

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Implementación de la metodología BIM y GIS en la Planificación, Gestión y el Impacto al entorno de la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas para la ciudad de Cañar, perteneciente a la provincia del Cañar.

PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo la obtención del Título de:

Master en Ingeniería civil mención construcción y saneamiento.

Presentado por:

Henry Marcelo Bermejo Bermejo

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2024

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mi familia que siempre me ha apoyado en todos los momentos de vida, que me han brindado su apoyo incondicional, en especial a mi mamá Deisy Bermejo que a pesar de la distancia siempre voy amar sobre todas las cosas, que me ha enseñado el valor del sacrificio y perseverancia para llegar a cumplir mis metas y sueños.

AGRADECIMIENTOS

Mi más cordial y sincero agradecimiento es primeramente a dios todopoderoso que me ha prestado salud y vida para poder cumplir con este importante logro en mi vida. A mis amigos y compañeros de la maestría que me ayudaron cuando mas los necesite, también agradezco mucho a mi papá que aunque nunca estuvo a lado mío en la lejanía siempre estuvo pendiente de mi y me brindo consejos sinceros los cuales me guiaron y me permitieron seguir por un buen camino.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Henry Bermejo Bermejo* y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Henry Bermejo Bermejo
AUTOR

EVALUADORES

.....
M.Sc Nadia Quijano Arteaga

PROFESOR DE LA MATERIA

.....
Ing. José Reyes

TUTOR ACADÉMICO

.....
MS.c Samantha Hidalgo Astudillo

PROFESOR DE LA MATERIA

RESUMEN

Ante el gran advenimiento del crecimiento urbano trae consigo la contaminación incontrolada y desmesurada al ambiente, en especial de fuentes hídricas como los ríos y quebradas, este último tiene contenido de desechos sólidos y un tipo de agua con elevado contenido de materia orgánica así como de grasas por ende construir una planta de tratamiento para mejorar esas aguas residuales antes de ser vertidas directamente a un cuerpo hídrico es de vital importancia para una ciudad o comunidad, pero ante esto se ha presentado un gran desafío que es el tema de presupuesto y tecnología eficiente que pueda estar presente en la etapa de planificación y diseño de una, por ello integrar la metodología BIM con GIS resulta ser muy productivo ya que no solo PTARD me permite optimizar recursos de costo y tiempo en la planificación y gestión de la construcción como se da en este proyecto sino que también permite analizar y evaluar posibles impactos al entorno circundante. En el presente proyecto se demuestra que esta integración BIM-GIS es de gran utilidad no solo en la etapa de diseño, planificación y construcción al realizar un modelo 3D con 4D y análisis espacial de la zona de estudio relevante, sino que también da una visión clara para que pueda ser implementado en la etapa de operación y mantenimiento por ende la integración BIM-GIS se identifica como una metodología potencial para la implementación de otros proyectos a gran magnitud.

Palabras Clave: BIM, GIS, integración, planificación, impact.

ABSTRACT

Given the great advent of urban growth, it brings with it uncontrolled and excessive pollution to the environment, especially from water sources such as rivers and streams, the latter containing solid waste and a type of water with a high content of organic matter as well as fats, therefore building a treatment plant to improve this wastewater before being discharged directly into a body of water is of vital importance for a city or community, but in the face of this a great challenge has been presented, which is the issue of budget and efficient technology. that can be present in the planning and design stage of a WWTP, which is why integrating the BIM methodology with GIS turns out to be very productive since it not only allows me to optimize cost and time resources in the planning and management of construction as given. in this project but also allows us to analyze and evaluate possible impacts to the surrounding environment. This project demonstrates that this BIM-GIS integration is very useful not only in the design, planning and construction stage by creating a 3D model with 4D and spatial analysis of the relevant study area, but also gives a vision clear so that it can be implemented in the operation and maintenance stage, therefore BIM-GIS integration is identified as a potential methodology for the implementation of other large-scale projects.

Keywords: BIM, GIS, integration, planning, impact.

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	5
RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	VIII
ÍNDICE DE PLANOS	IX
CAPÍTULO 1	1
Introducción	1
1.1 Antecedentes.....	4
1.2 Localización	6
1.3 Estudios previos.	7
1.4 Problemática a resolver	11
1.5 Justificación.	12
1.6 Objetivos.....	13
1.6.1 Objetivo General	13
1.6.2 Objetivos Específicos	13
CAPÍTULO 2.....	14
Desarrollo del proyecto	14
2.1 Marco conceptual	14
2.2 Marco metodológico	23
2.3 Trabajo de campo	25

2.3.1 Trabajo de laboratorio o de gabinete.....	39
2.3.2 Tabulación de datos	39
2.3.3 Solución a diseñar	40
CAPÍTULO 3.....	41
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
3.1. Resultados.....	41
3.2. Análisis de resultados.....	52
CAPÍTULO 4.....	53
Conclusiones Y Recomendaciones	53
Conclusiones	53
Recomendaciones	54
PLANOS Y ANEXOS	58

ABREVIATURAS

BIM	Modelado de información de la construcción
GIS	Sistemas de Información Geográfica
PTARD	Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
AEC	Arquitectura, Ingeniería y Construcción
IFC	Industrial Foundation Class
CityGML	City Geography Markup Language
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado
DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno
IoT	Internet de las cosas

SIMBOLOGÍA

msnm	metros sobre el nivel del mar
lt/s	litros / segundo
m ³ /s	metros cúbicos / segundo
gr/h/día	gramo/ habitante / día
mg/l	miligramo / litro
N	nitrogeno
P	fósforo
NMP	número más probable
ml	mili-litros

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1. Area de cobertura del proyecto.....	6
Figura 1. 2. Esquema de tratamiento.....	8
Figura 1. 3. Hipótesis planteadas para el dimensionamiento de la PTARD.....	9
Figura 1. 4. Características relevantes en cada proceso de tratamiento .	10
Figura 2. 1. Comparación de los avances en la evolución de BIM-GIS integrado.....	16
Figura 2. 2. Aplicaciones clave de la integración BIM-GIS.	17
Figura 2. 3. Proceso para la elaboración del EIA Exante previo obtención a la licencia ambiental para el proyecto.....	22
Figura 2. 4. Metodología a aplicar en el proyecto.	24
Figura 2. 5. Punto de origen en donde será implementado el colector para la Quebrada Zham – Zham.....	25
Figura 2. 6. Punto de origen en donde será implementado el colector para la Quebrada Pucuhuayco.	26
Figura 2. 7. Zona donde se va emplazar la construcción de la PTARD para la ciudad de Cañar.	27
Figura 2. 8. Mapa de ubicación de la PTARD, interceptores y emisario.....	28
Figura 3. 1. Modelo en 3D de Interceptores y emisario panamericana.....	41
Figura 3. 2. Modelo en 3D del sistema de Pretratamiento	42
Figura 3. 3. Modelo en 3D de los flujos orbitales.	42
Figura 3. 4. Modelo en 3D del clarificador.	42
Figura 3. 5. Modelo en 3D del digester de lodos.	43
Figura 3. 6. Modelo en 3D de la casa de control.....	43
Figura 3. 7. Modelo en 3D del lecho de secado.....	44
Figura 3. 8. Presupuesto y Cronograma en MS PROJECT.	45
Figura 3. 9. Levantamiento topográfico de la zona donde se realizó el levantamiento y el punto de partida de los vuelos con dron.	46
Figura 3. 10 Plan de vuelo para el levantamiento topográfico con dron de la zona que se va realizar el levantamiento.....	47
Figura 3. 11 Ejecución del plan de vuelo para el levantamiento topográfico con dron de la zona que se va realizar el levantamiento	48

Figura 3. 12. Asignación de puntos de apoyo en diferentes zonas del levantamiento topográfico.	48
Figura 3. 13. Nube de puntos obtenida del entorno circundante en donde se va implantar la PTARD.	49
Figura 3. 14. Clasificación de las elevaciones obtenidas del entorno circundante en donde se va implantar la PTARD.	49
Figura 3. 15. Clasificación del entorno circundante en donde se va implantar la PTARD.	50
Figura 3. 16. Comparación de diseño propuesto de interceptores por consultoría aprobado por el GAD de Cañar versus el diseño propuesto por el presente proyecto.	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 Parámetros de diseño.....	9
Tabla 2. 1. Modos de Integración BIM-GIS.....	18
Tabla 2. 2. Ventajas y desventajas de tres modos de integración BIM-GIS.....	19
Tabla 2. 3. Coordenadas de la ubicación geográfica del proyecto.	39

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Oficio para el pedido de toda la información necesaria sobre el estudio de diseños dirigida al GAD del Cantón Cañar.	59
Anexo 2. Desglose de Presupuesto y Cronograma en MS Project.....	60

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1. Modelo 3D de la PTARD para la ciudad de Cañar.	63
Plano 2. Sistema de pretratamiento.....	64
Plano 3. Reactores de flujos orbitales.....	65
Plano 4. Sistema de Clarificación.	66
Plano 5. Complementos del sistema de clarificación.	67
Plano 6. Digestor de lodos.....	68
Plano 7. Lecho de Secado.....	69
Plano 8. Cuarto del operador.....	70
Plano 9. Desinfección	71

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

El crecimiento mundial de ciudades con una acelerada urbanización y el cambio climático global son los dos problemas más críticos y preocupantes en el mundo actual en el que vivimos (Gonzalez-Meneses, 2019; McDonald et al., 2011). Las ciudades consumen alrededor del 70% de los recursos disponibles en todo el mundo por lo tanto al ser los principales consumidores y generar una gran cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero, se necesita urgentemente trabajar en la sostenibilidad de la planificación y desarrollo urbano para poder responder de manera acertada y oportuna ante el aumento de la urbanización y llegar a consolidar una ciudad inteligente (Bibri & Krogstie, 2017).

La integración del modelado de información de construcción (BIM) y el sistema/ciencia de información geográfica (GIS) al tener la capacidad de integrar datos masivos y aplicaciones de tecnologías en la gestión urbana ha sobresalido como un soporte fuerte e innovador para poder conformar la construcción y modelado de ciudades inteligentes y sostenibles lo cual tiene como objetivo principal mejorar las condiciones y calidad de vida de las generaciones presentes y futuras, esto se da con la ayuda de la utilización de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y el Internet de las cosas (IoT) (Hilty & Aebischer, 2015; Ma & Ren, 2017).

La integración BIM-GIS en la gestión de la construcción es una tendencia relativamente nueva y de un desarrollo constante que ha venido creciendo en los últimos quince años, desde la investigación hasta la práctica industrial (Wang et al., 2019). BIM tiene ventajas en cuanto a información geométrica y semántica rica a lo largo del ciclo de vida de infraestructuras (Volk et al., 2014), mientras que los SIG son un campo amplio que abarca la toma de decisiones en base a criterios, geovisualización y el análisis geoespacial (Vacca et al., 2018).

La problemática parte desde que en la mayoría de la planificación de construcciones no identifican o desconocen los impactos que puede ocasionar al entorno que lo rodea y las grandes utilidades que puede proporcionar la integración de estas metodologías ya que un modelo GIS puede facilitar aplicaciones BIM como la selección del sitio y el diseño u optimización de reducir el uso de materiales en el sitio, mientras que los modelos BIM pueden ayudar a generar modelos detallados en un GIS para conducir a una mayor utilidad, mejora de calidad, garantía de seguridad, disminución de riesgos ambientales, seguimiento en tiempo real de todo el espacio de construcción e interacción eficiente de la información, todo esto es posible en todos los proyectos de la industria de la construcción (Ma & Ren, 2017).

En algunos estudios realizados se ha comprobado que todos los ríos del Ecuador están contaminados, el agua de las áreas urbanas tiene alto contenido de coliformes, DBO, fósforo, entre otros, además en su cauce el impacto visual es tremendo no solo por su color desagradable sino al ver contenido de desechos sólidos en este tipo de aguas contaminantes (LA HORA, 2022; Torske, 2019). Ante tal contexto las quebradas Pucuhuayco y Zham Zham que pasan por la parte urbana de la ciudad de Cañar viene a estar afectadas de manera significativa por la contaminación antrópica que llevan aguas abajo las cuales son descargadas directamente sin tratamiento previo al río Cañar, es así que es de vital importancia cumplir con el objetivo principal de implementar la metodología BIM-GIS para la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas para la ciudad de Cañar de manera eficiente y sostenible, para ello se va utilizar una metodología tipo cascada, en un estricto orden en el cual no se puede avanzar a la siguiente fase sin cumplir con una anterior.

La PTARD incluye en el diseño, tratamiento preliminar o pretratamiento: consiste en eliminar los sólidos gruesos y sólidos sedimentables presentes en las aguas residuales mediante rejas, cribas y con decantadores. Tratamiento primario: remoción de la materia orgánica en suspensión mediante sedimentación.

Tratamiento secundario: reducción de la cantidad de materia orgánica por la acción de bacterias; una vez que la materia orgánica ha sido estabilizada es conducida al proceso de decantación secundaria en donde se separan los fangos del agua; los fangos a su vez son recirculados hacia el reactor y digestor, en cambio el agua clarificada es recogida en la parte superior del decantador y conducida hacia la descarga. Tratamiento terciario: el cual se usa para eliminar los Coliformes fecales, mediante un sistema de desinfección tipo filtro UV (Zhindon-Argoti, 2020). Todo la PTARD ha sido diseñada en un modelo 3D lo cual permite realizar una planificación y gestión adecuada en tiempo y costo de su construcción, así como identificar posibles impactos al entorno con ayuda de herramientas GIS.

1.1 Antecedentes

Los primeros estudios a nivel mundial de la integración BIM-GIS aparecieron en el siglo XXI, el progreso tiene un estado lento en cuanto a las publicaciones en diferentes revistas y libros, se ha podido apreciar que en EE.UU y China se ha dado mayor número de publicaciones de esta integración BIM-GIS (Song et al., 2017).

La evolución en cuanto a la integración BIM-GIS se caracteriza por abordar problemas diversos y complejos en numerosas aplicaciones en la industria de arquitectura, ingeniería y construcción (AEC). Según (Song et al., 2017) las aplicaciones más exitosas y con mayor relevancia en los últimos diez años son:

- Las aplicaciones de la integración BIM-GIS en el diseño, planificación y gestión de obras civiles.
- La simulación, respuesta y gestión de emergencias y desastres es un tema típico y muy interesante, que debe abordarse con consideraciones tanto de gran escala espacial como detalladas de los componentes de construcción.
- El mantenimiento y la renovación de edificios existentes es un gran desafío para BIM y tiene muchas oportunidades para la integración BIM-GIS.

Desde la perspectiva de la topografía y cartografía la integración BIM-GIS tiene una gran historia ya que estos tendrían teorías y métodos amplios profundos y no explorados completamente. Por un lado la función de un GIS es explorar relaciones de datos espaciales que se recopilan gracias a métodos de geodesia que pasan a formar capas por separado lo cual brinda información para realizar mapas topográficos de las características del terreno, de pendientes, infraestructuras, coberturas y uso de suelo (Marshall, 1991). Ante todo, esto se puede decir que los GIS vienen a convertirse en una ciencia y un sistema para realizar análisis espacial y comprender más allá los procesos naturales que se dan en el entorno. Por otra parte BIM surge como un sistema capaz de crear,

compartir, intercambiar y gestionar información de diferentes diseños de planos digitalizados de infraestructuras en todo el ciclo de vida entre las partes involucradas (Lu et al., 2017).

La metodología BIM-GIS enfatiza la utilización de nuevas tecnologías innovadoras para cubrir problemas ambientales, ecológicos, energéticos, entre otros (Cao et al., 2023). Por lo tanto, tienen gran potencial para integrarse entre sí desde varios aspectos desde integraciones de gestión de base de datos, teorías, métodos y productos. Ante la gran interoperabilidad que presta la integración BIM-GIS (Song et al., 2017) ha determinado las siguientes tres ventajas en proyectos AEC:

- Como punto de partida existe la capacidad de integrar datos e información en múltiples escalas espacio-temporales para abordar los problemas relacionados tanto con los componentes de la construcción como con el entorno construido.
- La función principal de BIM es aquella que proporciona información completa y detallada sobre los diseños y los materiales de los componentes de infraestructuras o edificios.
- El análisis basado en visualización alojado en un sistema único mejora la eficiencia y el rendimiento de la gestión de la construcción.

1.2 Localización

El cantón Cañar se ubica al sur de la República del Ecuador, en la cordillera de los Andes y pertenece a la provincia del mismo nombre. El cantón Cañar tiene a la ciudad de Cañar como cabecera cantonal, 11 cabeceras parroquiales rurales, 182 comunidades y 19 barrios urbano cantones en constitución (Morocho, 2020).

La Planta de Tratamiento junto con la red de interceptores propone corregir las descargas directas que provocan contaminación a los cursos de agua tanto de la quebrada de Zham – Zham y Pucuhuayco, las cuales en la actualidad reciben las descargas directas de las aguas residuales de la ciudad de Cañar. El área de aporte total es de 251,47 hectáreas. En la Figura 1. 1 se puede apreciar la zona de estudio (GAD CANTÓN CAÑAR, 2019).

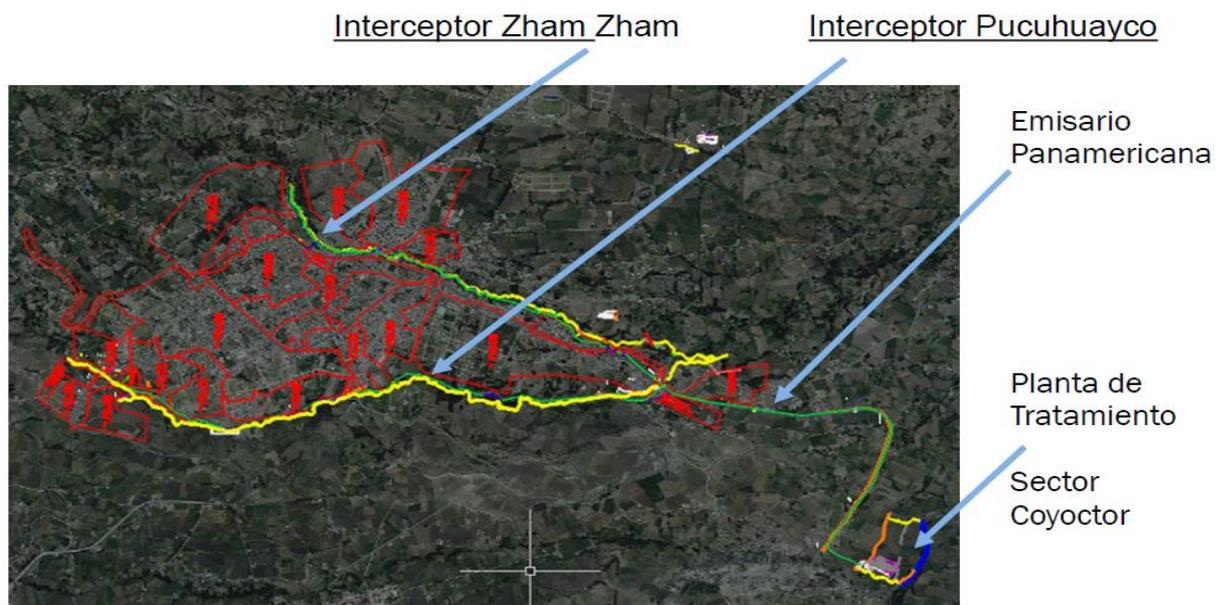


Figura 1. 1 Área de cobertura del proyecto (GAD CANTÓN CAÑAR, 2019).

