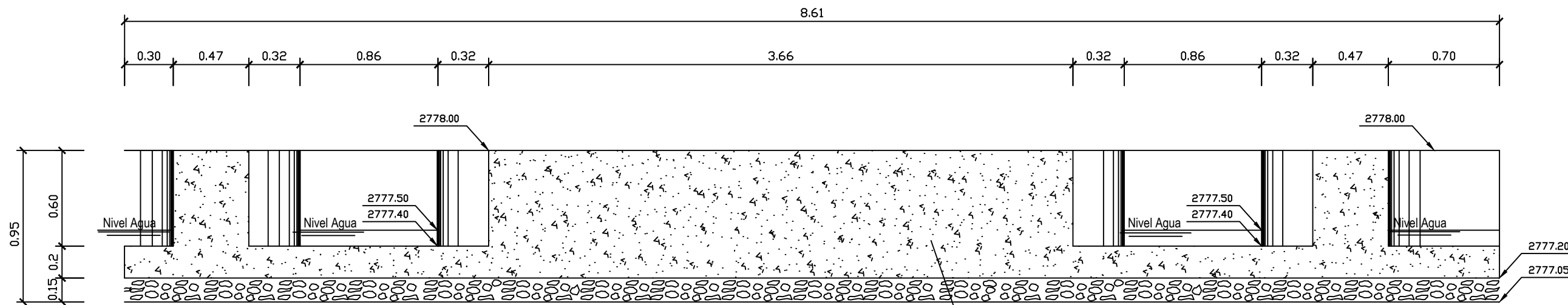
DETALLE 1
ESCALA-----1:10

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
PROYECTO: "DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"	
UBICACIÓN: PROVINCIA: TUNGURAHUA CANTÓN: PÍLLARO PARROQUIA: LA MATRIZ SECTOR: CALLATE	
CONTIENE: DESCARGA ALCANTARILLADO, PLANIMETRIA GENERAL, CURVAS DE NIVEL	
ESPECIFICACIONES PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL: SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84 ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR ZONA 17 S	
REALIZADO POR: EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE	
REVISADO POR: ING. LENIN MALDONADO	
ESCALA:	INDICADA
FECHA:	JUNIO 2025
LÁMINA:	29

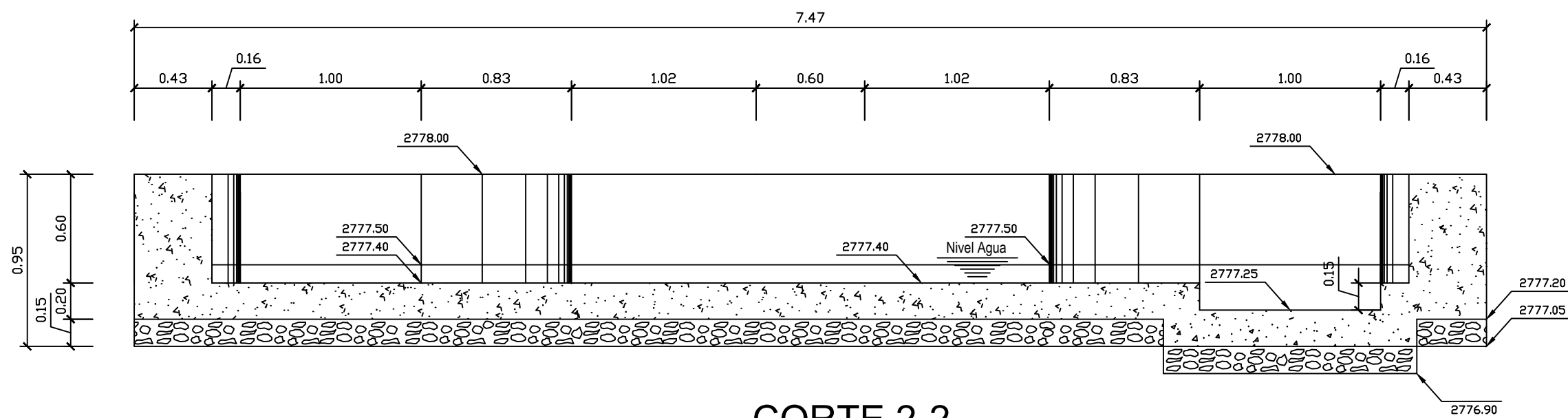
DESARENADOR



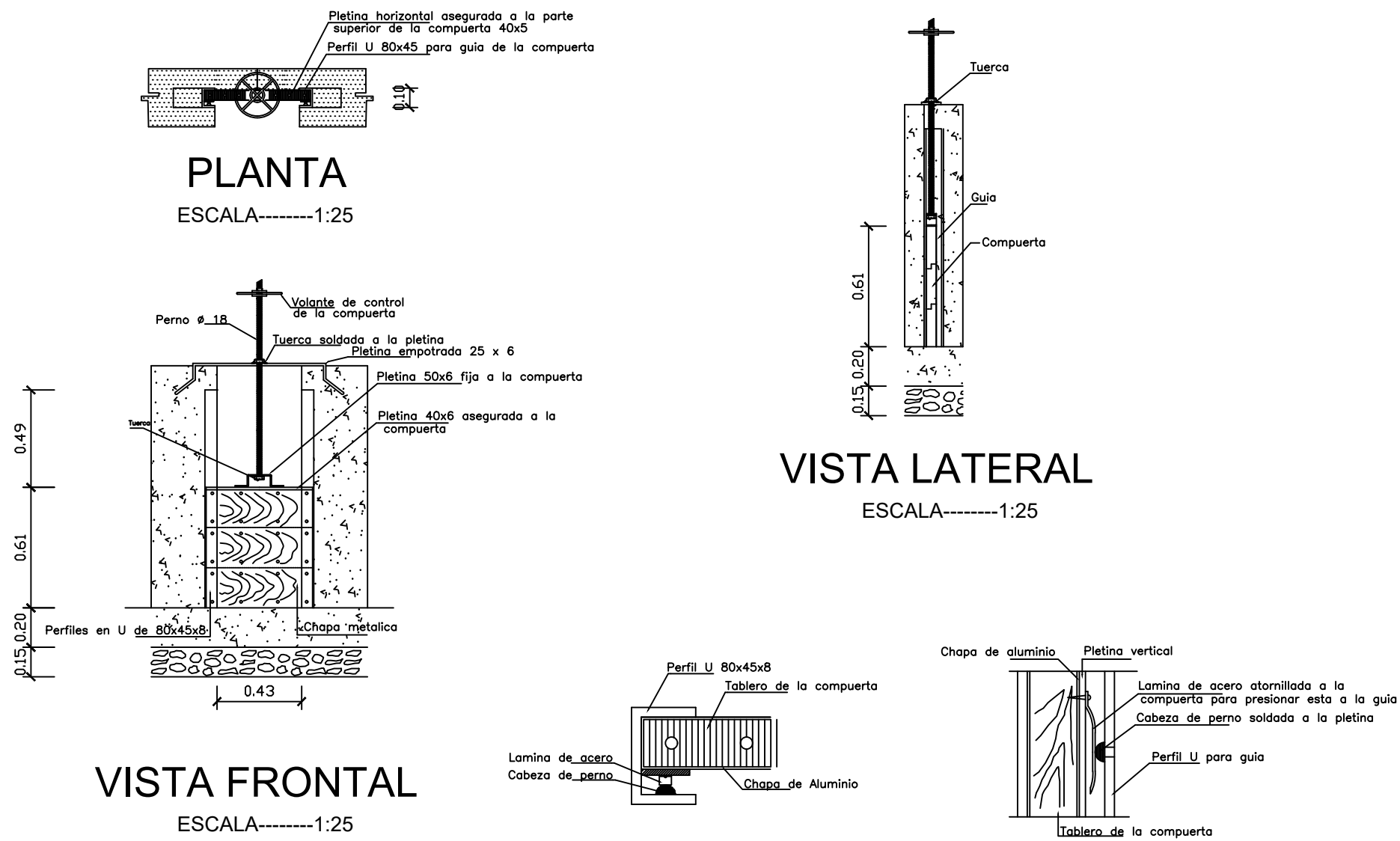
PLANTA
ESCALA-----1:25



CORTE 1-1
ESCALA-----1:25



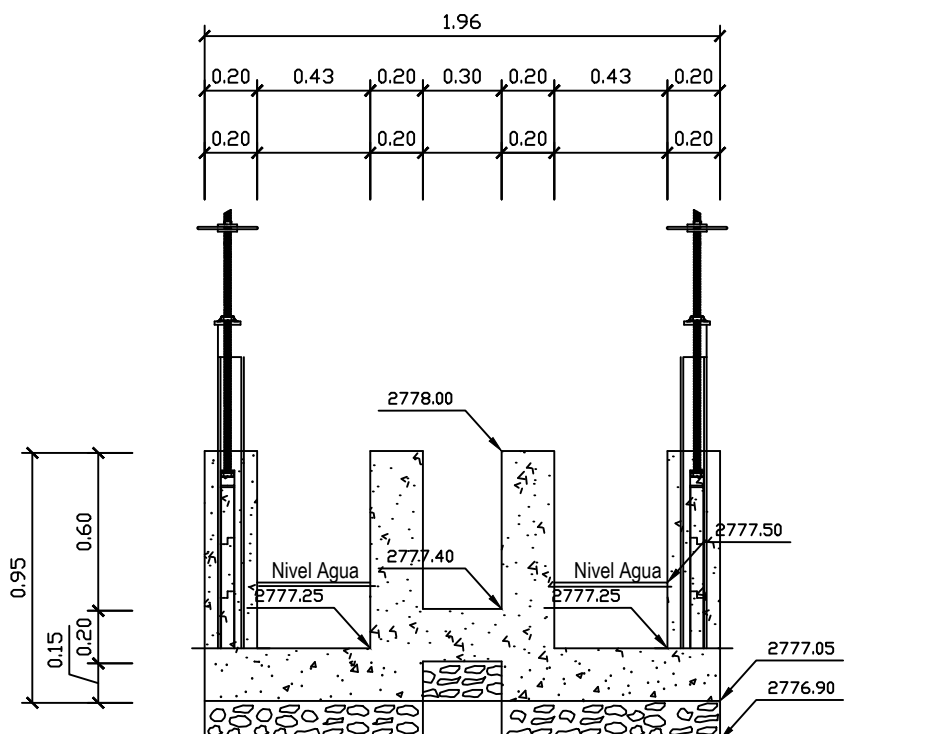
CORTE 2-2
ESCALA-----1:25



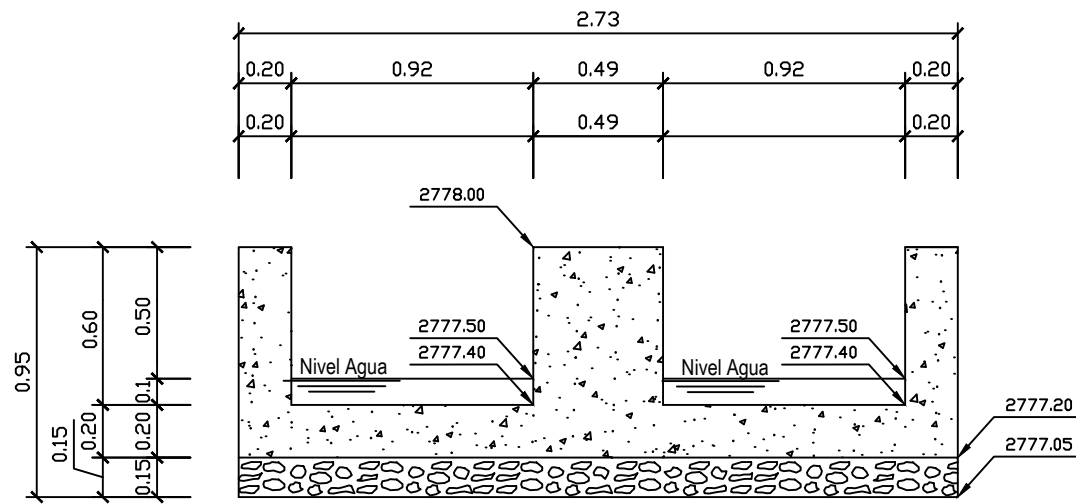
VISTA FRONTAL
ESCALA-----1:25

VISTA LATERAL
ESCALA-----1:25

DETALLE 2



CORTE 3-3
ESCALA-----1:25



CORTE 4-4
ESCALA-----1:25



PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:

PROVINCIA: TUNGURAHUA
CANTÓN: PÍLLARO
PARROQUIA: LA MATRIZ
SECTOR: CALLATE

CONTIENE:

DESCARGA ALCANTARILLADO, PLANIMETRIA GENERAL, CURVAS DE NIVEL

ESPECIFICACIONES

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM
ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:
SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84
ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR
ZONA 17 S

REALIZADO POR:

EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

REVISADO POR:

ING. LENIN MALDONADO

ESCALA: INDICADA

FECHA: JUNIO 2025

LÁMINA: 30

REACTOR ANAERÓBICO DE FLUJO ASCENDENTE EN MANTO DE LODOS

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



PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:

PROVINCIA: TUNGURAHUA
CANTÓN: PÍLLARO
PARROQUIA: LA MATRIZ
SECTOR: CALLATE

CONTIENE:

DESCARGA ALCANTARILLADO, PLANIMETRIA GENERAL, CURVAS DE NIVEL

ESPECIFICACIONES

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM
ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:
SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84
ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR
ZONA 17 S

REALIZADO POR:

EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

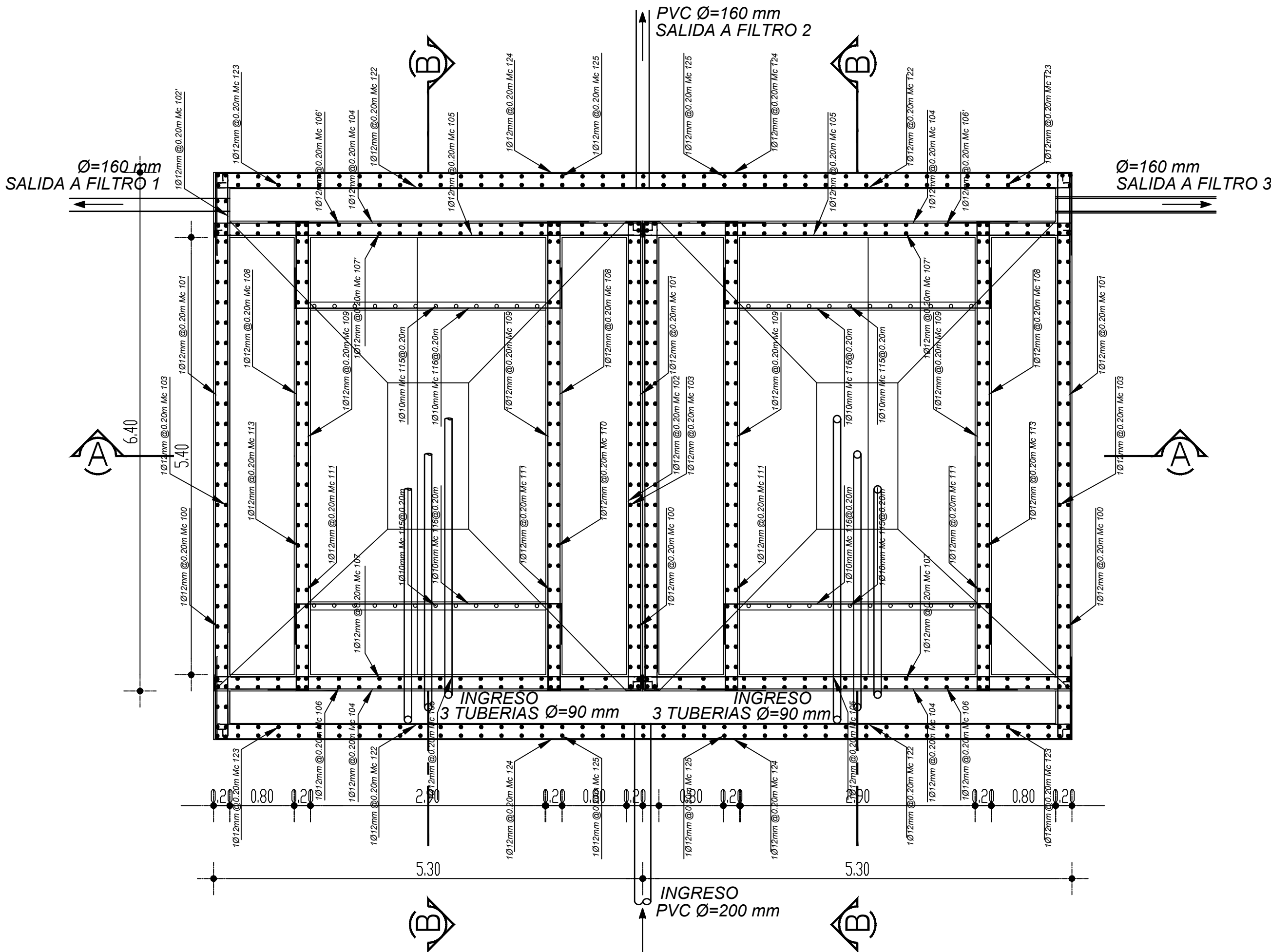
REVISADO POR:

ING. LENIN MALDONADO

ESCALA: INDICADA

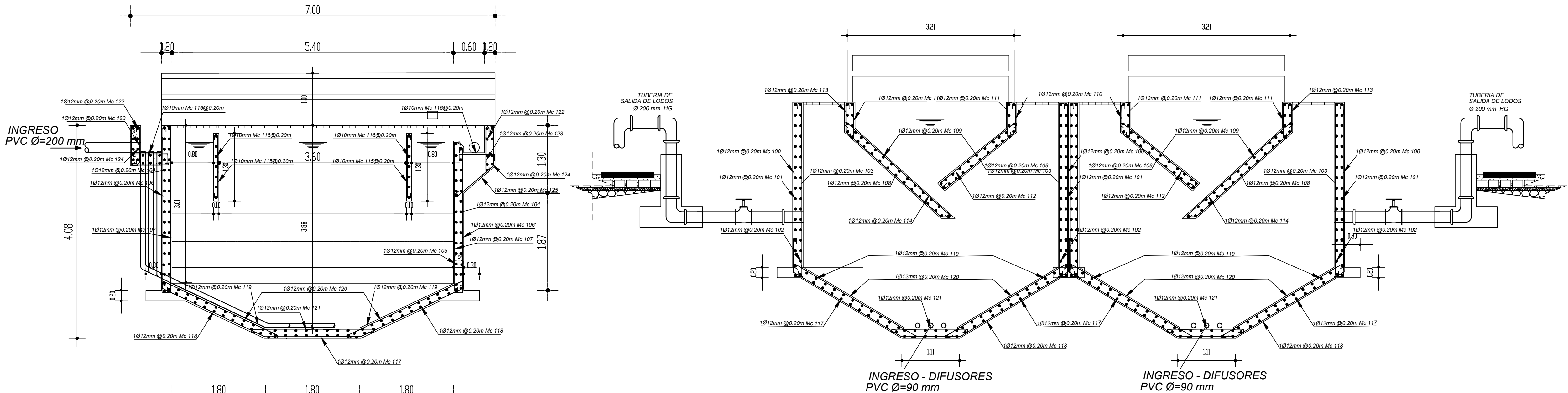
FECHA: JUNIO 2025

LÁMINA: 31



PLANTA

ESC:-----1:50



CORTE LONGITUDINAL B-B

ESC:-----1:50

CORTE TRANSVERSAL A-A

ESC:-----1:50

REACTOR ANAERÓBICO DE FLUJO ASCENDENTE EN MANTO DE LODOS



PROYECTO:
"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:
PROVINCIA: TUNGURAHUA
CANTÓN: PÍLLARO
PARROQUIA: LA MATRIZ
SECTOR: CALLATE

CONTIENE:
DESCARGA ALCANTARILLADO, PLANIMETRIA GENERAL, CURVAS DE NIVEL

ESPECIFICACIONES
PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM
ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:
SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84
ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR
ZONA 17 S

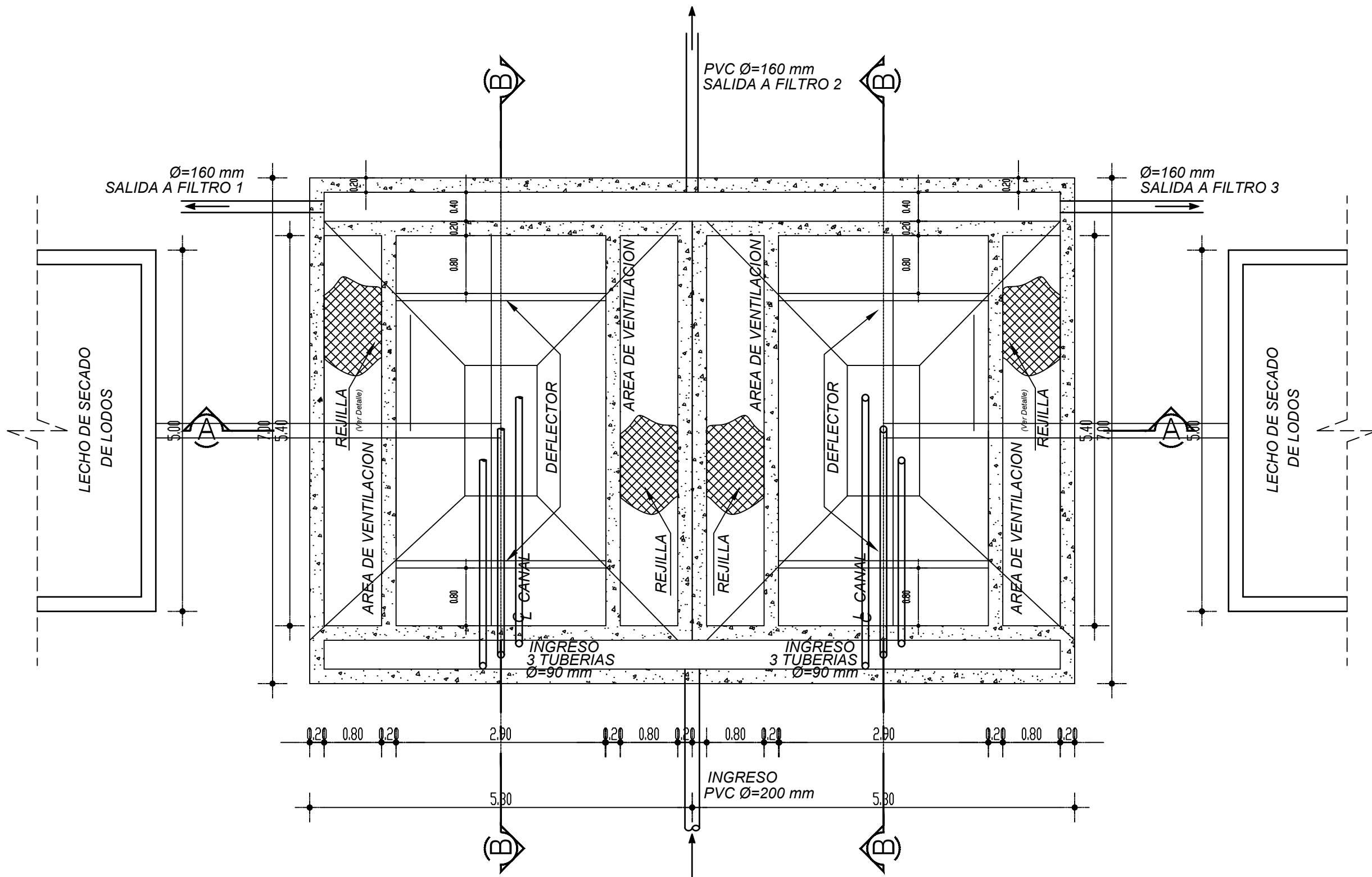
REALIZADO POR:
EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

REVISADO POR:
ING. LENIN MALDONADO

ESCALA: INDICADA

FECHA: JUNIO 2025

LÁMINA: 32

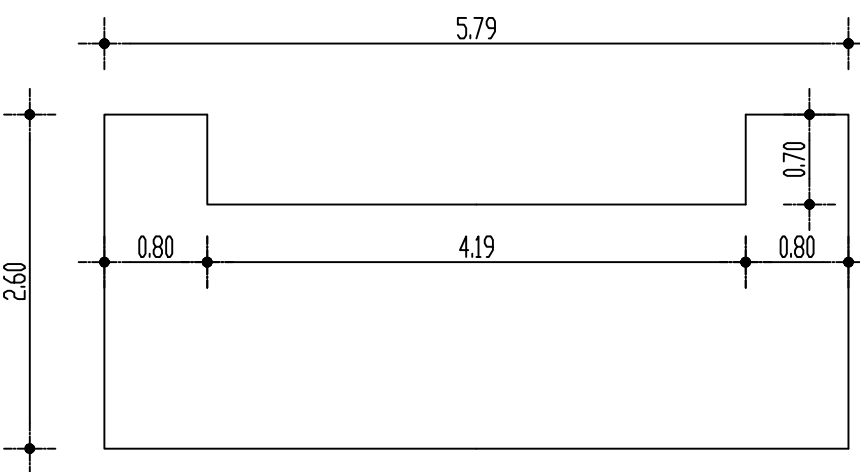


PLANTA

Malla Electro
Soldada Ø5mm c/0.10m.