1.3 Estudios previos.

1.3.1. Descripción del sistema de tratamiento de la PTARD.

El sistema seleccionado, es uno de los que más eficientes para tratar tipos de aguas residuales domésticas, el cual es uno aeróbico con lodos activados en aireación extendida y digestión prolongada de lodos, se lo puede resumir como un proceso acelerado de digestión de la materia orgánica que brinda el más cómodo manejo de lodos debido a su alta reducción en el digestor adicional (Zhindon-Argoti, 2020).

La aireación artificial es el elemento que promoverá el desarrollo acelerado de los microorganismos presentes de manera natural en las aguas residuales a tratar. De esta forma a mayor cantidad de bacterias, mayor tratamiento de la materia orgánica (Zhindon-Argoti, 2020).

Inicialmente pasara por un sistema de Pretratamiento que incluye tamizado y desarenador con lavado y compactación de desechos automático. Contando con los procesos de aireación y mezclado que se darán en las dos unidades del sistema propuesto (reactores Orbitales y digestores de lodos), se incluyen también 2 baterías de clarificadores rectangulares, elemento donde se separan las aguas claras (tratadas) de los sólidos, los mismos que se reinsertan por medio de bombas desde el fondo de las tolvas del Clarificador hacia el tanque desde donde provinieron, con la finalidad de que continúen su tratamiento (Zhindon-Argoti, 2020).

1.3.2. Etapas del sistema de tratamiento

Según (Zhindon-Argoti, 2020) el sistema de tratamiento de aguas residuales constará de cuatro etapas de funcionamiento:

- Pre-Tratamiento: Una línea de rejillas de desbaste, desarenación y tamiz fino.

Tratamiento Principal:

- Dos reactores de flujo orbital tipo fangos activados y,
 - Una batería de 3 clarificadores prismáticos.
- Tratamiento Terciario: Desinfección mediante rayos UV.
- Digestión de Lodos: Un Digestor Aerobio/Reactor Terciario
- Manejo de Lodos: Deshidratador mediante un sistema de lechos de secado.

En la Figura 1. 2 se presenta el esquema de tratamiento propuesto.



Figura 1. 2 Esquema de tratamiento (Zhindon-Argoti, 2020).

1.3.3. Diseño de la PTARD para la ciudad de Cañar.

En este apartado se presenta las características de cada una de las etapas mencionadas, los parámetros de operación y los factores más importantes de cada una.

Para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales se presenta el caudal de aguas residuales que tendrá el proyecto, el cual se determina de acuerdo a los datos de población estimada, entregados por el GAD Municipal de Cañar. Considerando la población, se estableció que el caudal medio de diseño para el presente proyecto es de 5,213 m³/d; en la Tabla 1. 1 presenta los principales parámetros de diseño.

Tabla 1. 1 Parámetros de diseño. (Zhindon-Argoti, 2020).

PARAMETROS DE DISEÑO							
DENOMINACION	NOMENCLAT	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD
Población de diseño	Pob	21,206	hab				
Caudal medio diario	Q	60.33	lt/seg	217.19	m3/h	5,213	m3/día
Caudal máximo horario	Qmax	127.22	lt/seg	457.99	m3/h	10,992	m3/día
Carga de sólidos	DS	65.00	gr/hab/día	1,378.39	Kg/día	264.44	mg/lt
Carga DBO5	DB	62.00	gr/hab/día	1,314.77	Kg/día	252.23	mg/lt
Coliformes fecales						1.E+07	nmp/100 ml
Nitrógeno Kjeldahl						14.00	mg/l
Aceites y grasas						13.00	mg/l
Fósforo						3.00	mg/l
VALORES DE SALIDA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO							
Demanda Bioquímica de Oxígeno		DBO5				≤ 50	mg/l
Sólidos suspendidos totales		SST				≤ 50	mg/l
Coliformes fecales		NMP	≤ 99,99% de remoción				nmp/100 ml
Nitrógeno Kjeldahl		N				≤ 15	mg/l
Aceites y grasas						≤ 0,30	mg/l
Fósforo		P				≤ 10	mg/l

Para el dimensionamiento de la PTARD se realizaron hipótesis importantes las cuales se presentan en la Figura 1.3:

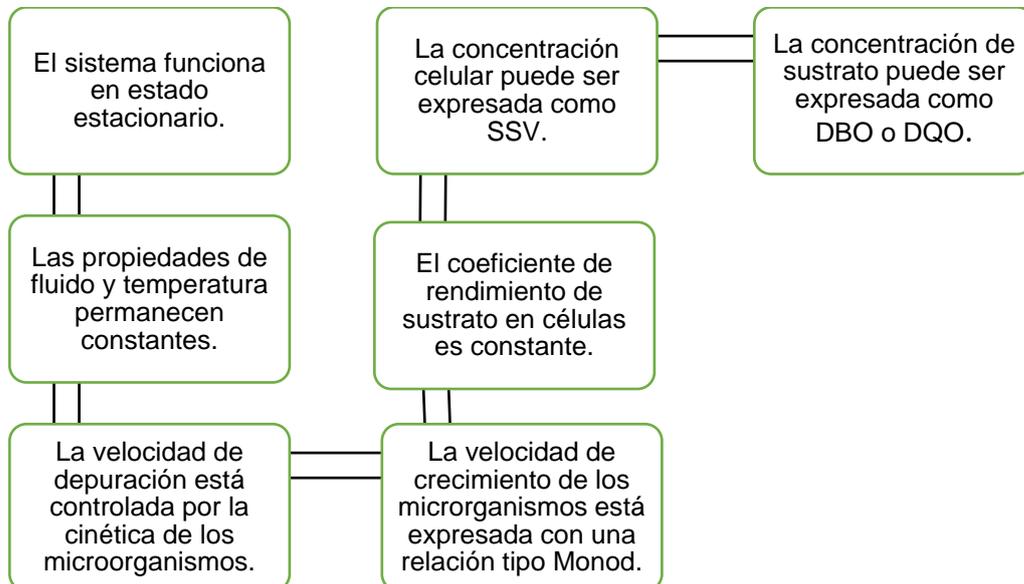


Figura 1. 3. Hipótesis planteadas para el dimensionamiento de la PTARD (Zhindon-Argoti, 2020).

El porcentaje de tratamiento que se logra en cada etapa de este diseño, garantiza el cumplimiento de las regulaciones medioambientales vigentes, tanto para la calidad de la descarga, como para control de olores y ruidos.

El aporte más significativo, así como la consideración más relevante y las dimensiones de cada equipo en cada etapa del sistema de tratamiento se presenta en la Figura 1. 4.

CARACTERÍSTICAS RELEVANTES EN CADA PROCESO DE TRATAMIENTO

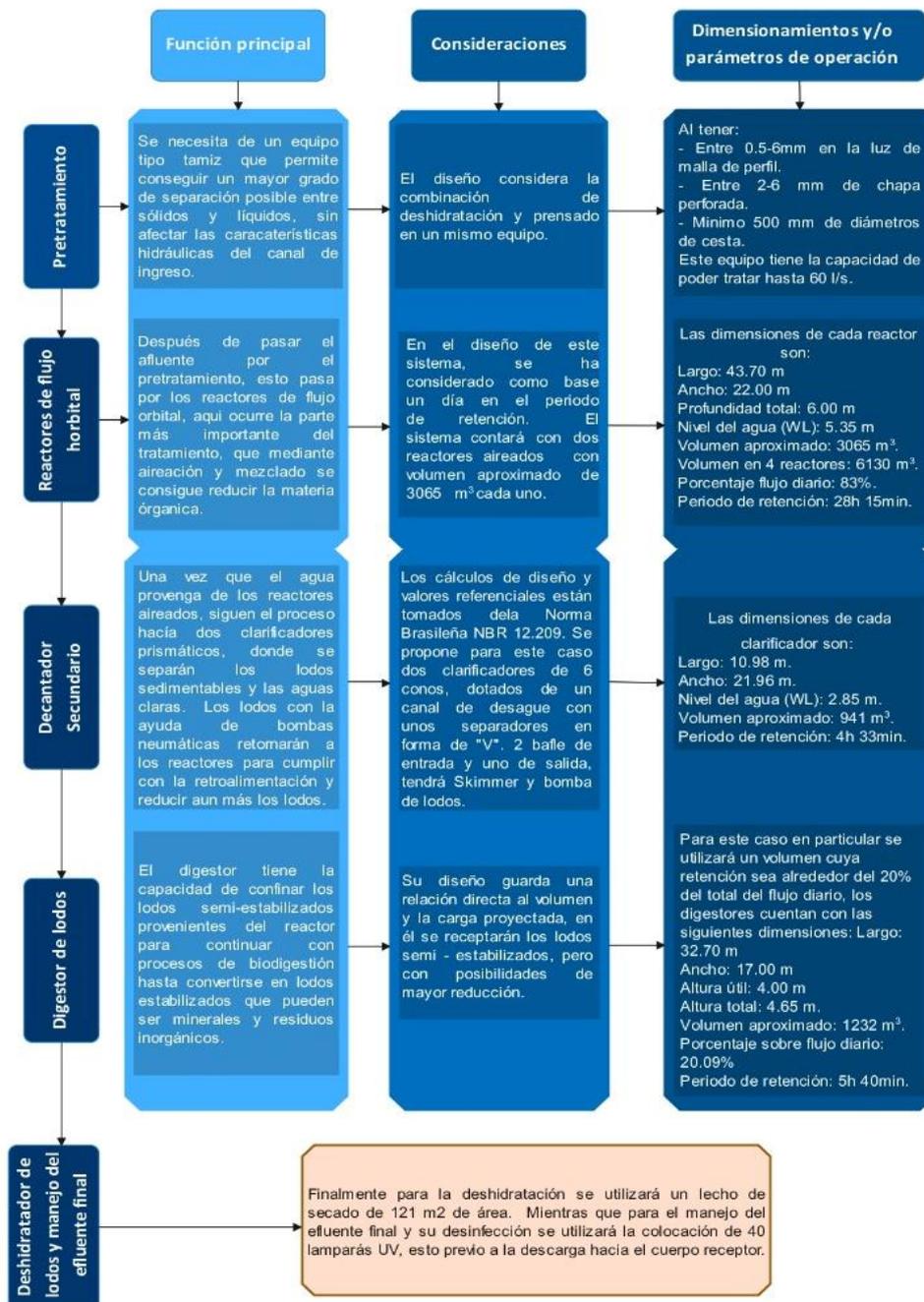


Figura 1. 4. Características relevantes en cada proceso de tratamiento (Zhindon-Argoti, 2020).

1.4 Problemática a resolver

La industria de la construcción con el pasar el pasar de los años se ha vuelto cada vez más compleja debido a un buen número de personas, datos y documentación involucrada. Por ende, al tener un proceso de construcción de obras civiles como en este caso de una PTARD para una ciudad se llega a contar con diferentes tipos y formatos de información lo cual debería recopilarse, almacenarse y compartirse. Ante esto surge la necesidad de desarrollar un modelo que pueda documentar y almacenar toda esa información en una única plataforma o programa informático, con el fin de llegar a compartir e interactuar entre contratista, entre miembros de equipos multidisciplinarios, entre otros.

La planificación de un entorno construido requiere al menos dos niveles diferentes de procesos y modelos de planificación que operen a una misma escala de ciudad-infraestructura, por ende, la integración del BIM y los GIS ha sido identificado como un tema prometedor, interesante y muy valioso pero a la vez se lo interpreta como un tema desafiante para transformar la información hacia la generación de conocimiento e inteligencia (X. Liu et al., 2017). El logro de conseguir integrar estos dos conceptos y sus metodologías tendrá un impacto muy alto en la solución de problemas en la industria AEC (Fosu et al., 2015), que en este caso específico va permitir construir dos interceptores, emisario y la PTARD para evitar la contaminación desmesurada de las quebradas Pucuhuayco y Zham Zham. Por ello es necesario poder integrar adecuadamente estas dos tecnologías BIM-GIS en un contexto líderes BIM y soportes GIS donde el modelo integrado está dominado por el modelo BIM, y el modelo GIS se utiliza como modelo auxiliar para importar o integrar datos; esto va permitir tener un enfoque amplio y una metodología eficiente para alcanzar un entorno construido sostenible de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en la ciudad de Cañar.

1.5 Justificación.

Abordar las prácticas de trabajo más avanzadas en la industria de la construcción resulta óptimo para conocer con mayor precisión cada uno de los procesos realizados, con el fin de poder emplear todos los recursos para poder lograr que el objetivo del proyecto constructivo pueda llevarse a cabo sin ningún problema.

Por lo tanto, este estudio surge de la necesidad de explorar nuevas formas de integrar agentes en los procesos de tecnología de la construcción ya que el GAD del cantón Cañar tiene en sus competencias, depurar las aguas residuales, manejar una buena disposición de desechos sólidos, y actividades de saneamiento ambiental (Morocho, 2020). Esto podría ser posible mediante la implementación de la metodología BIM y GIS en la planificación de la construcción de la “Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas para la ciudad de Cañar” con el fin de poder mostrar un modelado integrado que no solo permite evitar la contaminación a cuerpos hídricos, sino que también permite determinar estimaciones precisas de costos y sus posibles impactos al entorno en la fase de diseño.

El empleo de esta metodología BIM-SIG va hacer posible una construcción de la PTARD en un entorno sostenible teniendo en cuenta el bienestar común entre la sociedad, por el hecho que se evita contaminación de las principales quebradas (Pucuhuayco y Zham Zham) que pasan por los extremos de la parte urbana de la ciudad donde existe contaminación ambiental por otro lado, también permite resolver problemas que puedan darse con respecto a la disminución de las inversiones en las obras de construcción de infraestructuras por el aumento excesivo en los gastos, puesto que al emplear esta metodología se incrementa un ahorro significativo logrando que las tareas se las realice de manera más fluidas y sin contratiempos lo cual garantiza que el producto final cumpla todo lo requerido de una manera eficaz. Esto va permitir cumplir a cabalidad los objetivos del desarrollo sostenible de la (FAO, 2019): 6; Agua y saneamiento y, 9; Industria, Innovación e infraestructura.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Implementar la metodología BIM-GIS para la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de la ciudad de Cañar de manera eficiente y sostenible, mediante una modelación 3D y el análisis de la planificación territorial.

1.6.2 Objetivos Específicos

- ✓ Diseñar un modelo en 3D de la planta de tratamiento de agua residuales domésticas mediante el uso de software BIM en base a la información recopilada, para la visualización de las interferencias o inconsistencias en los planos.
- ✓ Estimar información de tiempo y costo al modelo 3D para la obtención de un cronograma y presupuesto óptimos que permitirá un control y seguimiento eficiente del proyecto.
- ✓ Combinar el modelo BIM final y un sistema GIS para la obtención de una gestión de la construcción eficiente de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en un entorno sostenible.

CAPÍTULO 2

DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1 Marco conceptual

El agua utilizada para fines domésticos, industriales u otro tipo de actividad provoca contaminación severa al ambiente, y a la salud pública en general ya que no se da ningún tipo de tratamiento previo para ser enviado por cualquier cuerpo hídrico.

Aguas residuales domésticas.

Las aguas residuales domesticas o también llamadas aguas grises procedentes de las heces, orina, del aseo personal, de la cocina y de cualquier otra actividad que involucre la utilización de agua en la casa (García & Pérez, 1985). Este tipo de aguas contienen una gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, así como un elevado contenido de grasas producto de restos de diferentes productos de aseo personal como jabones (García & Pérez, 1985; Osorio Rivera et al., 2021).

Plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas

Las Plantas de Tratamiento Aguas Residuales Domésticas (PTARD) son sistemas muy importantes, necesarios e indispensables para manejar de manera adecuada los residuos líquidos urbanos o también llamados aguas residuales, este tipo de tecnología permite bajar considerablemente la elevada carga contaminante que trae consigo el diferente tipo de aguas residuales antes de su vertido final en el ambiente, manteniendo de esta manera la salud y condiciones de vida adecuadas para la población, aunque cabe recalcar que este tipo de tecnología solo será útil siempre y cuando no utilice una excesiva cantidad de energía sin provocar contaminantes (Lahera, 2015) .

Enunciados de BIM y GIS

El modelado de información de construcción (BIM) se centra en la representación a nivel micro de las infraestructuras (bloques constructivos) y los sistemas de información geográfica (GIS) proporcionan una representación a nivel macro de los entornos externos que nos rodean (Z. Liu & Cheng, 2020). Además, su combinación puede establecer una visión integral de un entorno construido basado en datos conectados e integrados, lo que sustenta el desarrollo y la transición de la industria AEC en la era digital.

Principales aplicaciones BIM – GIS

Según (Song et al., 2017) desde inicios del año 2000 hasta la actualidad se ha venido teniendo un progreso lento, pero de alta importancia en la integración BIM-GIS lo cual se caracteriza por tres aspectos:

- En aplicaciones en la industria AEC.
- La historia desde la perspectiva de la topografía y cartografía.
- Estudio comparativo de los avances en la evolución de GIS, BIM y BIM-GIS.

Aunque en los últimos diez años se han venido integrando el BIM con el GIS en la industria AEC. Esta integración ha experimentado algunas etapas principales que se muestran en la Figura 2. 1 en cuanto a su avance los cuales son:

- Orígenes
- Desarrollo de sistemas
- Digitalización y visualización
- Gestión de base de datos.
- Análisis basado en lo que respecta a la geovisualización y modelado matemático.