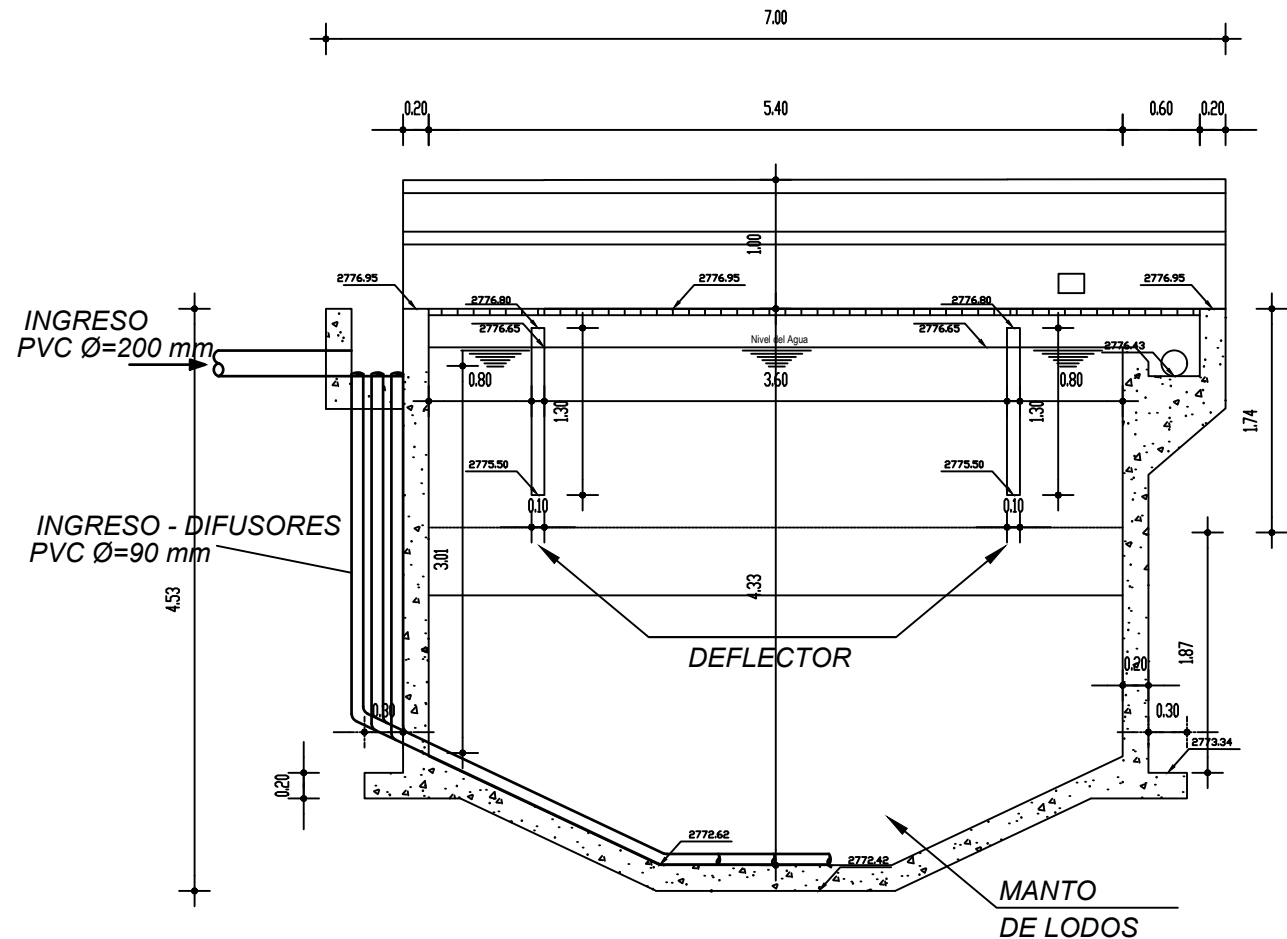
DETALLE REJILLA

ESC:-----S/E



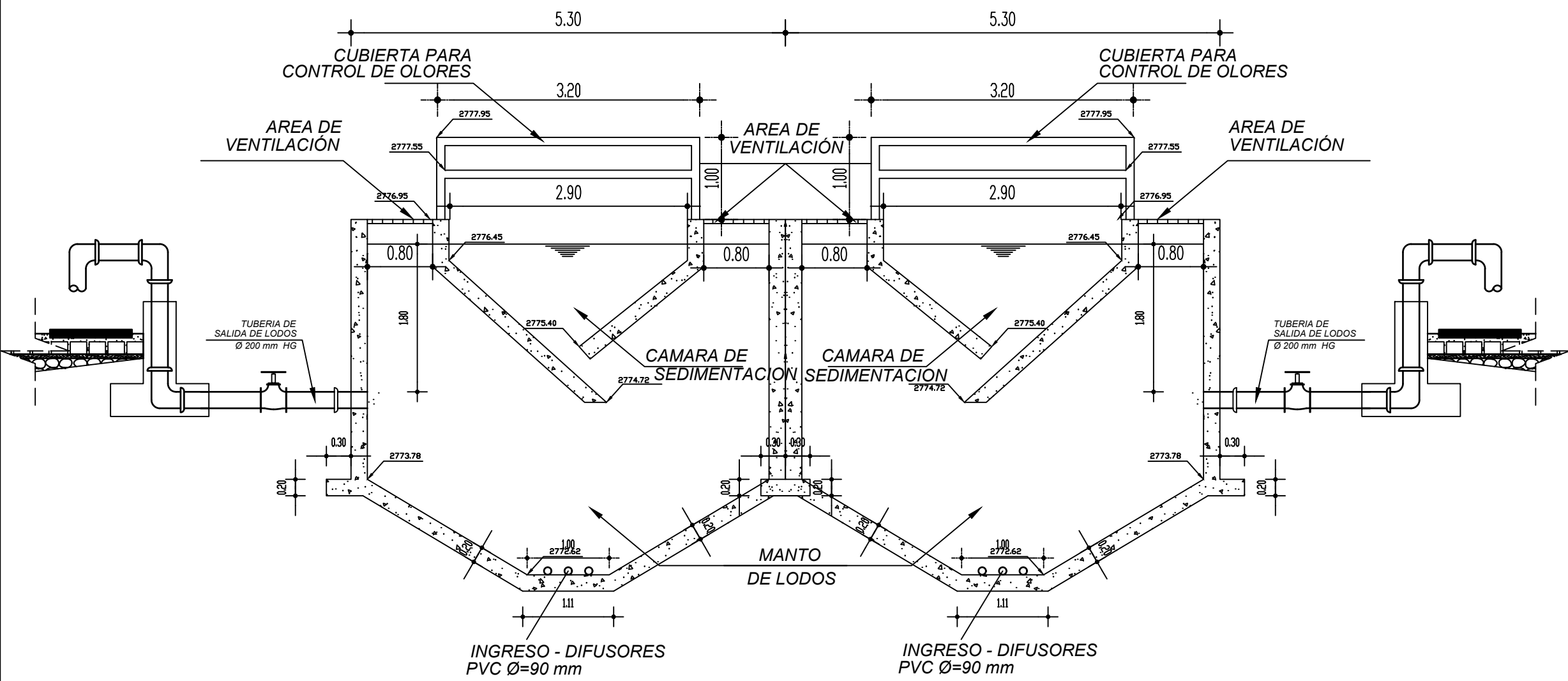
DETALLE DEFLECTOR

ESC:-----S/E



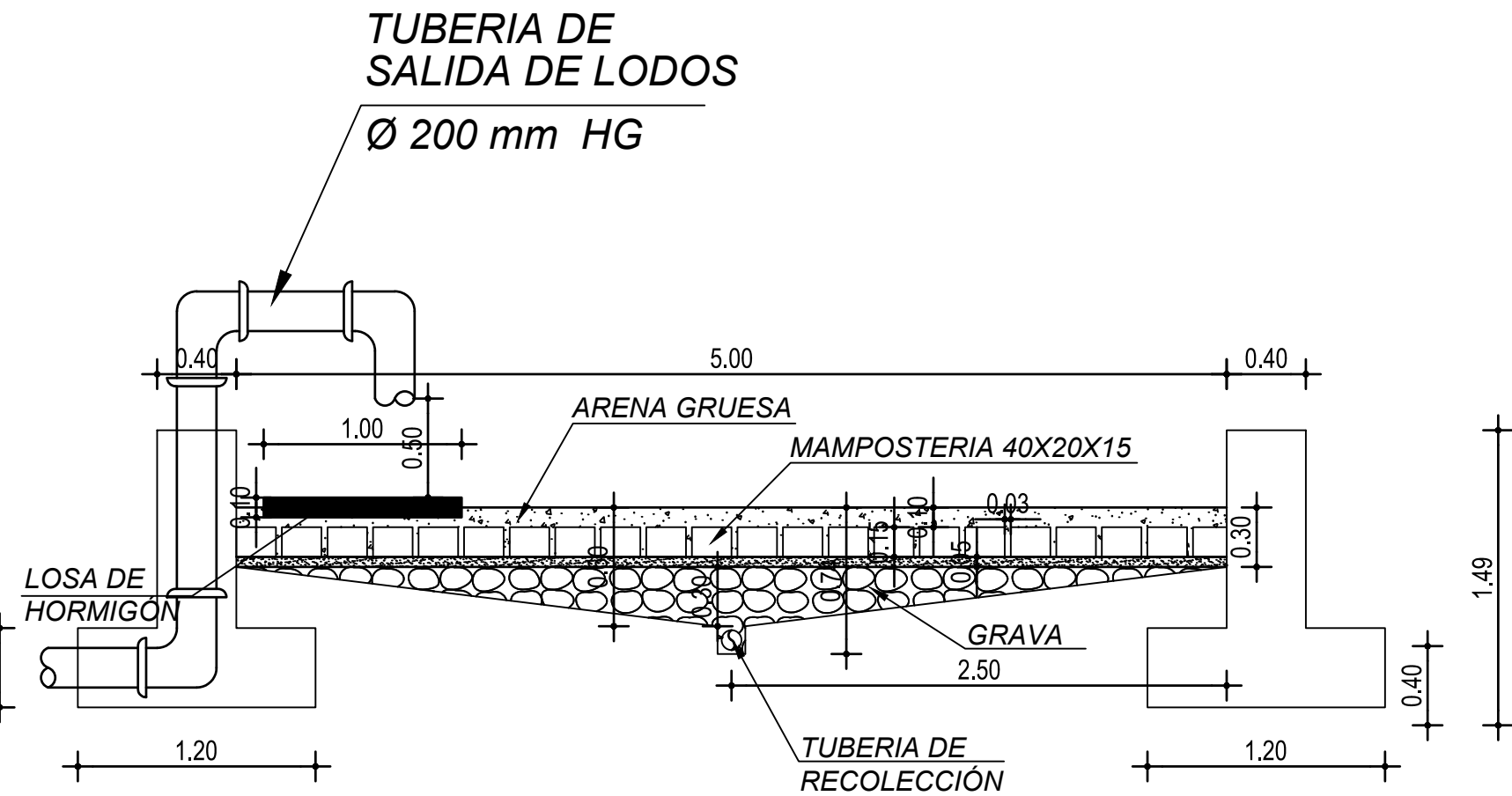
CORTE LONGITUDINAL B-B

ESC:-----1:50



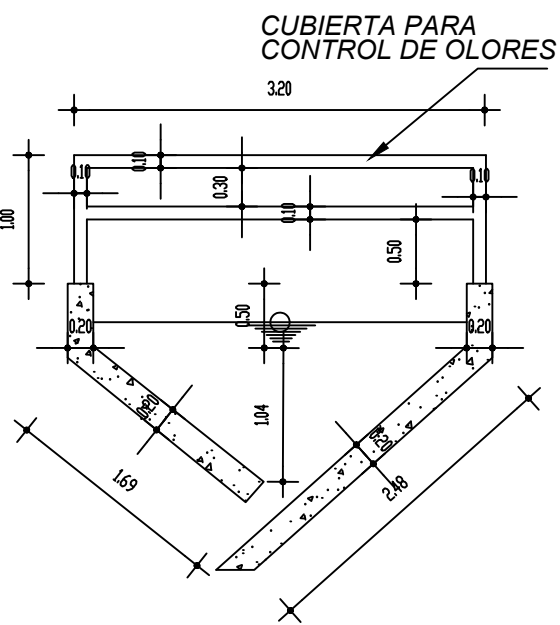
CORTE TRANSVERSAL A-A

ESC:-----1:50



LECHO DE SECADO DE LODOS

ESC:-----1:75