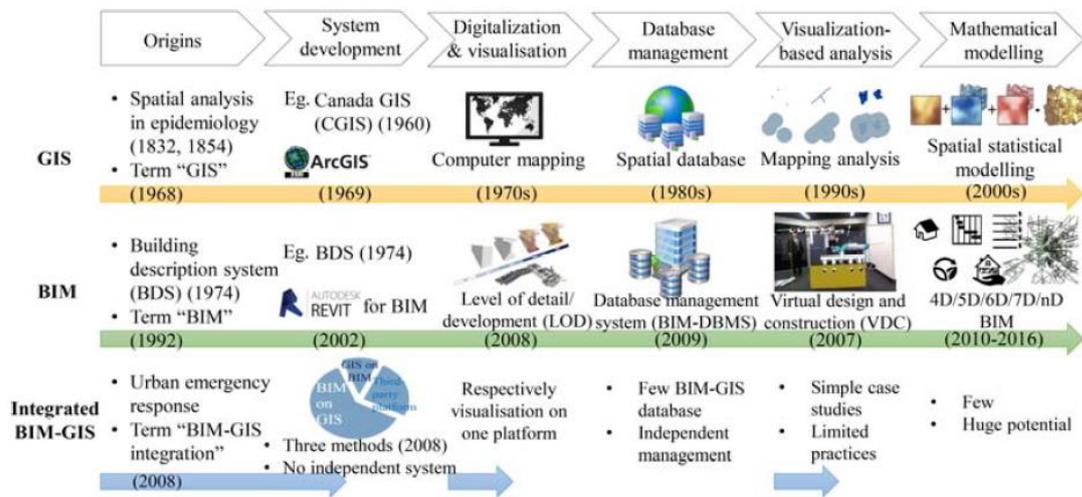


Figura 2. 1. Comparación de los avances en la evolución de BIM-GIS integrado (Song et al., 2017).

La planificación de un entorno construido requiere al menos dos niveles diferentes pero relacionados de procesos y modelos de planificación que operen a escala de ciudad con comunidad, que puede ser compatible con GIS, y a escala de edificio, que puede ser compatible con BIM (Ma & Ren, 2017). Debido a que el uso de big data es versátil y adaptable y puede generar nueva información se debe aprovechar al máximo los datos BIM y GIS para optimizar las soluciones y las decisiones de planificación (Song et al., 2017). Con la ayuda de diferentes profesionales se puede crear una base de datos gráfica que recopile datos sobre el entorno circundante como paisajes, infraestructuras entre otros para utilizarla como una plataforma abierta de datos compartidos entre múltiples partes (Song et al., 2017).

La integración BIM-GIS permite la aplicación completa de estas tecnologías durante todo el ciclo de vida de un proyecto AEC (Barazzetti & Banfi, 2017) véase la Figura 2. 2. Puede vincularse al cronograma de ejecución del proceso de construcción y usarse para visualizar la secuencia en un tiempo determinado de la construcción y simular el proceso de construcción para la planificación de la seguridad de cualquier infraestructura (El-Hallaq et al., 2019). La planificación espacial se puede llevar a cabo antes de la construcción para identificar y

resolver conflictos sobre el uso del tiempo y el espacio. También se pueden crear modelos complejos 4D (3D más tiempo) y 5D (3D más tiempo y costo) para permitir la construcción digital. Para proyectos de construcción repetitivos y que tienen procesos en común, se pueden desarrollar modelos matemáticos controlados en el tiempo para integrar sistemas visuales de control de tiempo (El-Hallaq et al., 2019).

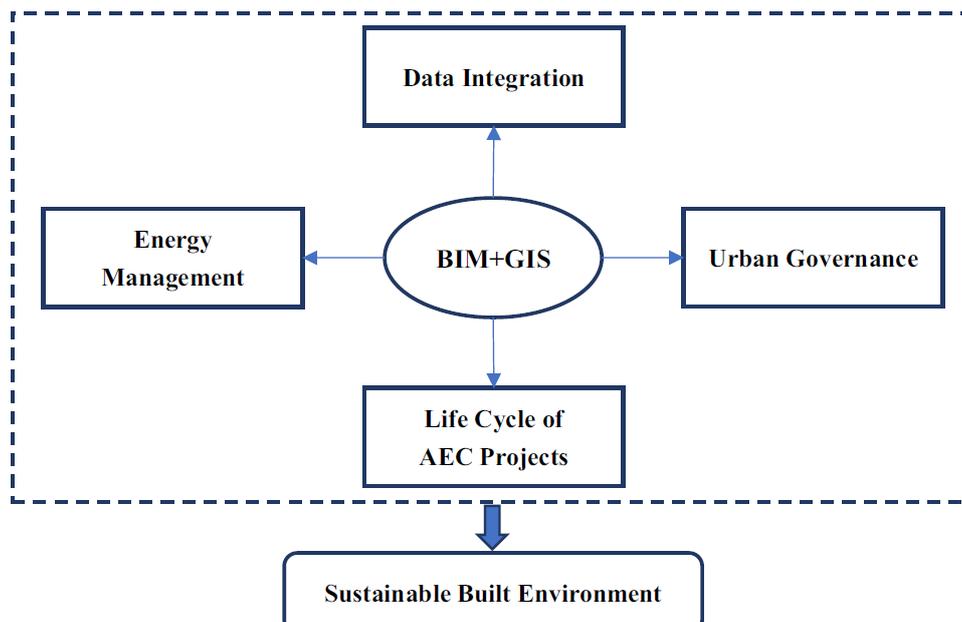


Figura 2. 2. Aplicaciones clave de la integración BIM-GIS (Meng et al., 2020).

BIM y GIS al funcionar de forma paralela proporcionan información clara sobre materiales de construcción, mejoran la visualización de la cadena de suministro y brindan acceso a información seleccionada por los diferentes proveedores (Meng et al., 2020). Pueden rastrear el estado de la cadena de suministro y proporcionar señales de advertencia para garantizar la entrega de materiales y mejorar el monitoreo visual de la gestión de la cadena de suministro de la construcción (Song et al., 2017). El modelado de edificios multiescala basado en BIM-GIS integrado se puede aplicar eficazmente a la etapa inicial de planificación y diseño y a las fases de operación y mantenimiento, así como al despliegue de estrategias de eficiencia energética a nivel de edificio y distrito (El-Hallaq et al., 2019).

Integración BIM-GIS.

(Wang et al., 2019) realizó un análisis exhaustivo de los modos de integración BIM-GIS lo cual se presenta en la Tabla 2. 1.

Tabla 2. 1. Modos de integración BIM-GIS (Wang et al., 2019).

Descripción del modo	
Modo 1: Lideres BIM y soporte GIS	El modelo integrado está dominado por el modelo BIM, y el modelo GIS se utiliza como modelo auxiliar o de apoyo para importar o integrar datos del modelo GIS en el modelo BIM para proporcionar soporte de datos.
Modo 2: Lideres GIS y soporte BIM	El modelo integrado está dominado por el modelo GIS y el modelo BIM se utiliza como modelo auxiliar o de apoyo para transformar el modelo BIM en un modelo GIS para proporcionar soporte de datos.
Modo 3: BIM y GIS igualmente involucrados	El modelo integrado enfatiza la interoperabilidad entre los modelos BIM y GIS, la integración de datos de estos dos modelos en plataformas distintas pertenecientes a terceros y la aplicación práctica de gran utilidad de las ventajas de estos dos modelos.

En la modalidad “Lideres BIM y soporte GIS”, los modelos BIM son la base y el desarrollo se centra en modelos semánticos, integración de modelos geométricos y modelado orientado a propósitos (Song et al., 2017; Wang et al., 2019). En el modelo “Lideres GIS y soporte BIM”, los modelos GIS son la base, y el desarrollo se centra en optimizar la integración del propio modelo GIS, la extracción de información BIM relevante mapeando a GIS, así como la extracción de información GIS para su integración en otras plataformas (Wang et al., 2019). En el modelo “BIM y GIS igualmente involucrados”, la mayoría de los estudios adoptan modelos semánticos comunes IFC y CityGML para la integración de BIM y GIS.

El modo “BIM y GIS igualmente involucrados” puede combinar las ventajas de las tecnologías BIM y GIS en una herramienta integrada que se puede visualizar en un navegador web moderno sin complementos, logrando el más alto nivel de

interoperabilidad entre datos BIM y GIS. La ventaja destacada es que se puede mejorar el intercambio de datos y de información entre los dos dominios para evitar el problema de que la sintaxis o semántica existente no pueda integrar completamente la información BIM en SIG, y viceversa. Sin embargo, el modo equilibrado implica datos BIM y GIS engorrosos, y la demanda de procesamiento computacional aumenta mucho.

Se ha comprobado en (Li et al., 2021) que al integrar BIM con LoT (internet de las cosas) ha podido mejorar efectivamente la capacidad de gestión y control de la planta de tratamiento en especial en el monitoreo y análisis de la cantidad y calidad de agua. Aunque con el tiempo, las dificultades en la capacidad de procesamiento de la computadora pueden reducirse gracias al avance y desarrollo de la tecnología de vanguardia en el futuro. Las ventajas y desventajas de los tres modos de la integración BIM-GIS se enumeran en la Tabla 2. 2.

Tabla 2. 2. Ventajas y desventajas de tres modos de integración BIM-GIS. (Wang et al., 2019).

Nombre del modo	Ventaja	Desventaja
Modo 1: Lideres BIM y soporte GIS	Tener una mejor capacidad para expresar el proyecto de construcción en sí y su información interna.	Falta de capacidad para integrarse con información de otras infraestructuras o el entorno.
Modo 2: Lideres GIS y soporte BIM	Excelentes capacidades de procesamiento de datos espaciales.	Falta de información detallada sobre atributos para entidades de construcción
Modo 3: BIM y GIS igualmente involucrados	Tener una buena combinación de capacidades de aplicación de procesamiento de información en el propio edificio y el espacio circundante.	Los datos engorrosos aumentan la carga del procesamiento informático

LA ISO 19650

La ISO 19650 es una norma internacional para la gestión integral de la información a lo largo del ciclo de vida de un activo construido. Establece definiciones claras en relación con la información que necesitan el cliente del proyecto o el propietario del activo y con los métodos, procesos y plazos para la transferencia eficaz de la información entre los miembros del equipo del proyecto (Building SMART Spain, 2021).

El presente proyecto seguirá los estándares de la norma ISO 19650, en donde se empieza nombrando a una persona para que inicie con la gestión de la documentación y coordine el equipo de trabajo, de esto dependerá el éxito de un flujo de trabajo eficiente. Un tema importante a considerar es que se va a integrar no solo un modelo BIM, sino que también se va a integrar un modelo GIS aunque esto no se vaya a manejar entre un equipo de trabajo, si va a incluir una planificación y gestión adecuada donde se va a dar a conocer y controlar la lista de tareas que se van a ejecutar en el tiempo sin perder ningún tipo de información, reforzando así la seguridad en un CDE (entorno común de datos), todo esto con el fin de entregar un producto final de calidad.

Proceso de regularización ambiental

Es una obligación elaborar el Estudio de Impacto Ambiental Exante del proyecto: “Estudio de Complementación de los Diseños de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas de la ciudad de Cañar, ubicado en la provincia de Cañar”, ajustándose a los requerimientos estipulados en la normativa ambiental vigente, a fin de que se proceda a su revisión, aprobación y otorgamiento de la Licencia Ambiental necesaria para la Construcción, Operación y funcionamiento y para el Abandono y cierre del mismo, a través de una gestión socio-ambiental adecuada en sus áreas de influencia.

Marco legal e institucional aplicable.

En el sistema legislativo ecuatoriano, se puede encontrar un importante número de disposiciones contenidas en la propia Constitución Política de la República del Ecuador, Leyes Orgánicas, Leyes Ordinarias, Reglamentos, Decretos, Acuerdos, Ordenanzas y otros compendios de normas de gestión ambiental que son empleados para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental, entre los cuales los principales son:

- Constitución de la República del Ecuador
- Código Orgánico del Ambiente
- Código Orgánico Integral Penal
- Código del Trabajo
- Acuerdos ministeriales: No. 061, No. 109, No. 097-A
- Reglamento al Código Orgánico del Ambiente
- Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo.

En la Figura 2. 3 se tiene el proceso en orden secuencial para poder obtener la licencia ambiental que se requiere para el proyecto.

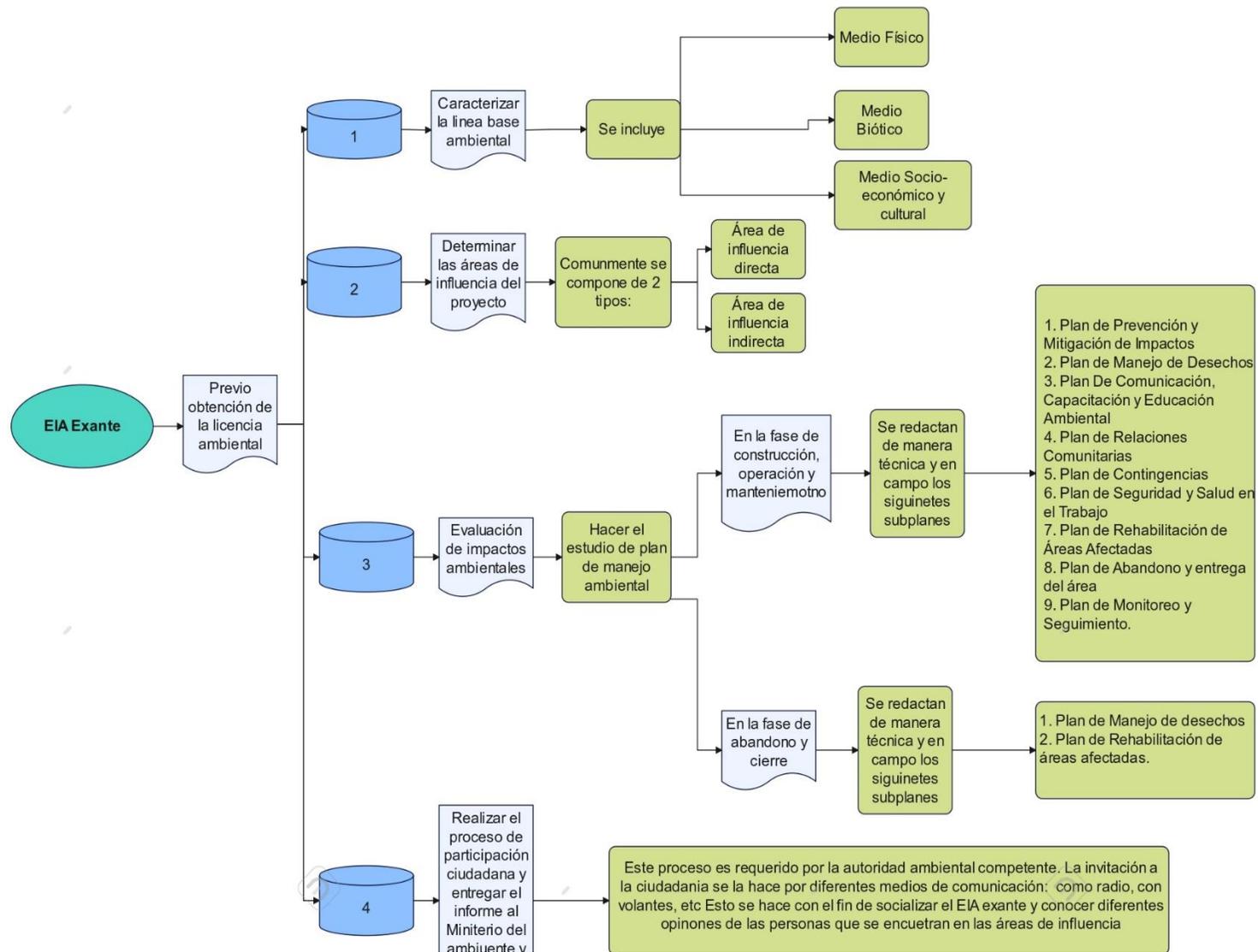


Figura 2. 3 Proceso para la elaboración del EIA Exante previo obtención a la licencia ambiental para el proyecto. Elaboración propia.

2.2 Marco metodológico

La metodología a implementarse en este proyecto es de tipo cascada la cual es una de la más utilizadas, que se lo conoce como un modelo de ciclo de vida secuencial lineal que es muy sencillo de entender y utilizar. Este tipo de metodología se caracteriza por estar conformado por distintas fases las cuales deben completarse en un orden cronológico, es decir el proceso de una fase no puede continuar si no se ha completado una fase anterior (Sardar-Mudassar,2023).

Una de las principales razones por el cual se escogió esta metodología es por el hecho que se puede controlar las fases, en el cual se puede elaborar un cronograma con tiempos límites para cada etapa de desarrollo y un producto puede pasar por las fases del modelo del proceso de desarrollo una por una en estricto orden. Además, el manejo de cada fase es fácil de manipular ya que al tener un proceso de revisión se puede obtener entregables específicos al culminar cada fase (Sardar-Mudassar,2023).

Otra ventaja con la cual cuenta esta metodología tipo cascada es que cuenta con una buena organización, permite analizar que cada fase sea posible de ejecutar y que las posibilidades sean altas para cumplirse cada uno de los objetivos propuestos, evitando o disminuyendo así la incertidumbre de que haya cambios drásticos de moderados a altos.

Para que sea posible lograr la construcción de la PTARD para la ciudad de Cañar en un entorno sostenible se necesita la aplicación de esta metodología ya que, en base a una planificación se diseña la PTARD, luego se procede a elaborar un cronograma, costos y presupuestos para tener un buen seguimiento y control del avance de la obra, el impacto al entorno al vincular GIS solo será posible cumpliendo con las fases anteriores. La metodología tipo cascada para este proyecto de investigación se puede ver en la Figura 2. 4 donde se puede

visualizar claramente que solo será posible pasar a una siguiente fase siguiendo un orden secuencial, teniendo fijo los objetivos específicos del proyecto y si se cambia drásticamente un objetivo implicaría más costo y tiempo.

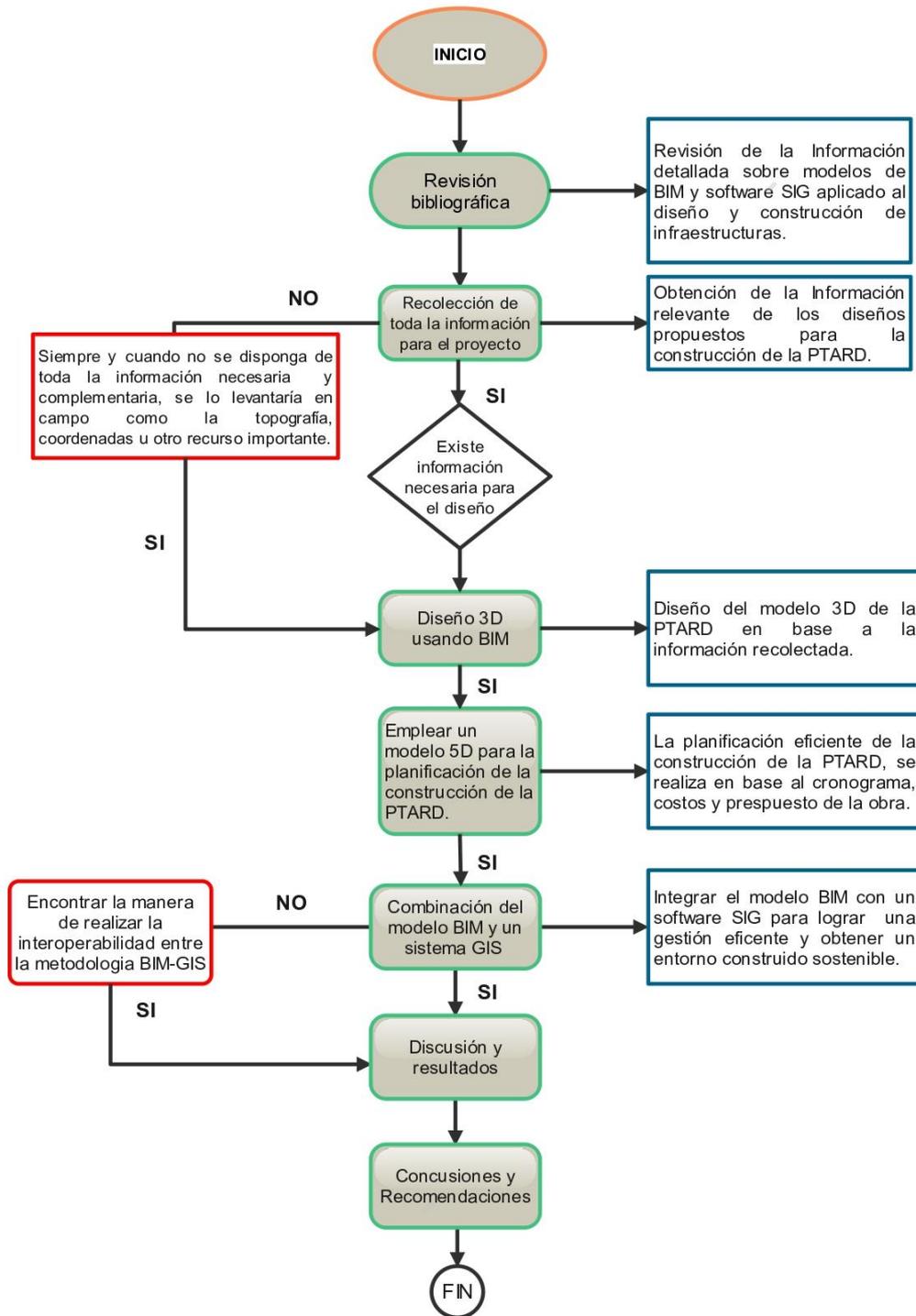


Figura 2. 4 Metodología a aplicar en el proyecto. Elaboración Propia.

2.3. Trabajo de campo

Aunque en la Figura 1. 1 se da a conocer la cobertura del proyecto se hizo un reconocimiento de la zona de estudio, por lo cual se hizo una visita en el campo. En donde se pudo:

- ✓ Localizar el lugar de donde va a iniciar el entubado de colectores para las quebradas de Zham-Zham (Figura 2. 5) y Pucuhuayco (Figura 2. 6) y donde será construida la PTARD de Cañar (Figura 2. 7).



Figura 2. 5 Punto de origen en donde será implementado el colector para la Quebrada Zham – Zham. Elaboración propia.

El cauce de la quebrada contiene aguas de color gris y marrón, se encuentra con dirección al suroeste de la ciudad a 300 metros de la vía panamericana, se puede llegar a pie o en vehículo, su vía de ingreso está compuesta por lastre en estado regular, cerca de sus márgenes no se encuentran ningún asentamiento, existen bloques constructivos de 100 a 150 metros del lugar. Se pudo visualizar que existe desechos sólidos como material de plástico a gran cantidad, al ser un lugar transitado se presume que se bota cualquier desecho o también puede ser que viene consigo de aguas arriba de la quebrada.



Figura 2. 6 Punto de origen en donde será implementado el colector para la Quebrada Pucuhuayco. Elaboración propia.

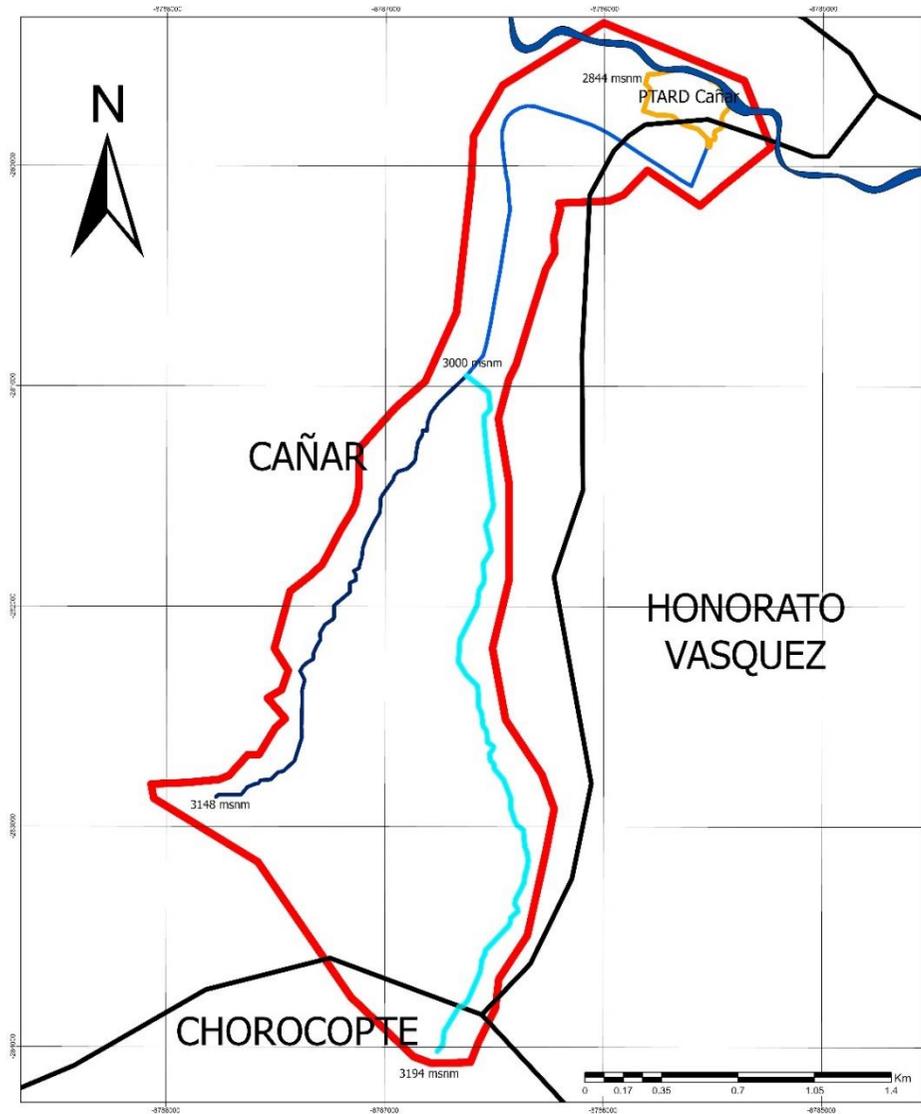
El cauce de la quebrada contiene aguas de color gris, se encuentra con dirección al sur de la ciudad a 500 metros de la vía panamericana, se puede llegar a pie o en vehículo, su vía de ingreso está compuesta por lastre en estado regular, cerca de sus márgenes se identificó ganado ovino y, en aproximadamente 30 metros existen bloques constructivos. Aunque se pudo visualizar poca presencia de desechos sólidos se pudo percibir olores fétidos, y la contaminación ambiental surge por el hecho que existe bloques constructivos donde posiblemente exista cerca puntos de desagüe donde las aguas residuales domesticas son vertidas directamente y por actividades antrópicas propias del hombre que se dan aguas arriba.



Figura 2. 7 Zona donde se va emplazar la construcción de la PTARD para la ciudad de Cañar. Elaboración propia.

El terreno donde se va construir la PTARD de Cañar se encuentra en una zona llamada Coyoctor tiene un pendiente leve a casi nula, se encuentra con dirección al norte de la ciudad a 380 metros de la vía panamericana, se puede llegar a pie o en vehículo, su vía de ingreso está compuesta por lastre en estado regular, cerca del lugar se identificó ganado bovino, siembra de papas, 2 canales de riego antes de cruzar a la vía que va a la PTARD y otro que va en dirección hacia el río cañar que pasa cerca de la PTARD y, entre 80 a 200 metros se encuentra bloques constructivos.

- ✓ Realizar un mapa de ubicación más adecuado en base a la información recolectada. En la Figura 2. 8.



espol Escuela Superior Politécnica del Litoral		
MAPA: UBICACIÓN PTARD CAÑAR		
UBICACIÓN:	SISTEMA DE COORDENADAS:	MAPA N°:
Pais: Ecuador	Proyección: UTM	BIM-GIS G-01
Provincia: Cañar	Datum: WGS-84	
Cantón: Cañar	Zona: 17 Sur	
ESCALA DE IMPRESIÓN:	FECHA:	
1 :12000	marzo, 2024	
ELABORADO POR: Ing. Henry Bermejo Bermejo.		Fuente: IGM, PDOT 2022

Figura 2. 8. Mapa de ubicación de la PTARD, interceptores y emisario. Elaboración propia.

Como se puede observar en la Figura 2. 8 los interceptores se construirán de dirección sur (altura mayor) a norte (altura menor). La longitud de la Q Zham-Zham y la Q Pucuhuayco hacia la red colectora panamericana es de 2.50 km y 3.43 km respectivamente. En el punto donde estas aguas residuales se encuentran sigue por una red colectora hasta la PTARD en una longitud de 2.32 km. Según Figura 2. 8 este trazado obligará a contar en la definición de los interceptores con pasos elevados y pasos subfluviales, que permita ir identificando problemas futuros de las edificaciones construidas junto a las márgenes de quebradas, problemas geológicos, y para recoger los aportes de las descargas afluentes.

2.3.1 Trabajo de laboratorio o de gabinete.

El trabajo de gabinete que se realizó es solicitar al GAD de Cañar toda la información necesaria para desarrollar el proyecto. Esta solicitud se hizo mediante un oficio con N° EG-2023-010-A, dirigido al alcalde Ab. Segundo Yugsi. Tal oficio se presenta en el Anexo 1.

2.3.2 Tabulación de datos

La data que se tabula (Tabla 2. 3) es la recolectada en campo, la cual fue obtenida mediante un GPS GARMIN navegador de la serie 700.

Tabla 2. 3. Coordenadas de la ubicación geográfica del proyecto. Elaboración propia.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO			
Descripción	COORDENADAS UTM WGS84, ZONA 17 SUR		
	X	Y	Z (msnm)
Quebrada Zham - Zham	728543.30	9716775.94	3152
Quebrada Pucuhuayco	729601.9	9715618.63	3196
Colector Panamericana	729743.09	9718705.94	2998
PTARD de Cañar	730821.7	9719823.52	2845

2.3.3 Solución a diseñar

La solución a diseñar se compuso en base a la integración BIM-GIS en modo **Lideres BIM y soporte GIS** donde se toma de referencia el punto de partida de (Bansal, 2011) el cual indica que con ayuda de BIM se diseña y construye un modelo 3D y crea una simulación del proceso de construcción relacionando con el plano de construcción solicitados.

En base a los planos solicitados. Se realizó:

- El diseño 3D en Revit de las especialidades: Arquitectura, estructural, mecánico y eléctrico.
- Cada entidad en el modelo 3D ha sido clasificada de manera adecuada y pertinente para después obtener un análisis 4D con la ayuda de MS PROJECT.
- La interacción del modelo BIM con GIS solo ha sido posible georreferenciando el modelo BIM, y exportando al software ArcGIS PRO para realizar el análisis espacial. Cabe recalcar que se procesó una nube de puntos actual para mejorar la exactitud para lo cual se hizo un levantamiento topográfico de la zona de estudio donde se emplazará la construcción de la PTARD de Cañar.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

3.1.1. Diseño en 3D de la PTARD para la ciudad de Cañar en base a la información recolectada.

Según los planos obtenidos del GAD de Cañar fueron realizados en base a los cálculos de diseños (Tabla 1. 1) y los valores referenciales de ciertas constantes son tomados dentro de los rangos establecidos por la Norma NBR 12.209 de (ABNT-Associação Brasileira, 1992).

El tren del sistema de tratamiento del agua residual doméstica se puede ver en el **apartado 1.3**. El modelo en 3D de los interceptores y emisario se presenta en la Figura 3.1 y el plano de la PTARD 3D se detalla en el Plano 1, el cual se divide y se presenta en:

El Plano 2: Sistema de pretratamiento el cual se presenta el modelo 3D en la Figura 3. 2

El Plano 3: Reactores Orbitales el cual se presenta el modelo 3D en la Figura 3. 3.

El Plano 4 y Plano 5: Clarificador el cual se presenta el modelo 3D en la Figura 3. 4.

El Plano 6: Digestor de lodos el cual se presenta el modelo 3D en la Figura 3. 5.

El Plano 7: Cuarto operador el cual se presenta el modelo 3D en la Figura 3. 6.

El Plano 8: Lecho de secado el cual se presenta el modelo 3D en la Figura 3. 7.

El Plano 9: Desinfección el cual se presenta el modelo 3D en la Figura 3. 8.



Figura 3. 1. Modelo en 3D de Interceptores y emisario panamericana. Elaboración propia.

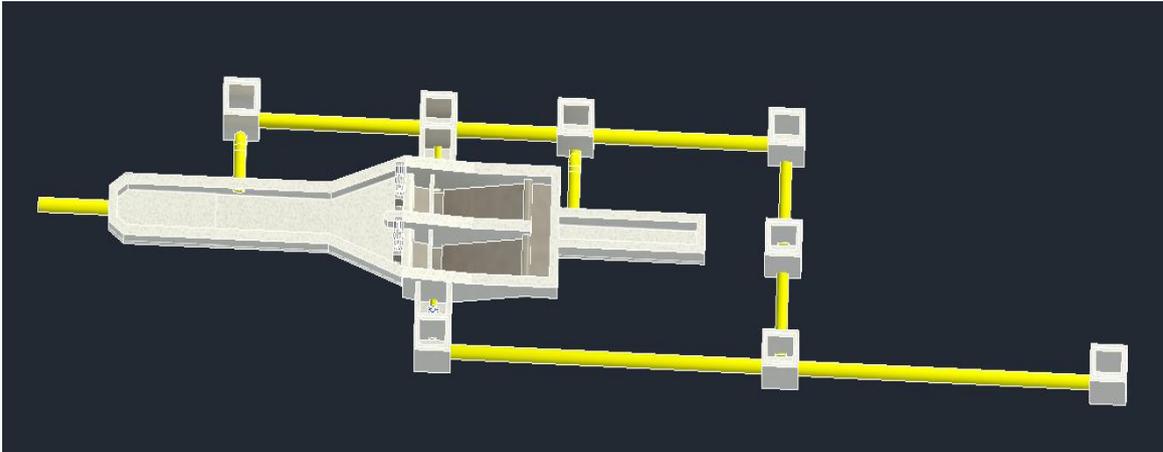


Figura 3. 2 Modelo en 3D del sistema de Pretratamiento. Elaboración propia.

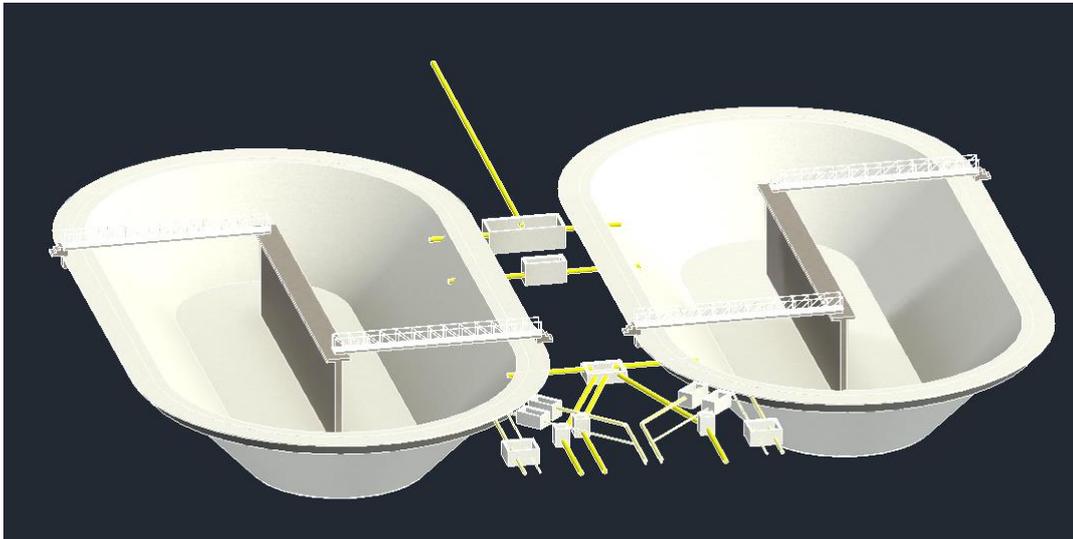


Figura 3. 3 Modelo en 3D de los flujos orbitales. Elaboración propia.

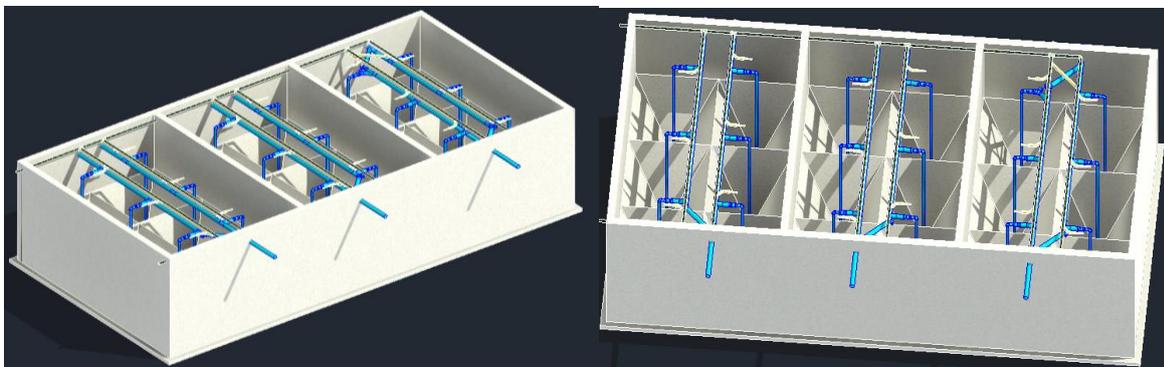


Figura 3. 4 Modelo en 3D del clarificador. Elaboración propia.