DETALLE CAMARA DE SEDIMENTACION

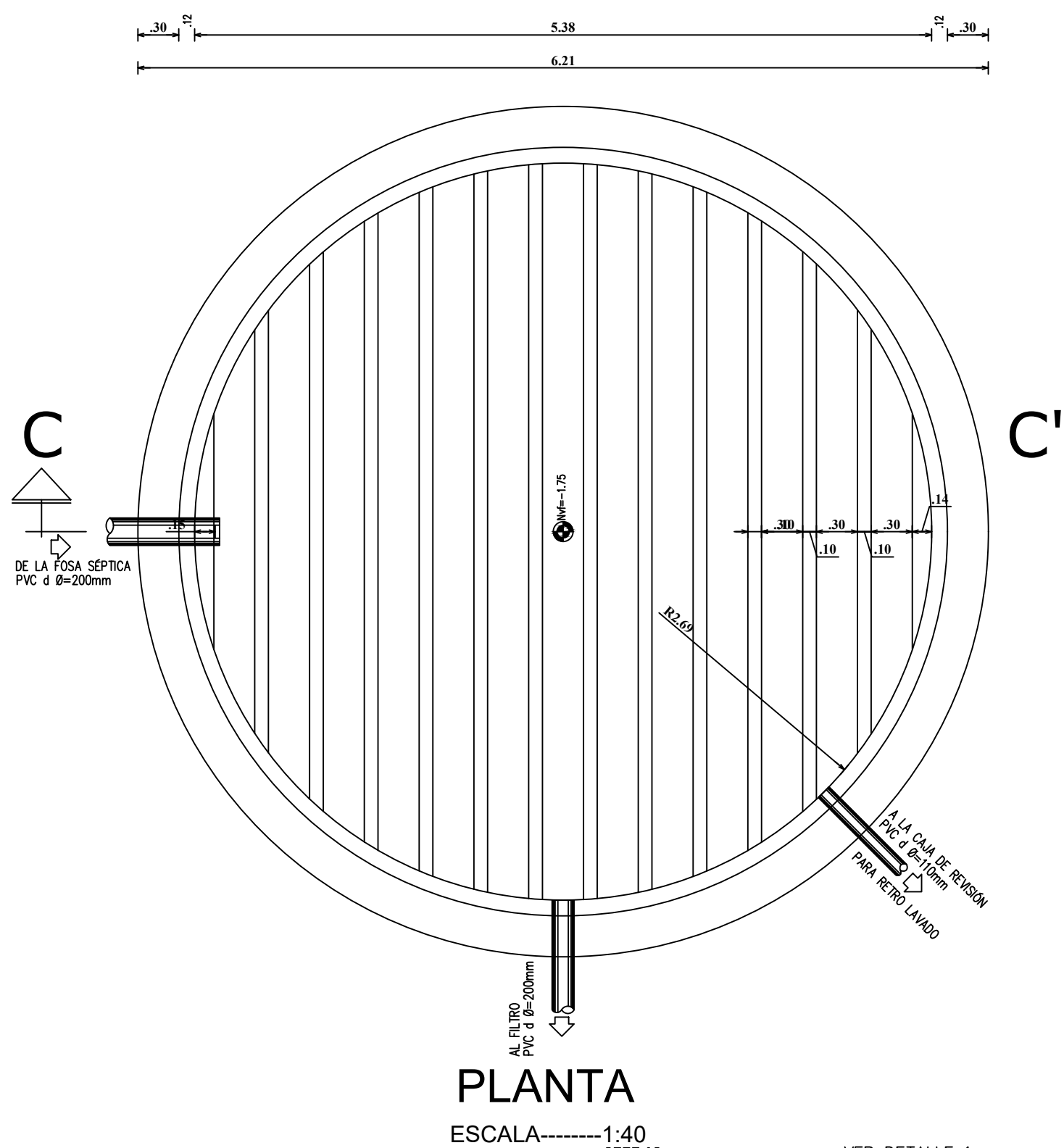
ESC:-----1:50

IMPLANTACION GENERAL

ESCALA

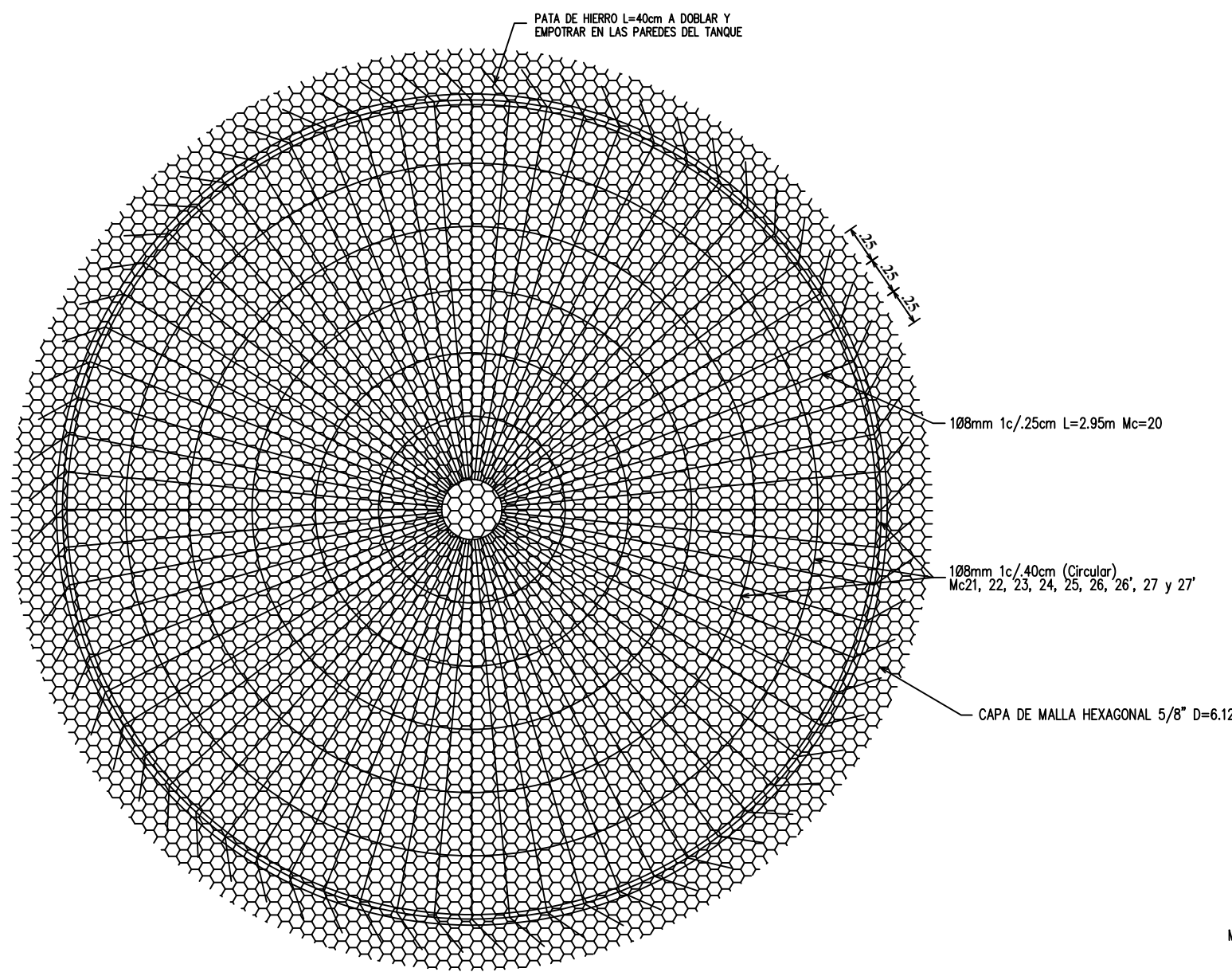
1:350

FILTRO ANAERÓBICO DE FLUJO ASCENDENTE



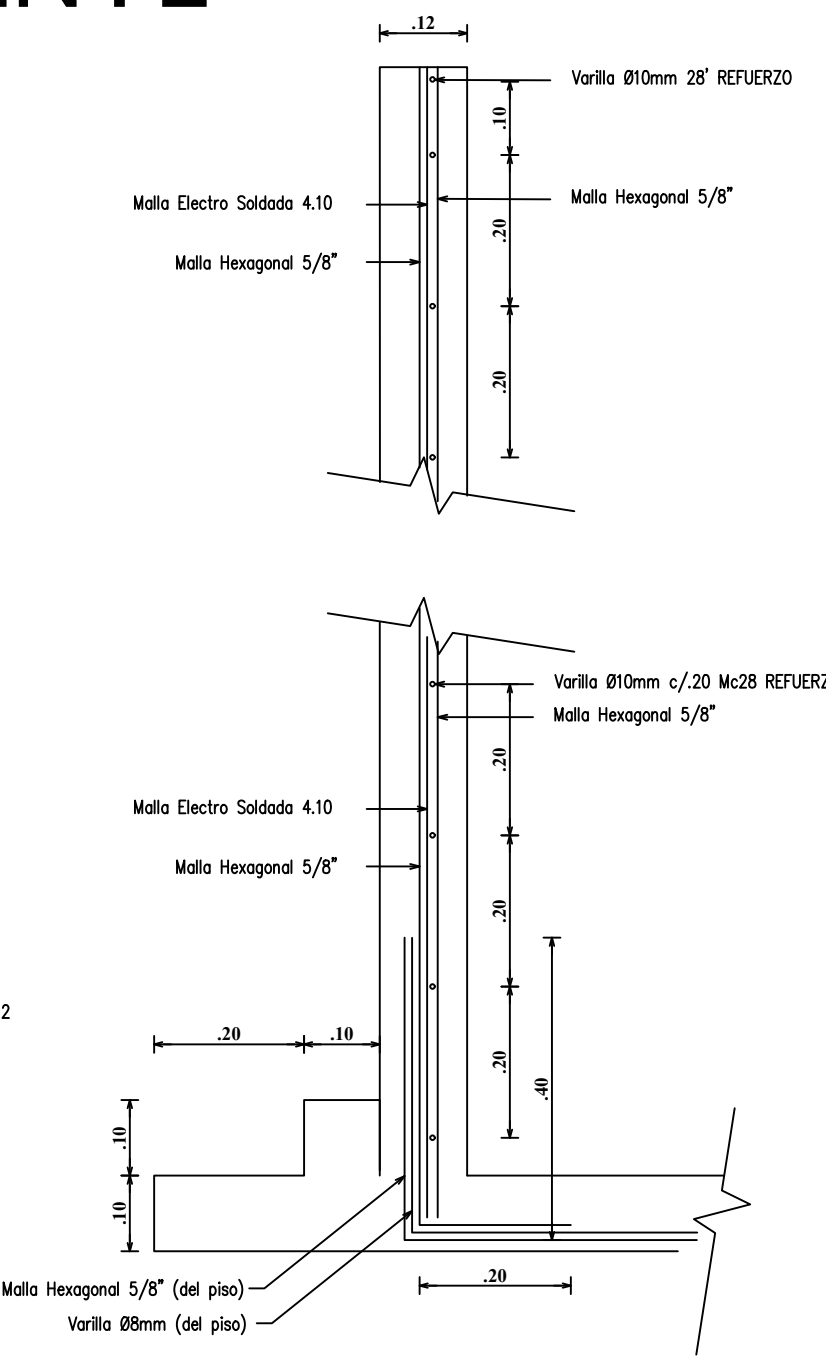
PLANTA

ESCALA-----1:40



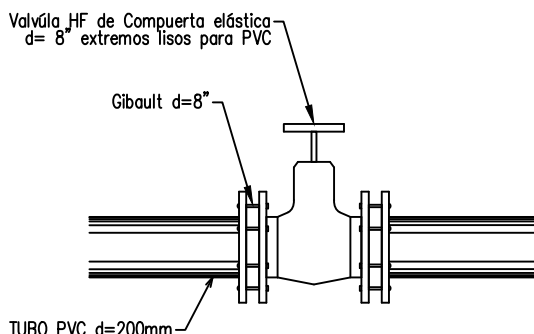
ARMADO DE LA LOSA DEL FONDO

ESCALA-----1:40

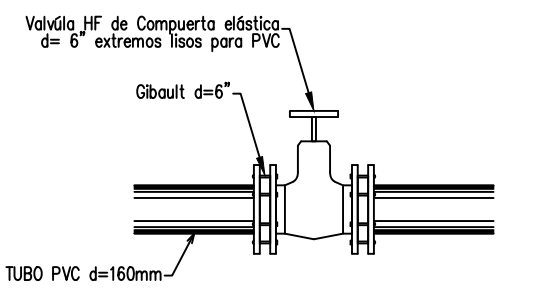