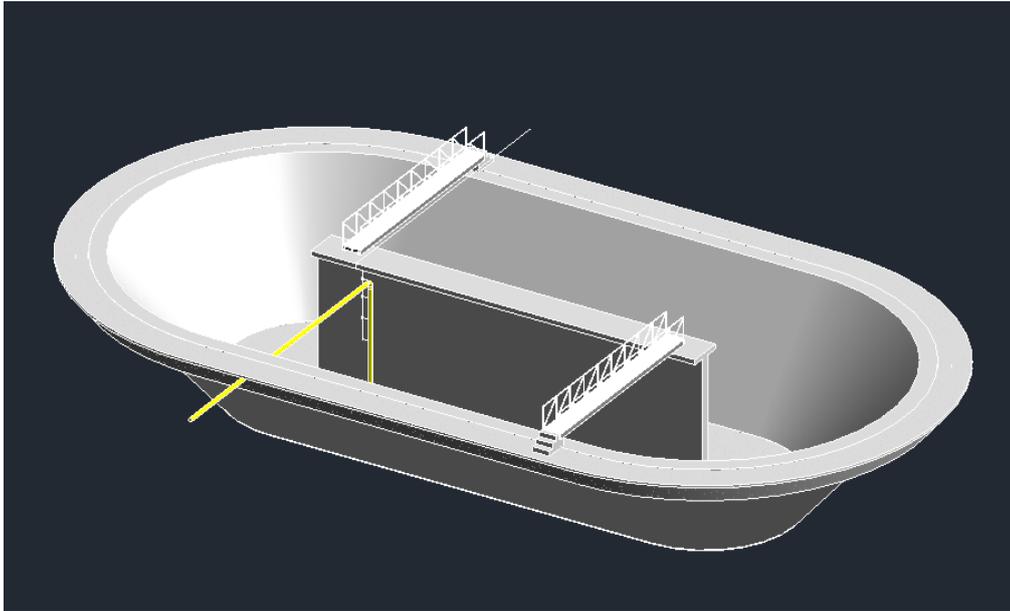


Figura 3. 5 Modelo en 3D del digester de lodos. Elaboración propia.

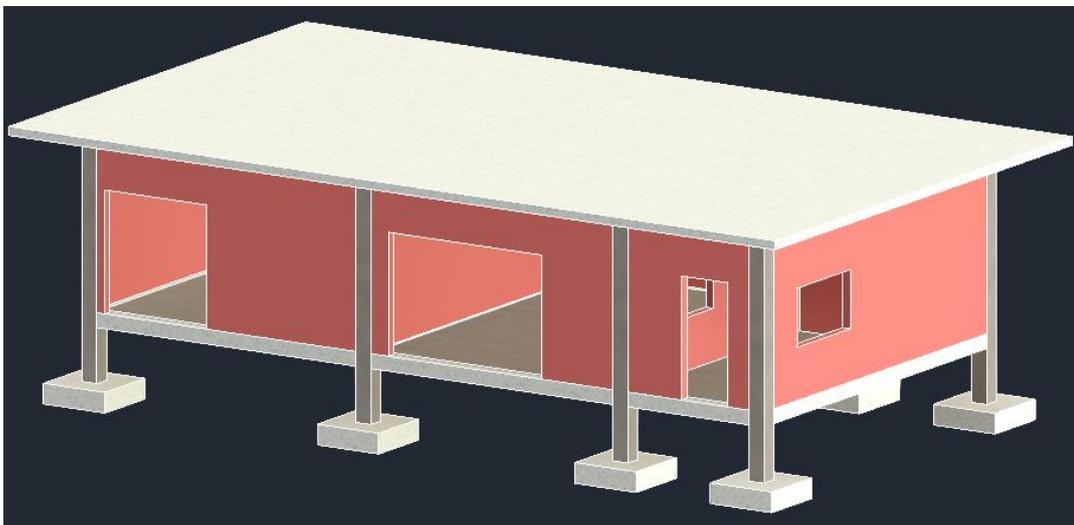


Figura 3. 6. Modelo en 3D de la casa de control. Elaboración propia.

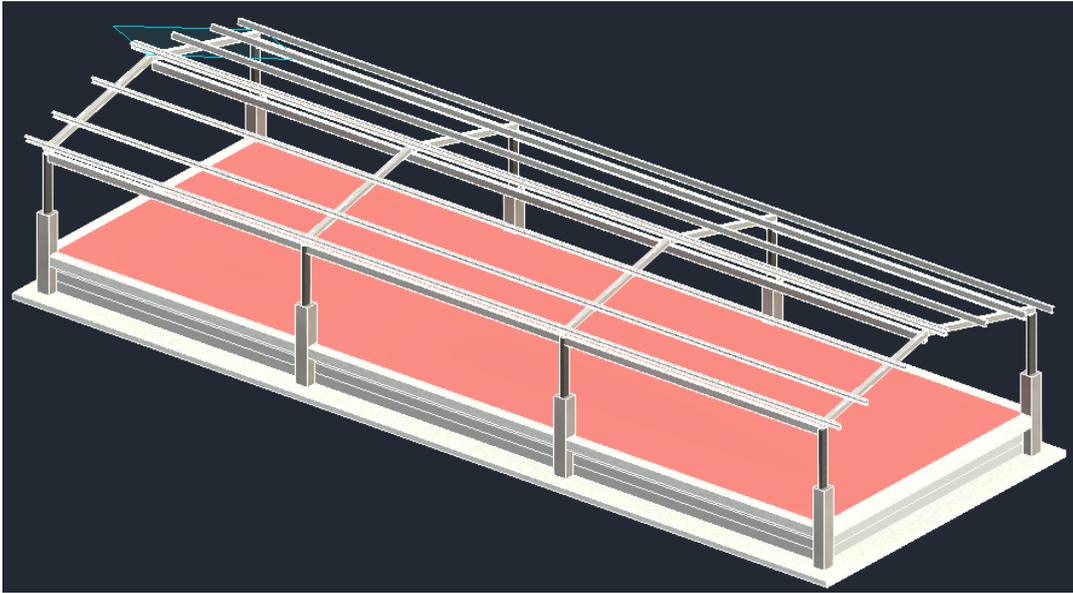


Figura 3. 7. Modelo en 3D del lecho de secado. Elaboración propia.

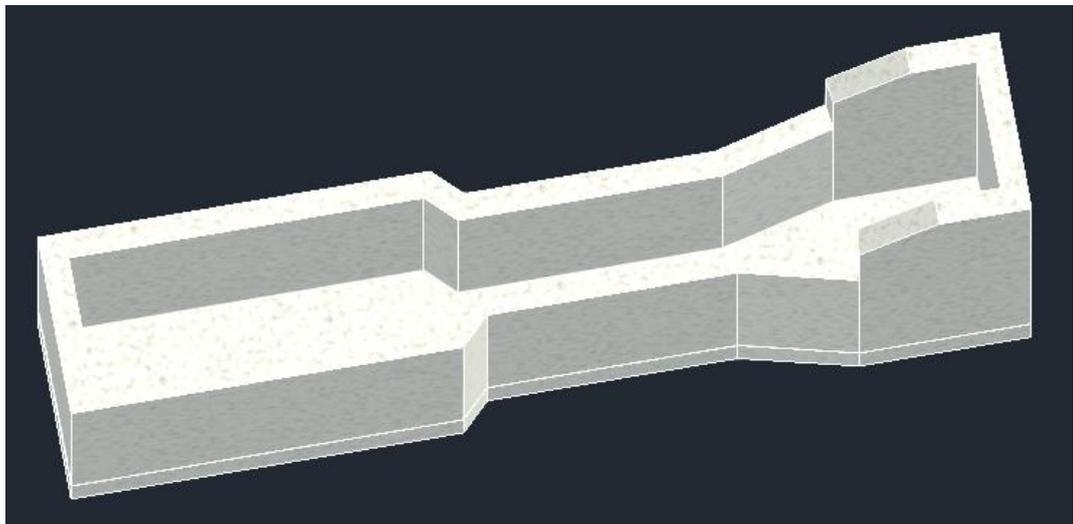


Figura 3. 8. Modelo en 3D de desinfección. Elaboración propia.

3.1.2. Estimación de información de tiempo y costo en base al modelado 3D para la obtención de un cronograma y presupuesto óptimos que sirve de ayuda para un control y seguimiento eficiente del proyecto.

Cada rubro de trabajo fue proyectado con la ayuda del software MS PROJECT (Véase Figura 3. 9), se fue probando el costo de cada actividad a realizar, ajustándose lo más posible al presupuesto referencial de 4' 398 260.16 (cuatro millones trescientos noventa y ocho mil doscientos sesenta dólares con 16/100).

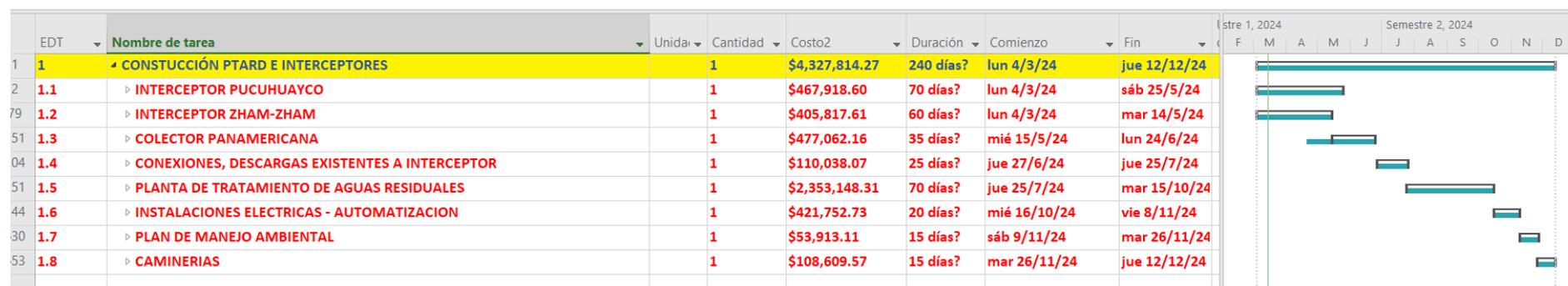


Figura 3. 9. Presupuesto y Cronograma en MS PROJECT. Elaboración propia.

El valor por el cual se va realizar el proyecto para la construcción de la PTARD de Cañar, así como sus interceptores es posible realizarlo en plazo de ocho meses y asciende a un valor de 4'327 814.27 (cuatro millones trescientos veinte y siete mil ochocientos catorce dólares con 27/100).

En el Anexo 2 se puede ver de mejor manera todos los rubros desarrollados de cada apartado de la construcción desde 1.1 a 1.8 .

3.1.3. Integración del modelo BIM y GIS.

Para obtener un modelo GIS eficiente se realizó el levantamiento del área de estudio en donde se va a construir la PTARD el cual se presenta en la Figura 3. 10. Para ello se realizó el levantamiento topográfico con dron Phantom 4 con cámara de 12 megapíxeles. El levantamiento topográfico tuvo las siguientes especificaciones:

- Los vuelos se realizaron en un mismo punto de partida el mismo que comprende (x: 730052.16; y: 9719798.25; z: 2936 msnm). Como se puede ver la Figura 3. 10 el polígono con borde rojo es la zona donde se realizó el levantamiento.

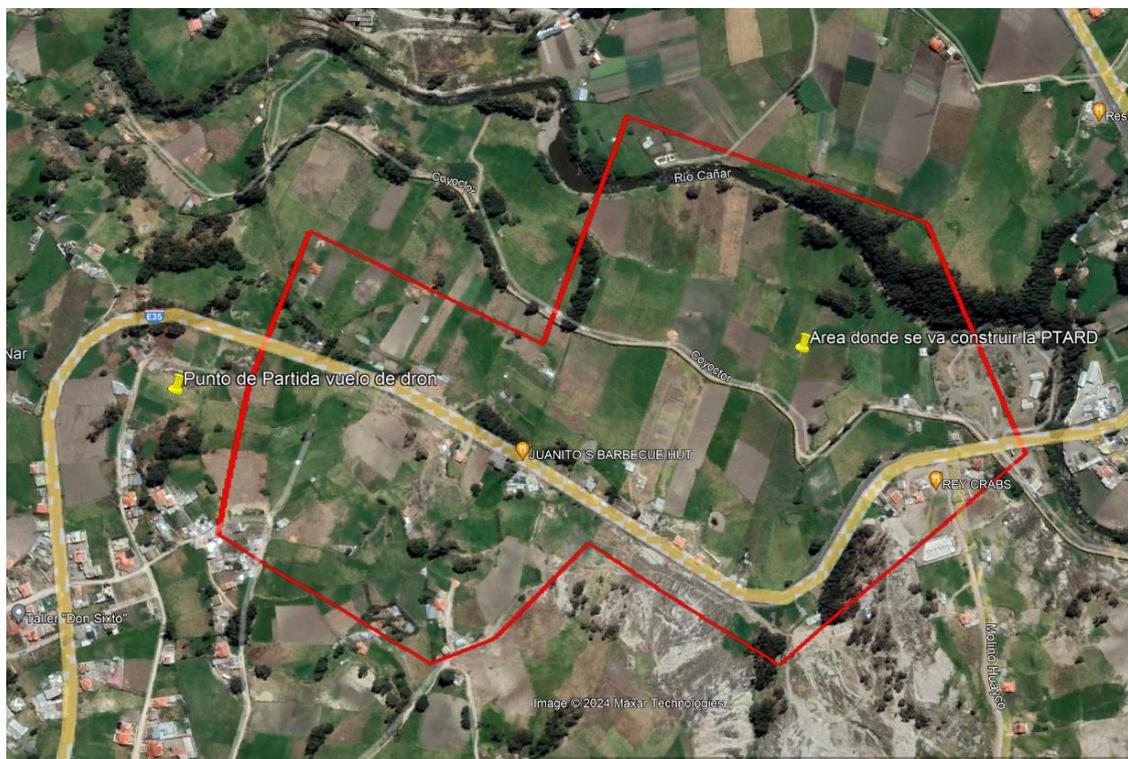


Figura 3. 10. Levantamiento topográfico de la zona donde se realizó el levantamiento y el punto de partida de los vuelos con dron. Elaboración propia.

- En la Figura 3. 11 se presenta el plan de vuelo realizado en la aplicación Pix 4D Capture. El área cubierta fue de 70 hectáreas.

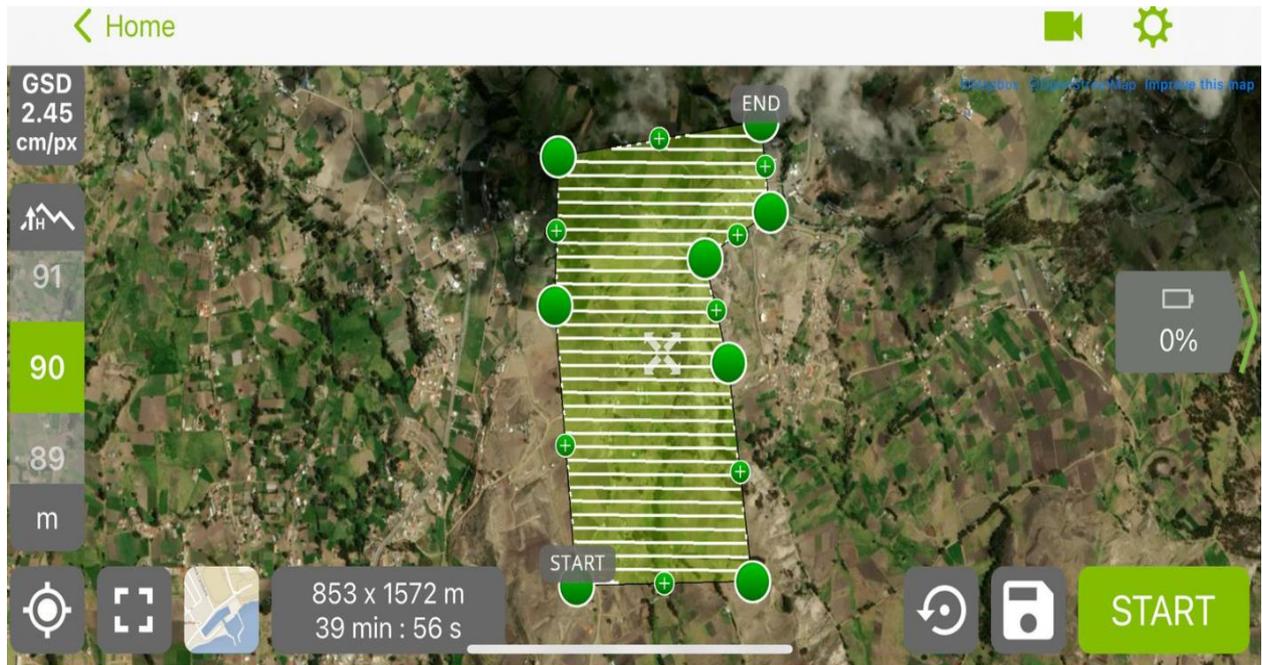


Figura 3. 11. Plan de vuelo para el levantamiento topográfico con dron de la zona que se va realizar el levantamiento. Elaboración propia.

- El total de fotografías tomadas fueron de 325 con traslape de 70% entre foto y foto.
- El tamaño de pixel es de 5 cm.
- El número de vuelos fueron de 2, de tiempo de duración de 20 minutos cada vuelo, lo cual permitieron cubrir toda el área de estudio para el emplazamiento de la PTARD. El armado de dron y su ejecución de vuelo se realizó en campo como se muestra en la Figura 3. 12.



Figura 3. 12 Ejecución del plan de vuelo para el levantamiento topográfico con dron de la zona que se va realizar el levantamiento. Elaboración propia.

- Además, se realizó 25 puntos de apoyo distribuidos en diferentes zonas para mejorar la precisión y exactitud de la ortofoto y nube de puntos. Véase Figura 3. 13.

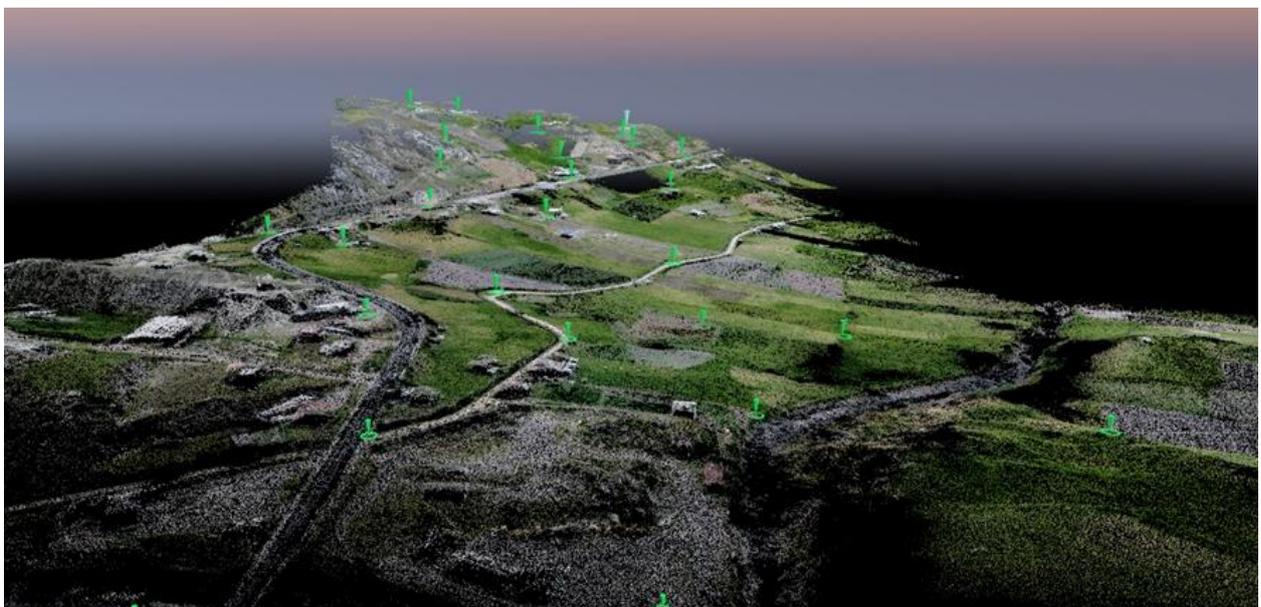


Figura 3. 13. Asignación de puntos de apoyo en diferentes zonas del levantamiento topográfico. Elaboración propia. Elaboración propia.

Una vez obtenido todo lo necesario en campo se obtuvo la nube de puntos 3D, el campo de elevaciones y la clasificación del entorno circundante lo cual se presenta en la Figura 3. 14, Figura 3. 15 y Figura 3. 16 respectivamente.



Figura 3. 14. Nube de puntos obtenida del entorno circundante en donde se va implantar la PTARD. Elaboración propia.

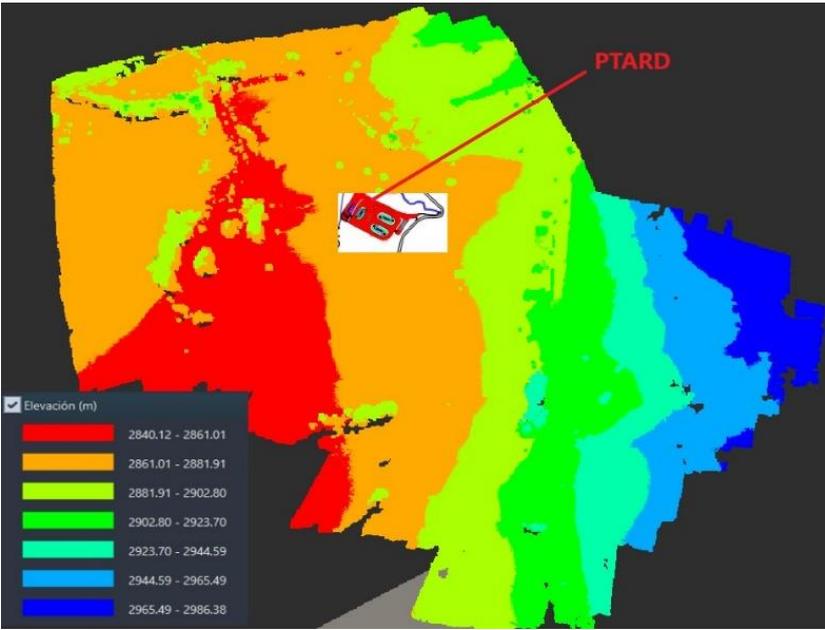


Figura 3. 15. Clasificación de las elevaciones obtenidas del entorno circundante en donde se va implantar la PTARD. Elaboración propia.



Figura 3. 16. Clasificación del entorno circundante en donde se va implantar la PTARD.
Elaboración propia.

3.1.3.1. Inconsistencia de planos al implementar BIM-GIS.

Con la ayuda del levantamiento topográfico con dron se pudo verificar inconsistencias en los planos gracias a la ayuda de una imagen satelital del SAS PLANET y la ortofoto generada con el dron. En la Figura 3. 17 se puede ver una diferencia significativa en cuanto al diseño de los interceptores.



Figura 3. 17. Comparación de diseño propuesto de interceptores por consultoría aprobado por el GAD de Cañar versus el diseño propuesto por el presente proyecto. Elaboración propia.

Como se puede observar en la Figura 3. 17 la línea gruesa color roja es el diseño propuesto por consultoría y la línea gruesa color azul es la propuesta de diseño del presente proyecto.

3.2. Análisis de resultados

Como se puede observar en el apartado 3.1.1. se realizó el diseño de la PTARD y de los interceptores Pucuhuayco y Zham-Zham así como del colector Panamericana para la ciudad de Cañar, al realizar el diseño 3D en Revit no se encontró ningún tipo de inconsistencia en los planos en cuanto a la PTARD. Pero al tener una ortofoto actualizada se puede observar que existe inconsistencias significativas en cuanto al diseño del colector de la Panamericana.

El levantamiento topográfico con dron ha sido de gran ayuda ya que permite calcular distancias y volúmenes reales (modificación de distancia de 2.37 km a 2.31 km en el emisario panamericana) para ejecutar los rubros correctamente en el apartado de cantidad por ello se pudo estimar un modelo 4D con la ayuda de MS Project, el presupuesto se pudo ajustar menos de lo esperado, logrando ahorrar \$72 036 (sesenta y dos mil dólares con treinta y seis centavos), el tiempo para la ejecución de la obra es de ocho meses, en el modelo se consideró tres feriados (considerando que el trabajo empiece la primera semana de marzo del 2024), y el trabajo debería ser de lunes a sábado de 8h00 a 12h00 y, de 13h00 a 17h00, es decir 6 días a la semana, con 8 horas al día trabajando.

Al integrar el modelo BIM (PTARD) con el GIS (el entorno circundante) se puede ver que la información proporcionada por la información procesada en campo es muy útil para analizar el territorio, si se revisa la Figura 3. 14, Figura 3. 15 y Figura 3. 16 se puede observar que la nube de puntos 3D es muy realista donde se puede observar que el grado de pendiente es el más bajo en comparación de las demás pendientes además de ello podemos ver en la Figura 3. 16 que el emplazamiento de la construcción PTARD será en suelo sobre utilizado donde existe poca vegetación no tiene cerca bloques constructivos (infraestructuras) y existe una vía de ingreso.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La integración de BIM con GIS ha demostrado ser de gran utilidad para una buena planificación y gestión para la construcción de la PTARD ya que permite ahorrar costos innecesarios en estas etapas al contar con una ortofoto actualizada, que permite calcular las distancias y volúmenes cercanos a la realidad para poder obtener un presupuesto y cronograma estimados más eficientes, esto ayuda de manera significativa a evitar cualquier contratiempo a la hora de construir la PTARD.

La inconsistencia de los planos ha sido evaluada de manera minuciosa, se puede visualizar que los resultados muestran que al comparar los diseños de consultoría aprobada por el GAD de Cañar y el diseño propuesto por el presente proyecto existe diferencias significativas en cuanto al diseño del colector de la Panamericana, esto permite fortalecer el modelado BIM de tal manera que se puede visualizar la información de la construcción para generar modelos dinámicos de diseño de sitio aunque esto es muy más productivo si se implementa con la ortofoto y una imagen satelital actualizada.

Al realizar análisis espacial se puede comprobar que la posible construcción de la PTARD se desarrollará en un terreno de un grado de unas de las pendientes más bajas a comparación con el entorno, además al clasificar la nube de puntos se puede ver que la ubicación del sitio es un lugar óptimo y adecuado para su construcción lo cual no afecta al entorno circundante con impactos ambientales negativos.

Al integrar BIM-GIS no solo va permitir ser una herramienta potencial y muy útil para la etapa de diseño, planificación y la construcción de la PTARD, sino también en la etapa de operación y mantenimiento para resolver problemas futuros y proporcionar estrategias en el cual se podría simular, prevenir y gestionar respuestas a desastres por fenómenos naturales.

Recomendaciones

Sería recomendable poder tener un levantamiento con dron de toda la parte urbana de la ciudad de Cañar ya que con esta integración BIM-GIS sería posible actualizar el catastro de agua potable y alcantarillado, con la ayuda de BIM a las redes no solo se podría realizar un modelo 3D en el cual se implicaría tiempo y costo de implementación, sino que también con la ayuda de herramientas GIS poder tener una base de datos amplia, además va permitir hacer conexiones domiciliaras con los interceptores de Pucuhuayco y Zham-Zham que se van a construir, esto va resultar más productivo ya que al realizar conexiones toda el agua residual doméstica producida en las infraestructuras de la ciudad va dirigirse a un punto en común que es la PTARD para su respectivo tratamiento y el vertido de esas aguas será devuelta en mejores condiciones al rio Cañar.

Los modelos BIM se tiene que exportar a un software GIS con extensión IFC y siempre estos modelos deben estar georreferenciados en un punto en común (tanto en x,y,z) ya que al momento de su importación al no tener esas consideraciones difícilmente será posible integrar estos modelos BIM con GIS.

Aun se tiene que trabajar arduamente para la generación de información y así realizar análisis espacial en los modelos ya que esto va permitir tener mayor información útil y valiosa para la planificación y gestión no solo para la construcción de PTARD sino también para otras infraestructuras como construcción de carreteras, identificar zonas de riesgo potencial, planes de movilidad entre otras aplicaciones.

Referencias bibliográficas.

- ABNT-Associação Brasileira. (1992). *Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário*.
- Bansal, V. K. (2011). Application of geographic information systems in construction safety planning. *International Journal of Project Management*, 29(1), 66–77. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2010.01.007>
- Barazzetti, L., & Banfi, F. (2017). BIM and GIS: WHEN PARAMETRIC MODELING MEETS GEOSPATIAL DATA. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 4(5W1), 1–8. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-5-W1-1-2017>
- Bibri, S. E., & Krogstie, J. (2017). Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review. *Sustainable Cities and Society*, 31, 183–212. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.02.016>
- Building SMART Spain. (2021). *Guía de Introducción a la ISO 19650*. 8/23.
- Cao, Y., Xu, C., Aziz, N. M., & Kamaruzzaman, S. N. (2023). BIM–GIS Integrated Utilization in Urban Disaster Management: The Contributions, Challenges, and Future Directions. *Remote Sensing*, 15(5), 1–35. <https://doi.org/10.3390/rs15051331>
- El-Hallaq, M. A., Alastal, A. I., & Salha, R. A. (2019). Enhancing Sustainable Development through Web Based 3D Smart City Model Using GIS and BIM. Case Study: Sheikh Hamad City. *Journal of Geographic Information System*, 11(03), 321–330. <https://doi.org/10.4236/jgis.2019.113019>
- FAO. (2019). El apoyo de la FAO para alcanzar los Objetivos del Desarrollo Sostenible en América del Sur-Panorama. Panorama actual. In *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. <http://www.fao.org/3/ca3884es/ca3884es.pdf>
- Fosu, R., Suprabhas, K., Rathore, Z., & Cory, C. (2015). Integration of Building Information Modeling (BIM) and Geographic Information Systems (GIS) – a literature review and future needs. *Proc. of the 32nd CIB W78 Conference 2015, 27th-29th October 2015, Eindhoven, The Netherlands*, 196–204.
- GAD CANTÓN CAÑAR, D. de agua potable y saneamiento. (2019). “*Términos de referencia de la construcción de los interceptores Pucuhuayco, Zham Zham; emisario y planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de la ciudad de cañar, Cantón y provincia del Cañar.*”
- García, M., & Pérez, J. . (1985). Aguas Residuales. Composición. *Servicio de Publicaciones Granada*.

- Gonzalez-Meneses, V. (2019). EXPANSIÓN URBANA Y CAMBIO CLIMÁTICO. In *Cambio climático y gobernanza. Una visión transdisciplinaria* (pp. 387–400). Universidad Autónoma de México.
- Hilty, L., & Aebischer, B. (2015). ICT Innovations for Sustainability. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 310, 351–365. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-09228-7>
- LA HORA. (2022). *Peligran las aguas en Ecuador*. LA HORA. <https://www.lahora.com.ec/esmeraldas/peligran-las-aguas-en-ecuador/>
- Lahera, V. (2015). Infraestructura Sustentable: Las Plantas De Tratamiento De Aguas Residuales. *Quivera*, 2, 58–69. <https://www.redalyc.org/pdf/401/40115676004.pdf>
- Li, J. L., Chen, L. M., & Xu, H. (2021). Intelligent Construction, Operation, and Maintenance of a Large Wastewater-Treatment Plant Based on BIM. *Advances in Civil Engineering*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6644937>
- Liu, X., Wang, X., Wright, G., Cheng, J. C. P., Li, X., & Liu, R. (2017). A state-of-the-art review on the integration of Building Information Modeling (BIM) and Geographic Information System (GIS). *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(2), 1–21. <https://doi.org/10.3390/ijgi6020053>
- Liu, Z., & Cheng, L. (2020). Review of gis technology and its applications in different areas. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 735(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/735/1/012066>
- Lu, Y., Wu, Z., Chang, R., & Li, Y. (2017). Building Information Modeling (BIM) for green buildings: A critical review and future directions. *Automation in Construction*, 83(August), 134–148. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.08.024>
- Ma, Z., & Ren, Y. (2017). Integrated Application of BIM and GIS: An Overview. *Procedia Engineering*, 196(June), 1072–1079. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.064>
- Marshall, R. J. (1991). A Review of Methods for the Statistical Analysis of Spatial Patterns of Disease. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (Statistics in Society)*, 154(3), 421. <https://doi.org/10.2307/2983152>
- McDonald, R. I., Green, P., Balk, D., Fekete, B. M., Revenga, C., Todd, M., & Montgomery, M. (2011). Urban growth, climate change, and freshwater availability. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(15), 6312–6317. <https://doi.org/10.1073/pnas.1011615108>
- Meng, Q., Zhang, Y., Li, Z., Shi, W., Wang, J., Sun, Y., Xu, L., & Wang, X. (2020). A review of integrated applications of BIM and related technologies in whole

- building life cycle. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 27(8), 1647–1677. <https://doi.org/10.1108/ECAM-09-2019-0511>
- Morocho, Á. (2020). Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial del cantón Cañar. In *GAD Cantón Cañar* (Vol. 167, Issue 1). <https://www.e-ir.info/2018/01/14/securitisation-theory-an-introduction/>
- Osorio Rivera, M. A., Carrillo Barahona, W. E., Negrete Costales, J. H., Loor Lalvay, X. A., & Riera Guacichullca, E. J. (2021). La calidad de las aguas residuales domésticas The quality of domestic waste water A qualidade das águas residuais domésticas. *Polo Del Conocimiento*, 6(3), 228–245. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i3.2360>
- Song, Y., Wang, X., Tan, Y., Wu, P., Sutrisna, M., Cheng, J. C. P., & Hampson, K. (2017). Trends and opportunities of BIM-GIS integration in the architecture, engineering and construction industry: A review from a spatio-temporal statistical perspective. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(12), 1–32. <https://doi.org/10.3390/ijgi6120397>
- Torske, M. (2019). *La realidad de las aguas servidas en Ecuador*. YAKUNINA. La Realidad de Las Aguas Servidas En Ecuador. <https://www.yakunina.com/la-realidad-de-las-aguas-servidas-en-ecuador/>
- Vacca, G., Quaquero, E., Pili, D., & Brandolini, M. (2018). GIS-HBIM integration for the management of historical buildings. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 42(2), 1129–1135. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-1129-2018>
- Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings - Literature review and future needs. *Automation in Construction*, 38, 109–127. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023>
- Wang, H., Pan, Y., & Luo, X. (2019). Integration of BIM and GIS in sustainable built environment: A review and bibliometric analysis. *Automation in Construction*, 103(September 2018), 41–52. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.005>
- Zhindaon-Argoti, D. (2020). *MEMORIA TÉCNICA FINAL DE "ESTUDIOS DE COMPLEMENTACIÓN DE LOS DISEÑOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA CIUDAD DE CAÑAR, PROVINCIA DEL CAÑAR.*

PLANOS Y ANEXOS

Anexo 1. Oficio para el pedido de toda la información necesaria sobre el estudio de diseños dirigida al GAD del Cantón Cañar.

Oficio Nro. EG-2023-010-A
Cañar, 12 de diciembre del 2023.

Doctor
Segundo Yugsi
Alcalde del Gobierno Autónomo Descentralizado municipal del cantón Cañar

En su despacho. –

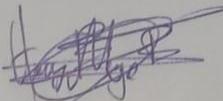
Por medio de la presente me permito saludarle y desearle éxitos en sus funciones diarias. Le solicito de la manera más comedida toda la información que se disponga del proyecto: "CONSTRUCCIÓN DE LOS INTERCEPTORES PUCUHUAYCO, ZHAM ZHAM; EMISARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA CIUDAD DE CAÑAR; CANTÓN Y PROVINCIA DE CAÑAR". Con el fin de realizar mi proyecto de POSGRADO el mismo que lleva como tema: "Implementación de la metodología BIM y GIS en la planificación, gestión y el impacto al entorno de la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas para la ciudad de Cañar, perteneciente a la provincia del Cañar" propuesta que ya se encuentra aprobada por el área de titulación de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), se adjunta el oficio de registro.

La información específica que solicitó es:

- La memoria técnica de los diseños de la Planta de tratamiento y los interceptores, que incluya en lo posible planos en formato dwg.
- La delimitación de toda el área de estudio en formato kml, Kmz o shp (Que abarque el origen desde donde se va empezar la construcción de los interceptores, la línea de distribución y la ubicación de la planta de tratamiento).
- Las coordenadas (x,y,z) en donde está planificado construir la Planta de tratamiento y de las líneas de distribución.
- La topografía de la zona de estudio.

Por su favorable acogida y atención que sirva dar a la presente lo más pronto posible, le anticipo mi más sincero agradecimiento.