DETALLE ARMADO DE PARED

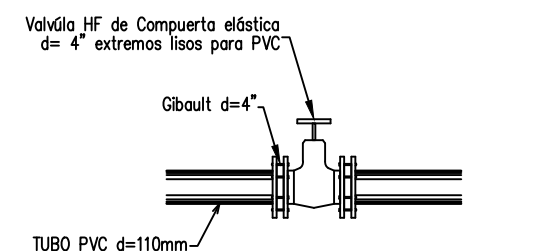
ESCALA-----1:10



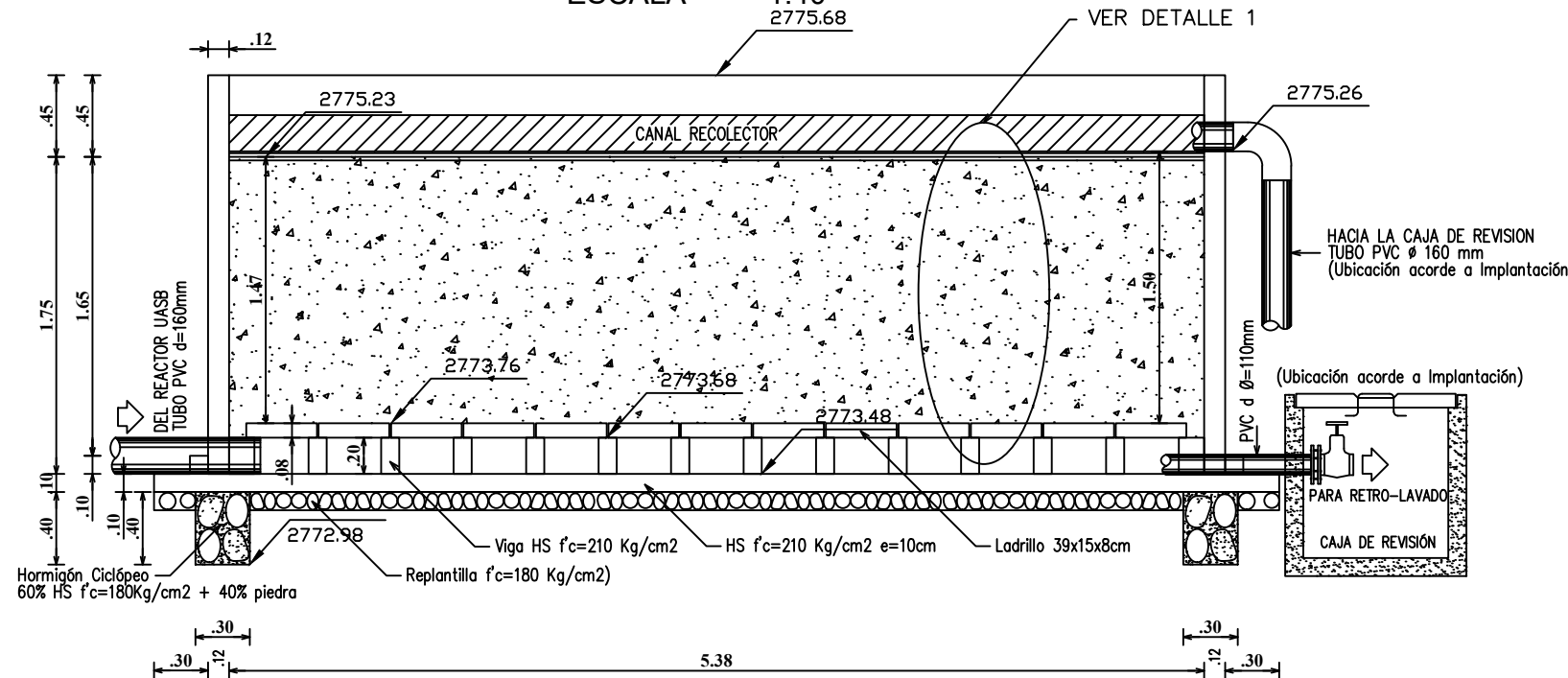
KIT VALVULA DE CONTROL Ø 200



KIT VALVULA DE CONTROL Ø 150

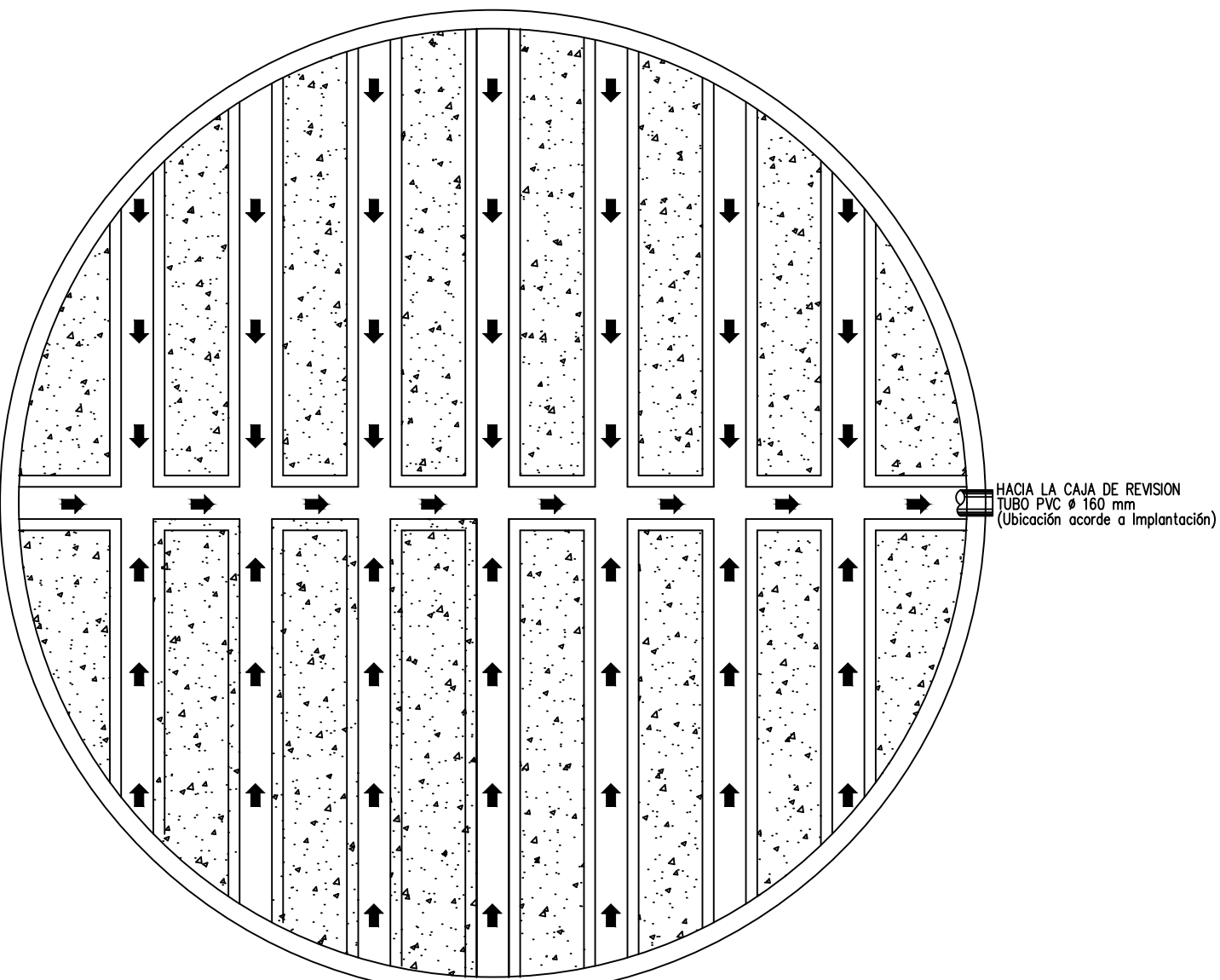


KIT VALVULA DE CONTROL Ø 110



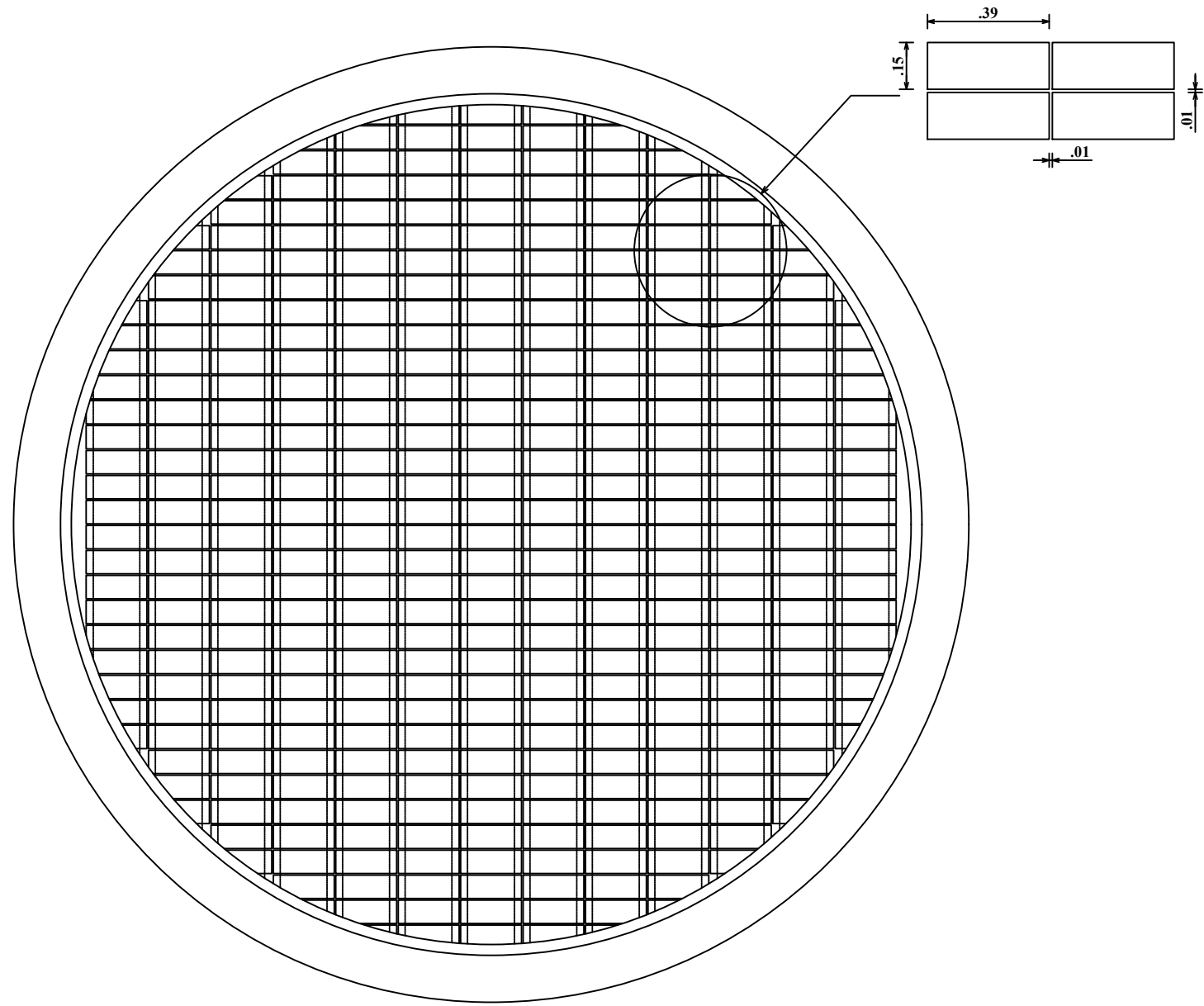
CORTE C-C' DEL FILTRO ANAEROBICO FLUJO ASCENDENTE