Atentamente;


Ing. Henry Bermejo Bermejo
RUC: 0302701461001
Representante legal de EcoGreen Cia.Ltda
Celular:0979203073
Correo: marcelbrmj@gmail.com / hbermejo@espol.edu.ec
Cañar calles 3 de noviembre y Simon Bolívar.
097 920 3073 (Azogues, Gualaceo) 096 263 8702 (Cañar) 095 982 0974 (La Troncal)

CAÑAR UNIDAD DE GESTIÓN DOCUMENTAL
12 DIC 2023
RECEPCIÓN DE DOCUMENTOS
HORA: 7:05 PM
FIRMA: 

EcoGreen
SOLUCIONES SOSTENIBLES

Anexo 2. Desglose de Presupuesto y Cronograma en MS Project

ID	Actividad	Cantidad	Presupuesto	Días	Inicio	Fin	Cronograma
1	CONSTRUCCIÓN PTARD E INTERCEPTORES	1	\$4,327,814.27	240 días?	lun 4/3/24	jue 12/12/24	
1.1	INTERCEPTOR PUCUHUAYCO	1	\$467,918.60	70 días?	lun 4/3/24	sáb 25/5/24	
1.1.1	REPLANTEO Y EXCAVACIONES	1	\$63,544.36	22 días	lun 4/3/24	jue 28/3/24	
1.1.2	MOVIMIENTO DE MATERIALES	1	\$135,753.94	12 días	sáb 30/3/24	vie 12/4/24	
1.1.3	SUMINISTRO E INSTALACIONES DE TUBERÍA	1	\$111,658.35	12 días	sáb 13/4/24	vie 26/4/24	
1.1.4	CORTE, ROTURA Y REPOSICIÓN DE PAVIMENTOS Y VEREDAS	1	\$5,314.41	12 días	sáb 27/4/24	sáb 11/5/24	
1.1.5	POZOS DE REVISIÓN, DERIVADOR DE CAUDALES Y DESCARGA	1	\$136,874.23	12 días?	lun 13/5/24	sáb 25/5/24	
1.2	INTERCEPTOR ZHAM-ZHAM	1	\$405,817.61	60 días?	lun 4/3/24	mar 14/5/24	
1.2.1	REPLANTEO Y EXCAVACIONES	1	\$36,975.94	20 días	lun 4/3/24	mar 26/3/24	
1.2.2	MOVIMIENTO DE MATERIALES	1	\$103,825.25	10 días	mié 27/3/24	lun 8/4/24	
1.2.3	SUMINISTRO E INSTALACIONES DE TUBERÍA	1	\$83,044.11	10 días	mar 9/4/24	vie 19/4/24	
1.2.4	CORTE, ROTURA Y REPOSICIÓN DE PAVIMENTOS Y VEREDAS	1	\$11,962.69	10 días	sáb 20/4/24	mié 1/5/24	
1.2.5	POZOS DE REVISIÓN, DERIVADOR DE CAUDALES Y DESCARGA	1	\$130,777.74	10 días?	jue 2/5/24	mar 14/5/24	
1.4	CONEXIONES, DESCARGAS EXISTENTES A INTERCEPTOR	1	\$110,038.07	25 días?	jue 27/6/24	jue 25/7/24	
1.4.1	REPLANTEO Y EXCAVACIONES	1	\$11,472.09	8 días	jue 27/6/24	vie 5/7/24	
1.4.2	MOVIMIENTO DE MATERIALES	1	\$33,252.94	6 días?	sáb 6/7/24	vie 12/7/24	
1.4.3	SUMINISTRO E INSTALACIONES DE TUBERÍA	1	\$39,774.91	5 días?	sáb 13/7/24	jue 18/7/24	
1.4.4	POZOS DE REVISIÓN, DOMICILIARIOS, SUMIDEROS	1	\$14,753.60	4 días	vie 19/7/24	mar 23/7/24	
1.4.5	PASO ELEVADO	1	\$10,784.52	2 días?	mié 24/7/24	jue 25/7/24	
1.5	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	1	\$2,353,148.31	70 días?	jue 25/7/24	mar 15/10/24	
1.5.1	VÍAS DE ACCESO Y CONFORMACION DE PLATAFORMAS PARA PTAR	1	\$404,950.74	18 días?	jue 25/7/24	jue 15/8/24	
1.5.2	SUBDRENES	1	\$14,909.72	4 días?	vie 16/8/24	mar 20/8/24	
1.5.3	ESTRUCTURA DE PRETRATAMIENTO, ENTRADA Y SALIDA	1	\$49,167.55	6 días?	mié 21/8/24	mar 27/8/24	
1.5.4	REACTORES DE FLUJO ORBITAL	1	\$330,677.84	12 días?	mié 28/8/24	mar 10/9/24	
1.5.5	SEDIMENTADORES SECUNDARIOS	1	\$162,968.11	10 días?	sáb 27/7/24	mié 7/8/24	
1.5.6	DIGESTOR DE LODOS	1	\$98,636.87	10 días?	sáb 27/7/24	mié 7/8/24	
1.5.7	ESTRUCTURA DE CASETA DE BLOWERS Y CUARTO DE CONTROL	1	\$29,407.95	12 días	mié 11/9/24	mar 24/9/24	
1.5.8	ESTRUCTURA DE DESHIDRATADOR DE LODOS O LECHOS DE SECADO	1	\$288,935.85	12 días?	mié 11/9/24	mar 24/9/24	
1.5.9	CANAL DE DESINFECCION PARA FILTROS UV Y CISTERNA	1	\$10,524.12	5 días?	mié 25/9/24	lun 30/9/24	
1.5.10	CERRAMIENTO PERIMETRAL Y CAMINERIA	1	\$106,334.81	6 días?	mar 1/10/24	lun 7/10/24	
1.5.11	ESTRUCTURA DE DESCARGA	1	\$4,647.36	6 días?	mar 1/10/24	lun 7/10/24	
1.5.12	TUBERIAS Y ACCESORIOS: INTERCONEXIONES Y OBRAS HIDROSANITARIAS	1	\$43,593.82	7 días?	mar 8/10/24	mar 15/10/24	
1.5.13	EQUIPOS Y ACCESORIOS ELECTROMECHANICOS	1	\$808,393.56	3 días?	sáb 12/10/24	mar 15/10/24	

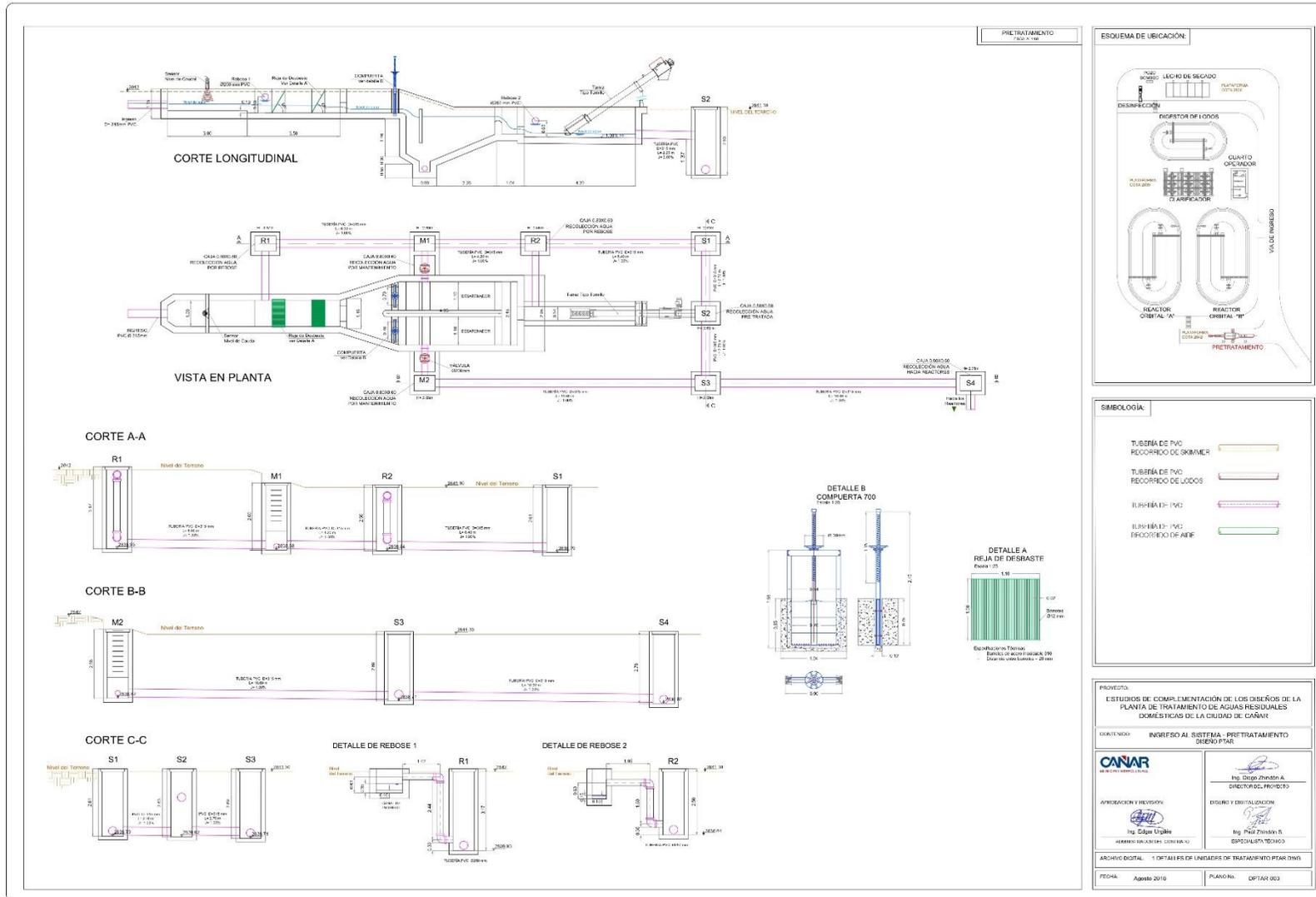
1	CONSTRUCCIÓN PTARD E INTERCEPTORES		1	\$4,327,814.27	240 días?	lun 4/3/24	jue 12/12/24	
1.6	INSTALACIONES ELECTRICAS - AUTOMATIZACION		1	\$421,752.73	20 días?	mié 16/10/24	vie 8/11/24	
1.6.1	INSTALACIONES ELECTRICAS EN MEDIA TENSION		1	\$67,974.73	4 días	mié 16/10/24	sáb 19/10/24	
1.6.2	OBRAS CIVILES Y EXCAVACIONES		1	\$19,046.05	7 días?	lun 21/10/24	lun 28/10/24	
1.6.3	COMPONENTES DE TABLEROS DE PROTECCION Y CONTROL		1	\$51,736.81	2 días	mar 29/10/24	mié 30/10/24	
1.6.4	ALIMENTADORES EN BAJA TENSION, 460 V, 3 FASES HACIA TABLEROS Y FASES DE PROCESO		1	\$15,628.98	2 días	mar 29/10/24	mié 30/10/24	
1.6.5	INSTALACIONES ELECTRICAS EN BAJA TENSION		1	\$46,678.16	3 días	jue 31/10/24	lun 4/11/24	
1.6.6	VARIADORES DE VELOCIDAD		1	\$99,706.46	1 día?	mar 5/11/24	mar 5/11/24	
1.6.7	INSTALACIONES E DATOS, CABLEADO ESTRUCTURADO		1	\$38,973.36	3 días?	mié 6/11/24	vie 8/11/24	
1.6.8	INSTALACIONES DE VIDEOVIGILANCIA		1	\$11,247.42	3 días?	mié 6/11/24	vie 8/11/24	
1.6.9	SENSORES - ENTRADAS - SALIDAS - ACTUADORES DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACION		1	\$70,760.76	3 días?	mié 6/11/24	vie 8/11/24	
1.7	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL		1	\$53,913.11	15 días?	sáb 9/11/24	mar 26/11/24	
1.7.1	AGUA PARA CONTROL DE POLVO	M3	100	\$157.00	12 días	sáb 9/11/24	vie 22/11/24	
1.7.2	MALLA PLÁSTICA DE SEGURIDAD	M	1686	\$2,360.40	5 días	sáb 9/11/24	jue 14/11/24	
1.7.3	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE POSTE DELINEADOR DE SEGURIDAD 1.20 M	U	421.5	\$3,751.35	6 días	sáb 9/11/24	vie 15/11/24	
1.7.4	SEÑALIZACION AMBIENTAL (0,60 X 1,20 m) H = 2,00 M	U	10	\$1,100.80	12 días	sáb 9/11/24	vie 22/11/24	
1.7.5	CINTA PLASTICA REFELCTIVA (PELIGRO)	M	1686	\$286.62	12 días	sáb 9/11/24	vie 22/11/24	
1.7.6	LETREROS DE SEÑALIZACIÓN VERTICAL 1,20 x 0,60 m (UN POSTE)	U	10	\$1,099.60	13 días	sáb 9/11/24	sáb 23/11/24	
1.7.7	CONOS DE SEGURIDAD (MEDIANOS)	U	50	\$722.50	13 días	sáb 9/11/24	sáb 23/11/24	
1.7.8	SEÑALIZACION PREVENTIVA TEMPORAL "HOMBRES TRABAJANDO", 0.60 x 1.20	U	10	\$1,099.60	13 días	sáb 9/11/24	sáb 23/11/24	
1.7.9	SEÑALIZACION PREVENTIVA TEMPORAL "PELIGRO", 0.40 x 1.20 M. H =2.0 M	U	10	\$859.60	13 días	sáb 9/11/24	sáb 23/11/24	
1.7.10	SEÑALIZACION PREVENTIVA TEMPORAL "PROHIBIDO EL PASO", 1.20x0.60 M	U	10	\$1,099.60	13 días	sáb 9/11/24	sáb 23/11/24	
1.7.11	LETRINAS MOVILES	U	4	\$4,608.00	6 días	sáb 9/11/24	vie 15/11/24	
1.7.12	AREAS DE ACOPIO EXTERIORES (4 CONTENEDORES)	U	2	\$921.96	12 días	sáb 9/11/24	vie 22/11/24	
1.7.13	AREAS DE ACOPIO INTERIORES (4 CONTENEDORES)	U	2	\$921.96	12 días	sáb 9/11/24	vie 22/11/24	
1.7.14	EQUIPO PARA CONTINGENCIA DE DERRAMES	U	20	\$335.60	5 días	sáb 9/11/24	jue 14/11/24	
1.7.15	EQUIPO CONTRA INCENDIOS	U	4	\$180.00	5 días	sáb 9/11/24	jue 14/11/24	
1.7.16	EQUIPO PARA PRIMEROS AUXILIOS	U	4	\$136.80	5 días	sáb 9/11/24	jue 14/11/24	
1.7.17	AREA PLANTADA CON ARBOLES Y ARBUSTOS	M2	500	\$1,775.00	15 días	sáb 9/11/24	mar 26/11/24	
1.7.18	AREA CON SIEMBRA DE PLANTAS HERBACEAS	M2	500	\$1,760.00	15 días	sáb 9/11/24	mar 26/11/24	
1.7.19	PLACA INFORMATIVA SOBRE POSTES (4,82 X 2,65 m)	U	2	\$11,155.72	15 días	sáb 9/11/24	mar 26/11/24	

1.7.19	PLACA INFORMATIVA SOBRE POSTES (4,82 X 2,65 m)	U	2	\$11,155.72	15 días	sáb 9/11/24	mar 26/11/24
1.7.20	SEÑALES LUMINICAS DE 20 X 30 CM	U	20	\$654.00	15 días	sáb 9/11/24	mar 26/11/24
1.7.21	VALLAS DE PROTECCION 1.50 X 1.20	U	10	\$3,327.00	15 días	sáb 9/11/24	mar 26/11/24
1.7.22	COMPENSACION POR AFECCIÓN A SEMBRÍOS, ESPECIES ARBÓREAS A LOS P	M2	5200	\$15,600.00	15 días	sáb 9/11/24	mar 26/11/24
1.8	▲ CAMINERIAS		1	\$108,609.57	15 días?	mar 26/11/24	jue 12/12/24
1.8.1	EXCAVACION MANUAL EN SUELO SIN CLASIFICAR 0-2 M	M3	374.4	\$4,964.54	7 días	mar 26/11/24	mar 3/12/24
1.8.2	CONFORMACION DE SUBRASANTE DE VIA	M2	7800	\$4,602.00	7 días	mar 26/11/24	mar 3/12/24
1.8.3	CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE CON MATERIAL DE MEJORAMIENTO	M3	2340	\$31,075.20	3 días	mié 4/12/24	vie 6/12/24
1.8.4	SUM. INS. BORDILLO PREFABRICADO DE HORMIGON (25 X 8 X 100 CM). COLOC	M	6240	\$65,894.40	3 días	sáb 7/12/24	mar 10/12/24
1.8.5	TRANSPORTE DE MATERIAL HASTA 5 KM (INC. CARGADA DE MATERIAL)	M3	486.72	\$2,073.43	2 días	mié 11/12/24	jue 12/12/24

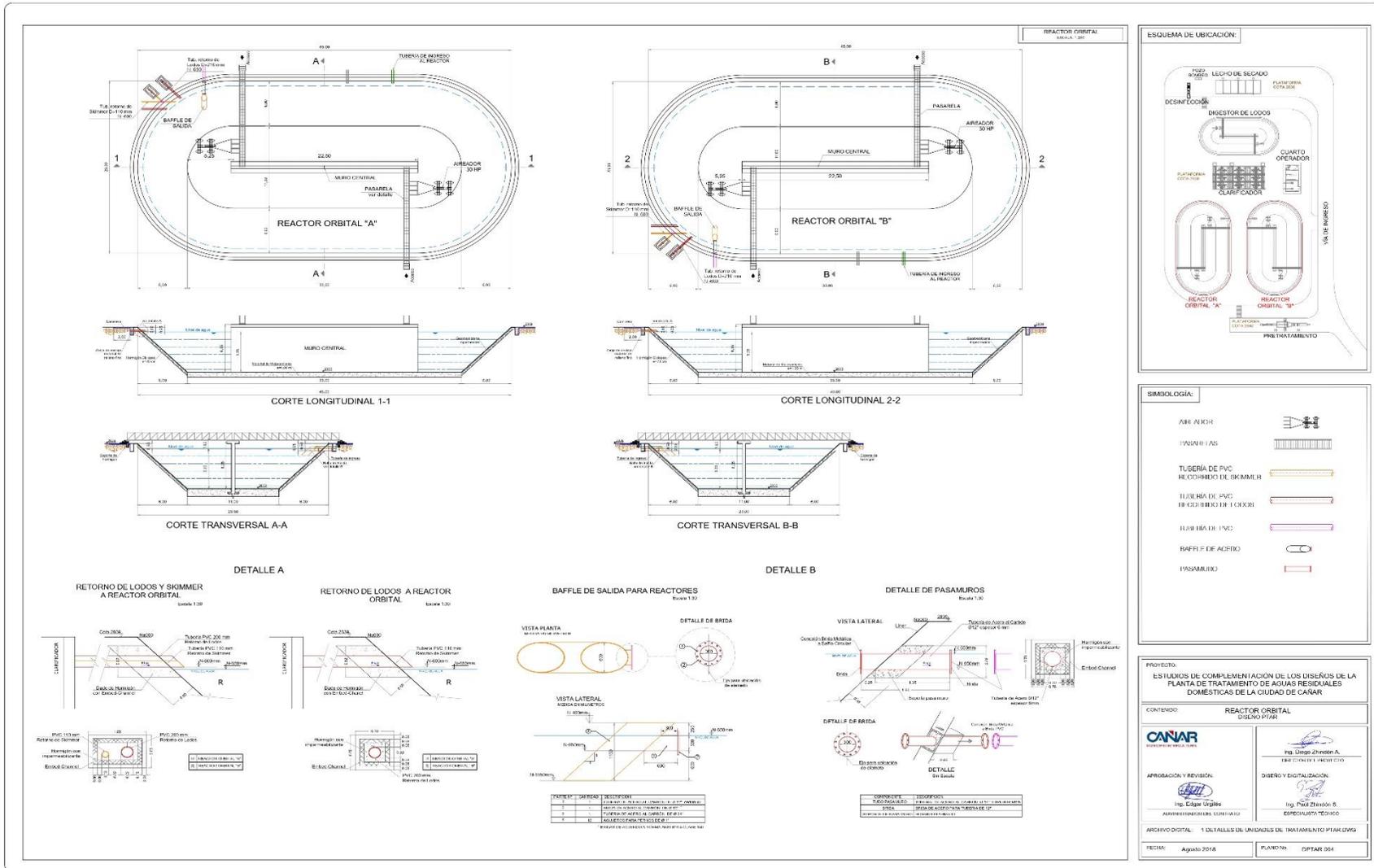
Plano 1. Modelo 3D de la PTARD para la ciudad de Cañar.