ESCALA-----1:40



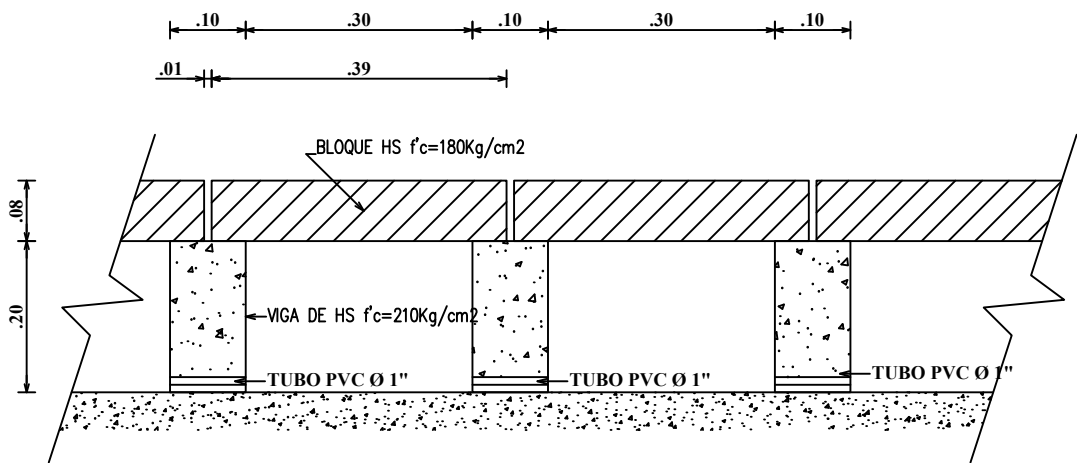
CANALES RECOLECTORES

ESCALA-----1:40



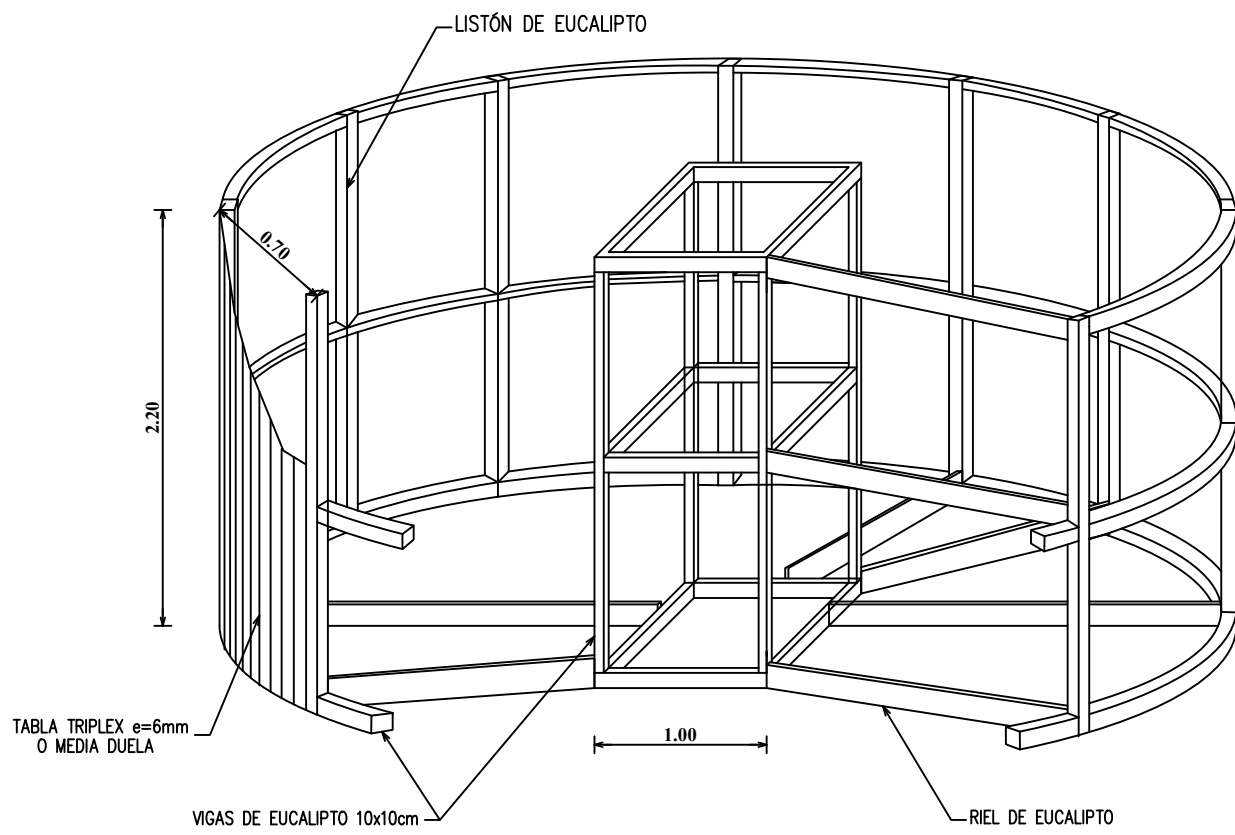
DISTRIBUCION DE BLOQUES

ESCALA-----1:40



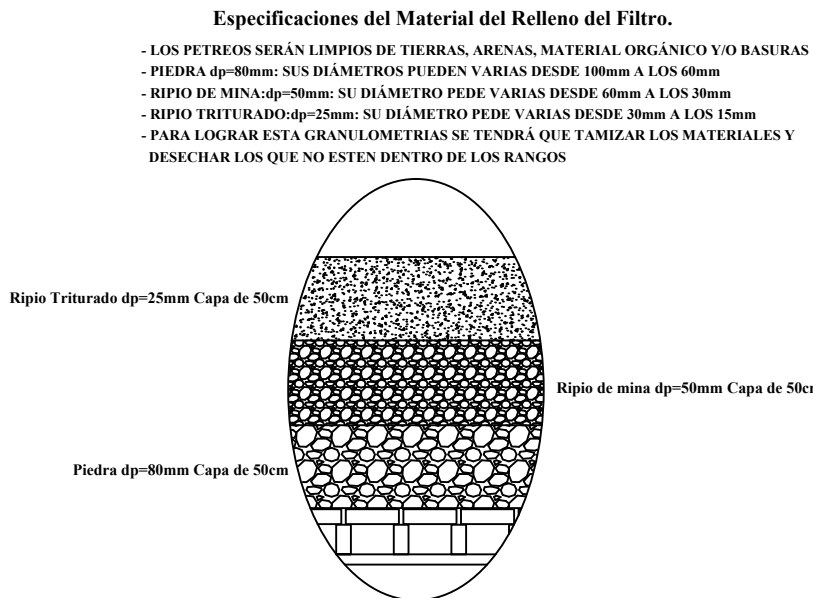
DETALLE SUELO FALSO

ESCALA-----1:10



DETALLE DEL ENCOFRADO

ESCALA-----1:40



DETALLE 1

ESCALA-----S/E

ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL FILTRO BIOLÓGICO	
1.- ARENA NORMAL ASTM C-33-86 MÓDULO DE FINURA 24 A 26 DIÁMETRO <= 4 - 75 mm TAMIZ No. 4 BIEN LAVADA Y TAMIZADA. (mortero de pared)	
2.- CEMENTO PORTLAND TIPO I	
3.- AGUA LIMPIA	
4.- LOS ADITIVOS CON EXCESO DE CLORUROS EN SU COMPOSICIÓN Y EN CONTACTO CON ARMADURAS QUEDAN RESTRIBIGIDOS.	
5.- LOS ADITIVOS IMPERMEABILIZANTES EN MORTEROS SON PERMITIDOS.	
6.- LA MALLA HEXAGONAL SOPORTARÁ LA TENSIÓN DE 210 A 220 MPa RECOMENDADA PARA LA DE 5/8" A 3/4"	
7.- LA MALLA ELECTRO SOLDADA TENDRÁ UN FY= 4200kg/cm2	
8.- ALAMBRE NEGRO ACERADO 3mm # 10	
9.- DOSIFICACION DEL MORTERO AL PESO 1 : 2 : 0.48 (CEMENTO, ARENA, RELACION AGUA-CEMENTO) FC= 4000kg/cm2.	
10.- RESISTENCIA MINIMA DEL SUELO 1.0 Tn/m2, MENORES QUE ESE VALOR REALIZAN MEJORAMIENTO DEL SUELO.	
11.- LAS ARMADURAS (VARILLAS, MALLAS, ELECTROSOLDADAS) SERÁN AMARRADAS ENTRE SI CON ALAMBRE # 20 CADA 20cm EN AMBOS SENTIDOS.	

NOTA: LOS TRES FILTROS ANAEROBICOS DE FLUJO ASCENDENTE PROPUESTOS PARA ESTA PLANTA DE TRATAMIENTO SE CONSTRUIRAN SEGUN ESTOS PLANOS DE CONSTRUCCION.



PROYECTO:

"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:

PROVINCIA: TUNGURAHUA
CANTÓN: PÍLLARO
PARROQUIA: LA MATRIZ
SECTOR: CALLATE

CONTIENE:

DESCARGA ALCANTARILLADO, PLANIMETRIA GENERAL, CURVAS DE NIVEL

ESPECIFICACIONES

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM
ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:
SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84
ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR
ZONA 17 S

REALIZADO POR:

EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

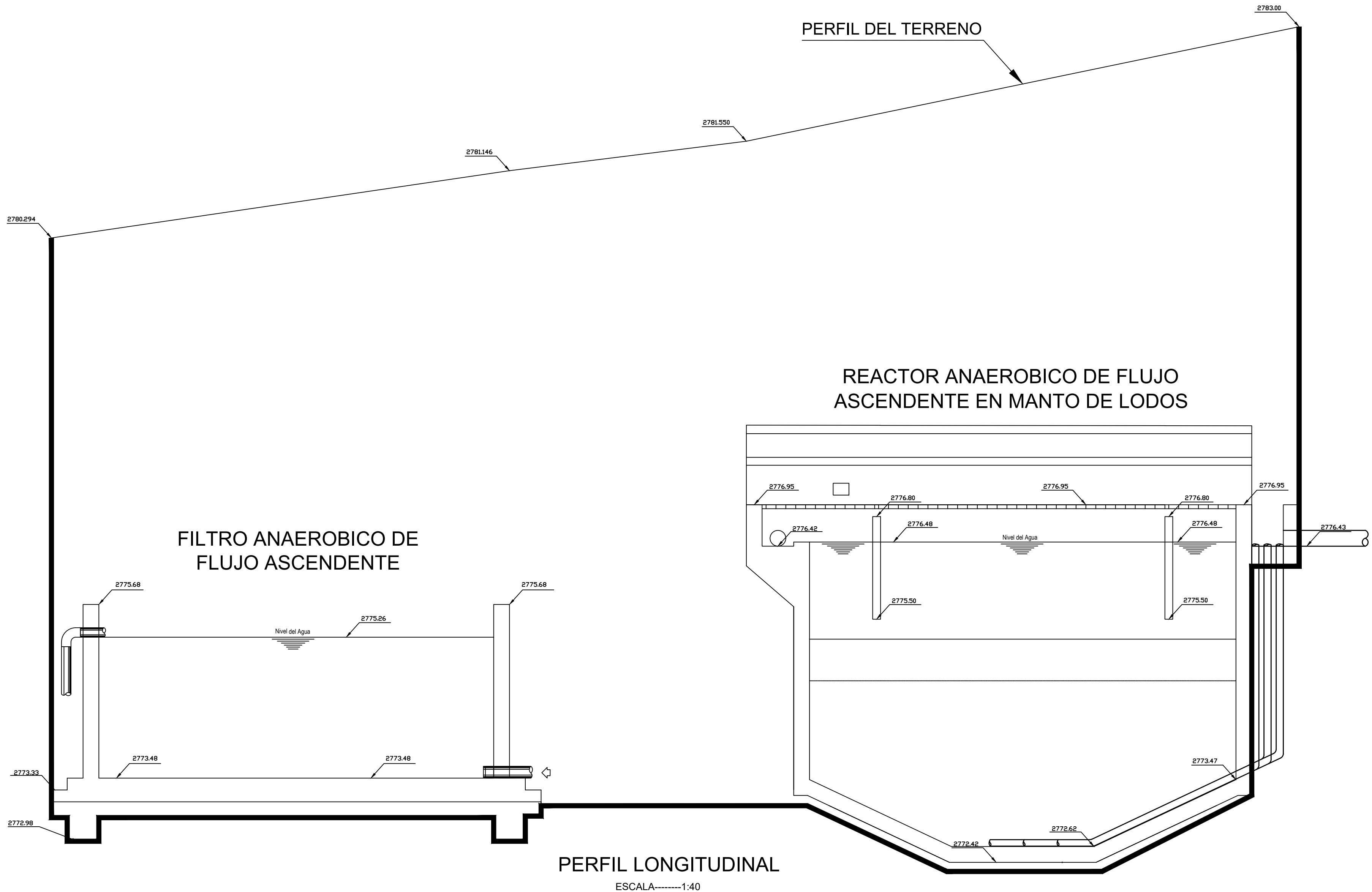
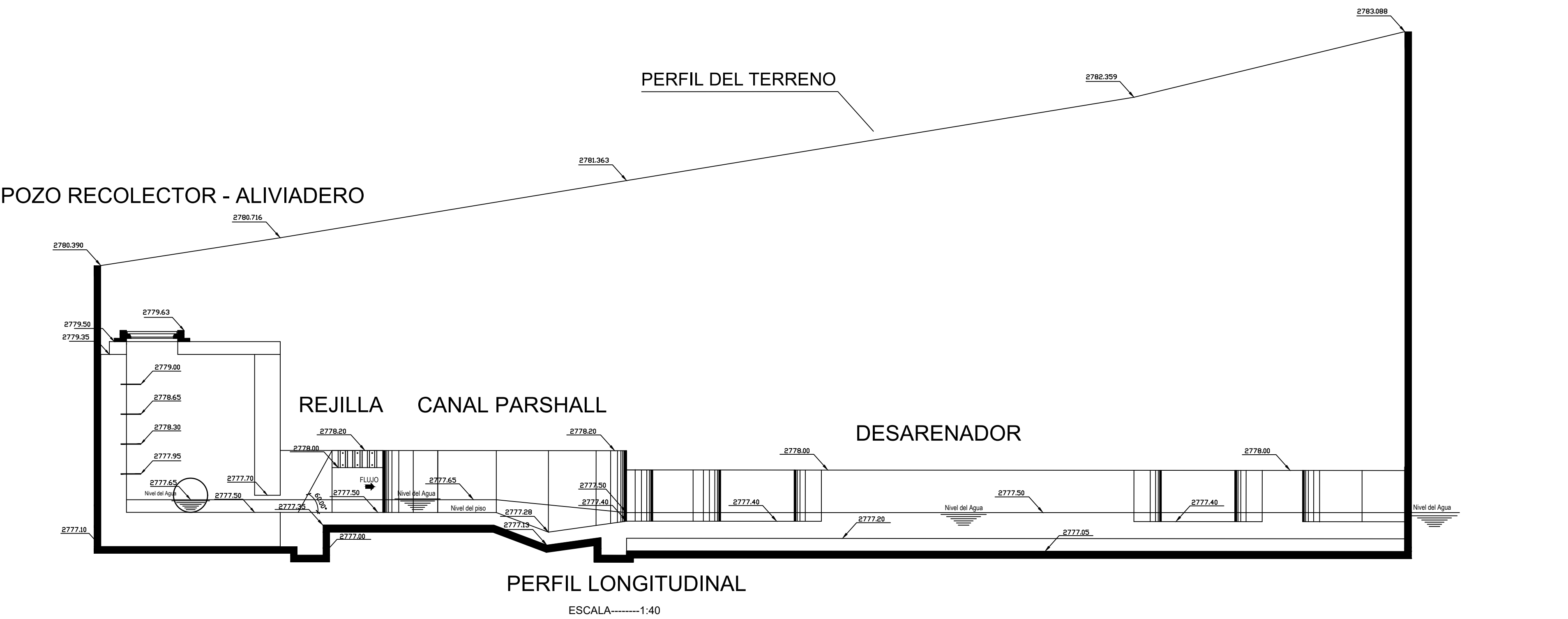
REVISADO POR:

ING. LENIN MALDONADO

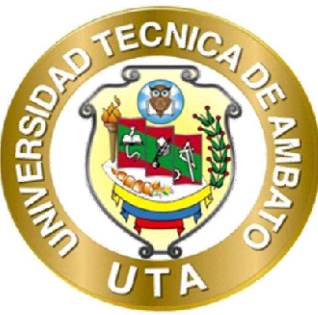
ESCALA: INDICADA

FECHA: JUNIO 2025

LÁMINA: 33



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





PROYECTO:
"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:
PROVINCIA: TUNGURAHUA
CANTÓN: PÍLLARO
PARROQUIA: LA MATRIZ
SECTOR: CALLATE

CONTIENE:

DESCARGA ALCANTARILLADO, PLANIMETRIA GENERAL, CURVAS DE NIVEL

ESPECIFICACIONES
PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM
ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:
SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84
ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR
ZONA 17 S

REALIZADO POR:

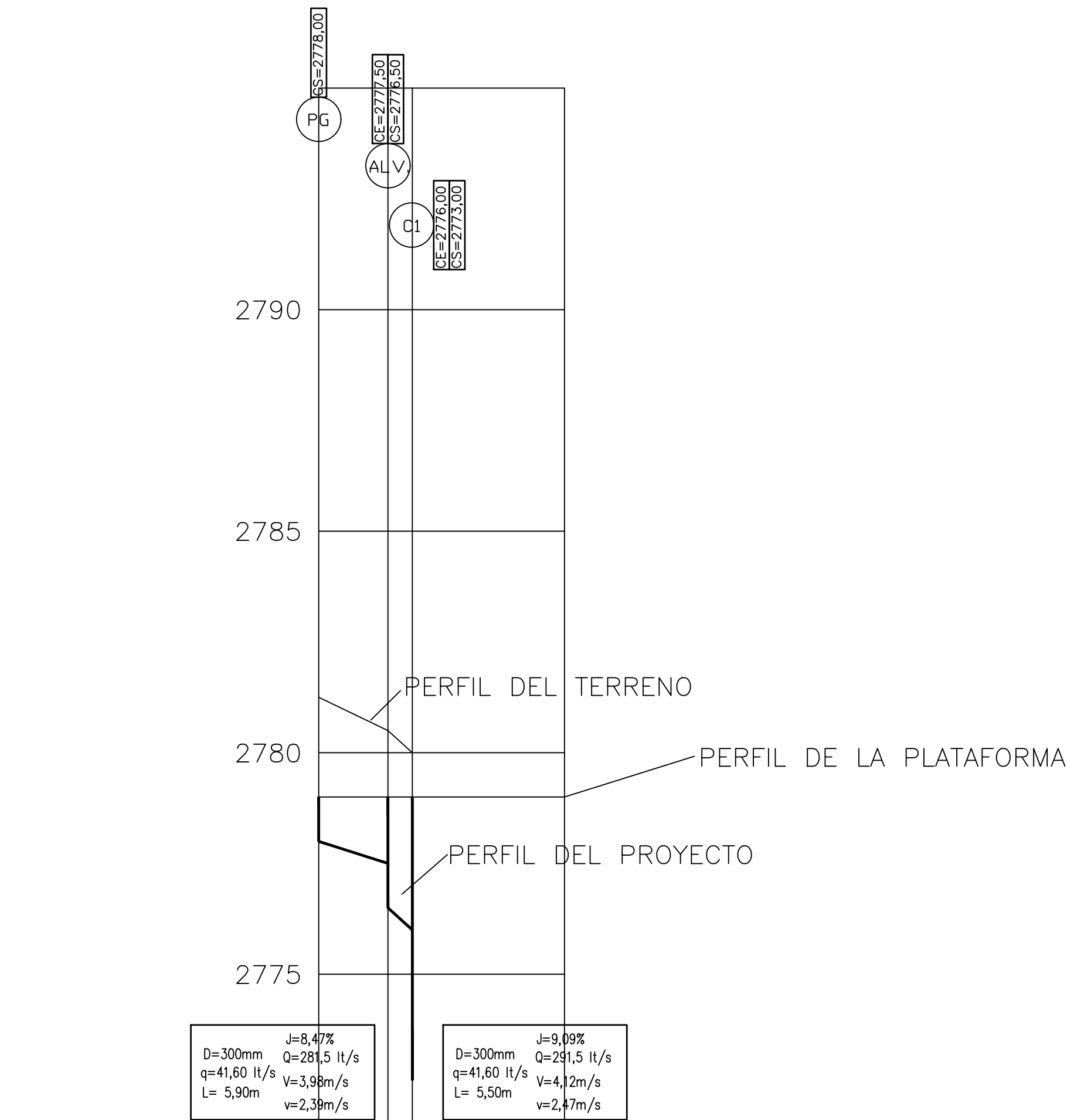
EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

REVISADO POR:

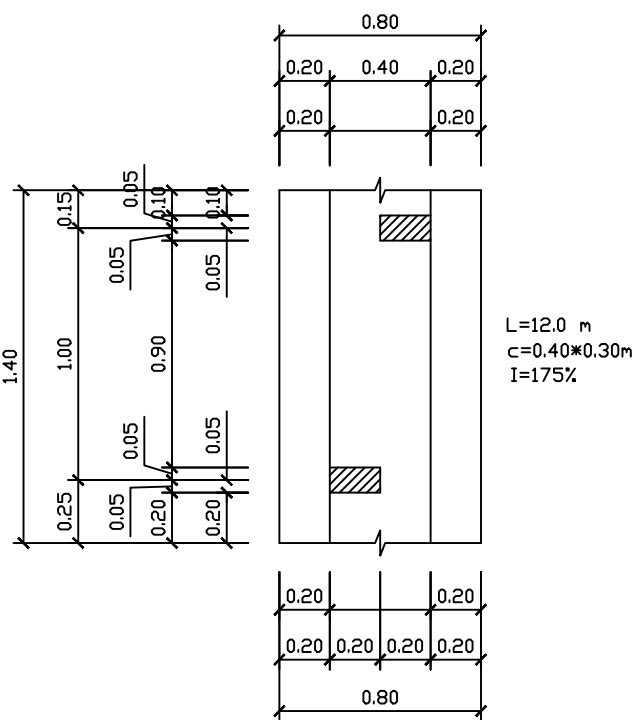
ING. LENIN MALDONADO

ESCALA:	INDICADA
FECHA:	JUNIO 2025
LÁMINA:	34

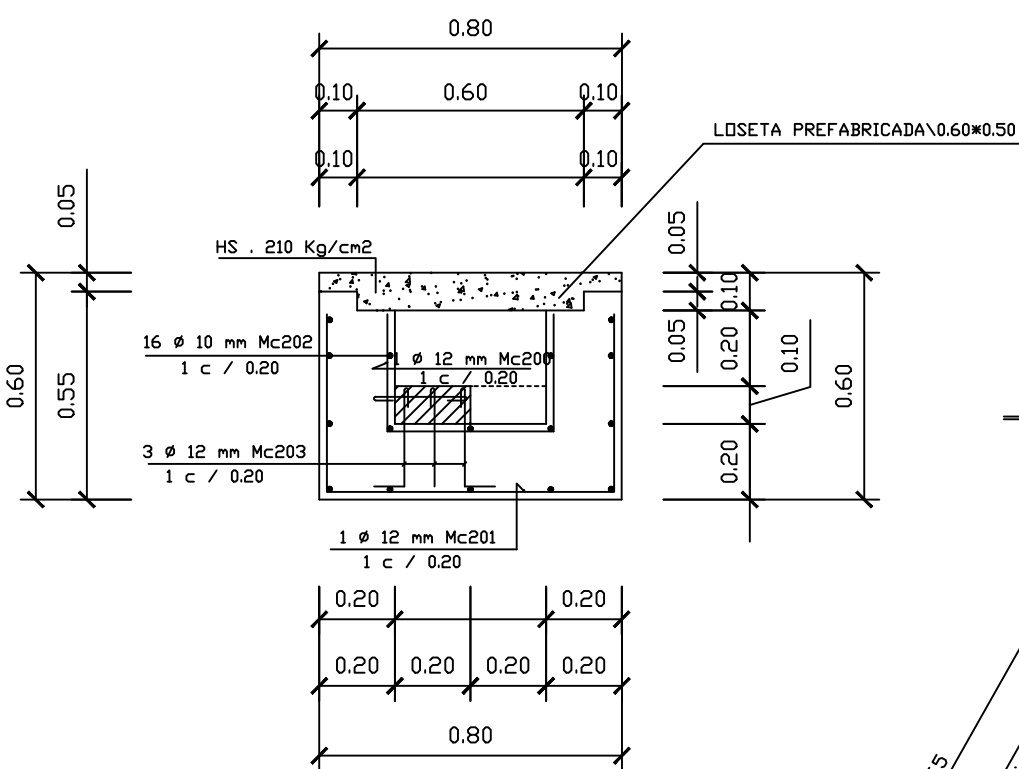
DESCARGA



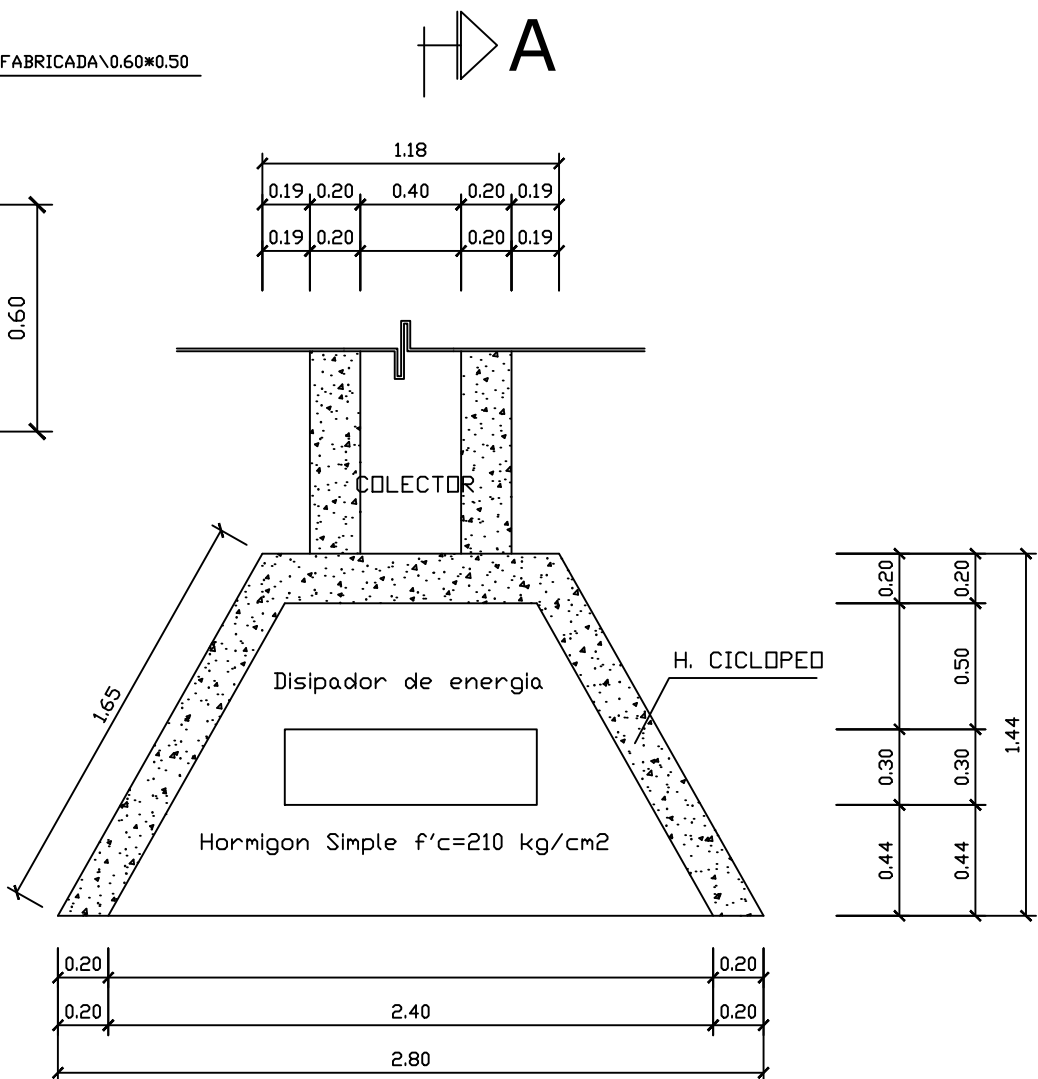
TUBERIA DE HORMIGON VIBROPRESADO		
DATOS HIDRAULICOS		
COTAS	PLATAFORMA	2779,00
	PROYECTO	2779,00
CORTES		
	1,00	2778,00
ABSCISAS	1,00	2778,00
	2,50	2776,50
ABSCISAS	2,50	2776,50
	6,39	2772,61
ABSCISAS	6,39	2772,61
	7,30	2772,61



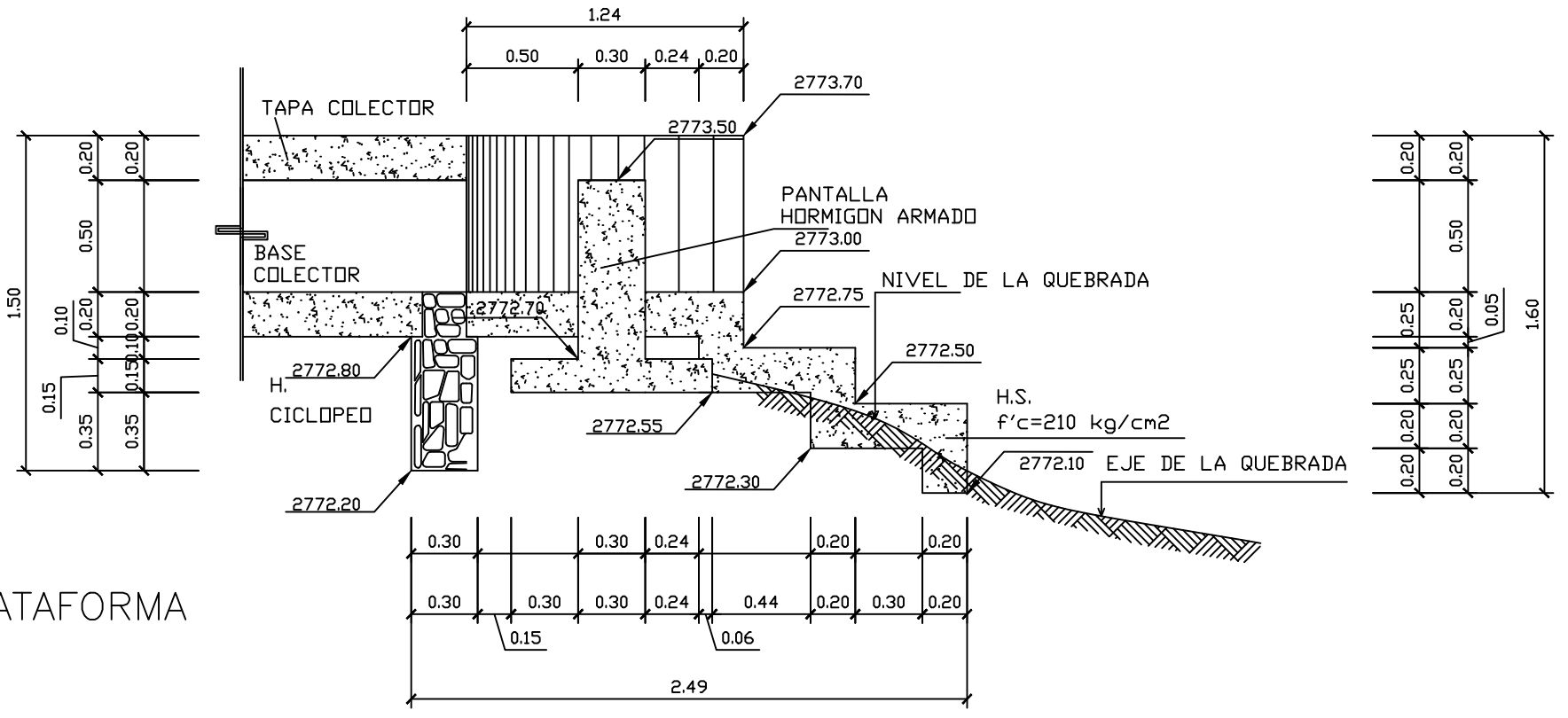
PLANTA COLECTOR
ESCALA-----1:30



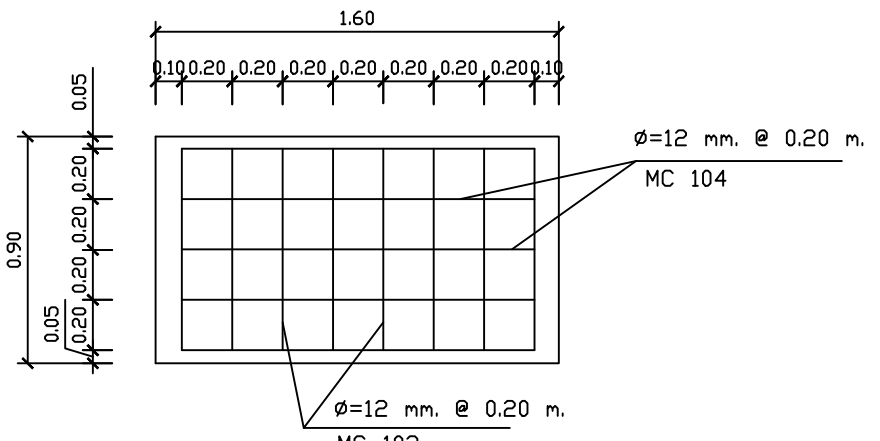
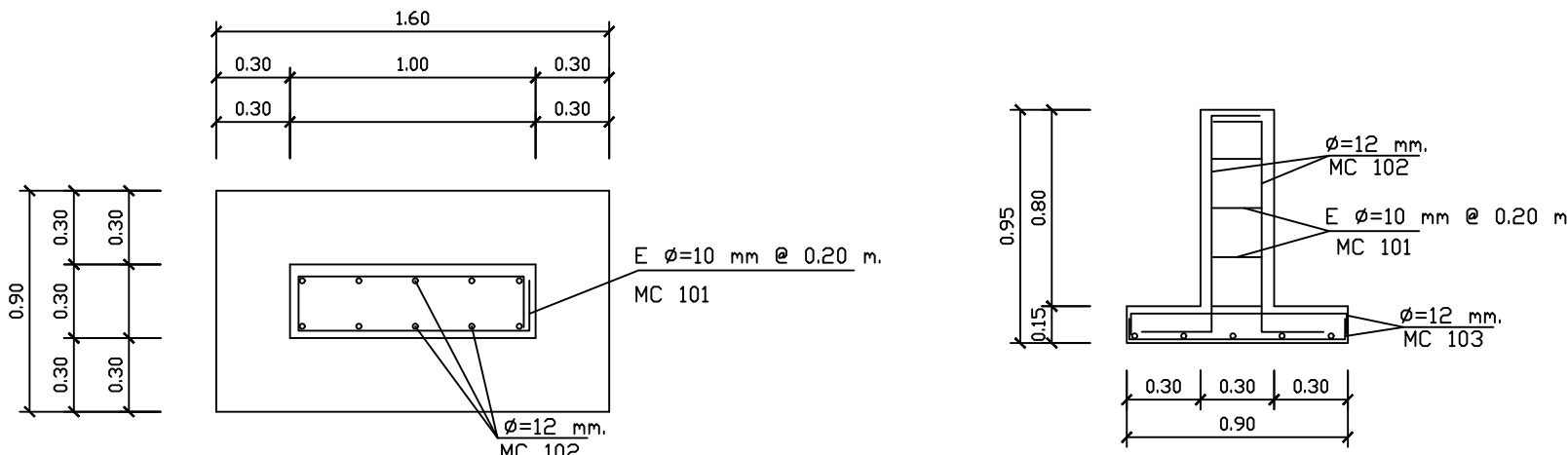
CORTE
ESCALA-----1:20



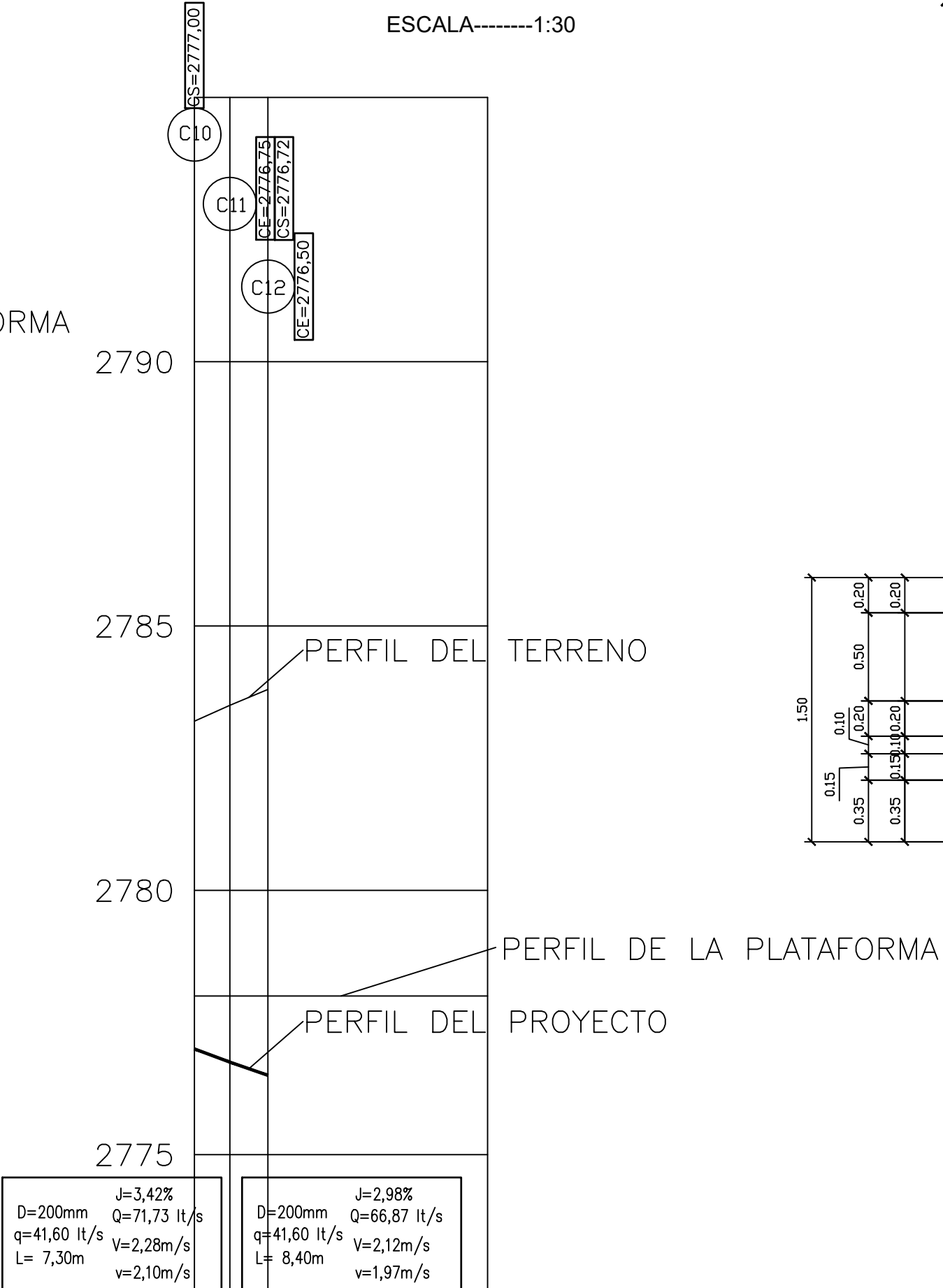
PLANTA
ESCALA-----1:30



CORTE A-A
ESCALA-----1:30



ARMADO PANTALLA
ESCALA-----1:30



TUBERIA PVC		DESAGUE	
DATOS HIDRAULICOS			
COTAS	PLATAFORMA	2778,00	
	PROYECTO	2778,00	
CORTES		2777,00	2778,00
		2776,75	2778,00
		2776,50	2778,00
ABSCISAS		0+178,00	1,00
		0+184,70	1,25
		0+191,90	1,50



PROYECTO:
"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE EN EL BARRIO COCHALÓ EL CARMEN, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

UBICACIÓN:
PROVINCIA: TUNGURAHUA
CANTÓN: PÍLLARO
PARROQUIA: LA MATRIZ
SECTOR: CALLATE

CONTIENE:
DESCARGA ALCANTARILLADO, PLANIMETRIA GENERAL, CURVAS DE NIVEL

ESPECIFICACIONES
PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR, UTM
ELIPSOIDE Y DATUM HORIZONTAL:
SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84
ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR
ZONA 17 S

REALIZADO POR:
EMILIO ALEJANDRO RUIZ VILLAFUERTE

REVISADO POR:
ING. LENIN MALDONADO

ESCALA: INDICADA

FECHA: JUNIO 2025

LÁMINA: 35