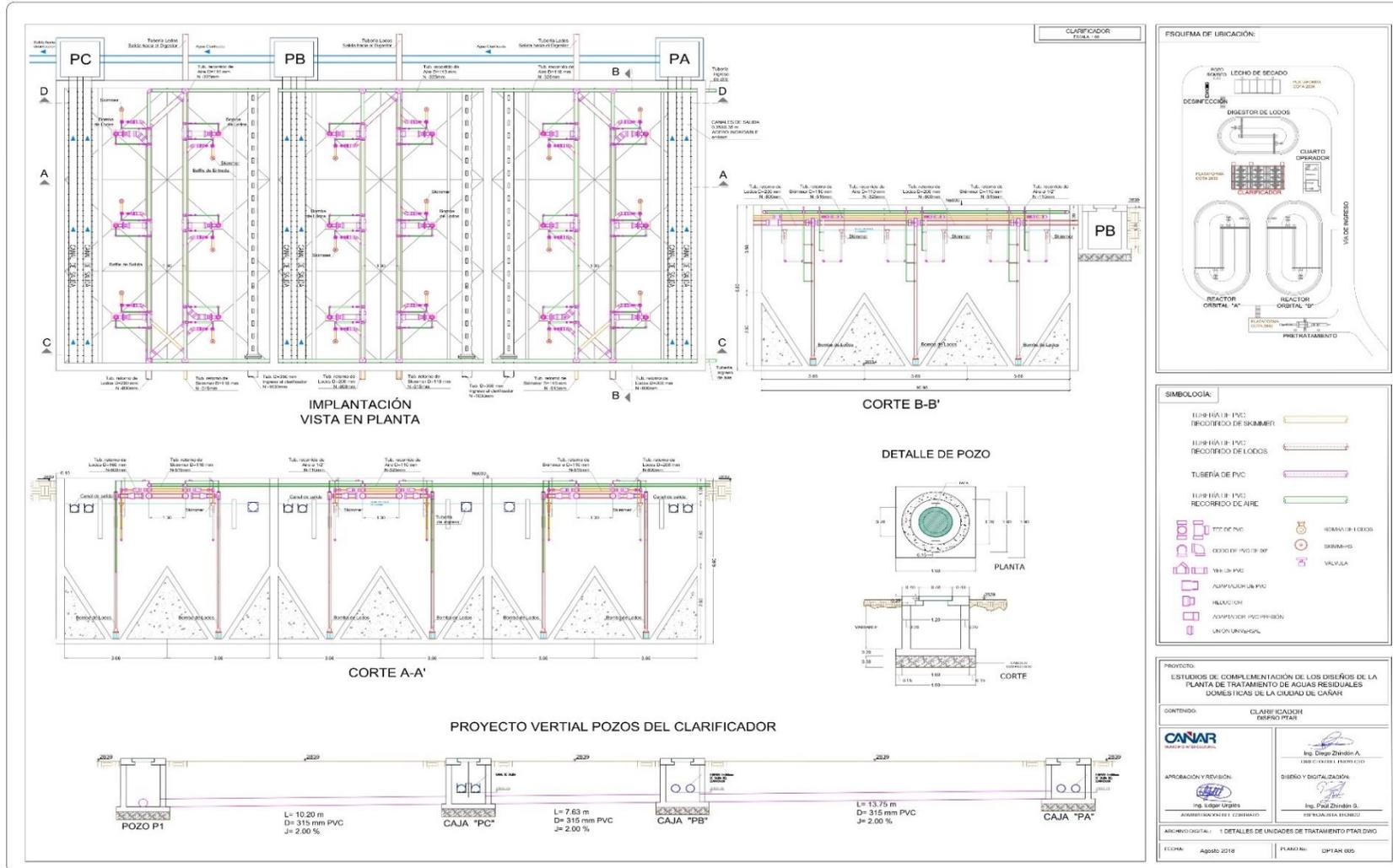
Plano 2. Sistema de pretratamiento.



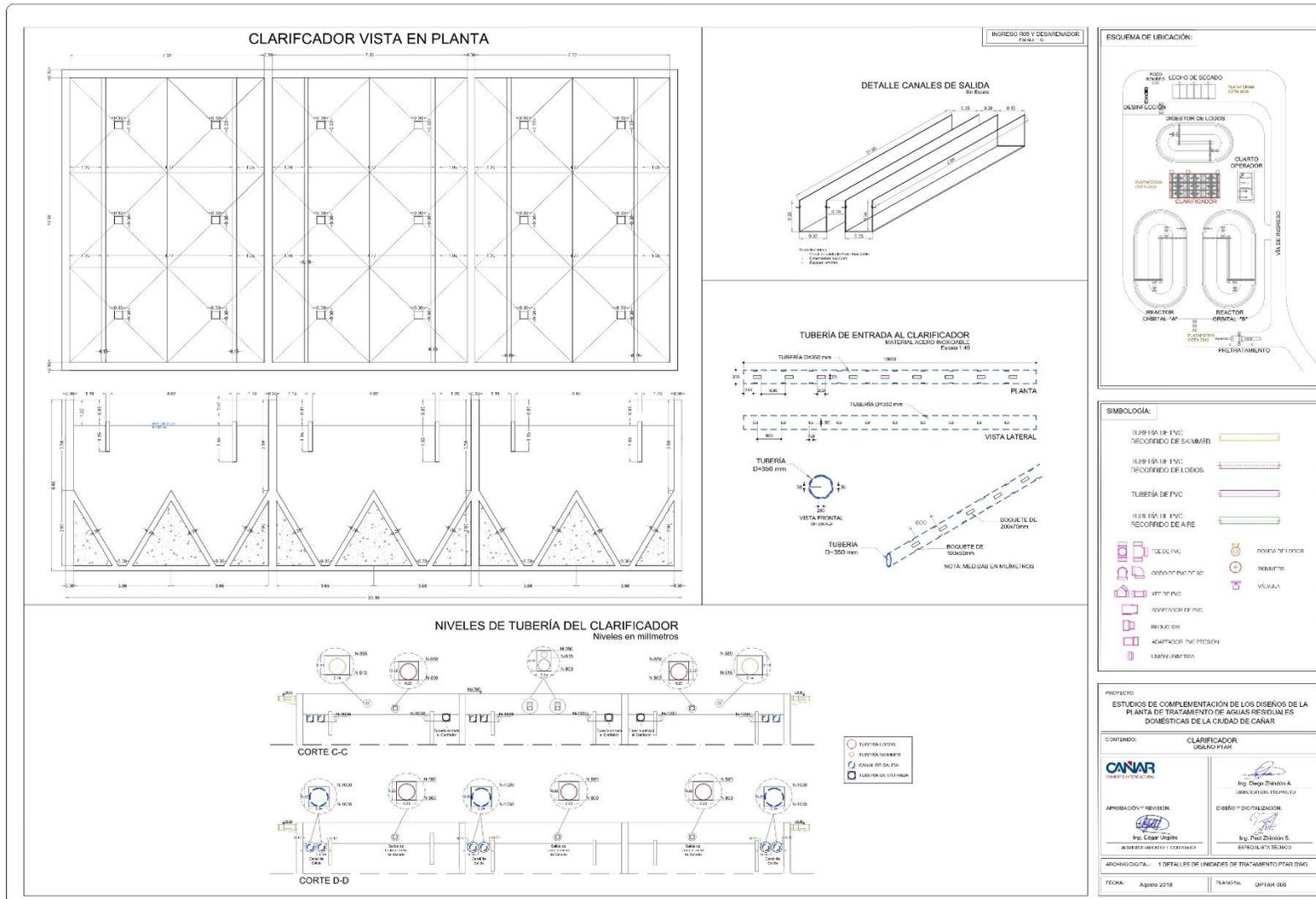
Plano 3. Reactores de flujos orbitales.



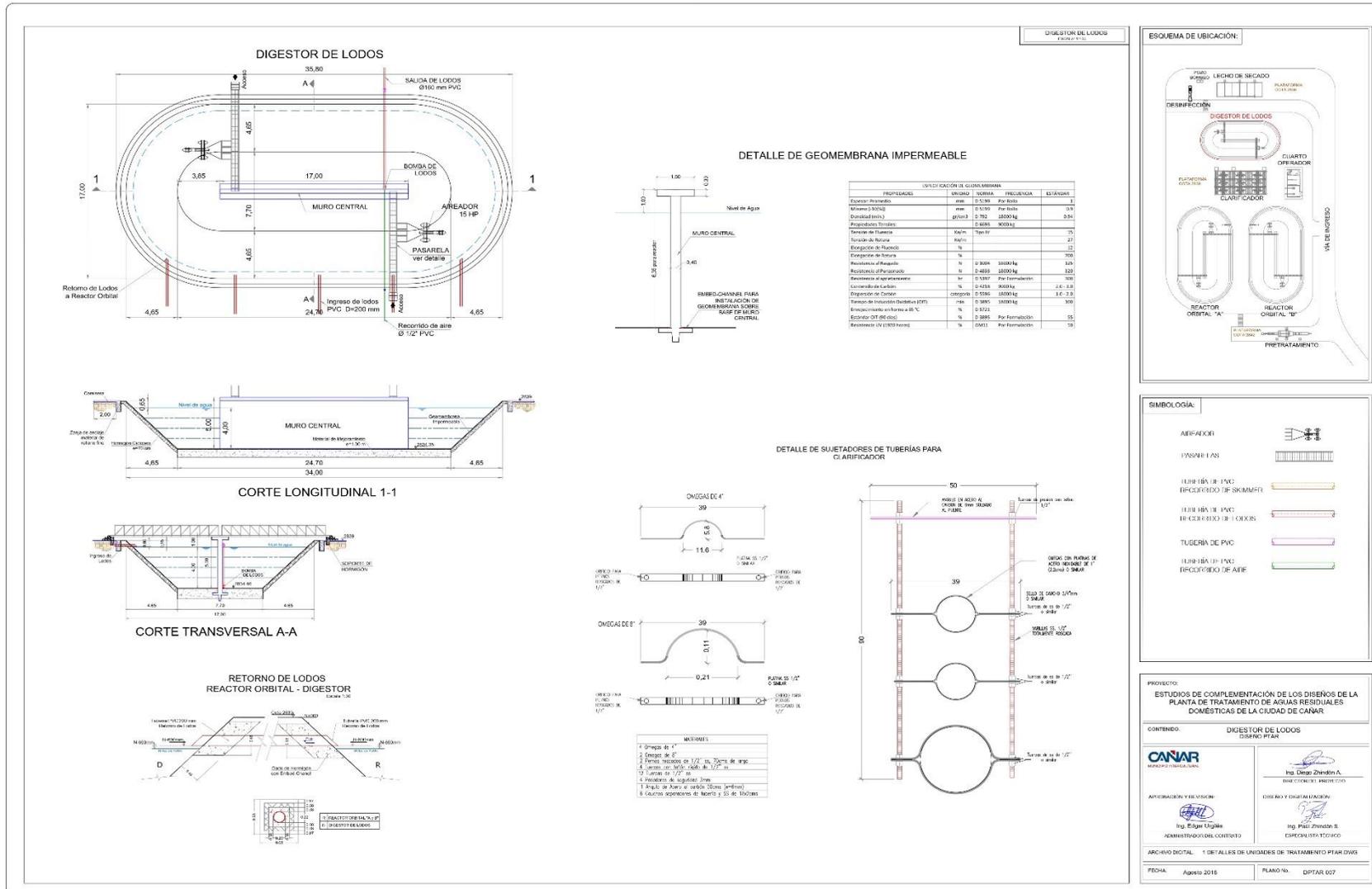
Plano 4. Sistema de Clarificación.



Plano 5. Complementos del sistema de clarificación.



Plano 6. Digestor de lodos.



Plano 7. Lecho de Secado.

IMPLANTACION - CUARTO DEL OPERADOR

CORTE A-A

CLARIFICADOR

CORTE B-B

DIGESTOR DE LODOS

COMPONENTES DEL BLOWER
Escala 1:20

VISTA FRONTAL

VISTA LATERAL

ITEM	DESCRIPCION DE MATERIALES
1	REJILLA METAL ACILM 4000 - 4' CA VARIADO
2	VALVULA CHECKER RB D - 2"
3	TUBERIA AUSTIN 100 - 4" GALVANIZADO
4	VALVULA ABRIR/CIERRAR D - 2"
5	MANOMETRO
6	MOTOR ELECTRICO
7	REJILLA METAL 100 - 2" CA VARIADO
8	REJILLA ABRIR/CIERRAR
9	SUBDISTRIBUCION DE BLOWER DE 4 UP
10	REJILLA DE 1/2"
11	MANIFESTACION CALORIFERO 1/2"
12	ARMADURA FIBROREINFORZADA 0 - 3 UP
13	REDUCTOR ASTRASOL D - 4 X 2 GALVANIZADO
14	COCCO ASTRASOL 100 - 2" GALVANIZADO
15	PLATINER ABRIR/CIERRAR 1 X 1 UP
16	COCCO ABRIR/CIERRAR D - 4" GALVANIZADO
17	TUBERIA ABRIR/CIERRAR 100 - 4" GALVANIZADO

ESQUEMA DE UBICACION:

SIMBOLOGIA:

- PASARELAS
- TERRAZA DE PVC RECUBIERTO DE GRANITE
- TUBERIA DE PVC RECUBIERTO DE LODOS
- TUBERIA DE PVC
- TUBERIA DE PVC RECUBIERTO DE AIRE

PROYECTO: ESTUDIOS DE COMPLEMENTACION DE LOS DISEÑOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS DE LA CIUDAD DE CAÑAR

CONTENIDO: CUARTO OPERADOR
DISEÑO PFAK

APROBACION Y REVISION:

Ing. Edgar Urbina
ADMINISTRADOR GENERAL

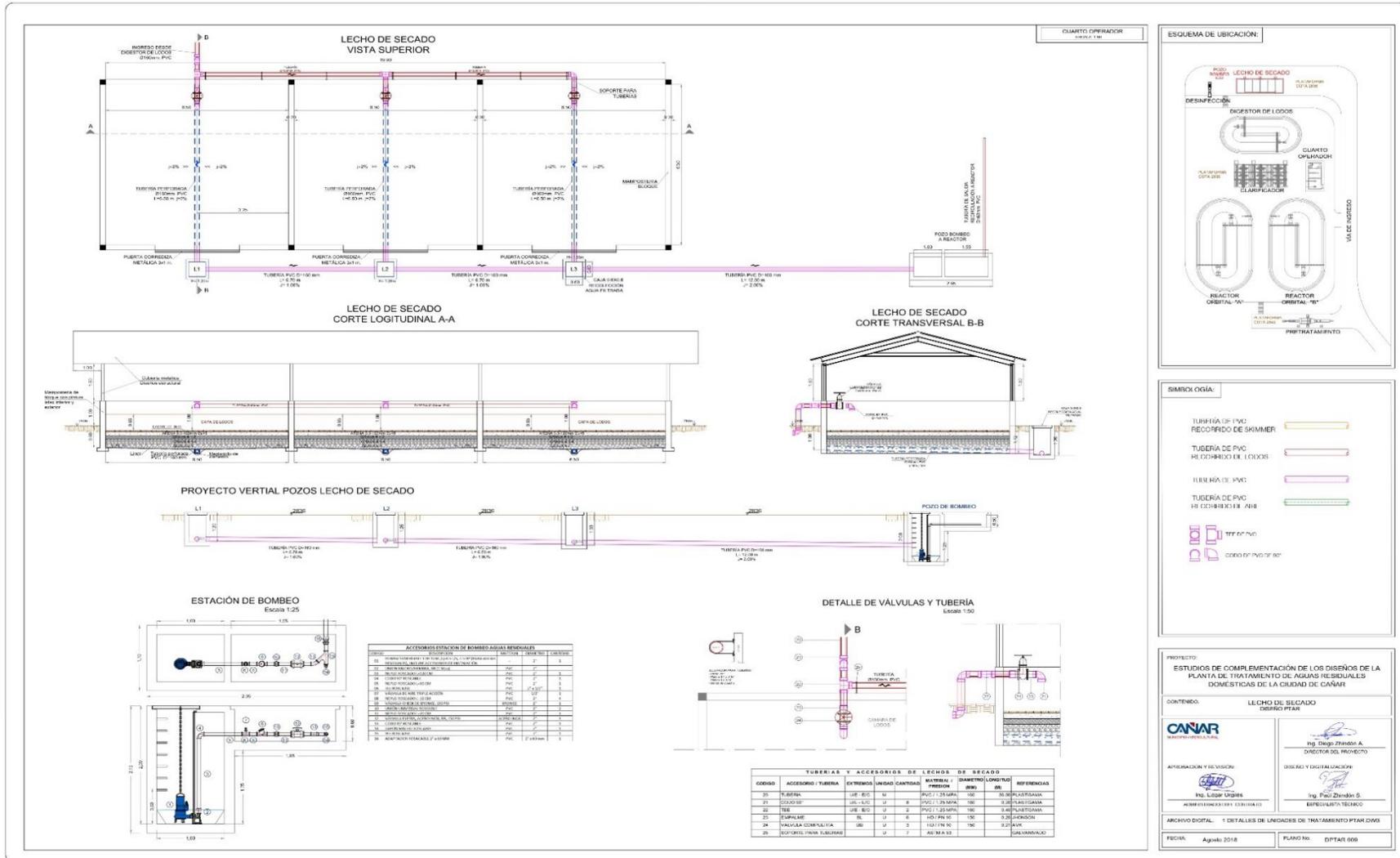
DISEÑO Y DIGITALIZACION:

Ing. Paul Zúñiga
INGENIERO EN SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS

ARCHIVO DIGITAL: 1 DE TALLERES DE UNIDADES DE TRATAMIENTO PFAK DWG

FECHA: Agosto 2015 **PLANO Nº:** OPTAR 008

Plano 8. Cuarto del operador.



Plano 9. Desinfección

